

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AISLADOR DE CAUCHO  
NATURAL FRENTE A UN AISLADOR DE ALTO  
AMORTIGUAMIENTO, TACNA-2022”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MEYLEE NAYYOMY CUAQUERA CARDENAS  
Bach. RENSO JULIAN FLORES TERRAZAS**

**TACNA – PERÚ  
2023**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AISLADOR DE CAUCHO  
NATURAL FRENTE A UN AISLADOR DE ALTO  
AMORTIGUAMIENTO, TACNA-2022”**

Tesis sustentada y aprobada el 18 de mayo del 2023; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

**SECRETARIO: Mtro. WILBER PERCY MENDOZA RAMÍREZ**

**VOCAL: Mtro. EVER RUDY ANCCO HUANACUNI**

**ASESOR: Mtro. ULIANOV FARFÁN KEHUARUCHO**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Meylee Nayyomy Cuaquera Cardenas, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI: 73142225.

Yo, Renso Julian Flores Terrazas, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI: 76238212.

Declaro bajo juramento que:

1. Somos los autores de la tesis: *“Comportamiento Sísmico De Un Aislador De Caucho Natural Frente A Un Aislador De Alto Amortiguamiento, Tacna-2022”*, la misma que presentamos para optar: *El Título Profesional De Ingeniero Civil*
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a La Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis/trabajo de investigación, así como por los derechos sobre la tesis presentada. En consecuencia, nos hacemos responsable, frente a La Universidad y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 18 de mayo de 2023



---

Bach. Meylee Nayyomy Cuaquera Cardenas

DNI: 73142225



---

Renso Julian Flores Terrazas

DNI: 76238212



**UPT**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FAING**

*Sin fines de lucro*

## CONSTANCIA

**QUIEN SUSCRIBE COODINADOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE  
LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE  
TACNA, HACE CONSTAR:**

Que, los bachilleres; MEYLEE NAYYOMY CUAQUERA CARDENAS y RENSO JULIAN FLORES TERRAZAS de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, han presentado la Tesis titulada "COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AISLADOR DE CAUCHO NATURAL FRENTE A UN AISLADOR DE ALTO AMORTIGUAMIENTO, TACNA-2022" el cual presenta un 29 % de similitud, comprobada por el software Turnitin. Se adjunta el recibo digital.

Se expide la presente, para trámites del Título Profesional.

Tacna, 29 de mayo de 2023



  
**Dr. RAUL CARTAGENA CUTIPA**  
**Coordinador**  
**Unidad de Investigación – FAING**

# COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AISLADOR DE CAUCHO NATURAL FRENTE A UN AISLADOR DE ALTO AMORTIGUAMIENTO, TACNA-2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

29%

INDICE DE SIMILITUD

29%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	8%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
4	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
5	<a href="https://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="https://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
7	<a href="https://scioteca.caf.com">scioteca.caf.com</a> Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%





## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: **Meylee Nayyomy Cuaquera Cardenas - Renso Julian Flores T...**  
Título del ejercicio: **INGENIERÍA CIVIL**  
Título de la entrega: **COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE UN AISLADOR DE CAUCHO ...**  
Nombre del archivo: **TESIS\_-CUAQUERA-FLORES\_formato.pdf**  
Tamaño del archivo: **8.8M**  
Total páginas: **175**  
Total de palabras: **29,910**  
Total de caracteres: **154,616**  
Fecha de entrega: **24-may.-2023 05:47p. m. (UTC-0500)**  
Identificador de la entre... **2101154399**



## DEDICATORIA

A mis padres Ayme Cardenas Mamani y Edgar Cuaquera Colque por darme su apoyo incondicional, por impulsarme a seguir adelante y a nunca rendirme, por hacerme una persona íntegra y con valores. A mi hermano Deymer Yeyson Cuaquera Cardenas por ser mi compañero en la niñez y darme el ejemplo de superación, humildad y que con esfuerzo, perseverancia y dedicación puedo alcanzar mis metas. Un especial agradecimiento a toda mi familia, a mis compañeros, amigos presentes y pasados por acompañarme en esta travesía quienes compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas, quienes me motivan a continuar con mis metas, un agradecimiento enorme por creer en mí.

***Meylee Nayyomy Cuaquera Cardenas***



## DEDICATORIA

A mi madre Hilda Terrazas Arenas y a mi padre Orlando Marcos Flores Castro que en paz descanse, por haberme dado todo su apoyo y darme sus enseñanzas y a mi familia por sus ejemplos de perseverancia y nunca rendirme y a aquellas personas que siempre me dieron su aliento y sabiduría, cada una de sus enseñanzas terminaron de forjar mi carácter y personalidad, y que me permiten ser una persona íntegra y de principios. Y un infinito agradecimiento a Jimena Isabel Flores Llanos, por ser mi compañera en este camino, por todo su incondicional apoyo, por hacer suya también esta meta, y por compartir los mismos sueños; gracias por todo tu amor y paciencia, por todos los escalones avanzados, por llegar cada vez más lejos juntos.

***Renso Julian Flores Terrazas***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a Dios por llevarme en sus manos a los lugares indicados para cumplir mis metas, porque todos sus tiempos son perfectos. Agradecer a nuestra casa de estudios universidad Privada de Tacna por brindarme experiencias gratas y grandes conocimientos.

Un agradecimiento a mi familia por apoyarme en todo este momento pudiendo superar todos los desafíos para poder lograr mis metas

Agradecer a nuestro asesor de tesis Ulianov Farfán Kehuarucho por habernos brindado su apoyo y sabiduría en todo momento para el desarrollo de nuestra tesis.

**Meylee Nayyomy Cuaquera Cardenas**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradecer a dios por llevarme en sus manos a los lugares indicados para poder cumplir mis metas, porque todos sus tiempos son perfectos en su plan.

Agradecer a nuestra casa de estudios Universidad Privada de Tacna, y a cada uno de los docentes que me acompañaron en este gran proceso de formación, por brindarme las capacidades necesarias para desenvolverme como un profesional integro.

Un agradecimiento a mi familia por su contante aliento en todo este proceso y comprensión. Un agradecimiento a mi padre por enseñarme y guiarme pudiendo poder crecer en una persona honrada y respetable.

Agradecer a nuestro asesor de tesis Ulianov Farfán Kehuarucho por habernos brindado su apoyo y sabiduría en todo momento para el desarrollo de nuestra tesis.

**Renso Julian Flores Terrazas**

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general .....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación .....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis .....	5
1.5.1. Hipótesis General .....	5
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes del estudio .....	6
2.2. Bases teóricas .....	7
2.2.1. Tipos de Aisladores Sísmicos. Elementos típicos (Genatios & Lafuente, 2016) .	7

2.2.2. Ventajas y desventajas del uso de aisladores sísmicos (Genatios & Lafuente, 2016) .....	11
2.2.3. Propiedades del Caucho .....	15
2.2.4. Propiedades del Acero .....	18
2.2.5. Normatividad Peruana.....	19
2.2.6. Aisladores sísmicos.....	19
2.3. Definición de términos .....	21
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	23
3.1. Tipo y Nivel de la investigación .....	23
3.2. Población y/o muestra de estudio .....	23
3.3. Operacionalización de variables .....	24
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	25
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	27
4.1. Análisis de la Estructura sin Aislamiento Sísmico .....	27
4.1.1. Modelo Estructural.....	27
4.1.2. Análisis sísmico .....	28
4.1.3. Periodo de vibración.....	30
4.1.4. Distorsiones del entrepiso .....	32
4.2. Predimensionamiento del Aislador.....	33
4.2.1. Cálculo del Soporte Mínimo .....	33
4.2.2. Desplazamiento de Diseño y Máximo.....	37
4.2.3. Determinar la rigidez horizontal de los dispositivos.....	40
4.2.4. Determinar la altura de caucho los dispositivos .....	41
4.2.5. Determinar el área requerida para el dispositivo .....	42
4.3. Análisis de la Estructura con Aislador Sísmico de Caucho Natural .....	44
4.3.1. Cálculo de las Características Mecánicas del Aislador de Caucho Natural .....	45
4.3.2. Modelo Estructural con Aislador de Caucho Natural .....	56
4.3.3. Análisis Sísmico.....	56

4.3.4. Periodo de vibración.....	58
4.3.5. Distorsiones del Entrepiso.....	59
4.4. Análisis de la Estructura con Aislador Sísmico de Alto Amortiguamiento.....	60
4.4.1. Cálculo de las Propiedades Mecánicas del Aislador de Alto Amortiguamiento.....	60
4.4.2. Modelo estructural con Aislador de Alto Amortiguamiento.....	69
4.4.3. Análisis Sísmico.....	70
4.4.4. Periodo de vibración.....	71
4.4.5. Distorsiones del Entrepiso.....	72
4.5. Análisis Tiempo Historia de la Estructura con Aislador Sísmico de Caucho Natural.....	73
4.5.1. Sismo Ica 2007.....	84
4.5.2. Sismo Moquegua 2001.....	91
4.5.3. Sismo Lima 1966.....	99
4.6. Análisis Tiempo Historia de la Estructura con Aislador Sísmico de Alto Amortiguamiento.....	106
4.6.1. Sismo Ica 2007.....	106
4.6.2. Sismo Moquegua 2001.....	113
4.6.3. Sismo Lima 1966.....	120
4.7. Resumen de Resultados.....	127
4.7.1. Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento.....	127
4.7.2. Análisis Tiempo-Historia, Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento.....	129
A. Derivas.....	129
B. Desplazamientos.....	131
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	134
CONCLUSIONES.....	135
RECOMENDACIONES.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	138
ANEXOS.....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Módulo de Elasticidad según Dureza del Elastómero .....	16
Tabla 2. Módulo de Corte según Dureza del Elastómero.....	16
Tabla 3. Constante del material según Dureza del Elastómero .....	17
Tabla 4. Elongación de rotura según Dureza del Elastómero .....	18
Tabla 5. Matriz de Operacionalización de Variables.....	24
Tabla 6. Periodos y Modos de Vibración. ....	31
Tabla 7. Distorsiones de entrepiso .....	32
Tabla 8. Resumen de Características Mecánicas Aislador de Caucho Natural.....	56
Tabla 9. Periodos y Frecuencias .....	58
Tabla 10. Derivas en la Dirección X-X .....	59
Tabla 11. Derivas en la Dirección Y-Y .....	59
Tabla 12. Resumen de Características Mecánicas Aislador de Caucho Natural ....	70
Tabla 13. Periodos de Vibración .....	71
Tabla 14. Derivas en la dirección X-X.....	72
Tabla 15. Derivas en la dirección Y-Y .....	73
Tabla 16. Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- NS .....	84
Tabla 17. Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- NS .....	86
Tabla 18. Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- WE .....	88
Tabla 19. Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- WE .....	89
Tabla 20. Resumen de Resultados Derivas Sismo Ica 2007, Aislador de Caucho Natural.....	91
Tabla 21. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Ica 2007, Aislador de Caucho Natural.....	91
Tabla 22. Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- NS.....	92
Tabla 23. Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- NS.....	93
Tabla 24. Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- WE.....	95

Tabla 25. Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- WE.....	96
Tabla 26. Resumen de Resultados Derivas Sismo Moquegua 2001, Aislador de Caucho Natural.....	98
Tabla 27. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Moquegua 2001, Aislador de Caucho Natural.....	98
Tabla 28. Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- NS.....	99
Tabla 29. Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- NS.....	100
Tabla 30. Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- WE.....	102
Tabla 31. Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- WE.....	103
Tabla 32. Resumen de Resultados Derivas Sismo Lima 1966, Aislador de Caucho Natural.....	105
Tabla 33. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Lima 1966, Aislador de Caucho Natural.....	105
Tabla 34. Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- NS.....	106
Tabla 35. Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- NS.....	108
Tabla 36. Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- WE.....	109
Tabla 37. Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- WE.....	111
Tabla 38. Resumen de Resultados Derivas Sismo Ica 2007, Aislador de Alto Amortiguamiento.....	112
Tabla 39. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Ica 2007, Aislador de Alto Amortiguamiento.....	113
Tabla 40. Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- NS.....	113
Tabla 41. Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- NS.....	115
Tabla 42. Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- WE.....	116
Tabla 43. Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- WE.....	118
Tabla 44. Resumen de Resultados Derivas Sismo Moquegua 2001, Aislador de Alto Amortiguamiento.....	119
Tabla 45. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Moquegua 2001, Aislador de Alto Amortiguamiento.....	120
Tabla 46. Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- NS.....	120



Tabla 47. Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- NS.....	122
Tabla 48. Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- WE .....	123
Tabla 49. Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- WE .....	125
Tabla 50. Resumen de Resultados Derivas Sismo Lima 1966, Aislador de Alto Amortiguamiento.....	126
Tabla 51. Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Lima 1966, Aislador de Alto Amortiguamiento .....	127
Tabla 52. Resumen de Periodos, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento ...	127
Tabla 53. Resumen de Derivas X-X, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento	128
Tabla 54. Resumen de Derivas Y-Y, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento	129
Tabla 55. Resumen de Derivas-Sismo Ica 2007, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	129
Tabla 56. Resumen de Derivas-Sismo Moquegua 2001, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	130
Tabla 57. Resumen de Derivas-Sismo Lima 1966, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	130
Tabla 58. Resumen de Desplazamientos-Sismo Ica 2007, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	131
Tabla 59. Resumen de Desplazamientos-Sismo Moquegua 2001, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	132
Tabla 60. Resumen de Desplazamientos-Sismo Lima 1966, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aislador Sísmico.....	8
Figura 2. Aislador de capas de goma y acero y núcleo de plomo.....	9
Figura 3. Aislador de deslizamiento .....	10
Figura 4. Edificación en Java, Indonesia, construida con el plano de aislamiento sobre el terreno.....	13
Figura 5. Espacio para el movimiento libre de los aisladores y acceso para revisión.....	14
Figura 6. Tuberías y dispositivos flexibles para permitir los movimientos propios de los edificios con aislamiento sísmico. ....	15
Figura 7. Curva Módulo de Corte “G” vs Deformación Angular “ $\gamma$ ” de un Elastómero.....	17
Figura 8. Plano de Cimentación- FAU.....	29
Figura 9. Modelado estructural sin aislamiento de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.....	29
Figura 10. Espectro de Respuesta.....	30
Figura 11. Tabla de Dimensiones y características de los aisladores .....	45
Figura 12. Espectro de Respuesta, Aislador de Caucho Natural.....	57
Figura 13. Tabla de Dimensiones y características de los aisladores .....	60
Figura 14. Programa Seismo Signal, inserción de datos Oeste-Este (WE).....	74
Figura 15. Verificación de datos en el Seismo Signal .....	75
Figura 16. Acelerograma aplicando la Corrección de línea.....	75
Figura 17. Verificación de aceleraciones .....	76
Figura 18. Programa Seismo Signal, inserción de datos Norte-Sur (NS).....	76
Figura 19. Acelerograma aplicando la Corrección de línea.....	77
Figura 20. Verificación de aceleraciones .....	77
Figura 21. Se inserta el Espectro de Escalamiento R=1 .....	78
Figura 22. Inserción de datos, se verifica las aceleraciones .....	79

Figura 23. Registro de Este-Oeste Filtrado.....	79
Figura 24. Verificación de aceleraciones en el Seismo Match .....	80
Figura 25. Análisis del Programa SeismoMatch .....	80
Figura 26. Comparativo de Espectros de Respuesta .....	81
Figura 27. Resultados de aceleración máxima.....	82
Figura 28. Resultados de Aceleración para el software Etabs.....	82
Figura 29. Inserción de Registro Escalado Este-Oeste (EW)-Time History software Etabs .....	83
Figura 30. Inserción de Registro Escalado Norte-Sur (NS)-Time History software Etabs .....	83
Figura 31. Define Time History Functions.....	84
Figura 32. Resultados Sismo Ica-Norte Sur XX.....	85
Figura 33. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur XX .....	86
Figura 34. Resultados Sismo Ica-Norte Sur YY.....	87
Figura 35. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur YY .....	87
Figura 36. Resultados Sismo Ica Este-Oeste XX .....	88
Figura 37. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste XX.....	89
Figura 38. Resultados Sismo Ica-Este Oeste YY .....	90
Figura 39. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste YY.....	90
Figura 40. Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur XX .....	92
Figura 41. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur XX....	93
Figura 42. Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur YY .....	94
Figura 43. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur YY....	94
Figura 44. Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste XX.....	95
Figura 45. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste XX	96
Figura 46. Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste YY.....	97
Figura 47. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste YY	97
Figura 48. Resultados Sismo Lima-Norte Sur XX.....	99

Figura 49. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur XX .....	100
Figura 50. Resultados Sismo Lima-Norte Sur YY.....	101
Figura 51. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur YY .....	101
Figura 52. Resultados Sismo Lima-Este Oeste XX .....	102
Figura 53. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste XX.....	103
Figura 54. Resultados Sismo Lima-Este Oeste YY .....	104
Figura 55. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste YY.....	104
Figura 56. Resultados Sismo Ica-Norte Sur XX.....	107
Figura 57. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur XX .....	107
Figura 58. Resultados Sismo Ica-Norte Sur YY.....	108
Figura 59. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Norte Sur YY .....	109
Figura 60. Resultados Sismo Ica Este-Oeste XX .....	110
Figura 61. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste XX.....	110
Figura 62. Resultados Sismo Ica-Este Oeste YY .....	111
Figura 63. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste YY .....	112
Figura 64. Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur XX .....	114
Figura 65. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur XX..	114
Figura 66. Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur YY .....	115
Figura 67. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur YY..	116
Figura 68. Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste XX.....	117
Figura 69. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste XX	117
Figura 70. Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste YY.....	118
Figura 71. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste YY	119
Figura 72. Resultados Sismo Lima-Norte Sur XX.....	121
Figura 73. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur XX .....	121
Figura 74. Resultados Sismo Lima-Norte Sur YY.....	122
Figura 75. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur YY .....	123
Figura 76. Resultados Sismo Lima-Este Oeste XX .....	124

Figura 77. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste XX.....	124
Figura 78. Resultados Sismo Lima-Este Oeste YY .....	125
Figura 79. Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste YY.....	126
Figura 80. Desplazamiento Máximo Sismo Ica-2007 Caucho Natural.....	132
Figura 81. Desplazamiento Máximo Sismo Ica-2007 Alto Amortiguamiento .....	132

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de Consistencia .....	141
Anexo 2. Resultados Estructura Convencional.....	144
Anexo 3. Catálogo Tensa .....	146
Anexo 4. Espectro de Escalamiento .....	149
Anexo 5. Registro sísmico (Cismid) .....	151
Anexo 6. Planos.....	154

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado: “*Comportamiento Sísmico de un Aislador de Caucho Natural frente a un Aislador de Alto Amortiguamiento, Tacna-2022*” se basa en la toma de datos y posterior análisis para conocer el comportamiento sísmico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, para lo cual se analizó el modelado estructural con aisladores de caucho natural y con aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software Etabs V.20. Se utilizó una metodología análisis comparativo, por la comparación de medidas entre dos o más grupos de resultados, así como el diseño experimental, para obtener mediciones de variables. Obteniendo con respecto a los Periodos de Vibración, en estructura convencional un periodo de 0,605 seg, estructura con aisladores de caucho natural un periodo de 1,713 seg y estructura con aisladores sísmicos de alto amortiguamiento con un periodo de 2.05 seg este último superando a los mencionados. Con respecto a las derivas en el eje X, se obtuvo el mayor resultado de 0,001096 para el Aislador de Caucho Natural y 0,000657 para el Aislador de Alto Amortiguamiento. En el eje Y, se obtuvo 0,001107 para Caucho Natural y 0,000673 para Caucho de alto Amortiguamiento. Asimismo, se realizó una comparativa de los dos tipos de aisladores ante datos sísmicos registrados en el Perú, la edificación con ambos tipos de aisladores, hubiesen soportado dichos eventos sísmicos, sin daños severos estructurales, puesto que las derivas se encuentran muy por debajo del 0,0035. El Sismo de Ica 2007 fue el más predominante puesto que su deriva mayor es de 0,0025(caucho natural y alto amortiguamiento) y su desplazamiento mayor es de 13,9523 cm (caucho natural) y de 19,6466 cm (alto amortiguamiento) ambos por debajo del desplazamiento mínimo del aislador 20,68cm calculado en esta investigación.

**Palabras clave:** aisladores sísmicos, modelamiento estructural, comportamiento sísmico, desplazamientos.

## ABSTRACT

This research work called "*Seismic Behavior of a Natural Rubber Insulator against a High Damping Insulator, Tacna-2022*" is based on data collection and subsequent analysis to know the seismic behavior of the Faculty of Architecture and Urbanism of the Private University of Tacna, for which structural modeling with natural rubber insulators and high damping insulators using Etabs V.20 software was analyzed. To develop this research, a methodology of comparative analysis was applied by comparing measures between two or more groups of results. As well as the experimental design, to obtain measurements of variables that serve to establish a behavior or to corroborate or discard some hypothesis. Whose application led to the exposure of two types of seismic insulators; natural rubber insulator and high damping insulator, obtaining with respect to the Vibration Periods, in conventional structure a period of 0.605 sec, structure with natural rubber insulators a period of 1.713 sec and structure with high damping seismic insulators a period of 2.05 sec the latter exceeding those mentioned. With respect to drifts on the X axis, the highest result was obtained of 0.001096 for Natural Rubber Insulator and 0.000657 for High Damping Insulator. On the Y-axis, the result is 0.001107 for Natural Rubber and 0.000673 for High Buffering Rubber. Also, a comparison was made between the two types of insulators before seismic data recorded in Peru, the building with both types of insulators, would have endured such seismic events, without severe structural damage, since the drifts are well below 0.0035 has the earthquake of Ica 2007 as the most predominant since its major drift is 0.0025 (natural rubber and high damping) and its major displacement is 13.9523 cm (natural rubber) and 19.6466cm (high damping) below the minimum displacement of the insulator 20.68 cm calculated in this investigation.

**Keywords:** seismic insulators, structural modeling, seismic behavior, displacements.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación pretende establecer un nuevo estándar en el ámbito de la ingeniería sísmica local, específicamente en la aplicación de aisladores de base en construcciones, con el fin de sentar un precedente en esta área.

La relevancia de esta investigación radica en que nuestro país se encuentra ubicado en una zona altamente propensa a los terremotos. Esto implica que las construcciones deben ser diseñadas de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones E.030 para resistir los efectos sísmicos. Además, en Perú se aprobó la norma E.031 en 2019, la cual regula y fortalece los parámetros de interacción entre la estructura y los aisladores, impactando en el cálculo estructural y el diseño

Esta investigación se centró en la construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, la cual está clasificada como categoría "A" según la norma técnica E.030 de diseño sismorresistente de Perú. Esto significa que estas edificaciones son consideradas esenciales para el manejo de emergencias y como refugio después de un desastre, especialmente frente a terremotos de gran magnitud.

El presente informe de tesis se fundamenta en una investigación de carácter descriptivo, donde se recolectará información sobre las construcciones y posteriormente se analizará su comportamiento frente a eventos sísmicos, tomando como base dicha información recopilada.

La creación del conjunto de datos de exposición se llevó a cabo utilizando el software Etabs V.20 para el modelado. Además, se realizaron anotaciones en hojas de Excel para registrar las características sísmicas y analizar cada aislador de manera individual.

Gracias a la información recolectada y la metodología empleada, podremos adquirir conocimientos sobre el comportamiento sísmico de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna al utilizar aisladores de caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento. También podremos evaluar su comportamiento mediante análisis de tiempo historia con sismos predominantes ocurridos en Perú.

## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

Tacna está ubicada en el sur del Perú entre la latitud 16°58' y 18°20'S y la longitud 69°28' y 71°02'W, sismológicamente sobre el Cinturón de Fuego del Pacífico. Tacna limita con Moquegua al noroeste, Puno al norte, Bolivia al este, Chile al sur y el Océano Pacífico al oeste.

El último sismo de gran intensidad en el Perú fue el 23 de junio del 2001 con un sismo de magnitud  $M_b=6,9$  y  $M_w=8,4$  en la escala de Richter en la Zona Sur del Perú. A las 15:33 horas, un devastador terremoto azotó el sur del Perú, particularmente en los Departamentos de Moquegua, Tacna y Arequipa. Este sismo tuvo características importantes, entre las que se destaca la complejidad de su registro y ocurrencia. El sismo provocó miles de réplicas, alcanzando una intensidad sísmica de 8, con los mayores daños recibidos en Moquegua, Tacna, Arequipa, Valle de Tambo, Caravelí, Chuquibamba, Ilo, varios pueblos del interior y Camaná por el efecto del Tsunami.

Entre Arequipa, Moquegua y Tacna, sólo el 30 % de los sistemas estaban operativos una semana después del terremoto, el 30,7 % se vio deteriorado y el 14,3 % quedó destruido por el sismo. En Tacna colapsaron los Edificios de Cono Sur, los cuales no contaba con aislador sísmico, así como muchas casas y/o edificaciones las cuales se encuentran con bastantes fisuras y que pasando el tiempo se tuvieron que volver a construir.

A pesar de las consideraciones del párrafo anterior la ciudad capital de Tacna cuenta con solo dos edificaciones que utilizan los aisladores sísmicos siendo: La Universidad Privada de Tacna y el Hospital Hipólito Unanue, este último teniendo inconvenientes con el expediente técnico durante la ejecución según el reporte o el control de la comisión de evaluación del colegio de ingenieros del Perú (Pronunciamento N°10-Consejo Departamental de Tacna).

En el Perú, en el año de 2019 se aprueba la norma E.031 "Aislamiento Sísmico", para regular el método de cálculo, diseño y refuerzo de parámetros de interacción entre estructuras y dispositivos de aislamiento. Sin embargo, se recomienda que los elementos estructurales del sistema de aislamiento sísmico se diseñen de acuerdo a las normas vigentes para estructuras no aisladas. Cabe resaltar que en la respectiva

norma no menciona los parámetros ni las características que debería tener los diferentes tipos de aisladores.

Se desarrollaron mejores sistemas sísmicos a finales del siglo XIX y principios del XX. Se están desarrollando nuevos sistemas de aislamiento sísmico en Europa, Asia y EE.UU. Aisladores a base de elastómeros, FPS, deslizadores, disipadores de energía por fricción y fluidos. Perú aún no tiene mucha experiencia en el diseño y construcción de edificios con aisladores sísmicos en sus cimientos.

Como en la norma E.031 no indica ni recomienda que tipo de aislador se podría utilizar y en el mercado se encuentran diferentes tipos de aisladores sísmicos motivo que nos acarrea la presente investigación, determinar el comportamiento sísmico que conlleva el usar un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, aisladores más conocidos en el medio. Siendo el caucho una parte fundamental del aislador, ya que no existe una información que identifique el comportamiento que tendrá dicho material sea natural o sintético al pasar el tiempo de su vida útil.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

De lo anterior, el problema general se plantea de la siguiente manera:

¿Cómo se analiza el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, Tacna-2022?

### **1.2.2. Problemas específicos**

Para responder a la pregunta anterior, se plantean las siguientes preguntas específicas:

- a. ¿Cómo se analiza el modelamiento de la estructura con aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software Etabs V.20?
- b. ¿Cuáles son las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento?
- c. ¿Es posible conocer los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú?

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Varias razones justifican emprender este proyecto de investigación, entre las cuales se tiene:

Desde el punto de vista científico: Es necesario realizar el modelamiento estructural del aislador de caucho natural frente al aislador de alto rendimiento ya que se necesita conocer el comportamiento y variación que tendrán los tipos de aisladores a nivel de sus características mecánicas, además de considerar el comportamiento que tendrían para los sismos severos ocurridos en el Perú. Cabe resaltar que Norma E.031” Aislamiento Sísmico” no menciona los parámetros para los diferentes tipos de aisladores.

Desde el punto de vista social: Dar a conocer el comportamiento y características que tiene el aislador de caucho natural y el aislador de alto amortiguamiento para que la sociedad pueda conocer el rendimiento, rentabilidad y la duración con el paso del tiempo el cual será la mejor elección para las futuras edificaciones.

Desde el punto de vista económico: Al realizar el análisis de rendimiento y resistencia (deformación desplazamientos y periodos) que tendrán los aisladores de caucho natural y alto amortiguamiento se tendrá una mejor perspectiva de costos entre ambos.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, Tacna-2022.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Realizar el análisis de la estructura con aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software Etabs V.20
- b. Determinar las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento
- c. Conocer los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

Como hipótesis general se ha determinado lo siguiente:

El comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento se analiza mediante el modelado de la estructura de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Privada de Tacna, tomando en cuenta las dimensiones y parámetros sísmicos de los planos, obteniendo que el aislador de alto amortiguamiento presenta un mejor comportamiento sísmico.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

Como hipótesis específicas se ha definido lo siguiente:

- a. Se analiza el modelamiento de la estructura con aisladores sísmicos de caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento mediante la inserción de los resultados del Predimensionamiento y características de los aisladores en el software Etabs V.20.
- b. Se determina las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso de las ecuaciones dadas por la Norma Americana UBC 1997, Norma Técnica Peruana E.031 y mediante tablas del Catálogo Tensa” Aisladores Sísmicos”.
- c. Se conoce los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para los sismos más severos ocurridos en el Perú: Ica 2007, Moquegua 2001 y Lima 1966, mediante los acelerogramas descargados del Cismid y evaluados en el Software Seismo Signal, Software Seismo Match y Etabs V.20.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

Como antecedentes del proyecto tenemos:

Según, Pérez y Vásquez (2016) en su investigación titulada “Diseño de Aisladores Sísmicos de Base para Edificio de Oficinas de 10 Niveles con Sistema Estructural de Pórticos Rígidos de Concreto Reforzado”. Esta Tesis de la Universidad Centroamericana de Managua. Hace un análisis comparativo entre la configuración estructural existente y el modelamiento con dos sistemas de aisladores distintos, que vendrían a ser un sistema basado en elastómeros y el otro basado en el deslizamiento. Para el sistema con elastómeros se propuso el aislador de goma con núcleo de plomo y para el de basado en desplazamiento se utilizaron las características del aislador de péndulo friccionante. Para hacer el modelamiento de estos tres sistemas se utilizó el ETABS 2000, siendo la estructura un edificio de oficinas de 10 pisos de tipo aporticado. Las características sismorresistentes que se tuvieron en cuenta al momento de correr los modelos las propiedades dinámicas: periodo, aceleración, distorsión y cortante basal. Los aisladores sobresalieron en desempeño con respecto a la estructura convencional en todos los parámetros de comparación obteniéndose una óptima respuesta antisísmica.

Según, Chistian A. y Luis D. (2017) en su investigación titulada “Diseño de Aisladores Sísmicos Lrb y Análisis por Desempeño de Edificios”. Esta tesis presenta una guía de diseño y modelación de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo para mitigar el daño producido por movimientos sísmicos en estructuras diseñadas de manera tradicional. El criterio de diseño está basado en la formulación del análisis estático, y los procedimientos de diseño usando un programa computacional de elementos finitos como Etabs 2015. El edificio con el sistema de aislamiento implementado será sometido a un registro sísmico correspondiente al último terremoto ocurrido en Ecuador el 16 de abril de 2016 en la dirección más perjudicial por motivos de evaluación. Se muestra que el aislamiento sísmico contribuye a un mejor comportamiento de estructuras diseñadas de manera tradicional en criterios de disipación de energía que ocurre esencialmente en el sistema de aislación, reducción de la deriva de piso y daño en general.

Según, Cristhian J. Nolasco (2016) desarrolló la investigación titulada “Comportamiento Sísmico En Edificaciones Con Aisladores En El Distrito De

Concepción, 2016”, tesis que tiene la finalidad de analizar el comportamiento de una edificación hospitalaria en este caso el Hospital de Neoplásicas del distrito de Concepción diseñado e implementado con Aisladores del tipo elastoméricos. En el proyecto se establece previamente que el uso de estos dispositivos mejora notablemente la respuesta sísmica del edificio y disminuye el riesgo sísmico.

Según, Jhessenia E. Huanca y Marienela A. Meléndez (2016) desarrollaron la investigación titulada “Análisis Dinámico Modal Espectral De Una Edificación Convencional Y Otra Con Aisladores Sísmicos A Nivel Intermedio De La Estructura En La Ciudad De Tacna”, Esta tesis plantea un análisis comparativo entre una edificación construida convencionalmente frente a una edificación implementada con un sistema de aislación y con ello ver si es realmente conveniente el uso de aisladores en la ciudad de Tacna de acuerdo a los resultados que se obtendrán.

Según, Lema (2013) en su trabajo “Análisis y Diseño de un Edificio con Aisladores Sísmicos Modelamiento en el Etabs”. En la Pontificia Universidad Central del Ecuador. Se escogió el Bloque “E” del Hospital de Ambato, edificación de concreto armado, que cuenta también con placas estructurales. En este caso el autor modela en Etabs la estructura con el modelo tradicional. A continuación, hace un modelamiento empleando tres tipos diferentes de aisladores sísmicos, HDR (Aislador de Goma de Alto Amortiguamiento), LBR (Aislador de Goma con Núcleo de Plomo) y FPS (Aislador con Péndulo de Fricción), comparando principalmente los desplazamientos relativos de la superestructura, fuerzas de corte basal, considerando la interacción suelo –estructura.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Tipos de Aisladores Sísmicos. Elementos típicos (Genatios & Lafuente, 2016)**

Hay mucha diversidad en los diseños de aisladores sísmicos. Estos, sin embargo, pueden agruparse en dos tipos.

#### **a) Aisladores Elastoméricos**

Son los aisladores elastoméricos, los cuales consisten en elementos que permiten grandes deformaciones laterales. Son cilindros cortos con capas de materiales flexibles como pueden ser gomas de alta resistencia, alternadas con láminas o capas de acero (Figura 1). Estos dispositivos tienen gran resistencia a las cargas verticales que genera

la estructura, principalmente debida a la presencia de las capas de acero, que restringen las excesivas deformaciones por abultamiento de las capas de goma, mientras que no tienen mayores efectos en los desplazamientos horizontales. El resultado es un elemento de aislamiento que posee una gran rigidez vertical, comparada con la baja rigidez lateral. La goma utilizada en la elaboración de los aisladores puede ser de origen natural o sintético. Las propiedades mecánicas de los aisladores son verificadas mediante ensayos de laboratorio y entregadas al diseñador o al propietario. Con el fin de limitar también el movimiento relativo y disipar energía, los aisladores deben generar altos valores de amortiguamiento. Para ello se incluyen núcleos de plomo que admiten grandes deformaciones y pueden producir un alto amortiguamiento, el cual varía en función del diámetro del núcleo de plomo.

### Figura 1

#### *Aislador Sísmico*



*Nota.* Adaptado de *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras* (p.56), por Carlos Genatios y Marianela Lafuente, 2016, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.

El plomo es utilizado principalmente por su comportamiento elastoplástico, su capacidad de mantener la resistencia durante múltiples ciclos de deformaciones



plásticas, además de los altos valores de amortiguamiento que se consiguen, los cuales pueden llegar al 25 % o inclusive al 30 % del amortiguamiento crítico (Chopra, 2001). Debe tenerse presente que valores muy altos de amortiguamiento, no necesariamente son beneficiosos, aun cuando el nivel a partir del cual esto ocurre, no ha sido determinado con precisión todavía. En ocasiones se usan núcleos de goma que producen un amortiguamiento del orden del 12 % (entre 8 % y 16 %) del amortiguamiento crítico, o amortiguadores hidráulicos. Los núcleos de plomo son colocados en el centro del aislador (ver Figura 2) y en especial estos últimos, aceptan grandes deformaciones.

### Figura 2

*Aislador de capas de goma y acero y núcleo de plomo*



*Nota.* Adaptado de *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras* (p.56), por Carlos Genatios y Marianela Lafuente, 2016, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.

b) Aisladores de Deslizamiento

Los cuales se basan en apoyos con planchas metálicas que permiten desplazamientos relativos entre las dos planchas. Una plancha va sujeta a la fundación y la otra a la estructura. El desplazamiento relativo de las planchas permite aislar el movimiento de la fundación del de la estructura, por lo que no se transmite toda la energía de movimiento a la estructura. Estos sistemas deben producir poca fricción a fin de sólo transmitir parte de la fuerza de corte, pero, por otro lado, la fricción debe ser suficiente como para que fuertes vientos o pequeños temblores no generen desplazamientos. En algunos casos pueden colocarse fusibles en los aisladores, de manera de garantizar la transmisión del corte hasta cierta magnitud prefijada; en estos casos, la magnitud de ruptura de los fusibles es aquella a partir de la cual deben aceptarse los desplazamientos en el aislador. Los fusibles también pueden ser colocados para que entren en funcionamiento al ocurrir grandes deformaciones, a fin de limitarlas e impedir el colapso; en este caso, la estructura es libre de moverse hasta alcanzar un desplazamiento límite, a partir del cual los fusibles entran en funcionamiento y comienzan a transmitir corte a la estructura. Este segundo tipo de fusibles es utilizado en puentes (ver Figura 3).

### Figura 3

*Aislador de deslizamiento*



*Nota:* El péndulo de deslizamiento adaptable permite reducir a un valor mínimo la aceleración absoluta pico de la estructura. Adaptado de *Aislador sísmico Sip-Adaptive* [Fotografía], por Maurer SE, 2018, archiexpo ([https://img.archiexpo.es/images\\_ae/photo-mg/126637-12053847.webp](https://img.archiexpo.es/images_ae/photo-mg/126637-12053847.webp)), CCS.

### **2.2.2. Ventajas y desventajas del uso de aisladores sísmicos (Genatios & Lafuente, 2016)**

Los sistemas de aislamiento sísmico presentan un conjunto de ventajas:

- a. En primer lugar, los procedimientos de análisis son simplificados; esto es debido a que la incorporación de los elementos flexibles de aislamiento, por tener un periodo de vibración significativamente más alto que la estructura, permiten desacoplar la respuesta sísmica, y de esa manera la estructura pasa a comportarse como un cuerpo rígido.
- b. La simplificación del análisis va asociada a que la respuesta es controlada por el primer modo de vibración, y las contribuciones de los modos superiores son despreciables.
- c. La mayoría de las estructuras pueden ser analizadas como sistemas de tres grados de libertad, y, en el caso de tener distribuciones que permitan reducir significativamente la torsión, pueden seguirse procedimientos de análisis todavía más sencillos, mediante la aplicación de métodos estáticos simplificados.
- d. El incremento del período fundamental de la estructura genera reducciones en las aceleraciones espectrales, lo cual reduce las fuerzas a las cuales está sometido el conjunto estructura-aisladores. Esto reduce las aceleraciones en la base de la estructura y en los pisos de la edificación.
- e. La presencia de los aisladores en la base y el mencionado comportamiento de cuerpo rígido genera pequeños desplazamientos entre pisos, con lo que puede, en muchos casos, realizarse un diseño elástico de los elementos estructurales. La reducción de los desplazamientos relativos entre pisos también trae como consecuencia que disminuyen las sollicitaciones sobre los elementos no estructurales, permitiendo de esta manera una reducción significativa de los daños en elementos estructurales y en elementos no-estructurales.
- f. La reducción de las sollicitaciones sobre los miembros estructurales trae como consecuencia que sus dimensiones pueden disminuir, con lo que se presentan ventajas desde el punto de vista arquitectónico. Entre las consideraciones de diseño hay que prever el espacio circundante alrededor de la edificación que debe permitir el libre movimiento de la misma. Este espacio debe concebirse de manera tal que facilite el fácil acceso para la verificación del estado de los aisladores y su eventual sustitución, a la hora de presentar daño.
- g. La presencia del sistema de aisladores y su correcto diseño y distribución contribuye

- a reducir los efectos de la torsión en la respuesta sísmica.
- h. En términos generales, la presencia del sistema de aisladores permite la reducción de los daños en la estructura, así como la reducción de los daños no estructurales. Las zonas de mayor daño quedan concentradas en los aisladores, por lo que resulta más fácil la inspección y reparación de la estructura, la cual puede inclusive lograrse con la reparación o sustitución de aisladores.
  - i. El aislamiento sísmico permite reducir los efectos de tensiones residuales que pueden ser provocados por la retracción de elementos estructurales.
  - j. El uso de los aisladores permite concentrar las incertidumbres sobre los procesos constructivos y sus eventuales fallas al momento de la ocurrencia de un terremoto, en los mismos aisladores, los cuales, a su vez, permiten un mejor control de calidad que el que tradicionalmente se puede conseguir cuando se construye una edificación, especialmente en países en los que la mano de obra no es muy calificada.
  - k. Una de las mayores ventajas del uso de aisladores sísmicos es que la operatividad de las estructuras puede recuperarse inmediatamente después de la ocurrencia de un terremoto, en la medida en que se logran los objetivos de desempeño previstos.

Los sistemas de aislamiento sísmico presentan un conjunto de desventajas cuidadosamente en cuenta a la hora de diseñar y de construir una edificación a la cual se le incorpora un sistema de aisladores:

- a. La primera dificultad es la asociada a la presencia de grandes desplazamientos en la base de la estructura, y como consecuencia del comportamiento de cuerpo rígido, en toda la estructura de manera simultánea (con mínimos desplazamientos relativos). Estos grandes desplazamientos se concentran en la zona de la edificación en la que se colocan los aisladores, los cuales, en la mayoría de los casos van sobre las fundaciones, pero en muchos casos, especialmente en estructuras que han sido reparadas o reforzadas con aisladores sísmicos, pueden requerir ser colocados en niveles intermedios, en la parte baja de la estructura. Los desplazamientos pueden tener un orden de entre 20 cm y 50 cm para fuertes terremotos. En la mayoría de los casos, el espacio necesario para permitir los desplazamientos, se prevén en la zona inferior al primer piso, por lo que el plano de aislamiento queda a nivel inferior al suelo. Pero otras soluciones pueden también desarrollarse. La Figura 4 muestra el caso de una edificación que fue colocada sobre aisladores sin restricciones y a

un nivel externo, de piso, lo cual presente una excelente y económica solución.

**Figura 4**

*Edificación en Java, Indonesia, construida con el plano de aislamiento sobre el terreno.*



*Nota. Adaptado de Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras (p.62), por Carlos Genatios y Marianela Lafuente, 2016, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.*

- b. La presencia de estos grandes desplazamientos introduce consideraciones especiales como son la de incorporar un piso adicional.
- c. Los grandes desplazamientos pueden afectar estructuras vecinas. Estos daños en estructuras vecinas pueden producir la caída de residuos que podrían introducirse en los espacios necesarios para que la edificación aislada pueda moverse; si esto ocurre, se pierde la capacidad de aislamiento.
- d. Entre las limitaciones debe considerarse el espacio circundante alrededor de la edificación que debe permitir el libre movimiento de la misma. Este espacio debe concebirse de manera tal que facilite el fácil acceso para la verificación del estado de los aisladores y su eventual sustitución, a la hora de presentar daño. La Figura 5 muestra el caso de una edificación colocada sobre aisladores sísmicos y los espacios libres para permitir el movimiento propio del aislamiento, así como el acceso para la revisión de los aisladores.

**Figura 5**

*Espacio para el movimiento libre de los aisladores y acceso para revisión.*



*Nota.* Adaptado de *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras* (p.63), por Carlos Genatios y Marianela Lafuente, 2016, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.

- e. Los grandes desplazamientos adicionales introducen requerimientos especiales de flexibilidad de las juntas de las tuberías de los sistemas de servicio para la edificación, como son agua potable, aguas servidas, gas, electricidad, telecomunicaciones, etc., ya que estas tuberías cruzan el plano de aislación. La Figura 6 muestra instalaciones con dispositivos de flexibilidad.

**Figura 6**

*Tuberías y dispositivos flexibles para permitir los movimientos propios de los edificios con aislamiento sísmico.*



*Nota.* Adaptado de *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras* (p.63), por Carlos Genatios y Marianela Lafuente, 2016, CAF-Banco de Desarrollo de América Latina.

- f. Consideraciones arquitectónicas deben también revisarse en el diseño de cada edificación; por ejemplo, la presencia de escaleras y rampas de acceso a la edificación, los ascensores y escaleras mecánicas, entre otros dispositivos, deben ser concebidas de manera tal que se adapten a los movimientos en la zona de interface y a las distancias que quedan al dejarse los espacios alrededor de la edificación para permitir su movimiento. Las escaleras y rampas de acceso deben ser fijadas a la estructura y ser construidas de manera tal que puedan moverse.
- g. La presencia de aisladores impone un plan de mantenimiento para la estructura, que no es necesario para estructuras no aisladas. Este plan de mantenimiento debe incluir la verificación del estado de la zona que permite los desplazamientos alrededor de la estructura.

**2.2.3. Propiedades del Caucho**

Los elastómeros, como el caucho, pueden presentar particularidades en sus propiedades, ya sea por su naturaleza o alteración química, respecto al material estándar. A continuación, se expondrán dichas características.

- Dureza (IRHD)

Para los fabricantes, la manera más común de clasificar el caucho es por la dureza y según la clasificación IRHD (internacional rubber hardness degrees) de la ASTM. Es importante especificar la dureza considerada en el diseño ya que de ella dependen las demás propiedades del material.

- Módulo de Elasticidad (En)

El módulo de Elasticidad, al igual que en cualquier material, representa la relación entre el esfuerzo y la deformación axial del caucho. Como se muestra en la tabla 1, el valor de En no se altera por alteración química del material, más sí por la dureza del caucho.

**Tabla 1**

*Módulo de Elasticidad según Dureza del Elastómero*

<b>IRHD</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
<b>(MPa)</b>	1,35	1,50	1,80	2,20	3,25	4,45

*Nota.* Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM)

- Módulo de Corte (Gn)

El módulo de Corte simboliza la relación entre el esfuerzo y la deformación angular del material. Este valor puede verse alterado por modificación química del material y variar en un 250 % según la dureza del caucho, tal como lo muestra la tabla 2 (ASTM, 1994).

**Tabla 2**

*Módulo de Corte según Dureza del Elastómero*

<b>IRHD</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>
<b>Gn (MPa)</b>	0,40	0,45	0,54	0,64	0,81	1,06

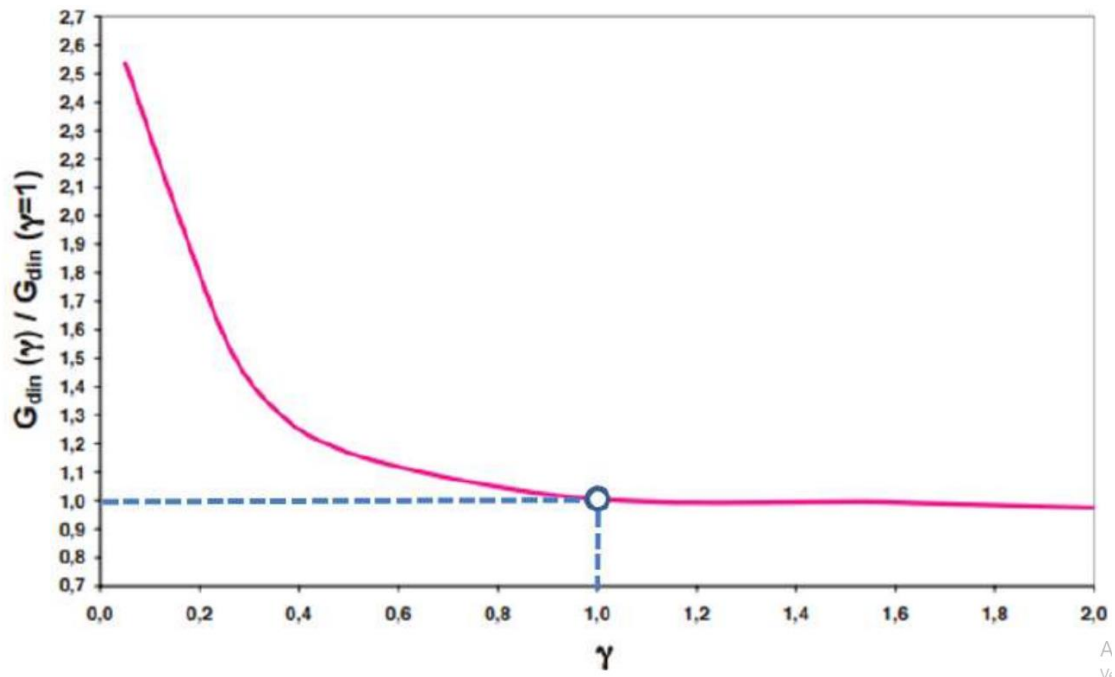
*Nota.* Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM)

El módulo de Corte es entendido como un valor constante en cauchos comunes; sin embargo, los empleados en la fabricación de los aisladores HDR, están alterados químicamente para que su valor varíe con la deformación angular. En la figura 7 se aprecia el gráfico “Módulo de corte vs deformación angular” para un elastómero alterado químicamente. Como se explicará más adelante, esta propiedad le brinda capacidad de disipar energía a los aisladores HDR. (FIP Industriale – III, 2015 p.5)



**Figura 7**

Curva Módulo de Corte “G” vs Deformación Angular “ $\gamma$ ” de un Elastómero



Nota. Adaptado de *Dispositivos Antisísmicos* (p.5), por Fip Industriale-III, 2015, Yak Agency.

- Constante del Material (k)

La constante del material es un valor asociado a la dureza que simplifica el cálculo del módulo de compresibilidad, dato necesario para obtener de la rigidez vertical del aislador, tal como se muestra en la tabla 3 (ASTM 1994).

**Tabla 3**

Constante del material según Dureza del Elastómero

IRHD	37	40	45	50	55	60
K	0,87	0,85	0,80	0,73	0,64	0,57

Nota. Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM)

- Deformación Angular Inelástica ( $\gamma_{in}$ )

El caucho no tiene, propiamente hablando, fluencia ante deformaciones angulares, este simplemente rompe frágilmente en sollicitaciones últimas. No obstante, en aisladores HDR, el módulo de corte varía conforme se deforma ( $\gamma=5\%$ - $10\%$  según proveedor). Este valor de deformación se asocia a la incursión en el rango inelástico del material. La figura 7 demuestra el comportamiento para una deformación dada.

- Deformación de Angular de Rotura ( $\gamma_{un}$ )

El caucho tiene una capacidad de deformación angular muy alta antes de llegar a la rotura: 350 %, según ensayos de Skellerup Industries; sin embargo, para efectos de diseño, las deformaciones angulares se limitan a 300 % para HDRs y 250 % para LRBs. (Kelly, 2001 p.136)

- Elongación de Rotura ( $\epsilon_{un}$ )

La deformación axial, cuando el caucho rompe por tracción, es un valor empleado para el cálculo de la capacidad de carga a una deformación dada. Los valores de elongación de rotura varían de manera inversamente proporcional con la dureza del caucho, tal como se muestra en la tabla 4 (ASTM, 1994)

**Tabla 4**

*Elongación de rotura según Dureza del Elastómero*

IRHD	37	40	45	50	55	60
$\epsilon_{un}$	650 %	600 %	600 %	500 %	500 %	400 %

*Nota.* Fuente: American Society for Testing and Materials (ASTM)

- Esfuerzo de Compresión Máximo ( $\sigma_{max}$ )

El valor de Esfuerzo de compresión máximo es útil para Predimensionar el diámetro del aislador ante cargas de servicio, entendiéndose dicho valor sólo aplicable para el caso en el cual la deformación angular  $\gamma = 0$ . Skellerup Industries recomienda considerar el esfuerzo de compresión máximo como tres (03) veces el valor del módulo de corte  $G_n$ . Para otras verificaciones, el valor será calculado considerando fórmulas que dependen de la elongación de rotura, factor de seguridad, entre otros (Kelly, 2001 p.127).

#### 2.2.4. Propiedades del Acero

Las características del acero no afectan en absoluto el funcionamiento de los dispositivos, su presencia sólo sirve para mantener la funcionalidad y los estándares de calidad. Las planchas de acero, con las que se manufacturan los aisladores, deben seguir las especificaciones para acero grado 50 o A36 de la norma ASTM de manera que se garantice la falla del caucho antes que la adherencia entre materiales.

### **2.2.5. Normatividad Peruana**

#### a) Norma de Cargas

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

#### b) Norma de Diseño Sismorresistente

Esta norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios:

- Evitar pérdidas de vidas humanas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a la propiedad

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaren dañadas por la acción de los sismos (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018).

#### c) Norma de Concreto Armado

Esta norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado. Preesforzado y simple. Lo establecido en esta norma tiene prioridad cuando está en discrepancia con otras normas a las que ella hace referencia (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

### **2.2.6. Aisladores sísmicos**

#### a) Diseño de las estructuras sísmicamente aisladas

Las estructuras sísmicamente aisladas, excepto las definidas en el artículo 17 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico, deben ser diseñadas usando los procedimientos dinámicos del capítulo VI de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico.

Cuando adicionalmente se utilizan amortiguadores de fluido viscoso en el sistema de aislamiento sísmico, debe usarse el procedimiento de análisis dinámico tiempo historia, como se indica en el numeral 18.2 del artículo 18 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico.

b) Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes

El procedimiento de fuerzas estáticas equivalentes, establecido en el capítulo V de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico, se puede utilizar para el diseño de una estructura sísmicamente aislada, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones, considerando los límites superior e inferior de las propiedades del sistema de aislamiento sísmico, predominando la de mayor exigencia:

- a. La estructura debe estar ubicada en las zonas sísmicas 1 o 2, o en la zona 3 sobre suelos del tipo S1 o S2, o en la zona 4 sobre suelos tipo S1.
- b. El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , será menor o igual a 5,0 s
- c. La estructura sobre la interfaz de aislamiento no debe tener más de 4 pisos ni más de 20 m de altura. Esta altura debe ser medida desde el nivel de base de la estructura.
- d. El amortiguamiento efectivo del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional,  $\beta_M$ , debe ser menor o igual a 30 % del amortiguamiento crítico.
- e. El periodo efectivo de la estructura aislada correspondiente al desplazamiento traslacional,  $T_M$ , debe ser mayor que tres veces el periodo elástico de la estructura por encima del sistema de aislamiento sísmico, considerada con base fija.
- f. La estructura por encima del nivel de aislamiento sísmico no debe tener ninguna de las irregularidades listadas en el numeral 8.1 del artículo 8 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico

El sistema de aislamiento sísmico debe satisfacer los siguientes criterios:

- a. La rigidez efectiva del sistema de aislamiento sísmico correspondiente al desplazamiento traslacional debe ser mayor que 1/3 de la rigidez efectiva, a un 20 % del desplazamiento máximo.
- b. El sistema de aislamiento sísmico debe ser capaz de producir una fuerza de restitución lateral, tal como está especificado en el numeral 9.4 del artículo 9 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico.
- c. El desplazamiento máximo del sistema de aislamiento sísmico debe ser como mínimo el desplazamiento total máximo, DTM.

c) Análisis dinámico

Los procedimientos de análisis dinámicos desarrollados en el Capítulo VI de la Norma

Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico se aplican conforme a las siguientes disposiciones:

A. Análisis modal espectral

El análisis dinámico modal espectral puede ser usado en el diseño de estructuras sísmicamente aisladas, si se cumplen los criterios establecidos en los numerales 17.1, 17.2, 17.3, 17.4 y 17.6 del artículo 17 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico.

B. Límites de la distorsión angular de entrepiso o deriva

La máxima deriva en la estructura por encima del nivel de base no debe exceder de 0,0035.

Esta deriva se calcula multiplicando por  $R_a$  los valores obtenidos en la superestructura al aplicar las fuerzas distribuidas correspondientes a la fuerza cortante de diseño  $V_s$ .

C. Análisis tiempo – historia

El análisis tiempo – historia es permitido en el diseño de cualquier estructura aislada sísmicamente y debe ser necesariamente desarrollado para el diseño de todas las estructuras sísmicamente aisladas que no cumplan los criterios del numeral 18.1 del artículo 18 de la Norma Técnica E 0.31 Aislamiento Sísmico.

En todos los casos los resultados usados para el diseño de los elementos de la estructura no serán menores que los obtenidos por el análisis dinámico modal espectral.

### 2.3. Definición de términos

- a. **Sismos:** Son vibraciones de la corteza terrestre causada por ondas sísmicas que se generan por súbita liberación de energía elástica acumulada en la corteza y parte superior del manto terrestre, debido a las corrientes de convección de calor por el gradiente de temperatura.
- b. **Carga Sísmica:** Movimiento desordenado del suelo durante un sismo, el cual genera un movimiento complejo de la cimentación en el tiempo, desplazándose por una determinada ley variable en el tiempo.
- c. **Aislador:** Elemento estructural del sistema de aislamiento sísmico que es verticalmente rígido y horizontalmente flexible, y que permite grandes deformaciones laterales bajo sollicitaciones sísmicas.

- d. **Estructura:** Es un conjunto estable de elementos resistentes de una construcción con la finalidad de soportar cargas y transmitir las, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo.
- e. **Edificación:** Construcción de grandes dimensiones fabricada con piedra o materiales resistentes y que está destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana.
- f. **Diseño Estructural:** La principal función de un diseño estructural es la de generar estabilidad en una estructura por medio del buen uso de los materiales y sus propiedades.
- g. **Intensidad:** Es una medida de los efectos que este produce en un sitio dado, o sea de las características del movimiento del terreno y de la potencialidad destructiva del sismo, en ese lugar en particular y en lo que concierne a sus efectos en las construcciones.
- h. **Aceleración:** Es una medida utilizada en terremotos para medir de manera directa las aceleraciones que soporta la superficie del suelo; por lo tanto, es una medida muy importante en ingeniería sísmica, siendo su unidad de medición la intensidad del campo gravitatorio; es decir,  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .
- i. **Periodo:** El periodo predominante ( $T_p$ ) es un parámetro de sencillo cálculo que se utiliza habitualmente para caracterizar el contenido en frecuencia el cual se define como el periodo para el cual el espectro de respuesta de aceleración alcanza su valor máximo.
- j. **Análisis dinámico:** Es el análisis de las fuerzas, desplazamientos, velocidades y aceleraciones que aparecen en una estructura o mecanismo como resultado de los desplazamientos y deformaciones que aparecen en la estructura o mecanismo.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Tipo y Nivel de la investigación**

#### **Tipo de Investigación**

La investigación será de tipo descriptiva, en el cual se recolectará información sobre la estructura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo construida en la Universidad Privada de Tacna. Posteriormente, se llevará a cabo un análisis del comportamiento sísmico utilizando tanto un aislador de caucho natural como uno de alto amortiguamiento, basándose en la información recopilada.

#### **Nivel de Investigación**

El enfoque de esta investigación se centrará en un análisis Aprehensivo y Comprensivo, analizando y comparando los datos obtenidos de la edificación para conocer los desplazamientos de la estructura con caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, así como el modelamiento con los acelerogramas del Sismo de Ica 2007, Moquegua 2001 y Lima 1966.

### **3.2. Población y/o muestra de estudio**

#### **Población**

La población está representada por todos los edificios de Categoría A en Tacna, Perú.

#### **Muestra**

La muestra incluye la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, que en la actualidad utiliza aisladores de caucho con alto nivel de amortiguamiento.

### 3.3. Operacionalización de variables

En la Tabla 5 se muestra la matriz de Operacionalización de variables.

**Tabla 5**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Variable Dependiente: Comportamiento Sísmico	✓ Se realizará el Modelamiento en el Software Etabs V.20, para determinar los periodos fundamentales de vibración asimismo se realizará el análisis modal, dinámico para obtener los valores de desplazamientos y distorsiones de cada piso de la estructura.	✓ Sistema estructural de pórticos concreto armado.	✓ Periodo de fundamental de vibración. ✓ Desplazamientos. ✓ Distorsiones.
Variable Independiente: Aislador	✓ Se realizará el Cálculo para el Predimensionamiento del Aislador, mediante el uso de Ecuaciones teniendo como resultado los Desplazamientos de Diseño y Máximo que soportará el aislador de caucho natural y aislador de alto amortiguamiento, con dichos datos iniciales haremos uso del Catalogo Tensa para determinar las características mecánicas del aislador de caucho natural y del aislador de alto amortiguamiento.	✓ Propiedades mecánicas. ✓ Aislador LDRB. ✓ Aislador HDRB.	✓ Características mecánicas del aislador de caucho natural. ✓ Características mecánicas del aislador de alto amortiguamiento. ✓ Dimensiones del aislador.



### **3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **Técnicas**

Las principales técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- a. Mediante el método cualitativo, que es la observación y análisis de los planos de la facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UPT, para posteriormente realizar el modelado en el software Etabs V.20. Asimismo, se obtuvieron las características mecánicas de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo con los aisladores.
- b. Mediante el método cuantitativo, que se basó principalmente en el análisis del comportamiento sísmico al usar un caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento.
- c. Tiempo- Historia, para observar el desgaste que tienen los aisladores de caucho natural y de alto amortiguamiento.
- d. Investigación Bibliográfica con respecto a los estudios realizados de la misma naturaleza en distintas investigaciones.

#### **Instrumentos**

- a. Software de Dibujo AutoCAD versión 2021
- b. Software Para análisis sísmico Etabs versión 2020
- c. Software para análisis estadístico Excel versión 2016
- d. Programa Seismo Signal versión 2016
- e. Programa Seismo Match versión 2016
- f. Norma técnica E. 0.31 "Aislamiento Sísmico"
- g. Norma: 1997 Uniform Building Code

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

El procesamiento y análisis se hizo mediante el software Etabs, en las cuales se fue modelando y colocando las características mecánicas de los aisladores de caucho natural y caucho de alto amortiguamiento.

Se realizó el análisis de la estructura con los datos aplicando a los diferentes tipos de aisladores, en paralelo se hace uso de las hojas Excel para copiar los resultados.

Luego se realizó en el programa Seismo Signal el ingreso de los datos de

acelerograma(m/s<sup>2</sup>) de los sismos, Ica 2007, Moquegua 2001 y Lima 1966.

Se tienen el Registro Sísmico de Norte-Sur y el registro sísmico Este-Oeste cada uno con dos columnas (Periodo-Aceleración) en el bloc de notas. Posterior a esto sacamos el Espectro de Escalamiento,  $R=1$  el cual se encuentra multiplicado por el 9,8 m/s<sup>2</sup> (gravedad). Se realiza el filtrado de los acelerograma en el programa Seismo Signal, se ingresa los registros individualmente y se obtiene los acelerograma para filtrarlos con lo que nuestras aceleraciones incrementan a comparación de los datos del Cismid, dicho archivo lo guardamos.

Abrimos el programa Seismo Match, y se carga el espectro de escalamiento y cargamos los acelerograma filtrados y realizamos el escalamiento del acelerograma resultando mayor la aceleración. Dicho archivo de aceleración se guarda para posterior subir dichos datos en el Etabs, para sacar los desplazamientos ocurridos.

Como resultado final, se tiene el análisis del comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, así como conocer los desplazamientos máximos para sismos severos ocurridos en el Perú.

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

### **4.1. Análisis de la Estructura sin Aislamiento Sísmico**

En el marco de esta tesis, se ha llevado a cabo un análisis sísmico modal espectral, lo cual implica realizar un análisis convencional utilizando la normativa técnica NTE E.030.

La estructura propuesta corresponde a un edificio de 5 pisos, que consta de 4 niveles y una azotea, perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna. Está compuesto por un sistema estructural de pórticos de concreto armado en ambas direcciones principales. Además, presenta irregularidades tanto en altura debido a su geometría vertical, como en planta debido a una irregularidad torsional. Las dimensiones de las vigas, columnas y losas se detallan en los planos adjuntos en el Anexo 6. El estudio geotécnico fue realizado por la empresa M&M consultores S.R.L y fue firmado por la Ingeniera Maggie Martinelli Montoya, con número de registro CIP 26250. Según este estudio, la edificación se encuentra ubicada en un suelo de tipo rígido (S1). Además de las razones mencionadas, se suma la vulnerabilidad de las edificaciones clasificadas como esenciales según la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, que deben garantizar la seguridad de un gran número de personas durante situaciones de emergencia causadas por movimientos sísmicos de gran magnitud.

#### **4.1.1. Modelo Estructural**

Se utilizó el software Etabs 2020.0.0 (Extended 3D Analysis of Building Systems) para llevar a cabo el análisis del edificio. Esta herramienta informática permite realizar análisis estructurales y diseñar estructuras utilizando las técnicas más avanzadas disponibles en la actualidad.

Como se muestra en la Figura 9 se realizó el Modelamiento de la estructura aporticado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, teniendo como datos las propiedades mecánicas de los materiales, zona, tipo de uso, factor suelo, irregularidades, factor de reducción y demás datos que son necesarios para el modelamiento convencional. Dichos datos se detallarán a continuación.

a) Propiedades mecánicas de los materiales

Para el análisis y diseño del edificio se han tomado los siguientes datos:

Concreto

- a. Resistencia nominal a compresión =  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- b. Módulo de elasticidad =  $E_c = 217\,000 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.1.2. Análisis sísmico

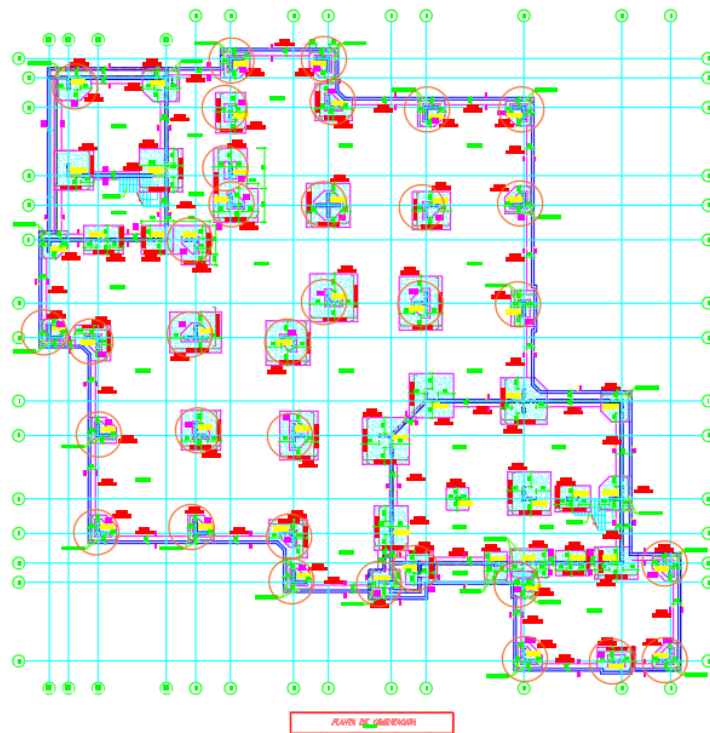
El análisis modal espectral se llevó a cabo de acuerdo con la normativa actualizada NTE E.030 (2018) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Teniendo en cuenta las condiciones del suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:

- a. Factor de Zona:  $Z = 0,45$  (Zona 4)
- b. Factor de Uso:  $U = 1,5$  (Edificación esencial)
- c. Factor de suelo:  $S1 = 1,0$  (Suelo rígido)
- d. Periodo de la plataforma  $T_p = 0,4 \text{ seg.}$
- e. Periodo que define el inicio de la zona del factor  $C_{TL} = 2,5 \text{ seg.}$
- f. Coeficiente de reducción  $R_x = 8*0,9*0,85$  (Pórtico de C.A, estructura irregular en altura e irregular en planta)
- g. Coeficiente de reducción  $R_y = 8*0,9*0,85$  (Pórtico de C.A, estructura irregular en altura e irregular en planta)

A continuación, en la Figura 8 se observa el plano guía para el Modelado Estructural en el Etabs. Y en la figura 9 se muestra ya la estructura Modelada.

**Figura 8**

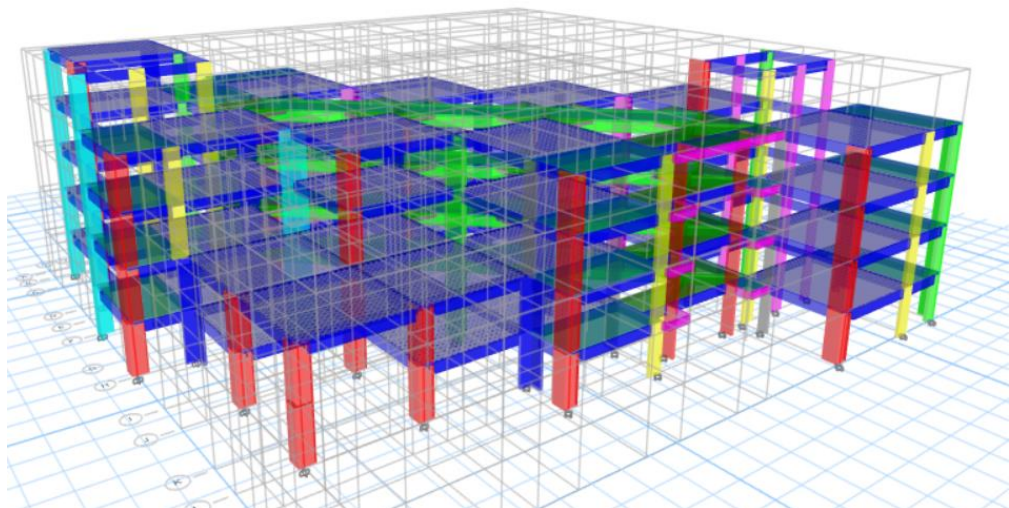
Plano de Cimentación- FAU



*Nota.* La figura muestra el plano guía para el modelado estructural en el ETABS V20.

**Figura 9**

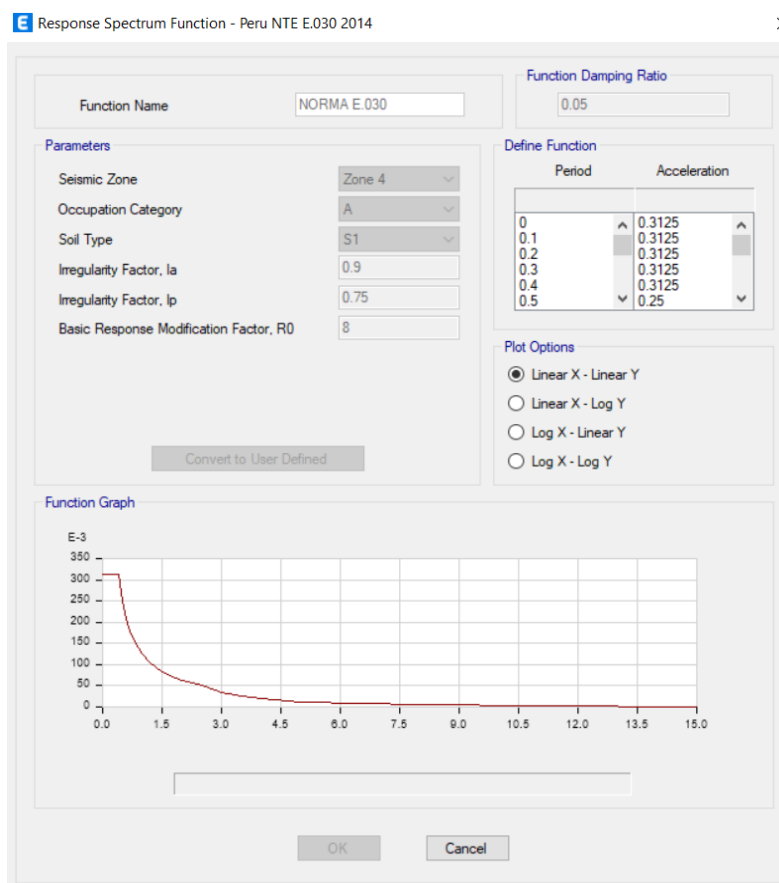
*Modelado estructural sin aislamiento de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo*



*Nota.* La figura muestra el modelado final realizado en el software ETABS V.20 de la estructura aporticado convencional.

Con estos valores se determinó el espectro de pseudo aceleraciones, como se muestra en la Figura 10 el espectro de diseño, de lo cual se interpreta como se mueve la estructura ante un sismo, de donde se muestra los periodos en el eje horizontal y la aceleración en el eje vertical. Esto para realizar el análisis dinámico.

**Figura 10**  
*Espectro de Respuesta*



*Nota.* La figura muestra el Espectro de Respuesta de la Estructura a consecuencia de los parámetros sísmicos de la estructura.

#### 4.1.3. Periodo de vibración

Se determinó 15 periodos de vibración puesto que son 5 niveles y 3 direcciones. En la Tabla 6 se observa que el periodo fundamental en la dirección "Z" es igual a 0,605 segundos, en el eje "Y" es 0,559 segundos mientras que en el eje "X" es 0,53 segundos. Cabe resaltar que para que exista una adecuada eficiencia del aislamiento es necesario realizar un Control Torsional; por lo que resulta indispensable que existan aisladores sísmicos. Los resultados se verifican en el Anexo 2 de esta investigación.

**Tabla 6***Periodos y Modos de Vibración.*

Modo	Periodo	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
<b>sec</b>									
1	0,605	0,2153	0,0871	0,2153	0,0871	0,433	0,0281	0,1015	0,433
2	0,559	0,0342	0,6632	0,2495	0,7503	0,0518	0,2788	0,1166	0,4848
3	0,53	0,5055	0,0003	0,755	0,7506	0,2648	0,2793	0,2757	0,7496
4	0,181	0,0304	0,0207	0,7854	0,7713	0,1024	0,3473	0,3676	0,8521
5	0,171	0,0362	0,1188	0,8217	0,8901	0,0044	0,7196	0,4822	0,8565
6	0,158	0,0901	0,0179	0,9118	0,908	0,0449	0,775	0,7879	0,9014
7	0,101	0,0046	0,0161	0,9163	0,9241	0,025	0,8089	0,797	0,9264
8	0,097	0,0165	0,0122	0,9328	0,9363	0,0112	0,8326	0,8279	0,9376
9	0,075	0,0247	0,0155	0,9575	0,9518	0,0165	0,8688	0,8797	0,954
10	0,071	0,0213	0,0212	0,9787	0,973	0,0016	0,9224	0,9315	0,9556
11	0,066	0,0034	0,0123	0,9821	0,9853	0,0259	0,9546	0,9416	0,9816
12	0,055	0,0061	0,0000011	0,9882	0,9853	0,0044	0,9546	0,966	0,986
13	0,048	0,0007	0,0136	0,9889	0,9989	0,0001	0,9965	0,968	0,9861
14	0,048	0,0108	0,0008	0,9996	0,9997	0,0001	0,999	0,999	0,9862
15	0,046	0,0004	0,0003	1	1	0,0138	1	1	1

*Nota.* Esta tabla muestra los resultados de los Periodos y Modos de Vibración de la Estructura Convencional resultado del Etabs V.20.

Si comparamos este valor con el periodo estático tendríamos lo siguiente:

La ecuación 1 nos permite calcular el periodo estático a partir de la altura de la edificación y el coeficiente para estimar el período fundamental de la edificación (*referido a la ecuación 1*).

$$T = \frac{h_n}{C_T} \quad (1)$$

hn : altura total de la edificación en metros

Ct : coeficiente para estimar el periodo fundamental de un edificio

Ct= 45 Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.

$$T = \frac{18.9}{35}$$

$$T = 0,54 \text{ seg}$$

El periodo estático es similar al periodo dinámico lo cual indica que la estructura es muy rígida.

#### 4.1.4. Distorsiones del entrepiso

En la tabla 7, muestra los desplazamientos máximos para cada piso. Estos desplazamientos se han obtenido multiplicando el desplazamiento del software Etabs por 0,85 R.

Como se ve en todos los casos este valor supera al valor máximo establecido por la NTE E.030 el cual indica una distorsión máxima de 0,007.

**Tabla 7**

*Distorsiones de entrepiso*

Piso	Distorsiones de entrepiso	
	Eje XX	Eje YY
5	0,0088	0,0099
4	0,0061	0,0072
3	0,0078	0,0091
2	0,0076	0,0085
1	0,0043	0,0048

*Nota.* La tabla muestra distorsiones de entrepiso, las cuales sobrepasan en algunos pisos el valor de 0,007, valor correspondiente a la Norma E.030 para Estructura de Concreto Armado-Pórticos; por lo que indica que deben usarse aisladores sísmicos.



## 4.2. Predimensionamiento del Aislador

### 4.2.1. Cálculo del Soporte Mínimo

Dentro de las Normas para el Diseño de Estructuras Aisladas se tiene la E.030 Diseño Sismorresistente, E.031 Aislamiento Sísmico, Uniform Building Code 1997- UBC 97, ASCE/SEI-2010/2016, FEMA, NCh2745.

El aislamiento sísmico en la base se fundamenta en el amortiguamiento de los dispositivos de aislamiento que disipan la energía. Por ello se utiliza un amortiguamiento del 10% para este dispositivo.

- a. Parámetro de zona:  $Z=4$
- b. Tipo de suelo: Intermedio S1 (E-030)
- c. Tipo de suelo: Intermedio SB (Norma Internacional)
- d. Factor de Importancia: 1 (Estudiantes)
- e. Sistema aporricado: 5,4 (Norma E030)
- f. Altura de la Edificación: 18,90 m.
- g. Niveles: 5
- h. Falla Sísmica: a más de 25 Km. (Factor de cercanía)

En las normas internacionales, también se consideran estas combinaciones de cargas, siendo la más adaptable a la Norma peruana la combinación de cargas para diseños a resistencia y esfuerzo admisible que se encuentra en la norma Uniform Building Code 1997 denominada "Special Seismic Load Combinations" en la Sección 1612.4. Y está dado por la siguiente ecuación:

La ecuación 2 nos permite calcular la carga última a partir de la carga muerta, carga viva, factor de carga y máxima carga sísmica (*referido a la ecuación 2*).

$$1.2 D + f_1 L + 1.0 E_m \quad (2)$$

Donde se tiene:

$D$  = Cargas Muertas (Cargas estructurales y no estructurales)

$L$  = Cargas Vivas

$f_1$  = Factor 1,0 para cargas superiores a 490 Kgf/m<sup>2</sup>

$f_1$  = Factor 0,5 para cargas menores a 490 Kgf/m<sup>2</sup>

$E_m$  = Máxima carga sísmica que puede afectar a la estructura en un Sismo.

Y la Máxima carga está dado por:

La ecuación 3 nos permite calcular la máxima carga sísmica a partir del factor de amplificación sísmica y carga sísmica horizontal (*referido a la ecuación 3*).

$$E_m = \Omega_o E_h \quad (3)$$

Donde se tiene:

$\Omega_o$  = Factor de amplificación Sísmica según sistema estructural

$E_h$  = Carga sísmica horizontal debido a la fuerza cortante  $V$

Por tanto, la fuerza lateral estática se calcula mediante la ecuación de la norma UBC de la sección 1630.2.1 "Design base shear" y está dado por:

La ecuación 4 nos permite calcular fuerza lateral en la base a partir del coeficiente sísmico, importancia sísmica, periodo de la estructura y carga estructural (*referido a la ecuación 4*).

$$V = \frac{C_v * I}{R * T} W \quad (4)$$

Donde se tiene:

$C_v$  = Coeficiente Sísmico = 0,40

$I$  = Importancia Sísmica = 100

$R$  = 5,4

$W$  = 6 957,142 tn (Carga Estructural y no estructural)

$T$  = Periodo de la estructura

La ecuación 5 nos permite calcular el periodo de la estructura a partir de la altura de la edificación y el coeficiente para estimar el período fundamental de la edificación (*referido a la ecuación 5*).

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad (5)$$

donde  $C_t = 0,0731$  para concreto reforzado

$$T = 0,0731(18,90)^{3/4} = 0,0731 \sqrt[4]{18,90^3} = 0,0731(9,06) = 0,6626 \text{ s}$$

$$V = \frac{0,40 * 1,00}{5,4 * 0,6626} (6957,142 \text{ tn} )$$

$$V = 777,760 \text{ tn}$$

La cortante (V) debe ser verificada y tiene que cumplir que no exceda la ecuación (30-5), así como también no ser menor que las ecuaciones (30-6) y (30-7) de la normativa UBC que se muestra a continuación.

Las ecuaciones 5,6 y 7 nos permite calcular fuerza lateral en la base a partir del coeficiente sísmico, importancia sísmica y carga estructural (*referido a las ecuaciones 6, 7 y 8*).

$$V_2 = \frac{2,5(C_a)I}{R} (W) \quad (6)$$

$$V_3 = 0,11 C_a I(W) \quad (7)$$

$$V_4 = \frac{0,8 Z N_v I}{R} (W) \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{2,5(C_a)I}{R} (W) = 1\,288,359 \text{ Tn} \dots (\text{ec. } 30 - 5)$$

$$V_3 = 0,11 C_a I(W) = 306,114 \text{ Tn} \dots (\text{ec. } 30 - 6)$$

$$V_4 = \frac{0,8 Z N_v I}{R} (W) = 412,275 \text{ Tn} \dots (\text{ec. } 30 - 7)$$

Dónde:

$$C_a = 0,4 \text{ Tabla } 16 - Q$$

$$Z = 0,4 \text{ Tabla } 16 - I$$

$$N_v = 1$$

Reemplazando estos valores dentro de las ecuaciones líneas arriba, se tiene que:

$$V_2 = 1\,288,359 \text{ Ton}$$

$$V_3 = 306,114 \text{ Ton}$$

$$V_4 = 412,275 \text{ Ton}$$

Y se tiene que verificar que:

$$V_1 < V_2 \text{ y } V_1 > V_3 > V_4$$

Por lo tanto, el valor de  $V_1$  cumple con las restricciones.

Hallando

La ecuación 9 nos permite calcular la máxima carga sísmica a partir del factor de amplificación sísmica y carga sísmica horizontal (*referido a la ecuación 9*).

$$E_m = \Omega_o E_h \quad (9)$$

Donde se tiene:

$$\Omega_o = 2,8 \text{ (Ver tabla 16-N – UBC - Structural Systems)}$$

$$E_h = 777,760 \text{ Tnf}$$

$$E_m = 2,8 (777,760 \text{ Tnf})$$

$$E_m = 2\,177,728 \text{ Tnf}$$

**Finalmente, la carga ultima está definida por**

$$U = 1,2 D + f_1 L + 1,0 E_m$$

$$U = 1,2 (5\,942 \text{ Tn}) + (0,5) (1\,015,143) \text{ Tn} + 2\,177,728 \text{ Tn}$$

$$U = 7\,130,40 \text{ Tn} + 507\,572 \text{ Tn} + 2\,177\,728 \text{ Tn}$$

$$U = 9\,815,70 \text{ Tn}$$

**Área del diafragma rígido = 1 620,898 m<sup>2</sup> (obtenidos del AutoCAD)**

La ecuación 10 nos permite calcular la carga por metro cuadrado a partir de la carga ultima y el área del diagrama (*referido a la ecuación 10*).

$$\text{Carga por m}^2 = U/A \quad (10)$$

$$A/m^2 = \text{Carga Ultima/Diafragma rígido}$$

$$U/A = 9\,815,70 \text{ Tn}/1\,620,898 \text{ m}^2$$

**Carga = 6,10 tn/m<sup>2</sup> por cada metro cuadrado de servicio (lo que soporta el dispositivo)**

Carga en los dispositivos:

*Dispositivo Esquinado*

Área= 17,02 m<sup>2</sup> (datos de cad)

Carga= 6,10 tn/m<sup>2</sup>

*Dispositivo Centrado*

Área= 33,324 m<sup>2</sup> (datos de cad)

Carga= 6,10 tn/m<sup>2</sup>

*Dispositivo Excéntrico*

Área= 34,03 m<sup>2</sup> (DATOS DE CAD)

Carga= 6,10 tn/m<sup>2</sup>

Soporte Mínimo Disp. Esquinado = 103,822 Tn

Soporte Mínimo Disp. Centrado = 203,276 Tn (Dispositivo X)

Soporte Mínimo Disp. Excéntrico = 207,583 Tn (Dispositivo Y)

#### 4.2.2. Desplazamiento de Diseño y Máximo

Para determinar los Desplazamiento de Diseño y Máximo de los aisladores sísmicos, se realizó con la Norma Internacional Uniform Building Code 1997. Considerando valores similares a la Norma E.031.

##### a) Desplazamiento de diseño

Es necesario determinar el desplazamiento de diseño o desplazamiento mínimo  $D_D$  para determinar el dispositivo de aislamiento dado por:

La ecuación 11 nos permite calcular el desplazamiento de diseño a partir de la gravedad, aceleración espectral, periodo de objetivo y coeficiente de amortiguamiento (*referido a la ecuación 11*).

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VD} T_D}{B_D} \quad (11)$$

Donde :

$g$  : Gravedad, expresado en mm/s<sup>2</sup>.

$C_{VD}$  : 0,40 Aceleración espectral para el Sismo de Diseño. Tabla 16-R

$T_D$  : 2,5 s. - Periodo objetivo de la estructura aislada

$B_D$  : 1,2 (10 % Coeficiente de amortiguamiento según tabla A-16-C - Anexo)

$$D_D = \frac{\left(\frac{9,8}{4\pi^2}\right) (0,40)(2,5)}{1,2}$$

$$D_D = 20,68 \text{ cm}$$

### b) Desplazamiento máximo

La ecuación 12 nos permite calcular el desplazamiento máximo a partir de la gravedad, aceleración espectral y periodo máximo (*referido a la ecuación 12*).

$$D_M = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VM} T_D}{B_D} \quad (12)$$

$g$  : 9,8 Gravedad, expresado en mm/s<sup>2</sup>.

$C_{VM}$  : Aceleración espectral para el Sismo de Diseño. Tabla A-16-G

$T_M$  : 2,5 s Periodo máximo de la estructura aislada

$B_M$  : 1,2 Coeficiente de amortiguamiento según Tabla A-16-C (10%)

$M_M$  : 1,25 Coeficiente numérico de amplificación según Tabla A-16-D

Para una Zona 4 con  $G > 0,4$

La ecuación 13 nos permite calcular la aceleración espectral a partir del coeficiente de amortiguamiento y coeficiente numérico (*referido a la ecuación 13*).

$$C_{VM} = 1,0 M_M Z N_V \quad (13)$$

$$C_{VM} = 1,0 * 1,25 * 0,45 * 1$$

$$C_{VM} = 0,5625$$

$$D_M = \frac{\left(\frac{9,8}{4\pi^2}\right) (0,5625)(2,5)}{1,2}$$

$$D_M = 29,10 \text{ cm}$$

### c) Desplazamiento de diseño total

La ecuación 14 nos permite calcular el desplazamiento de diseño total a partir del desplazamiento de diseño, distancia del centro de rigidez, excentricidad y lados de la edificación (*referido a la ecuación 14*).

$$D_{TD} = D_D \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (14)$$

Donde :

$D_D$  : 20,68 cm (Desplazamiento de diseño)

$y$  : 25,413 m Distancia del centro de rigidez al punto más alejado de la estructura

$e$  :  $(50,825 \cdot 0,05) = 2,541$  Excentricidad, equivalente al 5 % del lado mayor de la edificación.

$b$  : 49,25 Lado más corto de la edificación

$d$  : 50,825 Lado mayor de la edificación

$$D_{TD} = 20,68 \left[ 1 + (25,413) \frac{12(2,541)}{(49,25)^2 + (50,825)^2} \right]$$

$$D_{TD} = 20,68[1 + 0,1547]$$

$$D_{TD} = 20,68[1,1547]$$

$$\mathbf{D_{TD} = 23,88 cm}$$

### d) Desplazamiento máximo total

La ecuación 15 nos permite calcular el desplazamiento máximo total a partir del desplazamiento máximo, distancia del centro de rigidez, excentricidad y lados de la edificación (*referido a la ecuación 15*).

$$D_{TM} = D_M \left[ 1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (15)$$

Donde :

$D_M$  : Desplazamiento máximo

$y$  : Distancia del centro de rigidez al punto mas alejado de la estructura

$e$  : Excentricidad, equivalente al 5 % del lado mayor de la edificación.

$b$  : Lado mas corto de la edificación

$d$  : Lado mayor de la edificación

$$D_{TM} = 29,10 [1,1547]$$

$$D_{TM} = 33,60 \text{ cm}$$

#### 4.2.3. Determinar la rigidez horizontal de los dispositivos

Es necesario determinar la rigidez de cada uno de los dispositivos mediante:

La ecuación 16 nos permite la rigidez horizontal a partir de la carga axial y el periodo objetivo (*referido a la ecuación 16*).

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \quad (16)$$

Donde :

$K_h$  : Rigidez horizontal del dispositivo

$P_{Umax}$  : Carga axial determinada

$T_D$  : 2,5 Periodo Objetivo

Donde :

*Soporte Mínimo Disp. Esquinado = 103,822 Tn*

*Soporte Mínimo Disp. Centrado = 203,276 Tn (Dispositivo X)*

*Soporte Mínimo Disp. Excéntrico = 207,583 Tn (Dispositivo Y)*

##### a) Dispositivos Centrado (Tipo A)

Carga Axial del dispositivo céntrico = 203 ton

La ecuación 17 nos permite calcular el dispositivo centrado a partir de la carga axial determinada y el periodo objetivo (*referido a la ecuación 17*).

$$K_h = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \quad (17)$$



$$K_h^A = 203 \text{ Tn} * \left( \frac{2\pi}{2,5 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 203 (1\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)) * \left( \frac{2\pi}{2,5 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^A = 1,2823 \text{ Mp} \cdot \text{m}$$

*Nota: Se utiliza las siguientes unidades para conversiones:*

$$1 \text{ Mpa} = 10^6 \text{ Pascales}$$

$$\frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} = 1 \text{ Pascal}$$

$$1 \text{ Pascal} = \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}$$

$$\text{Despejando } \text{Kg} = \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot 1 \text{ Pascal}$$

$$\text{Reemplazando } \text{Kg} = \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)$$

$$1 \text{ Tn} = 1\,000 ( \text{m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right) )$$

#### **b) Dispositivos Excéntrico (Tipo B)**

Carga Axial del dispositivo excéntrico = 207 ton

$$K_h^B = P_{Umax} * \left( \frac{2\pi}{T_D} \right)^2$$

$$K_h^B = 207 (1\,000 \text{ m} \cdot \text{s}^2 \cdot \left( \frac{1 \text{ Mpa}}{1\,000,000} \right)) * \left( \frac{2\pi}{2,5 \text{ s}} \right)^2$$

$$K_h^B = 1,307 \text{ Mp} \cdot \text{m}$$

#### **4.2.4. Determinar la altura de caucho los dispositivos**

Esta determinado por la relación Desplazamiento de diseño – Altura del caucho del dispositivo equivalente a la deformación de corte directo  $\gamma = 1,5$  (Equivalente)

La ecuación 18 nos permite calcular la altura de caucho a partir del desplazamiento y la altura de caucho (*referido a la ecuación 18*).

$$\gamma = \frac{D_D}{t_r} \quad (18)$$

Donde:

$\gamma$  : 1,5 Deformación de corte directa

$t_r$  : Altura del caucho(aproximadamente)

$D_D$  : 20,68 cm Desplazamiento de diseño

La ecuación 19 nos permite calcular la altura de caucho a partir del desplazamiento y la altura de caucho (*referido a la ecuación 19*).

$$t_r = \frac{D_D}{\gamma} \quad (19)$$

$$t_r = \frac{20,68}{1,5} = 13,70 \text{ cm}$$

#### 4.2.5. Determinar el área requerida para el dispositivo

Está determinado por la rigidez horizontal del dispositivo y es equivalente al Módulo de Corte del Caucho por el área total sometida a la compresión axial, entre la altura del caucho.

La ecuación 20 nos permite calcular el área requerida del dispositivo a partir del módulo de corte del caucho, área del dispositivo y altura de caucho (*referido a la ecuación 20*).

$$K_h = \frac{G * A}{t_r} \quad (20)$$

Donde:

$K_h$  : Rigidez horizontal en MN

$G$  : Módulo de corte del Caucho

$A$  : Área del dispositivo sometida a compresión axial

$t_r$  : Altura Total del Caucho

#### a) Área Del Dispositivo Tipo A

Considerando el Valor de Rigidez horizontal:

$$K_h^A = 1,263 \text{ Mpa} \cdot \text{m}$$

$$K_h^A = \frac{G * A}{t_r}$$

Donde :

$K_h^A$  : Rigidez horizontal en Mpa

$G$  : 0,38 Mpa (Proveedor N/mm<sup>2</sup>) Módulo de corte del Caucho

$A$  : Área del dispositivo sometida a compresión axial

$t_r$  : 13,70 cm = 0,1370 m (Altura del caucho total)

La ecuación 21 nos permite calcular el área requerida del dispositivo a partir del módulo de corte del caucho, área del dispositivo y altura de caucho (*referido a la ecuación 21*).

$$A = \frac{t_r * K_h}{G} \quad (21)$$

$$A = \frac{t_r * K_h^A}{G} = \frac{0,1370\text{m} * 1,2823 \text{ Mpa} \cdot \text{m}}{0,38 \text{ Mpa}} = 0,4623 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = d/2$$

Reemplazando:

La ecuación 22 nos permite calcular el diámetro a partir del área del caucho (*referido a la ecuación 22*).

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{\pi}} \right\} \quad (22)$$

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{\pi}} \right\} = 2 \left\{ \sqrt{\frac{0,4623}{\pi}} \right\}$$

$$d = 0,7672 \text{ m} = 0,80 \text{ m} \quad (\text{Capacidad de carga Mínimo } 203 \text{ tn})$$

## b) Área Del Dispositivo Tipo B

Considerando el Valor de Rigidez horizontal:

$$K_h^B = 1,307 \text{ Mpa} \cdot \text{m}$$

$$K_h^B = \frac{G * A}{t_r}$$

Donde :

$K_h^B$  : Rigidez horizontal en Mpa

$G$  : 0,38 Mpa (Proveedor N/mm<sup>2</sup>) Módulo de corte del Caucho

$A$  : Área del dispositivo sometida a compresión axial

$t_r$  : 13,70 cm = 0,1370 m (Altura del caucho total)

$$A = \frac{t_r * K_h^B}{G} = \frac{0,1370 \text{ m} * 1,307 \text{ Mpa} \cdot \text{m}}{0,38 \text{ Mpa}} = 0,4712 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r = d/2$$

Reemplazando:

$$d = 2 \left\{ \sqrt{\frac{A}{2\pi}} \right\} = 2 \left\{ \sqrt{\frac{0,4712}{\pi}} \right\}$$

$$d = 0,7745 \text{ m} = 0,80 \text{ m} \text{ (Capacidad de carga Mínimo 207 tn)}$$

### 4.3. Análisis de la Estructura con Aislador Sísmico de Caucho Natural

Ya teniendo los datos iniciales de las dimensiones del aislador, nos ayudaremos del catálogo TENSA, empresa líder en la fabricación de cables, sistemas de postensado, dispositivos antisísmicos, apoyos estructurales y juntas de expansión. Tal como se muestra en el Anexo 3 de esta investigación. Los aisladores sísmicos de caucho natural también conocidos como aisladores de bajo amortiguamiento y/o con núcleo de plomo. Usaremos las Tabla TLRI Edificación con aislador TLRI mostrada en la Figura 11.

Figura 11

Tabla de Dimensiones y características de los aisladores

**TLRI EDIFICACIÓN  
CON AISLADOR TLRI**

APOYO ELASTOMERICO CON NUCLEO DE PLOMO

EN 15129:2009 [E] - cap. 8.2

d <sub>Ed</sub> 250mm	AISLADOR	DIÁMETRO DEL CAUCHO		ALTURA TOTAL (INCLUYENDO CHAPAS EXTERNAS)	TAMANO DE CHAPA GENERAL	ESPESOR TOTAL DEL CAUCHO	FACTOR DE FORMA	RIGIDEZ VERTICAL	RIGIDEZ HORIZONTAL EFECTIVA AL d <sub>bd</sub>	AMORTIGUACIÓN EFECTIVA EN d <sub>bd</sub>	DESPLAZAMIENTO DE DEFORMACIÓN	CARGA DE DEFORMACIÓN HORIZONTAL	DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO HORIZONTAL (EN 1998)	CARGA DE DISEÑO HORIZONTAL	CARGA ESTÁTICA VERTICAL MÁXIMA ELU	CARGA SÍSMICA VERTICAL MÁXIMA
		D (mm)	H <sub>tot</sub> (mm)													
CAUCHO SOFT G <sub>din</sub> = 0.4 MPa* ξ <sub>eff</sub> = 10%-15%*	TLRI-400-SM-125/75	400	242	450X450	125	18.8	408	0.6	24	16	56	208	125	1700	600	
	TLRI-450-SM-126/85	450	231	500X500	126	17.6	469	0.8	24	16	72	208	158	2150	900	
	TLRI-500-SM-126/95	500	237	550X550	126	16.8	541	0.9	24	16	90	208	196	2700	1300	
	TLRI-550-SM-125/105	550	257	600X600	125	26.0	1208	1.1	24	16	110	208	239	5500	2950	
	TLRI-600-SM-125/115	600	257	650X650	125	28.4	1596	1.4	24	16	131	208	285	6550	3750	
	TLRI-650-SM-126/125	650	246	700X700	126	25.6	1657	1.6	24	17	155	208	334	7700	4700	
	TLRI-700-SM-126/135	700	261	750X750	126	27.6	2102	1.9	25	17	180	208	388	8950	5700	
	TLRI-750-SM-126/145	750	252	800X800	126	25.4	2190	2.1	25	17	208	208	446	10300	6800	
	TLRI-800-SM-126/155	800	252	850X850	126	27.1	2696	2.4	25	17	238	208	509	11750	8050	
	TLRI-850-SM-128/165	850	248	900X900	128	25.2	2753	2.7	25	17	269	208	569	13300	9350	
	TLRI-900-SM-128/175	900	263	950X950	128	26.7	3311	3.1	25	17	302	208	639	14950	10750	
	TLRI-950-SM-128/185	950	263	1000X1000	128	28.2	3930	3.4	25	17	337	208	713	16650	12200	
	TLRI-1000-SM-126/195	1000	255	1050X1050	126	26.4	4106	3.8	25	17	375	208	798	18450	13800	
	TLRI-1100-SM-130/210	1100	271	1150X1150	130	26.2	4791	4.5	25	17	436	208	933	22450	17300	
TLRI-1200-SM-130/230	1200	271	1250X1250	130	28.6	6309	5.3	25	17	523	208	1114	26750	21100		
CAUCHO NORMAL	TLRI-400-NM-125/85	400	242	450X450	125	18.6	676	1.1	25	17	110	208	237	2800	1000	
	TLRI-450-NM-126/95	450	231	500X500	126	17.5	797	1.4	24	17	138	208	297	3600	1550	

Nota: La figura muestra la Tabla de valores que se necesitaran para el cálculo del aislador de bajo amortiguamiento en edificaciones. Los datos se sacarán de la Tabla de Apoyo elastoméricos con núcleo de plomo para edificaciones, teniendo en cuenta el desplazamiento más cercano que es 250 mm, con un Módulo de elasticidad de 0,4 MPa y Amortiguamiento de 10-15%, ubicándonos en la fila que tiene Diámetro del caucho de 800 mm. Adaptado de *volumen 07 Aisladores sísmicos (p.50)* por Gruppo de eccher.

#### 4.3.1. Cálculo de las Características Mecánicas del Aislador de Caucho Natural

##### a. Rigidez compuesta del sistema

La ecuación 23 nos permite calcular la rigidez compuesta del sistema a partir de la rigidez horizontales del tipo A y tipo B (referido a la ecuación 23).

$$K_H = (n)K_r^A + (n)K_r^B \quad (23)$$

$$K_H = (31)(1,2823) + (22)(1,307)$$

$$K_H = 68,51 \text{ MN.mm}$$

### b. Cálculo de la energía disipada

La ecuación 24 nos permite calcular la energía disipada a partir de la rigidez horizontal efectiva y el desplazamiento de diseño (*referido a la ecuación 24*).

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_D^2 * \beta \quad (24)$$

Para tipo A

Dónde:

$$K_{eff} : 2,4 \text{ kN/mm}$$

$$D_D : 250 \text{ mm}$$

$$\beta : 10 \% = 0.1$$

$$W_D^A = 2\pi * K_{eff}^A * D_D^2 * \beta$$

$$W_D^A = 2\pi * (2\,400 \text{ kN/m}) * (0,25 \text{ m})^2 * 0,10$$

$$W_D^A = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Para tipo B

Dónde:

$$K_{eff} : 2,40 \text{ kN/mm}$$

$$D_D : 250 \text{ mm}$$

$$\beta : 10 \% = 0,1$$

$$W_D^B = 2\pi * K_{eff}^B * D_D^2 * \beta$$

$$W_D^B = 2\pi * (2\,400 \text{ kN/m}) * (0,25 \text{ m})^2 * 0,10$$

$$W_D^B = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### c. Hallando la fuerza característica (Q), para determinar el desplazamiento de fluencia

La ecuación 25 nos permite calcular la fuerza (Q) a partir de la energía disipada y el desplazamiento (*referido a la ecuación 25*).

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_D - D_y)} \quad (25)$$

Para tipo A

Donde inicialmente el desplazamiento es cero

$$D_y = 0$$

$$W_D^A = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se tiene

$$Q_A = \frac{W_D^A}{4 * (D_D - D_y)}$$

$$Q_A = \frac{94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,25 \text{ m} - 0)}$$

$$Q_A = \frac{94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,250 \text{ m})}$$

$$Q_A = 94,248 \text{ kN}$$

Para tipo B

$$D_y = 0$$

$$W_D^B = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Q_B = \frac{W_D^B}{4 * (D_D - D_y)}$$

$$Q_B = \frac{94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,25)}$$

$$Q_B = 94,248 \text{ kN}$$

#### d. Primera aproximación de valores de $K_2$ rigidez post fluencia

La ecuación 26 nos permite calcular la rigidez post fluencia a partir de la rigidez horizontal efectiva, la fuerza característica Q y desplazamiento de diseño (*referido a la ecuación 26*).

$$K_2 = K_{eff} - \frac{Q}{D_D} \quad (26)$$

Para Tipo A

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D}$$

$$K_2^A = 2\,400 \text{ kN/m} - \frac{94,248 \text{ kN}}{0,250\text{m}}$$

$$K_2^A = 2\,023,01 \text{ kN/m}$$

Para Tipo B

$$K_2^B = K_{eff}^B - \frac{Q_B}{D_D}$$

$$K_2^B = 2\,400 \text{ kN/m} - \frac{94,248 \text{ kN}}{0,250\text{m}}$$

$$K_2^B = 2\,023,01 \text{ kN/m}$$

**e. Primera aproximación de valores de rigidez inicial  $K_1$**

Asumiendo que  $K_2$  es un 10% de  $K_1$

La ecuación 27 nos permite calcular la rigidez inicial a partir de la rigidez post fluencia (referido a la ecuación 27).

$$K_1 = 10K_2 \quad (27)$$

Para Tipo A

$$K_1^A = 10K_2^A$$

$$K_1^A = 10 \left( 2\,023,01 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^A = 20\,230,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Para Tipo B

$$K_1^B = 10K_2^A$$

$$K_1^B = 10 \left( 2\,023,01 \frac{kN}{m} \right)$$

$$K_1^B = 20\,230,1 \frac{kN}{m}$$

**f. Calculando desplazamiento de fluencia (iterativo)**

La ecuación 28 nos permite calcular el desplazamiento de fluencia a partir del factor Q y la rigidez inicial (*referido a la ecuación 28*).

$$D_y = \frac{Q}{(K_1 - K_2)} \quad (28)$$

Para tipo A y B

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

$$D_y^A = \frac{94,248 \text{ kN}}{(20\,230,1 \frac{kN}{m} - 2\,023,01 \text{ kN/m})}$$

$$D_y^A = 0,00517 \text{ m} = 0,0052$$

Para tipo A y B

$$D_y^B = \frac{Q_B}{(K_1^B - K_2^B)}$$

$$D_y^B = \frac{94,248 \text{ kN}}{(20\,230,1 \frac{kN}{m} - 2\,023,01 \text{ kN/m})}$$

$$D_y^B = 0,0052 \text{ m}$$

**g. Hallando la fuerza característica (Q), conociendo el desplazamiento de fluencia**

La ecuación 29 nos permite calcular la fuerza característica Q a partir de la energía disipada y el desplazamiento inicial (*referido a la ecuación 29*).

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_D - D_y)} \quad (29)$$

Para Tipo A

$$D_y^A = 0,0052 \text{ m}$$

$$Q_A = \frac{94,248 \text{ kN/m}}{4 * (0,250 - 0,0052)}$$

$$Q_A = 96,25 \text{ kN}$$

Para Tipo B

$$D_y = 0,0052 \text{ m}$$

$$Q_B = \frac{94,248 \text{ kN/m}}{4 * (0,250 - 0,0052)}$$

$$Q_B = 96,25 \text{ kN}$$

**h. Hallando la rigidez post fluencia  $K_2$**

Según la ecuación 26 se calcula la rigidez para el tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D}$$

$$K_2^A = 2400 \text{ kN/m} - \frac{96,25 \text{ kN}}{0,250 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 2015 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^A = 2,015 \text{ kN/mm}}$$

Para Tipo B

$$K_2^B = K_{eff}^B - \frac{Q_B}{D_D}$$

$$K_2^B = 2\,400\text{ kN/m} - \frac{96,25\text{ kN}}{0,250\text{ m}}$$

$$K_2^B = 2\,015\text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^B = 2,015\text{ kN/mm}}$$

**i. Hallando la rigidez inicial del dispositivo  $K_1$**

La ecuación 30 nos permite calcular la rigidez inicial a partir de la rigidez post fluencia, el factor Q y el desplazamiento de fluencia (*referido a la ecuación 30*).

$$K_1 = \frac{Q}{D_y} + K_2 \quad (30)$$

Para Tipo A

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

$$K_1^A = \frac{96,25\text{ kN}}{0,0052\text{ m}} + 2015\text{ kN/m}$$

$$K_1^A = 20\,524,615\text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^A = 20,524615\text{ kN/mm}}$$

Para Tipo B

$$K_1^B = \frac{Q_B}{D_y^B} + K_2^B$$

$$K_1^B = \frac{96,25\text{ kN}}{0,0052\text{ m}} + 2\,015\text{ kN/m}$$

$$K_1^B = 20\,524,615\text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^B = 20,524615\text{ kN/mm}}$$

**j. Fuerza de fluencia  $F_y$**

La ecuación 31 nos permite calcular la fuerza de fluencia a partir del factor Q, desplazamiento de fluencia y rigidez post fluencia (*referido a la ecuación 31*).

$$F_y = Q + (K_2 * D_y) \quad (31)$$

Para Tipo A

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

$$F_y^A = 96,25 \text{ kN} + (2\,015 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 0,0052 \text{ m})$$

$$F_y^A = \mathbf{106,728 \text{ kN}}$$

Para Tipo B

$$F_y^B = Q_B + (K_2^B * D_y^B)$$

$$F_y^B = 96,25 \text{ kN} + (2\,015 \text{ kN/m} * 0,0052 \text{ m})$$

$$F_y^B = \mathbf{106,728 \text{ kN}}$$

**k. Ratio de rigidez (relación rigidez post fluencia/ rigidez inicial)**

La ecuación 32 nos permite calcular la ratio de rigidez a partir de la división de la rigidez post fluencia y la rigidez inicial (*referido a la ecuación 32*).

$$R = \frac{K_2}{K_1} \quad (32)$$

Para Tipo A

$$\frac{K_2^A}{K_1^A} = \frac{2\,015 \text{ kN/m}}{20\,524,615 \text{ kN/m}} = 0,0982 \cong \mathbf{0,1}$$

Para Tipo B

$$\frac{K_2^B}{K_1^B} = \frac{2\,015 \text{ kN/m}}{20\,524,615 \text{ kN/m}} = 0,0982 \cong \mathbf{0,1}$$

### I. Periodo real del sistema

La ecuación 33 nos permite calcular el periodo real del sistema a partir de la rigidez horizontal, peso estructural y gravedad (referido a la ecuación 33).

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}} \quad (33)$$

Donde:

$g$  : Gravedad, expresado en mm/s<sup>2</sup>.

$K_H$  : Rigidez Horizontal del Sistema

$T_D$  : Periodo real del sistema de aislamiento

$W$  : Peso Estructural sin amplificar

Reemplazando Valores

$$W = 9\,815,70 \text{ tn}$$

$$K_H = 68,51 \text{ MN.m} \cong 6\,986,08 \text{ tn.m}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{9\,815,70 \text{ tn}/(9,8 \text{ m}^2/\text{s}^2)}{6\,986,08 \text{ tn.m}}}$$

$$T_D = 2,38 \text{ s}$$

### m. Frecuencia angular del sistema

La ecuación 34 nos permite calcular la frecuencia angular del sistema a partir del periodo real (referido a la ecuación 34)

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}} \quad (34)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{2,38}$$

$$\omega = 2,64 \text{ rad/seg}$$

**n. Amortiguamiento efectivo  $\beta_{eff}$  de cada aislador**

La ecuación 35 nos permite calcular el amortiguamiento efectivo a partir del factor Q, desplazamiento inicial y desplazamiento fluencia y el keff (referido a la ecuación 35).

$$\beta_{eff} = \frac{E_D}{2\pi * K_{eff} * D^2} \quad (35)$$

$$\beta_{eff} = \frac{4Q * (D_D - D_y)}{2\pi * K_{eff} * D_D^2}$$

$$\beta_{eff} = \frac{2Q * (D_D - D_y)}{\pi * K_{eff} * D_D^2}$$

Para Tipo A

$$\beta_{eff} = \frac{2Q^A * (D_D - D_y^A)}{\pi * K_{eff} * D_D^2}$$

$$\beta_{eff} = \frac{2(96,25) * (0,25 - 0,0052)}{\pi * 2400 * 0,25^2}$$

$$\beta_{eff} = 0,1$$

Para Tipo B

$$\beta_{eff} = \frac{2Q^B * (D_D - D_y^B)}{\pi * K_{eff} * D_D^2}$$

$$\beta_{eff} = \frac{2(96,25) * (0,25 - 0,0052)}{\pi * 2400 * 0,25^2}$$

$$\beta_{eff} = 0,1$$

**o. Amortiguamiento efectivo de cada aislador**

La ecuación 36 nos permite calcular el amortiguamiento efectivo a partir de la energía disipada, desplazamiento inicial y la frecuencia angular del sistema (*referido a la ecuación 36*).

$$C = \frac{W_D}{\pi * D_D^2 * \omega} \quad (36)$$

Para Tipo A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_D^2 * \omega}$$

Donde:

$$W_D^A = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\pi * (0,250 \text{ m})^2 * 2,38 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 201,6811 \text{ kN} \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = \mathbf{0,2016811 \text{ kN} \frac{\text{seg}}{\text{mm}}}$$

Para Tipo B

$$C = \frac{W_D^B}{\pi * D_D^2 * \omega}$$

Donde:

$$W_D^B = 94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{94,248 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\pi * (0,250 \text{ m})^2 * 2,38 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 201,6811 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = \mathbf{0,2016811 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}}$$

### 4.3.2. Modelo Estructural con Aislador de Caucho Natural

Se tiene la siguiente Tabla 8, Resumen de las características del aislador de caucho natural, para insertar dichos datos en el software Etabs V.20.0.0

**Tabla 8**

*Resumen de Características Mecánicas Aislador de Caucho Natural*

<b>Características Mecánicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dispositivo</b>
Diámetro (Di)	mm	800
Altura total Incluyendo Chapas (H)	mm	252
Rigidez Vertical ( $K_y$ )	kN/mm	2 696
Rigidez Efectiva Lineal ( $K_{eff}$ )	kN/mm	2,4
Rigidez Elástica ( $K_1$ o $K_e$ )	kN/mm	20,524615
Rigidez post fluencia ( $K_2$ o $K_d$ )	kN/mm	2 015
Relación ( $K_2/K_1$ )	ratio	0,1
Fuerza de Fluencia ( $F_y$ )	kN	106,728
Amortiguamiento Efectivo Lineal ( $\beta_{eff}$ )	kN/mm	0,1
Amortiguamiento Efectivo (C)	kN.seg/mm	0,2016811

*Nota.* La tabla muestra el resumen de resultados de las características del aislador de caucho natural, con lo cual se procederá a insertar dichos resultados en el software Etabs - Modelamiento de la Estructura con Aisladores de Caucho Natural.

### 4.3.3. Análisis Sísmico

#### a. Parámetros Sísmicos

Z= 0,45      Zonificación: Tacna

Norma E.030-Artículo 15

U= 1,00      Para edificios con aislamiento sísmico en la base U=1

C= 0,58       $T_P < T < T_L$ ;  $C = 2.5 * (\frac{T_P}{T})$

S= 1,00      S1, Norma E.030

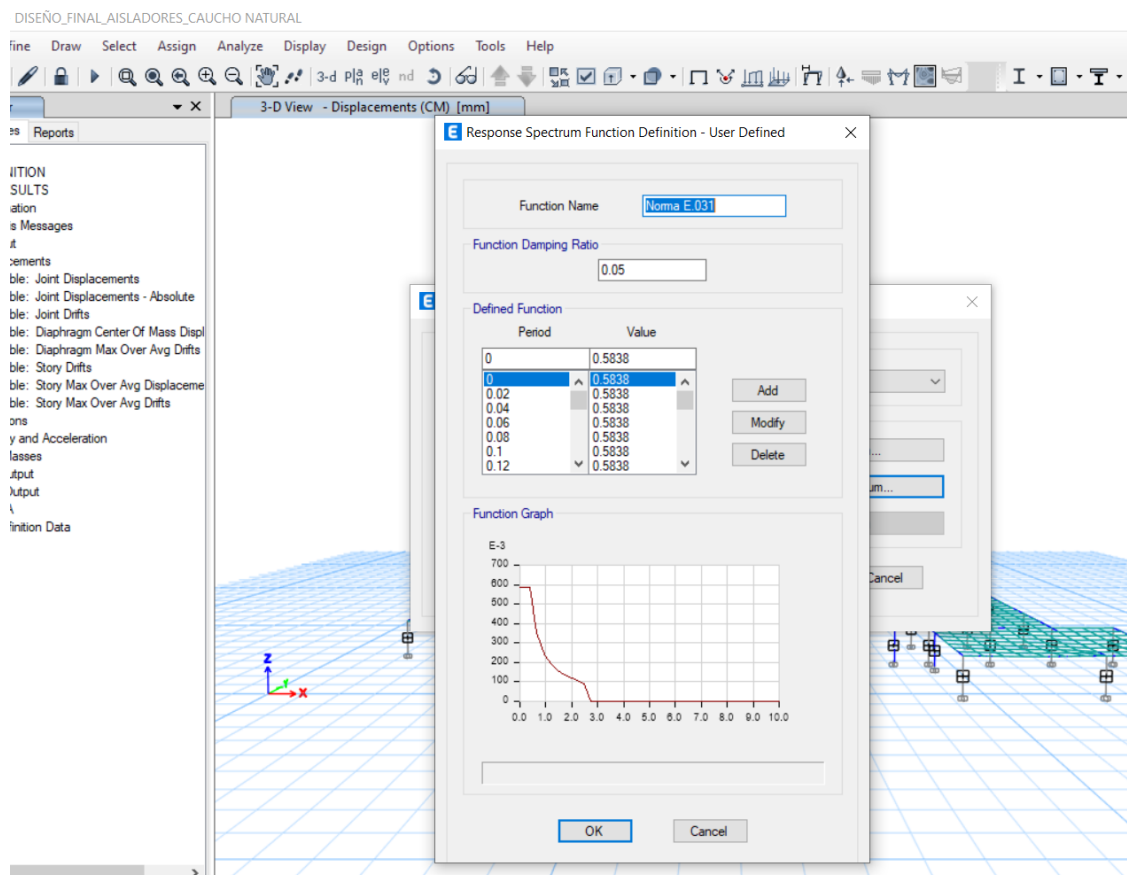


$T_p = 0,4$	Normal E.030
$T_l = 2,5$	Normal E.030
$T = 1,713$	Etabs
$I_a = 0,90$	Irregularidad en altura
$I_p = 0,75$	Irregularidad en planta
$R_o = 1,00$	Sistema estructural CA Pórticos E.031
$R = 0,675$	Coeficiente de reducción de las fuerzas sismica, $R = R_o * I_a * I_p$

Se realiza el espectro de escalamiento con  $R=1$  tal como se muestra en el Anexo N°4 de esta tesis; asimismo en la Figura 12 se muestra el espectro en el Etabs V20.

**Figura 12**

*Espectro de Respuesta, Aislador de Caucho Natural*



*Nota.* La figura muestra el Espectro de Respuesta de la Estructura con Aislador de Caucho Natural, la cual es similar a los resultados en nuestra hoja de cálculo, asimismo se muestra en el eje vertical las aceleraciones y en el eje horizontal el Periodo(T). Para el Modelamiento con Aisladores sísmicos se utiliza el Sismo Máximo Considerado SMC según normativa E.031.

#### 4.3.4. Periodo de vibración

Se obtuvieron los siguientes resultados como muestra la Tabla 9:

**Tabla 9**

*Periodos y Frecuencias*

Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	<b>1,713</b>	0,584	36,683	134,562
Modal	2	1,699	0,589	36,983	136,772
Modal	3	1,529	0,654	41,105	168,963
Modal	4	0,403	2,482	155,966	2,432,552
Modal	5	0,373	2,678	168,242	2,830,549
Modal	6	0,344	2,905	182,547	333,235
Modal	7	0,169	5,93	372,588	13,882,199
Modal	8	0,159	6,297	395,665	1,565,504
Modal	9	0,147	6,808	427,733	18,295,592
Modal	10	0,102	9,839	618,193	38,216,305
Modal	11	0,097	10,272	645,425	41,657,283
Modal	12	0,077	12,966	814,691	66,372,171
Modal	13	0,073	13,699	860,724	74,084,604
Modal	14	0,068	14,713	924,415	85,454,304
Modal	15	0,056	17,984	1,129,965	127,681,983

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Periodos y Frecuencia del Modelamiento de la estructura con aislador de caucho natural, de donde se obtiene un periodo de 1,713 seg superando al de la estructura convencional.

#### 4.3.5. Distorsiones del Entrepiso

Se obtuvieron los siguientes resultados como muestra la Tabla 10 y Tabla 11:

**Tabla 10**

*Derivas en la Dirección X-X*

Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	E.031 0.0035
			mm	mm	mm	
Story5	DERIVA XX	0,000440	9 575	47 675	21 050	OK
Story4	DERIVA XX	0,000673	22 825	49 250	17 200	OK
Story3	DERIVA XX	0,000908	22 825	49 250	13 400	OK
Story2	DERIVA XX	0,001089	22 825	49 250	9 650	OK
Story1	DERIVA XX	0,001096	22 825	49 250	5 900	OK

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Derivas en la dirección X-X del Modelamiento de la estructura con aislador de caucho natural, de donde haciendo la comparación con la Norma E.031, no sobrepasa el valor de 0,0035.

**Tabla 11**

*Derivas en la Dirección Y-Y*

Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	E.031 0.0035
			mm	mm	mm	
Story5	DERIVA YY	0,000421	46 825	13 250	21 050	OK
Story4	DERIVA YY	0,000672	50 825	8 000	17 200	OK
Story3	DERIVA YY	0,000909	50 825	8 000	13 400	OK
Story2	DERIVA YY	0,001095	50 825	8 000	9 650	OK
Story1	DERIVA YY	0,001107	50 825	0	5 900	OK

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Derivas en la dirección Y-Y del Modelamiento de la estructura con aislador de caucho natural, de donde haciendo la comparación con la Norma E.031 de donde no sobrepasa el valor de 0,0035.

#### 4.4. Análisis de la Estructura con Aislador Sísmico de Alto Amortiguamiento

Ya teniendo los datos iniciales de las dimensiones del aislador, nos ayudaremos del catálogo TENSA, empresa líder en la fabricación de cables, sistemas de postensado, dispositivos antisísmicos, apoyos estructurales y juntas de expansión. Usaremos la Tabla TDR1 Edificación con aislador TDR1 – Aislador elastoméricos de alto amortiguamiento mostrada en la Figura 13.

**Figura 13**

Tabla de Dimensiones y características de los aisladores

TDR1 EDIFICACIÓN CON AISLADOR TDR1		APOYO ELASTOMERICO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO										
EN 15129:2009 (E) - cap. 8.2												
d <sub>Ed</sub> 250mm	AISLADOR	D	H <sub>tot</sub>	L x L	T <sub>q</sub>	S	K <sub>v</sub>	K <sub>eff</sub>	d <sub>bd</sub>	H <sub>dbd</sub>	N <sub>slu</sub>	N <sub>seism</sub>
		(mm)	(mm)	(mmxmm)	(mm)	(-)	(kN/mm)	(kN/mm)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)
CAUCHO SUAVE  G <sub>din</sub> = 0.4 MPa* ε <sub>eff</sub> = 10%-15%*	TDR1-400-SM-125	400	242	450X450	125	19.5	448	0.40	208	84	1750	600
	TDR1-450-SM-126	450	231	500X500	126	18.3	516	0.50	208	105	2250	950
	TDR1-500-SM-126	500	237	550X550	126	17.5	596	0.62	208	130	2800	1350
	TDR1-550-SM-125	550	257	600X600	125	27.0	1313	0.76	208	158	5700	3050
	TDR1-600-SM-125	600	257	650X650	125	29.5	1730	0.90	208	188	6800	3900
	TDR1-650-SM-126	650	246	700X700	126	26.7	1804	1.05	208	219	8000	4900
	TDR1-700-SM-126	700	261	750X750	126	28.8	2283	1.22	208	255	9300	5950
	TDR1-750-SM-126	750	252	800X800	126	26.4	2386	1.40	208	292	10750	7100
	TDR1-800-SM-126	800	252	850X850	126	28.2	2931	1.60	208	332	12250	8350
	TDR1-850-SM-128	850	248	900X900	128	26.3	3003	1.77	208	369	13850	9700
	TDR1-900-SM-128	900	263	950X950	128	27.8	3604	1.99	208	414	15550	11150
	TDR1-950-SM-128	950	263	1000X1000	128	29.4	4269	2.22	208	461	17300	12700
	TDR1-1000-SM-126	1000	255	1050X1050	126	27.5	4472	2.49	208	519	19200	14350
	TDR1-1100-SM-130	1100	271	1150X1150	130	27.3	5200	2.92	208	609	23300	17950
TDR1-1200-SM-130	1200	271	1250X1250	130	29.8	6829	3.48	208	725	27800	21950	
CAUCHO NORMAL	TDR1-400-NM-125	400	242	450X450	125	19.5	702	0.80	208	168	2950	1050
	TDR1-450-NM-126	450	231	500X500	126	18.3	836	1.01	208	200	3800	1400

*Nota:* La figura muestra la Tabla de valores que se necesitaran para el cálculo del aislador de alto amortiguamiento en edificaciones. Los datos se sacarán de la Tabla de Apoyo elastoméricos de alto amortiguamiento para edificaciones, teniendo en cuenta el desplazamiento más cercano que es 250 mm, con un Módulo de elasticidad de 0,4 MPa y Amortiguamiento de 10%-15%, ubicándonos en la fila que tiene Diámetro del caucho de 800 mm.

#### 4.4.1. Cálculo de las Propiedades Mecánicas del Aislador de Alto Amortiguamiento

### a. Rigidez Compuesta del Sistema

Según la ecuación 23 se calcula la rigidez compuesta

$$K_H = (n)K_h^A + (n)K_h^B$$

$$K_H = (31)(1,2823) + (22)(1,307)$$

$$K_H = 68,51 \text{ MN} \cdot \text{mm}$$

### b. Cálculo de la Energía Disipada

Según la ecuación 24 se calcula la energía disipada para tipo A y tipo B

$$W_D = 2\pi * K_{eff} * D_D^2 * \beta$$

Para Tipo A

Dónde:

$$K_{eff} : 1,60 \text{ kN/mm}$$

$$D_D : 250 \text{ mm}$$

$$\beta : 10 \% = 0,1$$

$$W_D^A = 2\pi * K_{eff}^A * D_D^2 * \beta$$

$$W_D^A = 2\pi * (1\,600 \text{ kN/m}) * (0,25 \text{ m})^2 * 0,10$$

$$W_D^A = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Para Tipo B

Dónde:

$$K_{eff} : 1,60 \text{ kN/mm}$$

$$D_D : 250 \text{ mm}$$

$$\beta : 10 \% = 0,1$$

$$W_D^B = 2\pi * K_{eff}^B * D_D^2 * \beta$$

$$W_D^B = 2\pi * (1\,600 \text{ kN/m}) * (0,25\text{m})^2 * 0,10$$

$$W_D^B = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**c. Hallando la fuerza característica (Q), para determinar el desplazamiento de fluencia**

Según la ecuación 25 se calcula la fuerza (Q) para el tipo A y tipo B

$$Q = \frac{W_D}{4 * (D_D - D_y)}$$

Para Tipo A

Donde inicialmente el desplazamiento es cero

$$D_y = 0$$

$$W_D^A = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se tiene

$$Q_A = \frac{W_D^A}{4 * (D_D - D_y)}$$

$$Q_A = \frac{62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,25\text{m} - 0)}$$

$$Q_A = \frac{62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,250\text{m})}$$

$$Q_A = 62,83 \text{ kN}$$

Para Tipo B

$$D_y = 0$$

$$W_D^B = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Q_B = \frac{W_D^B}{4 * (D_D - D_y)}$$

$$Q_B = \frac{62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{4 * (0,25)}$$

$$Q_B = 62,83 \text{ kN}$$

**d. Primera aproximación de valores de  $K_2$  rigidez post fluencia**

Según la fórmula 26 se calcula la rigidez post fluencia para el tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D}$$

$$K_2^A = 1\,600 \text{ kN/m} - \frac{62,83 \text{ kN}}{0,250\text{m}}$$

$$K_2^A = 1\,348,68 \text{ kN/m}$$

Para Tipo B

$$K_2^B = K_{eff}^B - \frac{Q_B}{D_D}$$

$$K_2^B = 1\,600 \text{ kN/m} - \frac{62,83 \text{ kN}}{0,250\text{m}}$$

$$K_2^B = 1\,348,68 \text{ kN/m}$$

**e. Primera aproximación de valores de rigidez inicial  $K_1$**

Asumiendo que  $K_2$  es un 10% de  $K_1$

Según la fórmula 27 se calcula la rigidez inicial  $K_1$  para tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$K_1^A = 10 K_2^A$$

$$K_1^A = 10 \left( 1\,348,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right)$$

$$K_1^A = 13\,486,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Para Tipo B

$$K_1^B = 10 K_2^A$$

$$K_1^B = 10 \left( 1\,348,68 \frac{kN}{m} \right)$$

$$K_1^B = 13\,486,8 \frac{kN}{m}$$

**f. Calculando desplazamiento de fluencia (iterativo)**

Según la fórmula 28 se calcula el desplazamiento de fluencia para el tipo A y B

Para Tipo A y B

$$D_y^A = \frac{Q_A}{(K_1^A - K_2^A)}$$

$$D_y^A = \frac{62,83 \text{ kN}}{(13\,486,8 \frac{kN}{m} - 1\,348,68 \text{ kN/m})}$$

$$D_y^A = 0,0052 \text{ m}$$

Para Tipo A y B

$$D_y^B = \frac{Q_B}{(K_1^B - K_2^B)}$$

$$D_y^B = \frac{62,83 \text{ kN}}{(13\,486,8 \frac{kN}{m} - 1\,348,68 \text{ kN/m})}$$

$$D_y^B = 0,0052 \text{ m}$$

**g. Hallando la fuerza característica (Q), conociendo el desplazamiento de fluencia**

Según la fórmula 29 se calcula la fuerza (Q) para el tipo A y tipo B

$$Q_A = \frac{W_D}{4 * (D_D - D_y)}$$



Para Tipo A

$$D_y^A = 0,0052 \text{ m}$$

$$Q_A = \frac{62,83 \text{ kN/m}}{4 * (0,250 - 0,0052)}$$

$$Q_A = 64,16 \text{ kN}$$

Para Tipo B

$$D_y = 0,0052 \text{ m}$$

$$Q_B = \frac{62,83 \text{ kN/m}}{4 * (0,250 - 0,0052)}$$

$$Q_B = 64,16 \text{ kN}$$

#### h. Hallando la rigidez post fluencia $K_2$

Según la fórmula 26 se calcula la rigidez post fluencia para tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$K_2^A = K_{eff}^A - \frac{Q_A}{D_D}$$

$$K_2^A = 1\,600 \text{ kN/m} - \frac{64,16 \text{ kN}}{0,250 \text{ m}}$$

$$K_2^A = 1\,343.36 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^A = 1,34336 \text{ kN/mm}}$$

Para Tipo B

$$K_2^B = K_{eff}^B - \frac{Q_B}{D_D}$$

$$K_2^B = 1\,600 \text{ kN/m} - \frac{64,16 \text{ kN}}{0,250 \text{ m}}$$

$$K_2^B = 1\,343,36 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_2^B = 1,34336 \text{ kN/mm}}$$

**i. Hallando la rigidez inicial del dispositivo  $K_1$**

Según la fórmula 30 se calcula la rigidez inicial para tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$K_1^A = \frac{Q_A}{D_y^A} + K_2^A$$

$$K_1^A = \frac{64,16 \text{ kN}}{0,0052\text{m}} + 1\,343,36 \text{ kN/m}$$

$$K_1^A = 13\,681,82154 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^A = 13,68182154 \text{ kN/mm}}$$

Para Tipo B

$$K_1^B = \frac{Q_B}{D_y^B} + K_2^B$$

$$K_1^B = \frac{64,16 \text{ kN}}{0,0052\text{m}} + 1\,343,36 \text{ kN/m}$$

$$K_1^B = 13\,681,82154 \text{ kN/m}$$

$$\mathbf{K_1^b = 13,68182154 \text{ kN/mm}}$$

**j. Fuerza de fluencia  $F_y$**

Según la fórmula 31 se calcula la fuerza de fluencia para tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$F_y^A = Q_A + (K_2^A * D_y^A)$$

$$F_y^A = 64,16 \text{ kN} + (1\,343,36 \text{ kN/m} * 0,0052\text{m})$$

$$F_y^A = 71,15 \text{ kN}$$

Para Tipo B

$$F_y^B = Q_B + (K_2^B * D_y^B)$$

$$F_y^B = 64,16 \text{ kN} + (1\,343,36 \text{ kN/m} * 0,0052\text{m})$$

$$F_y^B = 71,15 \text{ kN}$$

#### k. Ratio de rigidez (relación rigidez post fluencia/ rigidez inicial)

Según la fórmula 32 se calcula la ratio de rigidez para el tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$\frac{K_2^A}{K_1^A} = \frac{1\,343,36 \text{ kN/m}}{13\,681,82154 \text{ kN/m}} = 0,098 \cong 0,1$$

Para Tipo B

$$\frac{K_2^B}{K_1^B} = \frac{1\,343,36 \text{ kN/m}}{13\,681,82154 \text{ kN/m}} = 0,09 \cong 0,1$$

#### l. Periodo real del sistema

Según la fórmula 33 se calcula el periodo real.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}}$$

Donde:

$g$  : Gravedad, expresado en  $\text{mm/s}^2$ .

$K_H$  : Rigidez Horizontal del Sistema

$T_D$  : Periodo real del sistema de aislamiento

$W$  : Peso Estructural sin amplificar

Reemplazando Valores

$$W = 9\,815.70 \text{ tn}$$

$$K_H = 68,51 \text{ MN.m} \cong 6\,986,08 \text{ tn.m}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W/g}{K_H}}$$

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{9\,815,70 \text{ tn}/(9,8 \text{ m}^2/\text{s}^2)}{6\,986,08 \text{ tn.m}}}$$

$$T_D = 2,38 \text{ s}$$

#### m. Frecuencia angular del sistema

Según la fórmula 34 se calcula la frecuencia angular del sistema

$$\omega = \frac{2\pi}{T_{real}}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{2,38}$$

$$\omega = 2,64 \text{ rad/seg}$$

#### n. Amortiguamiento efectivo de cada aislador

Según la fórmula 36 se calcula el amortiguamiento efectivo de cada aislador de tipo A y tipo B

Para Tipo A

$$C = \frac{W_D^A}{\pi * D_D^2 * \omega}$$

Donde:

$$W_D^A = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\pi * (0,250\text{m})^2 * 2,38 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 134,45 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0,13445 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

Para Tipo B

$$C = \frac{W_D^B}{\pi * D_D^2 * \omega}$$

Donde:

$$W_D^B = 62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$C = \frac{62,83 \text{ kN} \cdot \text{m}}{\pi * (0,250\text{m})^2 * 2,38 \text{ rad/seg}}$$

$$C = 134,45 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{m}}$$

$$C = 0,13445 \text{ kN} \cdot \frac{\text{seg}}{\text{mm}}$$

#### 4.4.2. Modelo estructural con Aislador de Alto Amortiguamiento

A continuación, en este ítem se procederá a realizar el modelo estructural de la edificación con aisladores de Alto Amortiguamiento ingresando los valores que muestra la Tabla 12 en el software Etabs V20.0.0.

**Tabla 12**

*Resumen de Características Mecánicas Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Características Mecánicas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dispositivo</b>
Diámetro (Di)	mm	800
Altura total Incluyendo Chapas (H)	mm	252
Rigidez Vertical ( $K_v$ )	kN/mm	2 931
Rigidez Efectiva Lineal ( $K_{eff}$ )	kN/mm	1,60
Rigidez Elástica ( $K_1$ o $K_e$ )	kN/mm	13,68182154
Rigidez post fluencia ( $K_2$ o $K_d$ )	kN/mm	1,34336
Relación ( $K_2/K_1$ )	ratio	0,1
Fuerza de Fluencia ( $F_y$ )	kN	71,15
Amortiguamiento Efectivo Lineal ( $\beta_{eff}$ )	kN/mm	-
Amortiguamiento Efectivo (C)	kN.seg/mm	0,13445

*Nota.* Con esta tabla de resumen de resultados de las características del aislador de alto amortiguamiento, se procederá a realizar el Modelamiento en el Etabs con Aisladores de Alto Amortiguamiento.

Se insertarán las propiedades al programa de modelación estructural ETABS, se debe tomar en cuenta que para la dirección U1 (eje Z) se realizará un análisis lineal (fixed), es decir la relación causa-efecto cumple la ley de Hooke, las fuerzas son directamente proporcionales a los desplazamientos, debido a que corresponde a un resorte (trabajo del caucho con planchas de acero). Sin embargo, para la dirección U2 y U3 se realizará un análisis no lineal, debido al movimiento causado por el sismo donde trabaja la rigidez del aislador, es decir, la relación causa-efecto deja de ser una recta y pueden ser relaciones polinómicas, trigonométricas, exponenciales, hiperbólicas, etc.

#### 4.4.3. Análisis Sísmico

##### a. Parámetros Sísmicos

**Z= 0.45** Zonificación: Tacna

**U= 1,00** Norma E.030-Artículo 15

Para edificios con aislamiento sísmico en la base  $U=1$

<b>C=</b>	<b>0,49</b>	$T_p < T < T_L ; C = 2,5 * (\frac{T_p}{T})$
<b>S=</b>	<b>1,00</b>	S1, Norma E.030
<b>Tp=</b>	<b>0,4</b>	Norma E.030
<b>Tl=</b>	<b>2,5</b>	Norma E.030
<b>T=</b>	<b>2,05</b>	Etabs
<b>la=</b>	<b>0,90</b>	Irregularidad en altura
<b>lp=</b>	<b>0,75</b>	Irregularidad en planta
<b>Ro=</b>	<b>1,00</b>	Norma E.031
<b>R=</b>	<b>0,675</b>	Coefficiente de reducción de las fuerzas sismica, $R=Ro*la*lp$

Para el Modelamiento con Aisladores sísmicos se utiliza el Sismo Máximo Considerado SMC según normativa E.031

#### 4.4.4. Periodo de vibración

Se obtuvieron los siguientes resultados como muestra la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Periodos de Vibración*

Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	1	2,05	0,488	30,654	93,964
Modal	2	2,031	0,492	30,934	95,693
Modal	3	1,818	0,55	34,557	119,419
Modal	4	0,412	2,428	152,531	2,326,566
Modal	5	0,38	2,633	165,423	2,736,468
Modal	6	0,351	2,852	179,193	3,211,005
Modal	7	0,169	5,906	371,073	13,769,522

(continúa)

Tabla 13 (continuación)

Case	Mode	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad <sup>2</sup> /sec <sup>2</sup>
Modal	8	0,159	6,275	394,267	15,544,661
Modal	9	0,147	6,782	426,119	18,157,728
Modal	10	0,102	9,831	617,717	38,157,401
Modal	11	0,097	10,267	645,078	41,612,551
Modal	12	0,077	12,958	814,165	66,286,529
Modal	13	0,073	13,694	860,398	74,028,497
Modal	14	0,068	14,707	924,063	85,389,293
Modal	15	0,056	17,984	1,129,954	12,767,971

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Periodos y Frecuencia del Modelamiento de la estructura con aislador de alto amortiguamiento, de donde el 2.05 supera al periodo de la estructura convencional y el periodo de 1.713 el aislador de caucho natural.

#### 4.4.5. Distorsiones del Entrepiso

Se obtuvieron los siguientes resultados como muestra la Tabla 14 y Tabla 15:

Tabla 14

*Derivas en la dirección X-X*

Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	E.031
			m	m	m	0.0035
Story5	DERIVA XX	0,000256	9,58	47,68	21,05	OK
Story4	DERIVA XX	0,000395	22,83	49,25	17,2	OK
Story3	DERIVA XX	0,000536	22,83	49,25	13,4	OK
Story2	DERIVA XX	0,000649	22,83	49,25	9,65	OK
Story1	DERIVA XX	0,000657	22,83	49,25	5,9	OK

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Derivas en la dirección X-X del Modelamiento de la estructura con aislador de alto amortiguamiento, de donde haciendo la comparación con la Norma E.031 estas no sobrepasan el valor de 0,0035.



**Tabla 15***Derivas en la dirección Y-Y*

Story	Output Case	Drift	X	Y	Z	E.031
			m	m	m	0.0035
Story5	DERIVA YY	0,000251	46,83	13,25	21,05	OK
Story4	DERIVA YY	0,000401	50,83	0	17,2	OK
Story3	DERIVA YY	0,000545	50,83	8	13,4	OK
Story2	DERIVA YY	0,000662	50,83	8	9,65	OK
Story1	DERIVA YY	0,000673	50,83	0	5,9	OK

*Nota.* Esta Tabla muestra los resultados de Derivas en la dirección Y-Y del Modelamiento de la estructura con aislador de alto amortiguamiento, de donde haciendo la comparación con la Norma E.031 de donde no sobrepasa el valor de 0,0035.

#### **4.5. Análisis Tiempo Historia de la Estructura con Aislador Sísmico de Caucho Natural.**

Para realizar este análisis, y verificar si la estructura con aisladores de Caucho Natural es resistente a los sismos más predominantes en el Perú, se realizará el análisis con tres sismos, acelerograma proporcionados por CISMID, acelerograma del sismo Ica 2007, acelerograma del sismo Lima 1966, acelerograma del sismo Moquegua 2001. Tal como se muestra en el Anexo N°5 de esta investigación.

Se realizará la conversión del acelerograma en m/s<sup>2</sup> puesto que el Etabs está trabajando con dichas unidades, por lo que separamos el Oeste-Este (WE) y Norte-Sur (NS). Filtramos el acelerograma en el programa Seismo Signal para corregir errores y poder pasarlo al Seismo Match y hacer el escalamiento del Acelerograma. Nos ayudamos de un acelerograma con factor de reducción  $R_0=1$  y sin irregularidades  $I_a=1$   $I_p=1$ , solo para obtener las unidades deseadas.

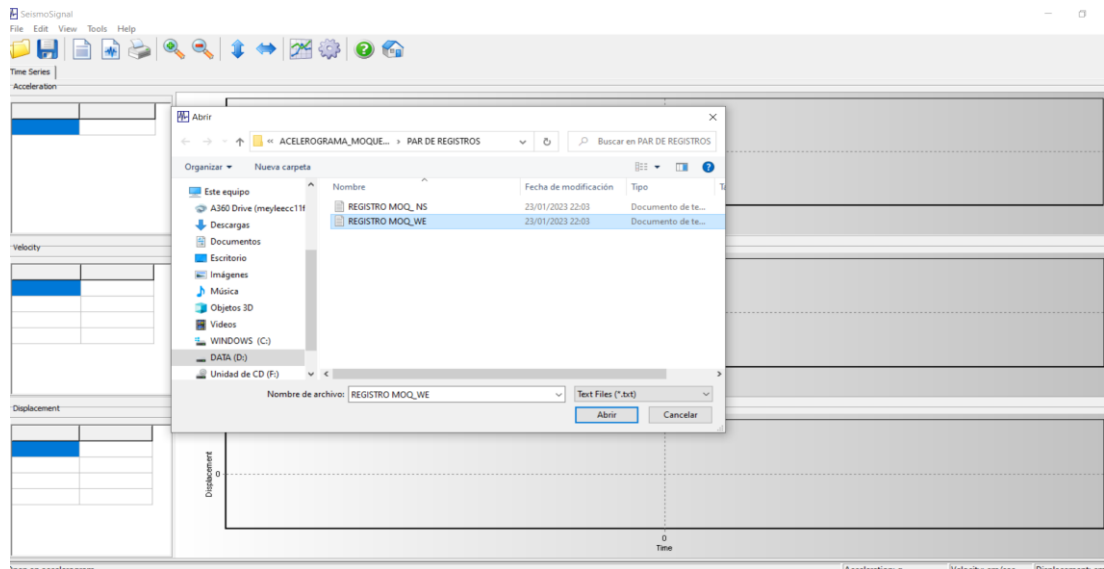
Ambos pares de registros lo escalamos en el Seismo match, y nos resulta las aceleraciones de cada sismo. Teniendo la tabla de resultados de aceleraciones para el Este-Oeste (EW) y Norte-Sur (NS), insertamos dichos valores en el Etabs.

A continuación, se mostrará los pasos para insertar dichos acelerogramas en el Etabs V.20, haciendo uso de Tablas Excel, Documentos Texto, Software Seismo Signal y software Seismo Match.

- 1) Tal como se muestra en la Figura 14, se descargan los acelerogramas de los sismos y se abren en el Excel, para poder separar cada orientación, abrimos el archivo de Registro de cada sismo en su dirección Norte-Sur y Este-Oeste, haremos uso del programa Seismo Signal.

**Figura 14.**

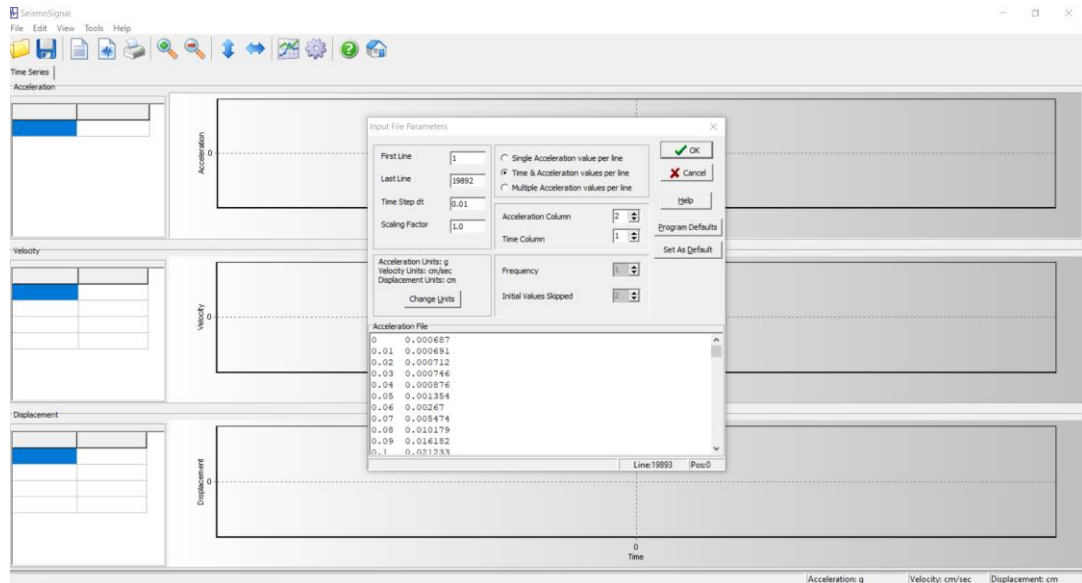
*Programa Seismo Signal, inserción de datos Oeste-Este (WE)*



*Nota.* La figura muestra la inserción de los registros de las aceleración Este-Oeste del acelerograma al programa Seismo Signal. Se abre cada archivo independiente, y se trabaja cada uno por separado.

- 2) Tal como se muestra en la Figura 15, en el software Seismo Signal, realiza una verificación de datos, en donde nos aseguramos de la cantidad de filas, columnas de periodo y aceleración. Asimismo, se indica que se quiere el Tiempo y aceleración.

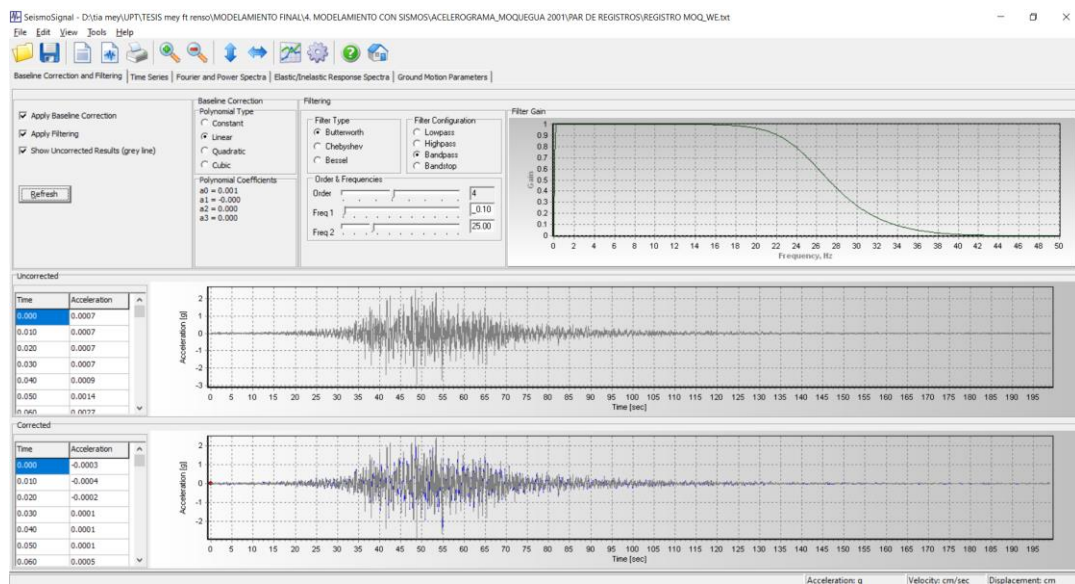
**Figura 15**  
Verificación de datos en el Seismo Signal



*Nota.* Se selecciona el punto Time y Aceleration values per line, teniendo en cuenta las columnas, columna de tiempo es la primera y la columna de aceleración es la segunda.

- 3) Tal como se muestra en la Figura 16, el software Seismo Signal, representa el acelerograma del sismo en cada dirección, para lo cual aplicamos correcciones.

**Figura 16**  
Acelerograma aplicando la Corrección de línea

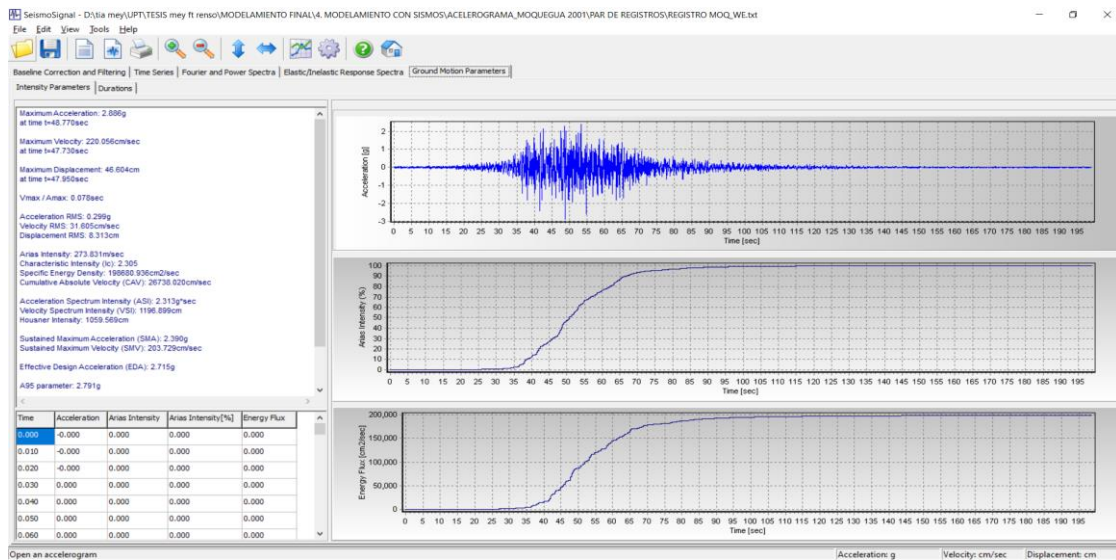


*Nota.* Al resultado del acelerograma, se le selecciona tres puntos: Apply Baseline Correction, Apply Filtering y Show Uncorrect Results (grey line).

- 4) Tal como se muestra en la Figura 17, el software Seismo Signal, con las correcciones de línea, indica una aceleración máxima mayor al registro descargado del Cismid

**Figura 17**

*Verificación de aceleraciones*

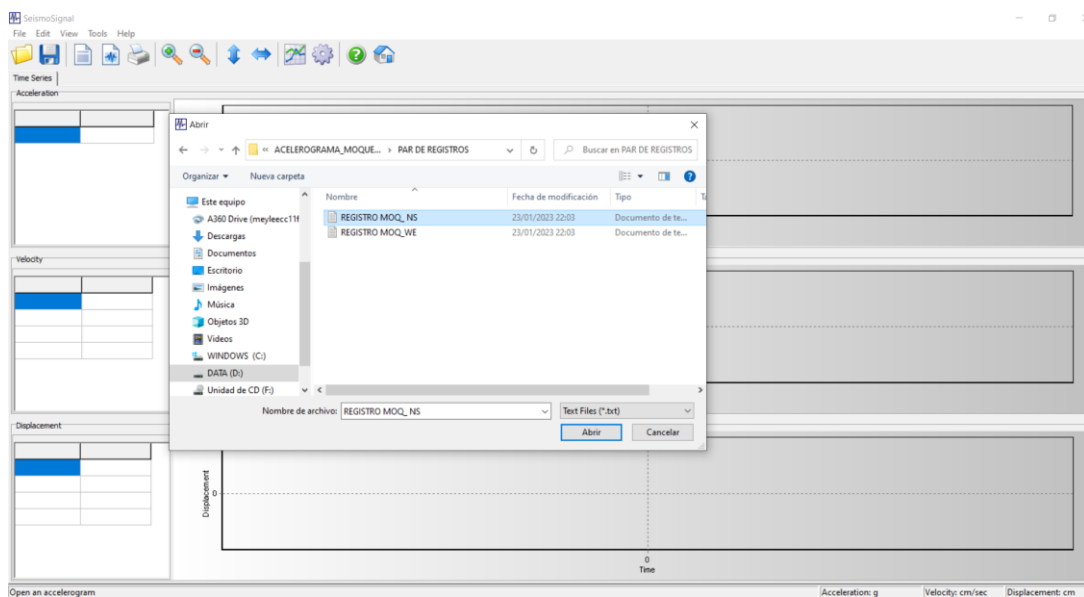


*Nota: Se verifica la aceleración correspondiente al Este-Oeste (WE)*

- 5) Tal como se muestra en la Figura 18, 19 y 20 ahora realizamos los mismos pasos del 1-4 para la dirección Norte-Sur, haremos uso del programa Seismo Signal.

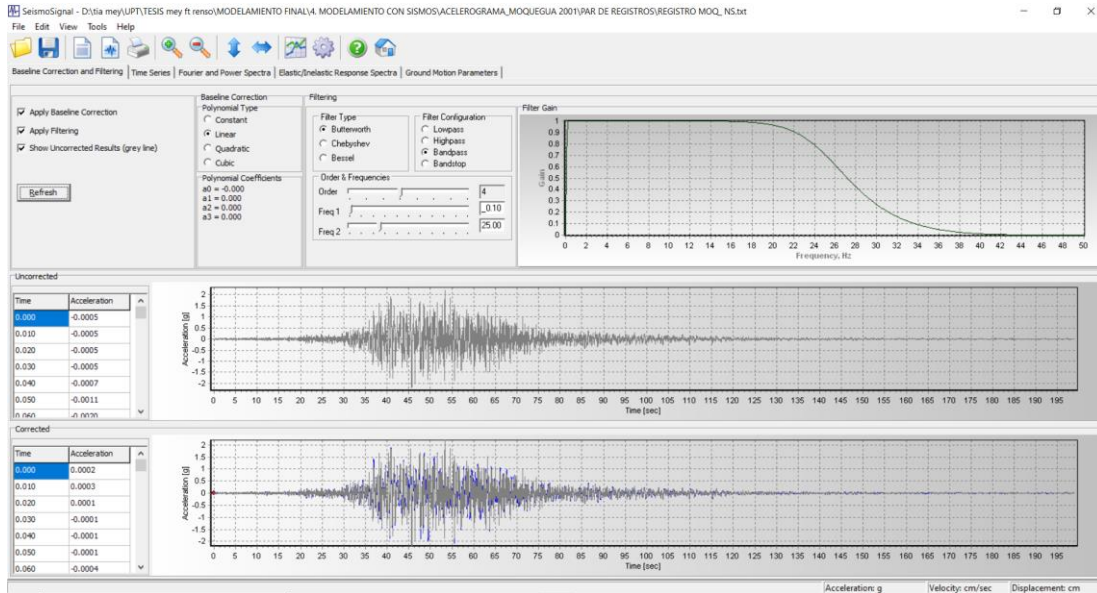
**Figura 18**

*Programa Seismo Signal, inserción de datos Norte-Sur (NS)*



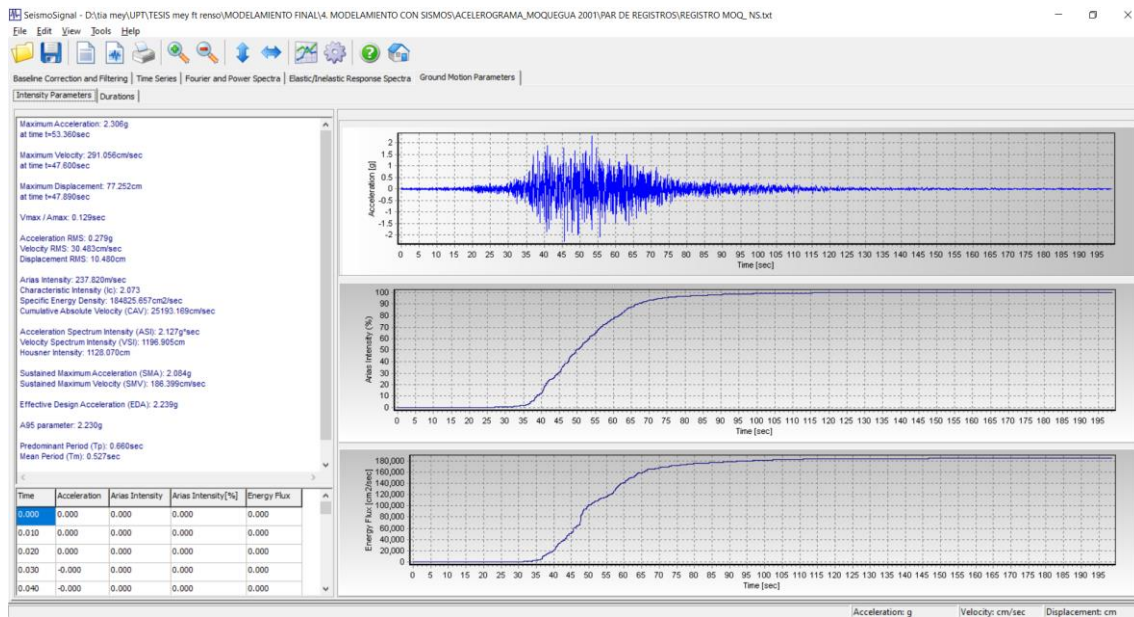
Nota. La figura muestra la apertura del programa Seismo Signal en donde se suben los archivos guardados de los registros sísmicos Norte-Sur de lo cual se sacarán los resultados que serán subidos al Tiempo Historia del software Etabs V.20.

**Figura 19**  
*Acelerograma aplicando la Corrección de línea*



Nota. Subido cada archivo independientemente se aplica la corrección de línea, para proceder a correr el programa.

**Figura 20**  
*Verificación de aceleraciones*

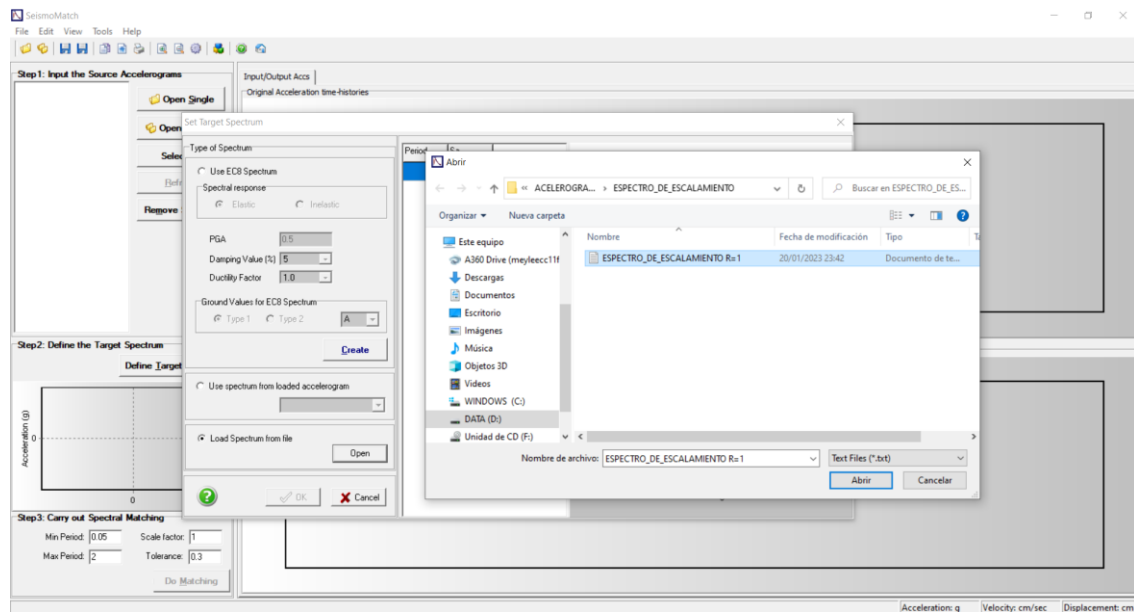


Nota: Se realiza la verificación de la aceleración en la dirección Norte-Sur, teniendo como aceleración máxima 2.306g mayor a la aceleración indicada por el Cismid.

- 6) Tal como se muestra en la Figura 21, teniendo los resultados de cada dirección de cada sismo (acelerogramas filtrados), abrimos el software Seismo Match para realizar el escalamiento de cada dirección.

**Figura 21**

*Se inserta el Espectro de Escalamiento  $R=1$*

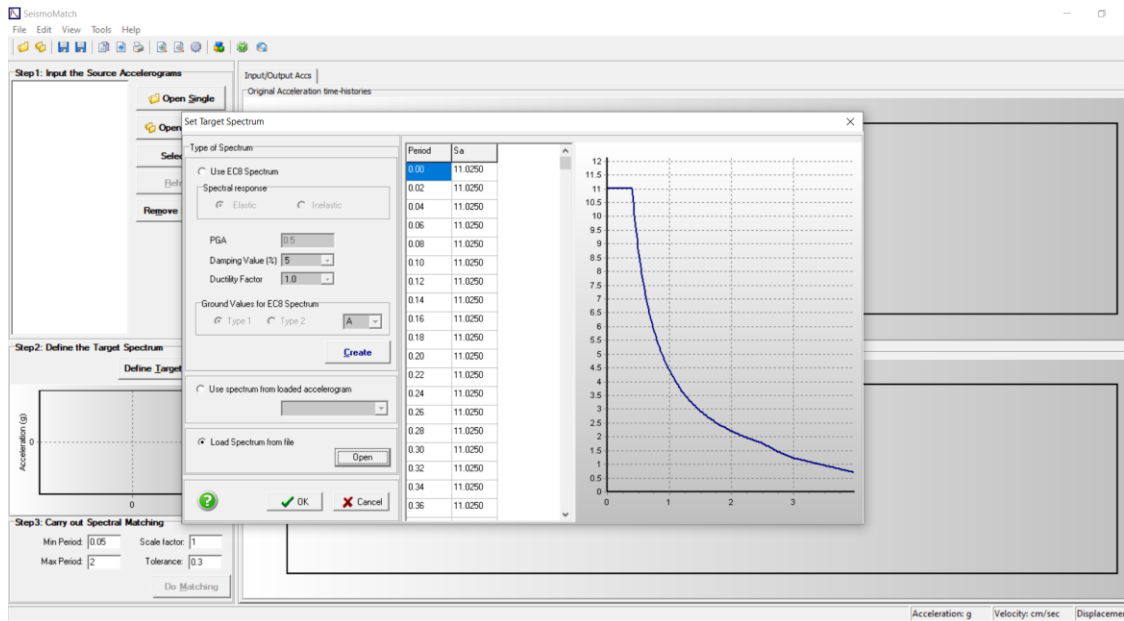


Nota: Se hace uso del programa Seismo Match, para lo que se inserta primero el espectro de escalamiento  $R=1$ .

- 7) Tal como se muestra en la Figura 22, el software Seismo Match realiza una verificación de datos, en donde nos aseguramos de la cantidad de filas, columnas de periodo y aceleración. Resultando el espectro de respuesta.

**Figura 22**

*Inserción de datos, se verifica las aceleraciones*

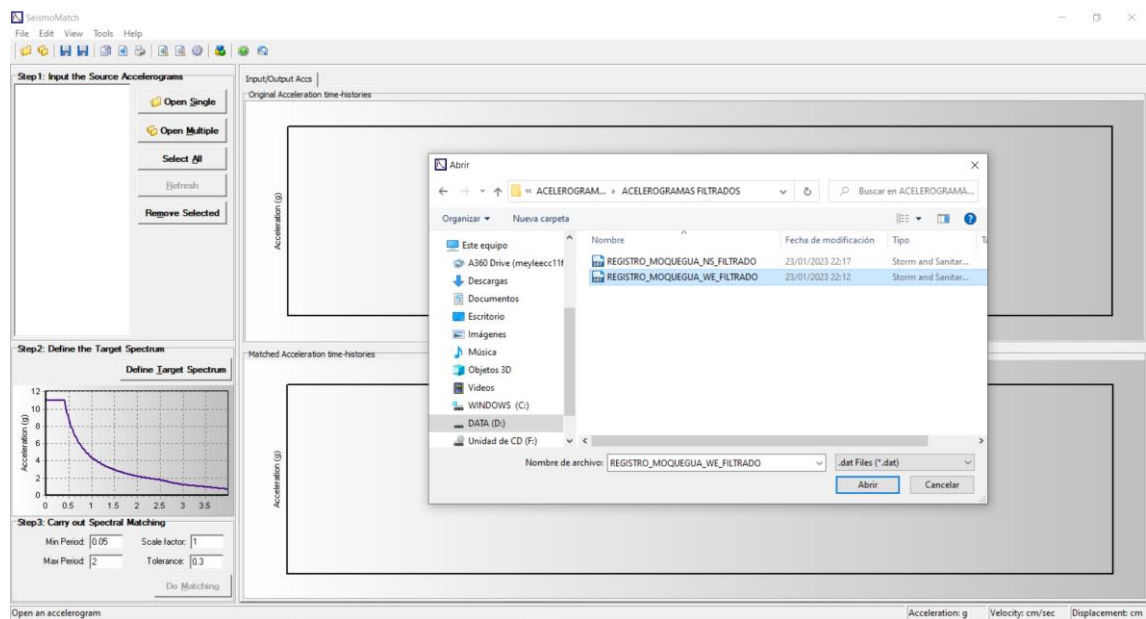


Nota: Se subió el archivo del Seismo Signal al Seismo Match, teniendo las aceleraciones del factor reducción.

- 8) Tal como se muestra en la Figura 23, a continuación, se inserta el Registro del Sismo Filtrado proveniente del software Seismo Signal.

**Figura 23**

*Registro de Este-Oeste Filtrado*

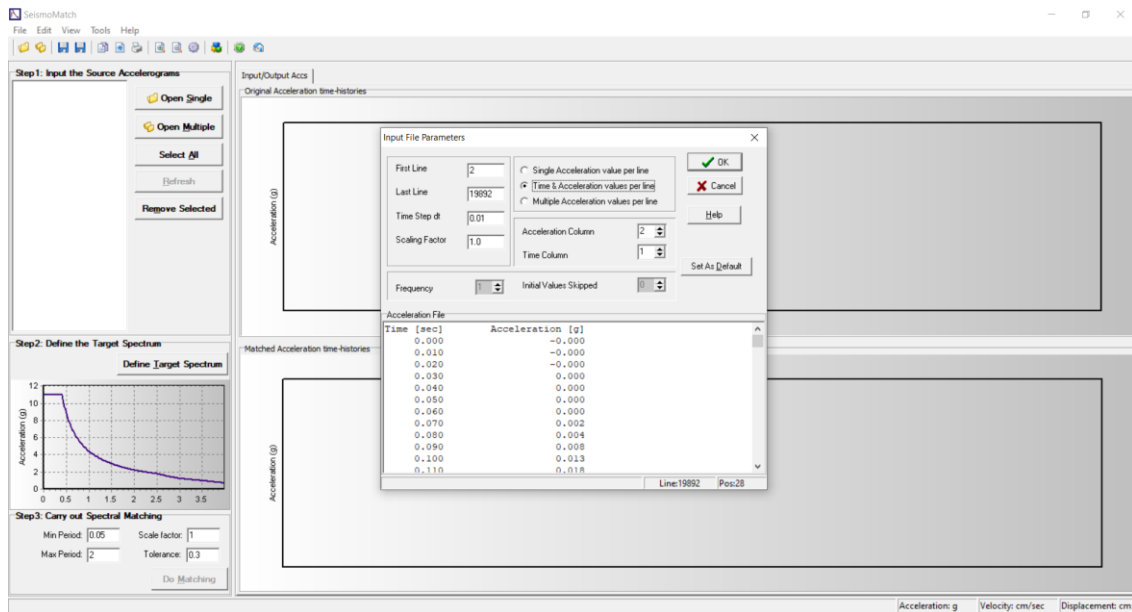


Nota: Se subieron los datos del registro filtrado al Seismo match.

- 9) En la Figura 24, el software Seismo Match realiza una verificación de datos, en donde nos aseguramos de la cantidad de filas, columnas de periodo y aceleración.

**Figura 24**

*Verificación de aceleraciones en el Seismo Match*

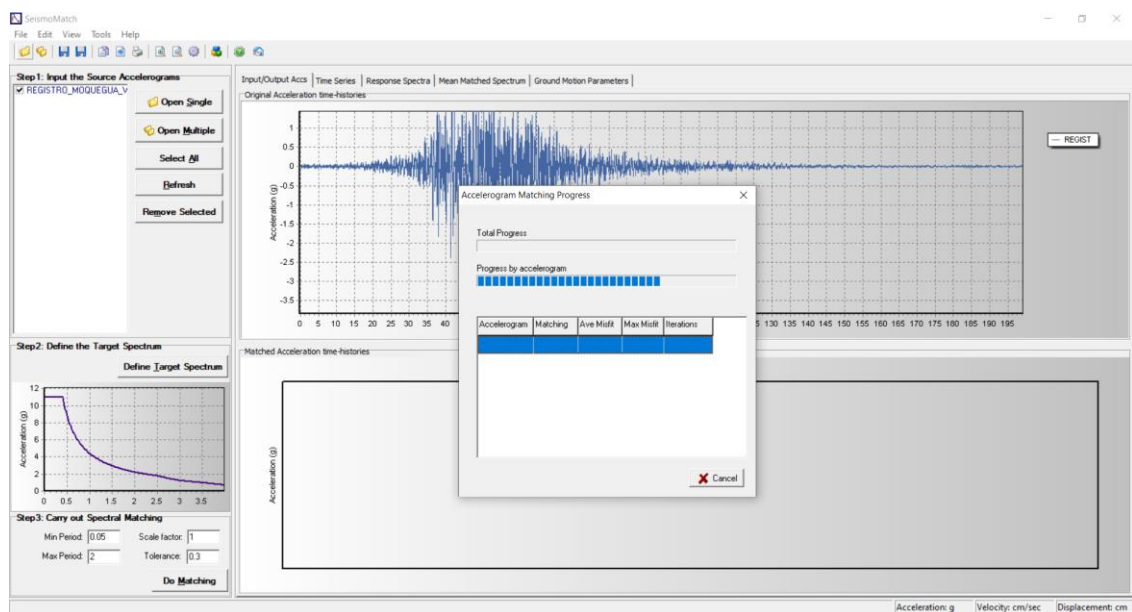


Nota: Se selecciona el punto Time y Acceleration values per line

- 10) En la Figura 25, corremos el software Seismo Match con los datos insertados, tanto el espectro de escalamiento, como el sismo filtrado del software Seismo Signal.

**Figura 25**

*Análisis del Programa SeismoMatch*



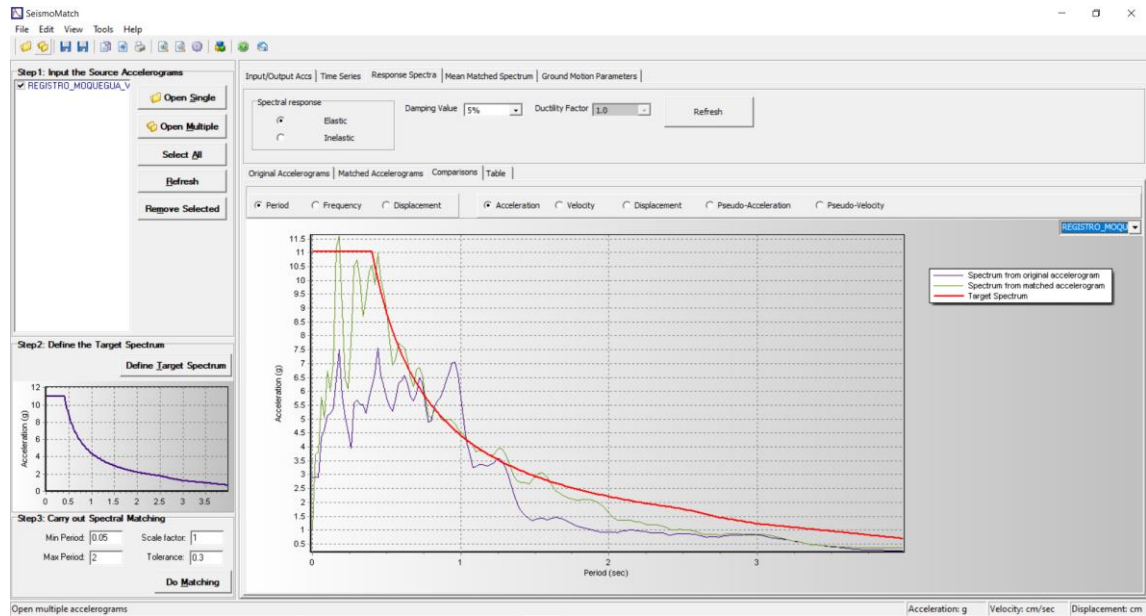
Nota. El programa Seismo Match analiza los resultados.



- 11) En la Figura 26, se obtienen los resultados del acelerograma, podemos observar el espectro de respuesta (periodos vs aceleración).

**Figura 26**

*Comparativo de Espectros de Respuesta*

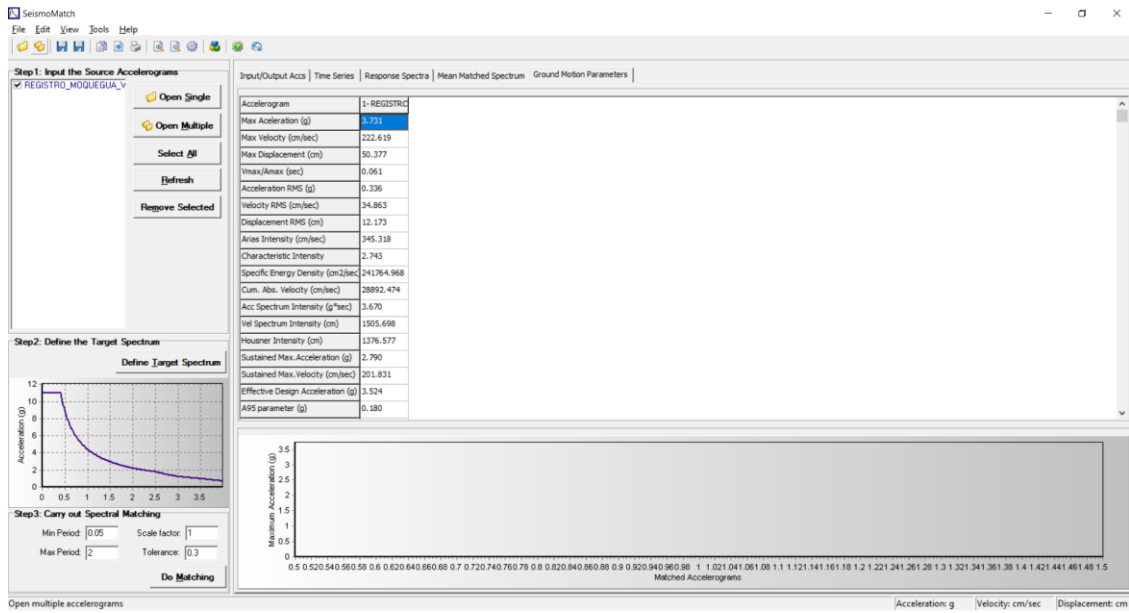


*Nota.* La figura muestra los espectros de respuesta del acelerograma original, con el acelerograma escalado.

12) En la Figura 27y 28, el software Seismo match obtiene la aceleración máxima del sismo ya escalado; asimismo las aceleraciones ya corregidas, para insertar en el software Etabs V.20 así como se muestra en las Figuras 29,30 y 31.

**Figura 27**

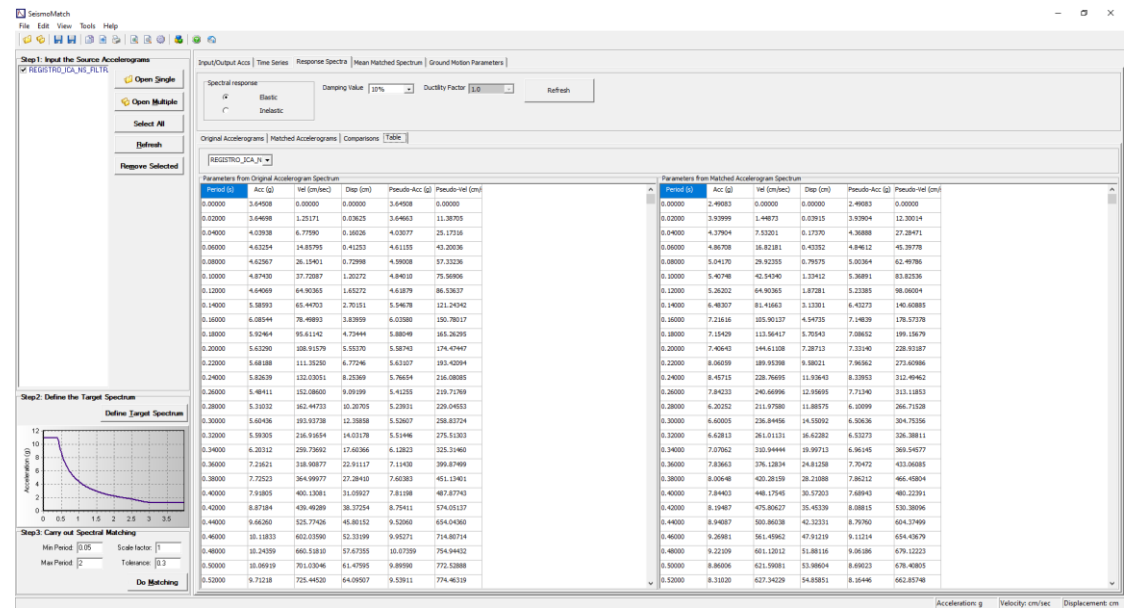
*Resultados de aceleración máxima*



Nota. El programa Seismo Match muestra los resultados de las aceleraciones máximas.

**Figura 28**

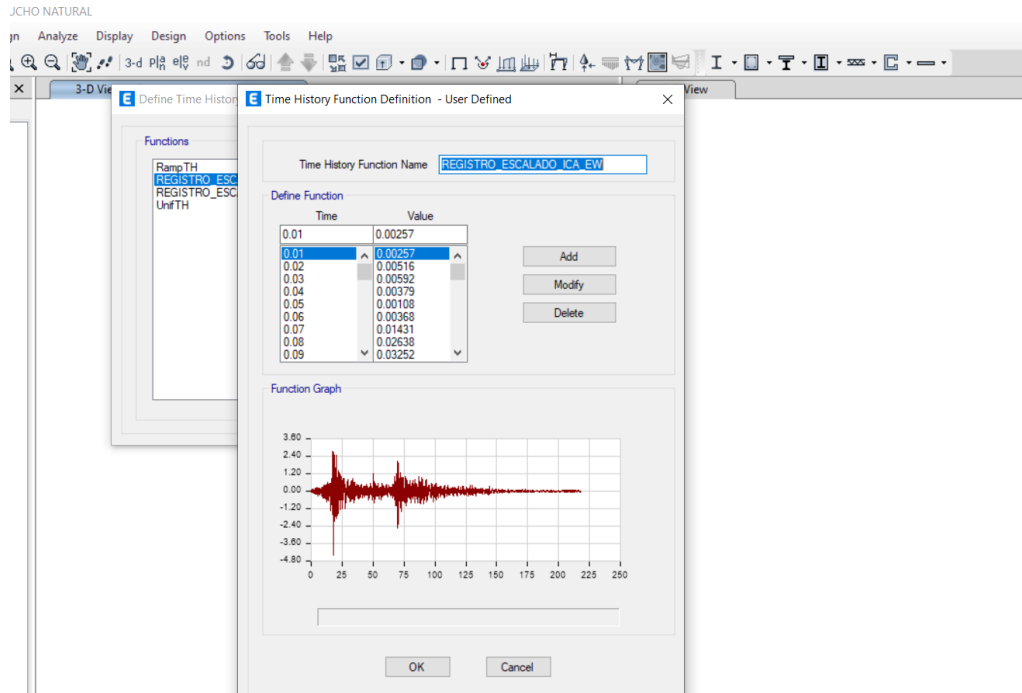
*Resultados de Aceleración para el software Etabs*



Nota. Con estas aceleraciones se exportan a un Excel, cada dirección independiente Este-Oeste(EW) y Norte-Sur (NS) en donde serán subidas al Etabs V.20

**Figura 29**

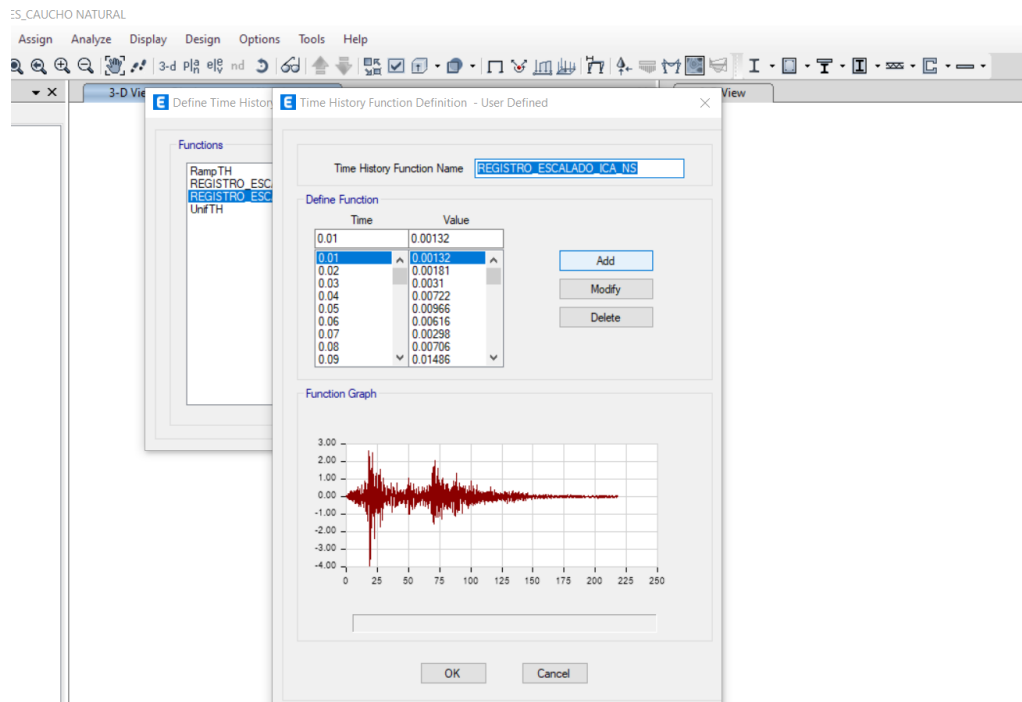
*Inserción de Registro Escalado Este-Oeste (EW)-Time History software Etabs*



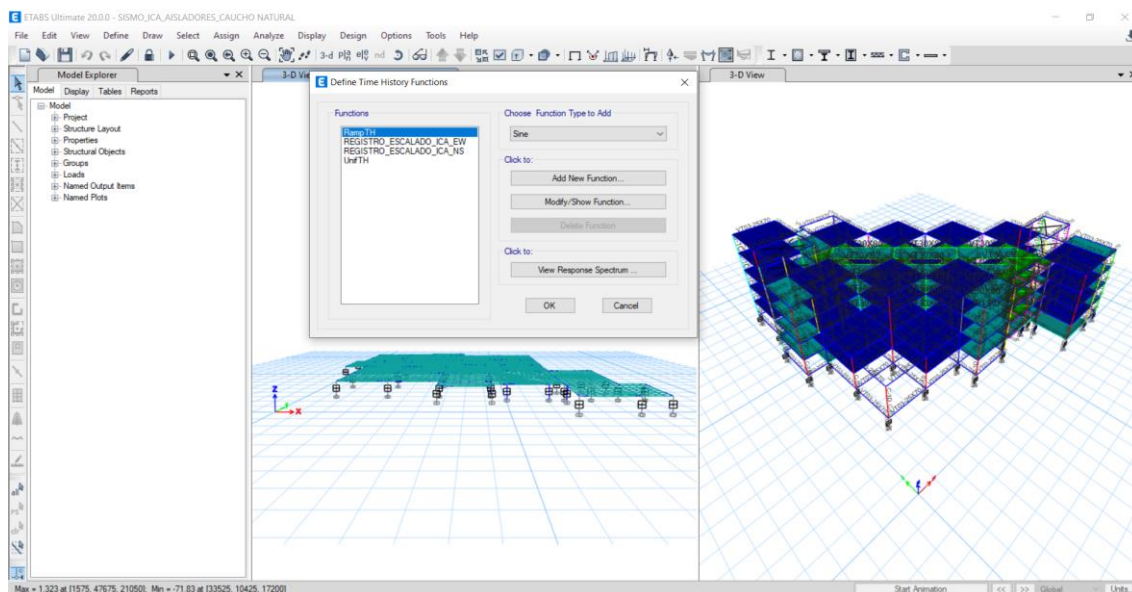
*Nota.* En el software Etabs, nos ubicamos en la opción Time-History y se sube un nuevo archivo, el cual serán los datos exportados del software Seismo Match Este-Oeste.

**Figura 30**

*Inserción de Registro Escalado Norte-Sur (NS)-Time History software Etabs*



*Nota.* En el software Etabs, nos ubicamos en la opción Time-History y se sube un nuevo archivo, el cual serán los datos exportados del software Seismo Match Norte-Sur.

**Figura 31***Define Time History Functions*

*Nota.* En la figura observamos como están insertados los registros escalados, Este-Oeste (EW) y Norte-Sur (NS).

**4.5.1. Sismo Ica 2007**

Realizando el proceso ya explicado en el ítem 4.5, corremos el software Etabs y obtenemos en las Tablas 16,17,18,19,20 y 21 los resultados de derivas y desplazamientos del sismo Ica 2007, así como las Figuras 32,33,34,35,36,37,38 y 39.

**Tabla 16**

*Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- NS*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0.0035	cm
LOSA5	SISMO_ICA_2007_NS_XX	121,818	45,896	3850	2862	0,0007	OK	12,1818
LOSA4	SISMO_ICA_2007_NS_XX	118,956	36,347	3800	5,619	0,0015	OK	11,8956
LOSA3	SISMO_ICA_2007_NS_XX	118,956	36,347	3750	7,507	0,002	OK	11,3337

(continúa)

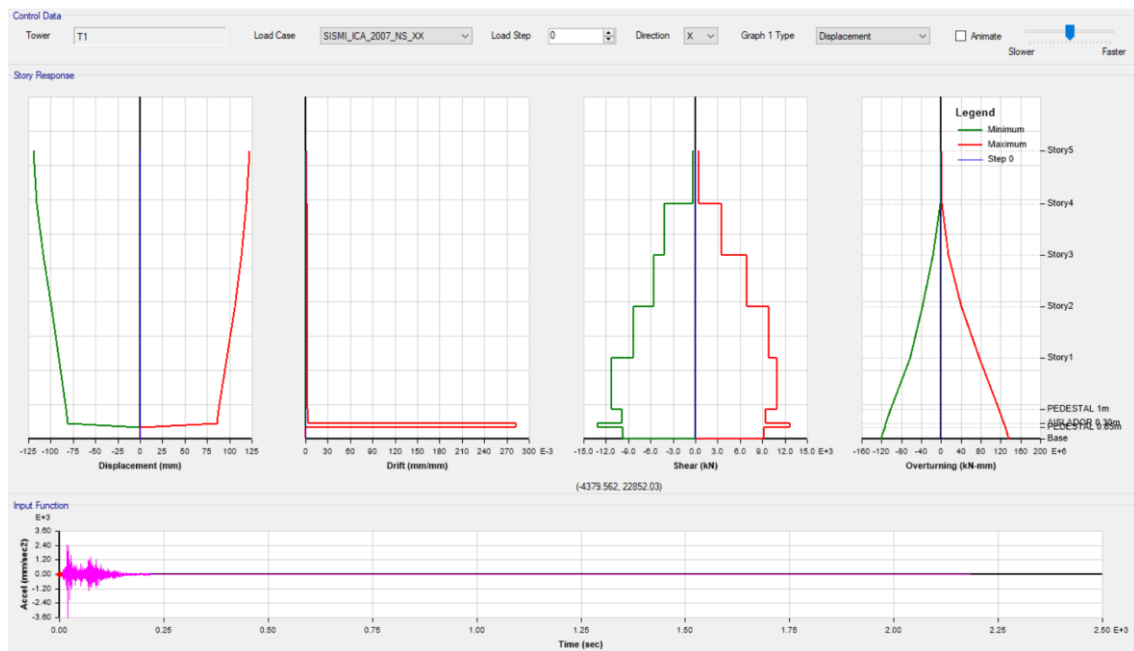
Tabla 16 (continuación)

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0.0035	cm
LOSA2	SISMO_ICA_2007_NS_XX	105,83	32,556	3750	9,119	0,0024	OK	10,583
LOSA1	SISMO_ICA_2007_NS_XX	113,337	34,717	3750	9,135	0,0024	OK	9,6711

Nota. En la Tabla se muestra las derivas en la dirección X-X del Sismo Ica 2007 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 12,1818 cm el cual se encuentra por bajo de lo que soporta el aislador.

Figura 32

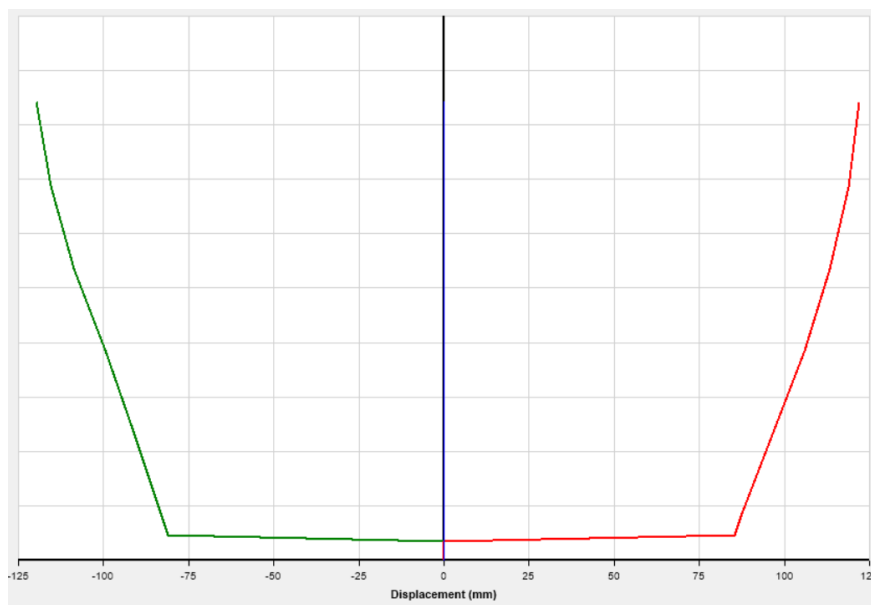
Resultados Sismo Ica-Norte Sur XX



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 33**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur XX*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 121.81 mm.

**Tabla 17**

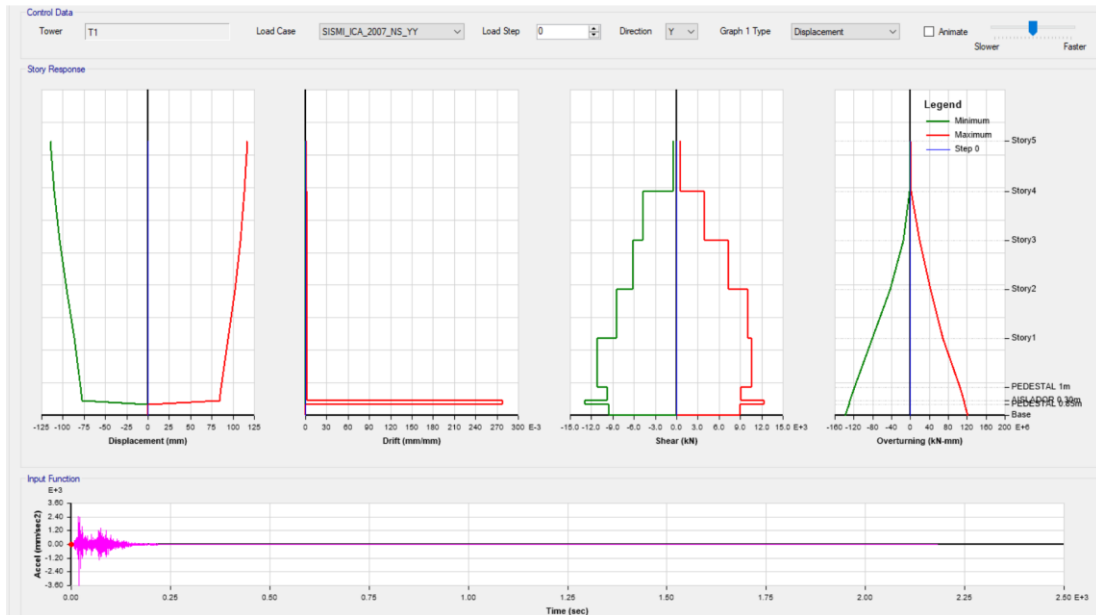
*Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- NS*

Diaphra gm	Output Case	UX	UY	altura	Desplaza miento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Despla zamien tos
		mm	mm				0,0035	cm
LOSA5	SISMO_ICA_2 007_NS_YY	34,46	116,979	3850	3,586	0,0009	OK	11,6979
LOSA4	SISMO_ICA_2 007_NS_YY	33,714	113,393	3800	4,807	0,0013	OK	11,3393
LOSA3	SISMO_ICA_2 007_NS_YY	32,544	108,586	3750	6,405	0,0017	OK	10,8586
LOSA2	SISMO_ICA_2 007_NS_YY	30,942	102,181	3750	7,892	0,0021	OK	10,2181
LOSA1	SISMO_ICA_2 007_NS_YY	28,903	94,289	3750	8,216	0,0022	OK	9,4289

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Ica 2007 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 11,6979 cm el cual se encuentra por debajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 34**

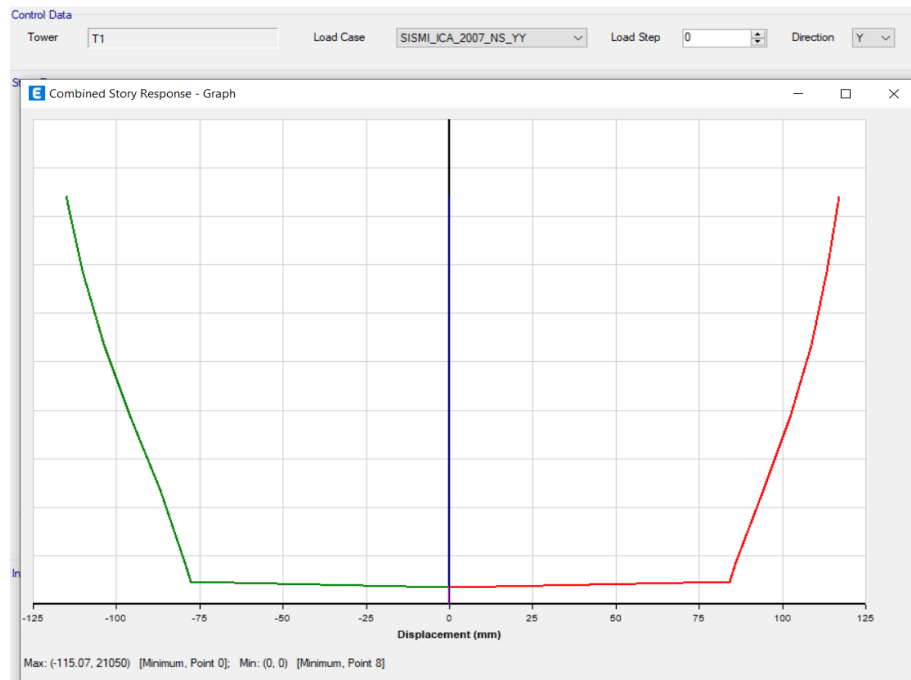
Resultados Sismo Ica-Norte Sur YY



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 35**

Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur YY

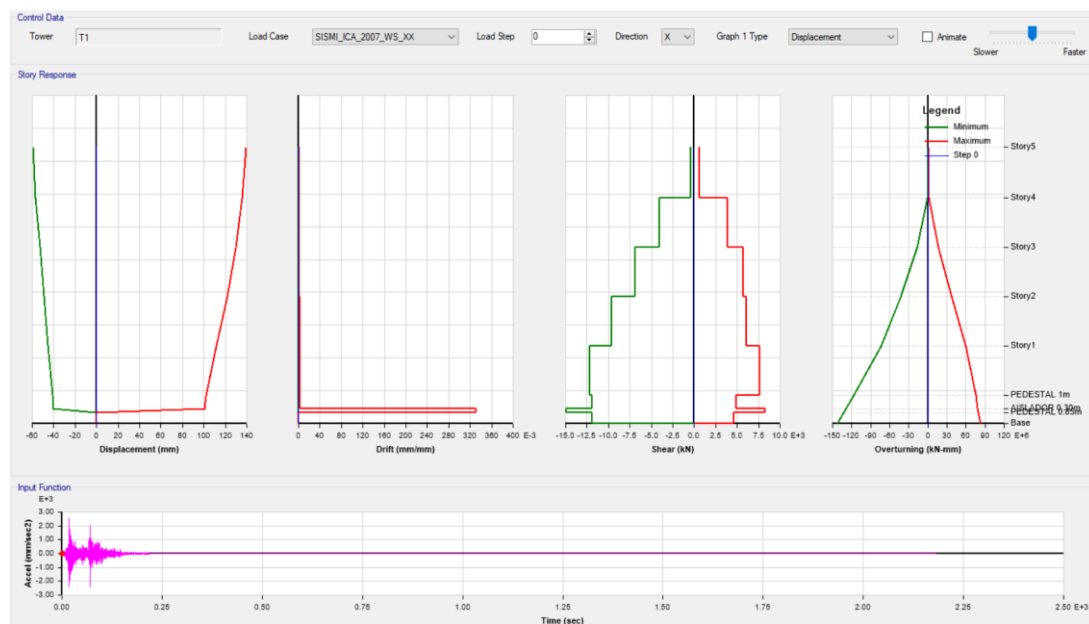


Nota. En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 116,979 mm.

**Tabla 18***Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- WE*

Diaphra gm	Output Case	UX	UY	altura	Desplaz amiento Relativo	Distors ión	Norma E.031	Despla zamient os
		mm	mm				0,0035	cm
LOSA5	SISMO_ICA_20 07_WE_XX	139,523	47,29	3850	3,857	0,001	OK	<b>13,9523</b>
LOSA4	SISMO_ICA_20 07_WE_XX	135,666	40,755	3800	6,223	0,0016	OK	<b>13,5666</b>
LOSA3	SISMO_ICA_20 07_WE_XX	129,443	38,944	3750	8,052	0,0021	OK	<b>12,9443</b>
LOSA2	SISMO_ICA_20 07_WE_XX	121,391	36,627	3750	9,547	0,0025	OK	<b>12,1391</b>
LOSA1	SISMO_ICA_20 07_WE_XX	111,844	33,889	3750	9,546	0,0025	OK	<b>11,1844</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Ica 2007 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no sobrepasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 13,9523 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

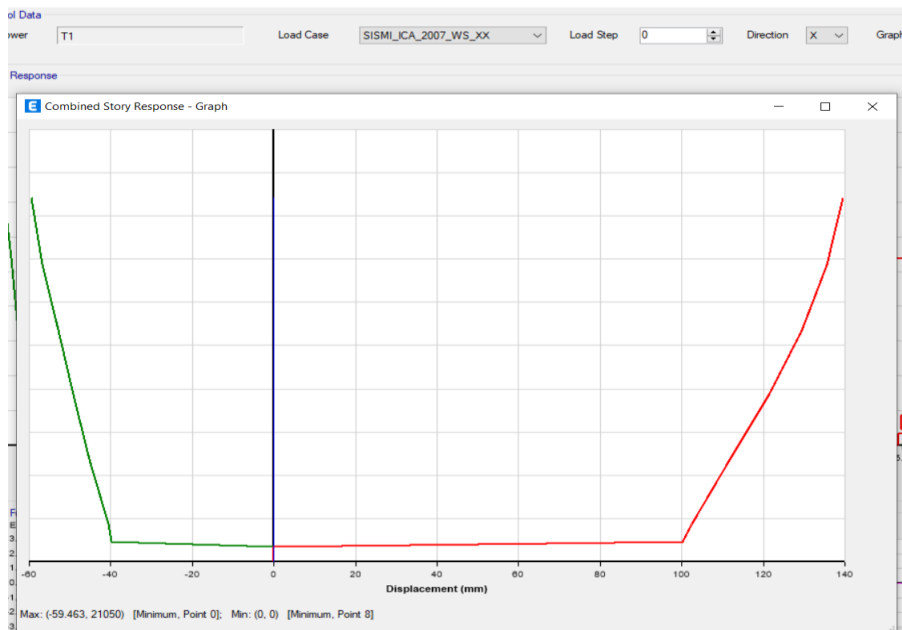
**Figura 36***Resultados Sismo Ica Este-Oeste XX*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.



**Figura 37**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste XX*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 139,523 mm.

**Tabla 19**

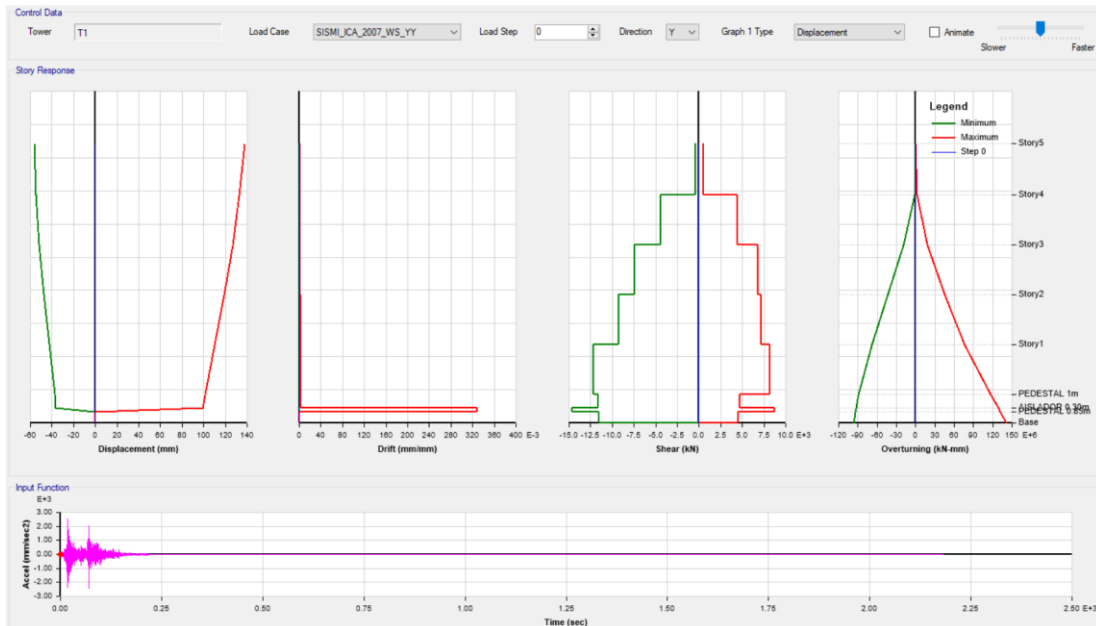
*Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	cm
LOSA5	SISMO_ICA_2007_WE_YY	42,179	137,98	3850	5,085	0,0013	OK	<b>13,798</b>
LOSA4	SISMO_ICA_2007_WE_YY	41,134	132,895	3800	6,162	0,0016	OK	<b>13,2895</b>
LOSA3	SISMO_ICA_2007_WE_YY	39,548	126,733	3750	7,661	0,002	OK	<b>12,6733</b>
LOSA2	SISMO_ICA_2007_WE_YY	37,422	119,072	3750	8,763	0,0023	OK	<b>11,9072</b>
LOSA1	SISMO_ICA_2007_WE_YY	34,872	110,309	3750	8,855	0,0024	OK	<b>11,0309</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Ica 2007 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 13,798 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 38**

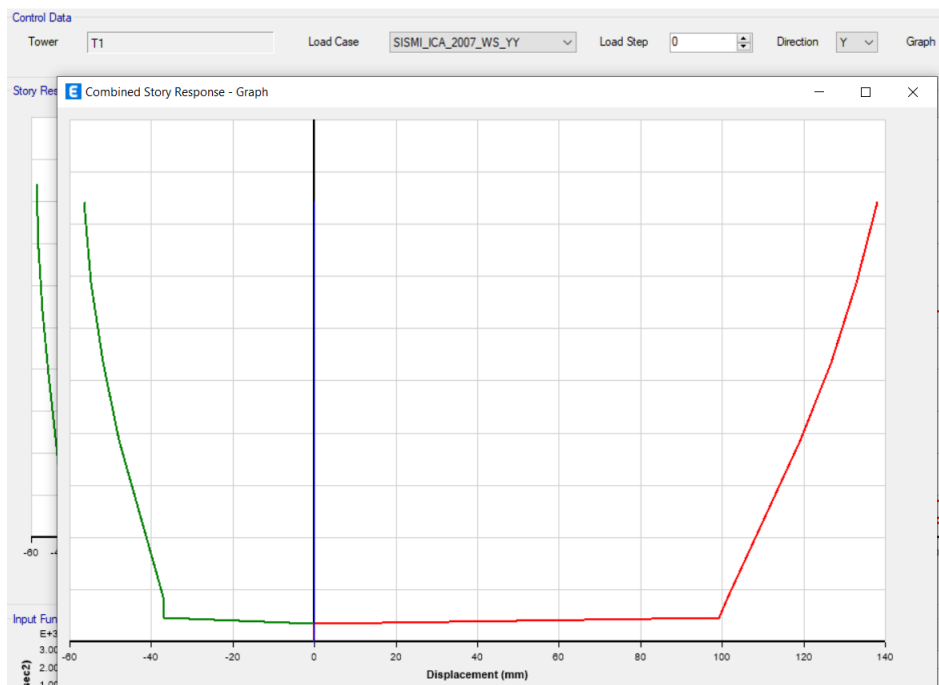
*Resultados Sismo Ica-Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Este Oeste eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 39**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 137,98 mm.

**Tabla 20**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Ica 2007, Aislador de Caucho Natural*

<b>Derivas de la Edificación Sismo-Ica</b>				
	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0007	0,0009	0,001	0,0013
Story4	0,0015	0,0013	0,0016	0,0016
Story3	0,002	0,0017	0,0021	0,002
Story2	0,0024	0,0021	0,0025	0,0023
Story1	0,0024	0,0022	0,0025	0,0024

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Ica 2007, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.

**Tabla 21**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Ica 2007, Aislador de Caucho Natural*

<b>Desplazamientos de la Edificación Sismo-Ica (cm)</b>				
	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	12,1818	3,4460	13,9523	13,7980
Story4	11,8956	3,3714	13,5666	13,2895
Story3	11,3337	3,2544	12,9443	12,6733
Story2	10,5830	10,2181	12,1391	11,9072
Story1	9,6711	9,4289	11,1844	11,0309

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la Edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Ica 2007, en donde se determina que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

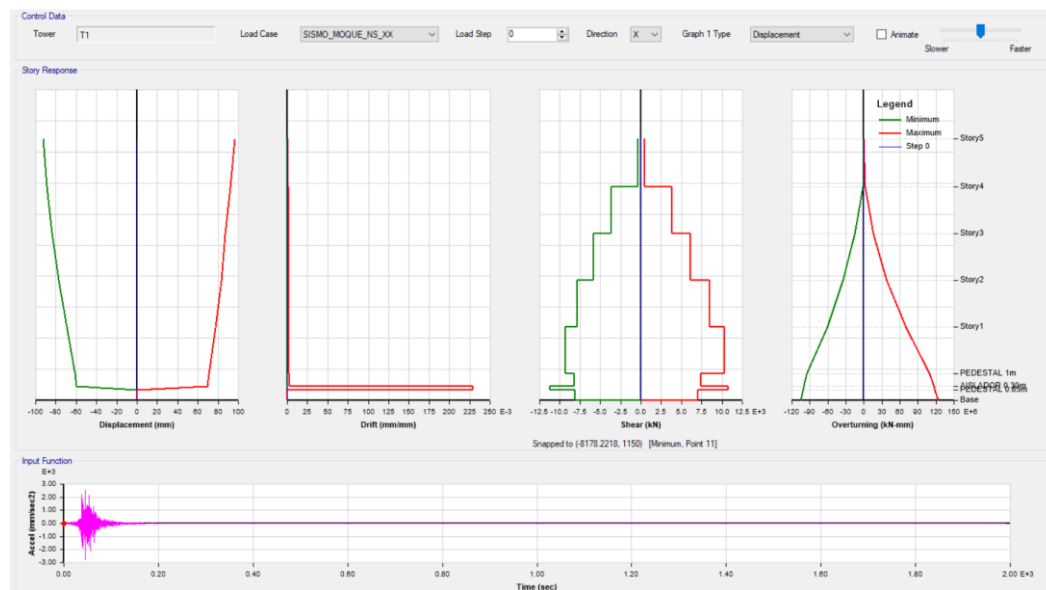
#### **4.5.2. Sismo Moquegua 2001**

Realizando el proceso ya explicado en el ítem 4.5, corremos el software Etabs y obtenemos en las Tablas 22, 23, 24, 25, 26 y 27 los resultados de derivas y desplazamientos del sismo Moquegua 2001, así como las Figuras 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47.

**Tabla 22***Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2007- NS*

Diaphra gm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsi ón	Norma E.031	Despla zamien tos
		mm	mm					
<b>LOSA5</b>	SISMO_MOQ UE_NS_XX	96,019	36,762	3850	4,251	0,0011	OK	<b>9,6019</b>
<b>LOSA4</b>	SISMO_MOQ UE_NS_XX	91,768	28,376	3800	5,17	0,0014	OK	<b>9,1768</b>
<b>LOSA3</b>	SISMO_MOQ UE_NS_XX	86,598	26,325	3750	3,463	0,0009	OK	<b>8,6598</b>
<b>LOSA2</b>	SISMO_MOQ UE_NS_XX	83,135	25,474	3750	5,607	0,0015	OK	<b>8,3135</b>
<b>LOSA1</b>	SISMO_MOQ UE_NS_XX	77,528	23,986	3750	6,785	0,0018	OK	<b>7,7528</b>

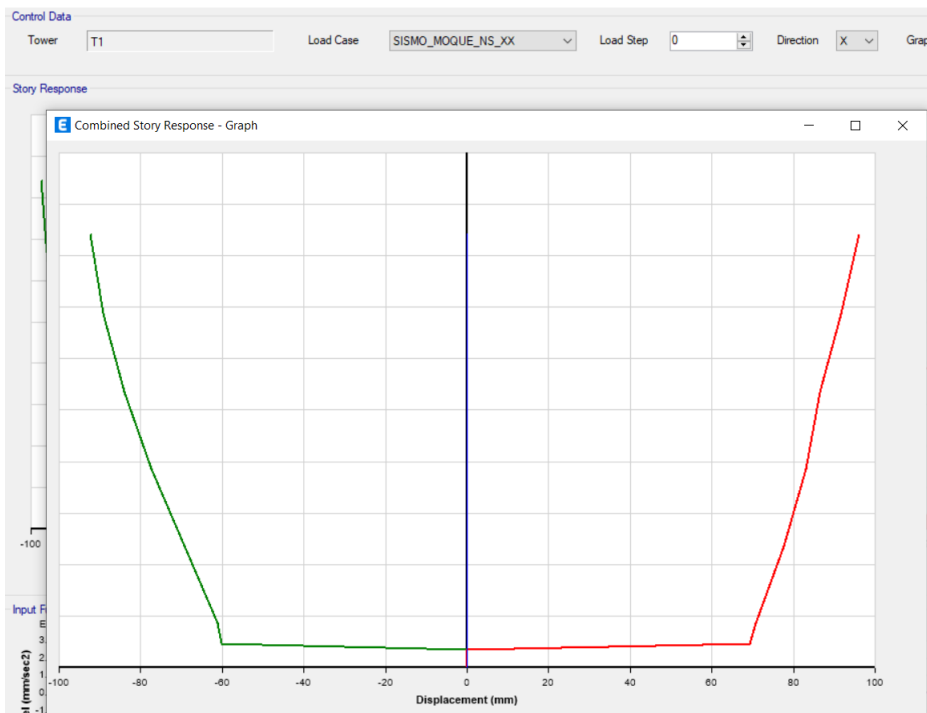
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Moquegua 2001 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 9,6019 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 40***Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur XX*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 41**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur XX*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 96,019mm.

**Tabla 23**

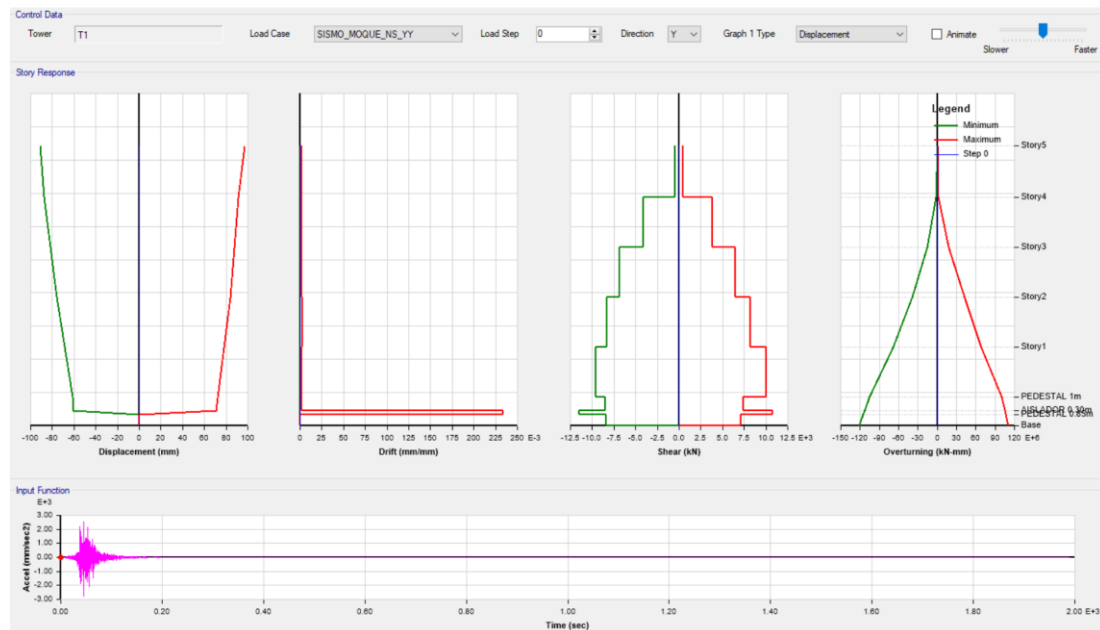
*Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2007- NS*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	
<b>LOSA 5</b>	SISMO_MOQUE_NS_YY	28,016	96,752	3850	5,357	0,0014	OK	<b>9,6752</b>
<b>LOSA4</b>	SISMO_MOQUE_NS_YY	26,902	91,395	3800	4,003	0,0011	OK	<b>9,1395</b>
<b>LOSA3</b>	SISMO_MOQUE_NS_YY	25,94	87,392	3750	3,658	0,001	OK	<b>8,7392</b>
<b>LOSA2</b>	SISMO_MOQUE_NS_YY	24,93	83,734	3750	5,435	0,0014	OK	<b>8,3734</b>
<b>LOSA1</b>	SISMO_MOQUE_NS_YY	23,531	78,299	3750	6,309	0,0017	OK	<b>7,8299</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Moquegua 2001 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 9,6752 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 42**

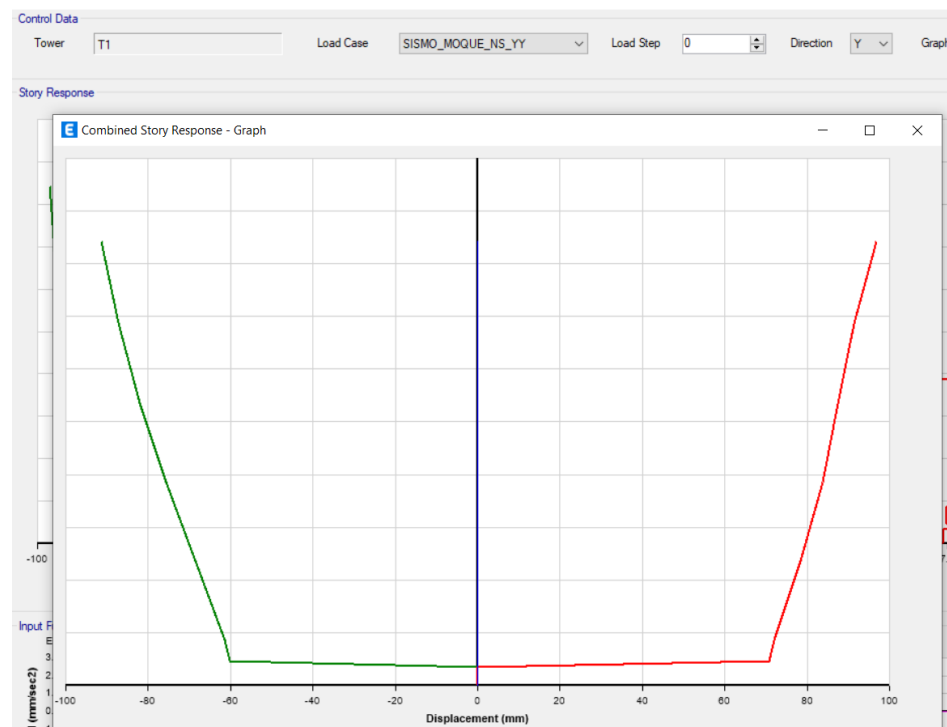
*Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur YY*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 43**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur YY*

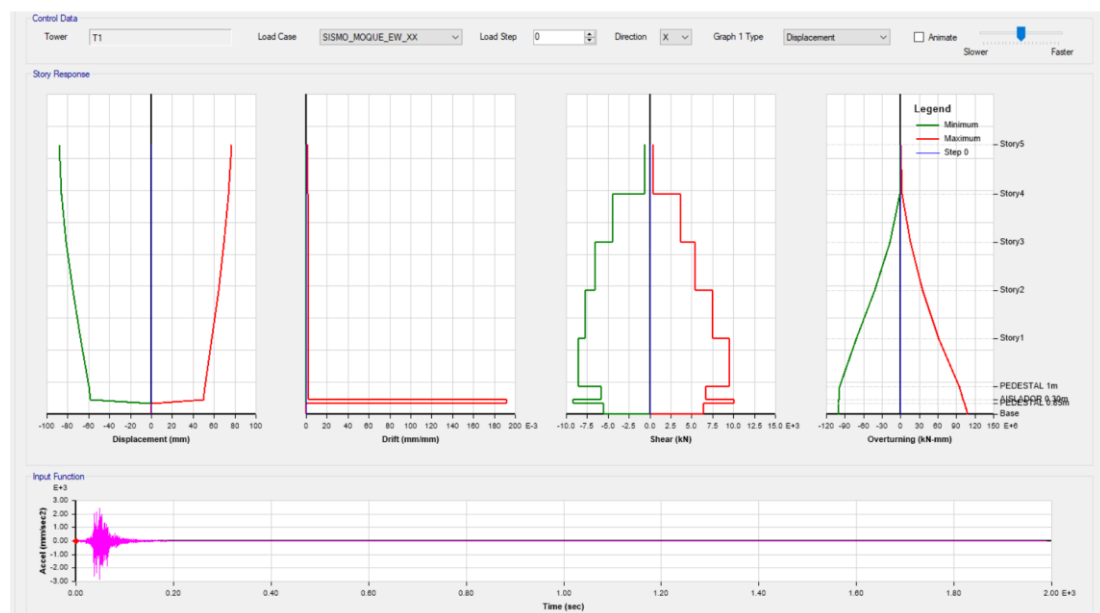


*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 96,752mm.

**Tabla 24***Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2007- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
m		mm	mm				0,0035	m
LOSA 5	SISMO_MOQ UE_EW_XX	76,346	31,354	3850	2,497	0,0006	OK	<b>7,6346</b>
LOSA4	SISMO_MOQ UE_EW_XX	73,849	22,698	3800	4,761	0,0013	OK	<b>7,3849</b>
LOSA3	SISMO_MOQ UE_EW_XX	69,088	21,314	3750	4,914	0,0013	OK	<b>6,9088</b>
LOSA2	SISMO_MOQ UE_EW_XX	64,174	19,759	3750	6,314	0,0017	OK	<b>6,4174</b>
LOSA1	SISMO_MOQ UE_EW_XX	57,86	18,051	3750	6,825	0,0018	OK	<b>5,786</b>

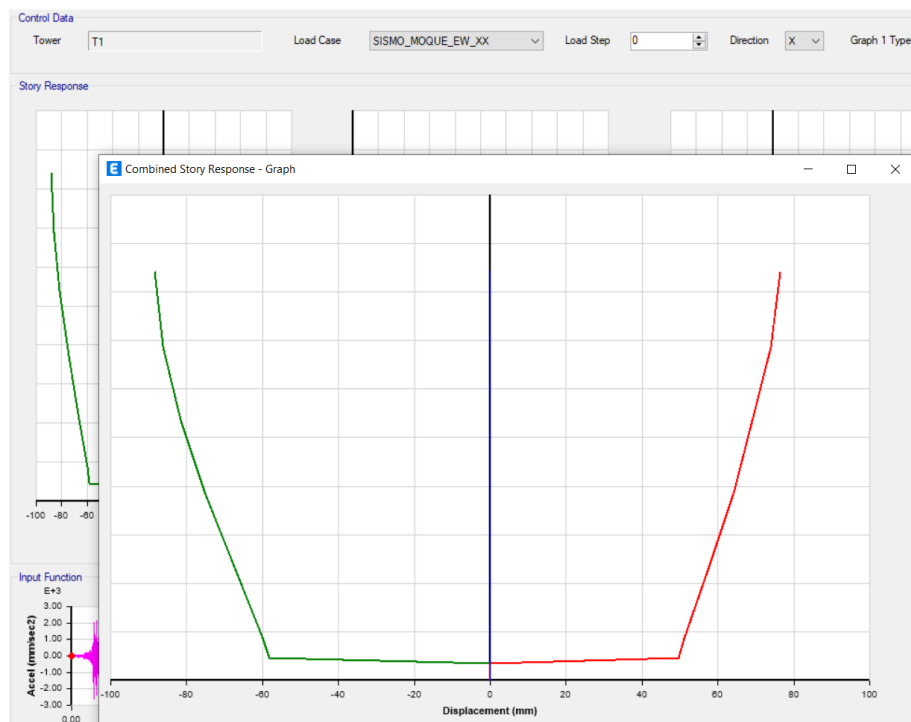
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Moquegua 2001 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0.0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 7,6346 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 44***Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste XX*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 45**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste XX*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 76,346mm.

**Tabla 25**

*Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2007- WE*

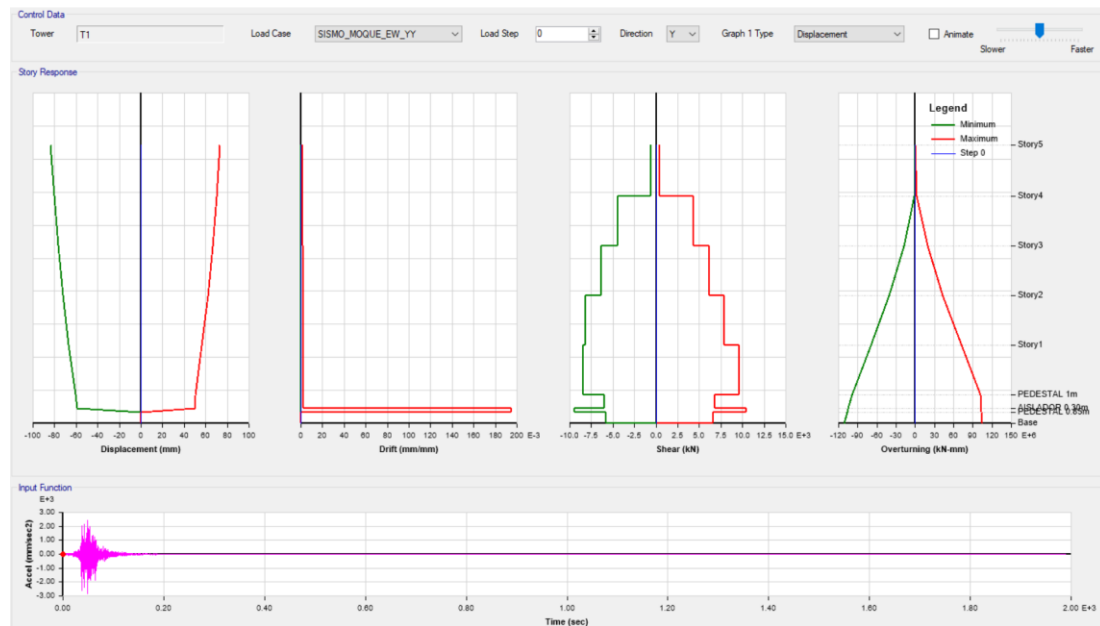
Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm					
LOSA 5	SISMO_MOQ UE_EW_YY	20,479	72,869	3850	2,645	0,0007	OK	<b>7,2869</b>
LOSA4	SISMO_MOQ UE_EW_YY	19,954	70,224	3800	3,495	0,0009	OK	<b>7,0224</b>
LOSA3	SISMO_MOQ UE_EW_YY	19,118	66,729	3750	4,52	0,0012	OK	<b>6,6729</b>
LOSA2	SISMO_MOQ UE_EW_YY	18	62,209	3750	5,648	0,0015	OK	<b>6,2209</b>
LOSA1	SISMO_MOQ UE_EW_YY	16,573	56,561	3750	5,959	0,0016	OK	<b>5,6561</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Moquegua 2001 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 7,2869 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.



**Figura 46**

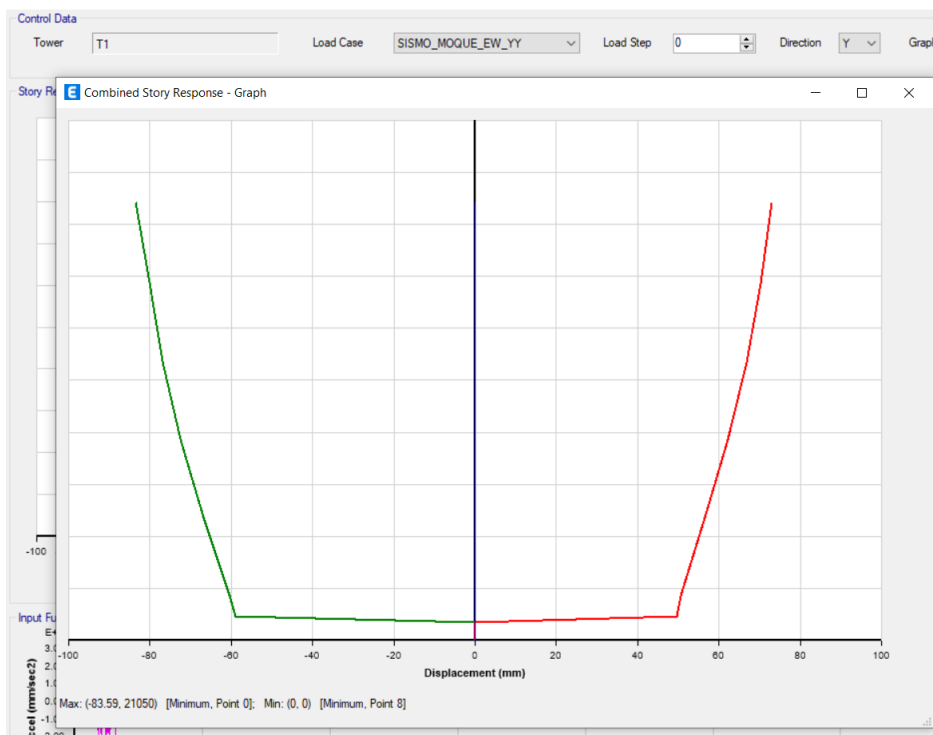
*Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 47**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 72,869mm.

**Tabla 26**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Moquegua 2001, Aislador de Caucho Natural*

<b>Derivas de la Edificación Sismo-Moquegua 2001</b>				
	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0011	0,0014	0,0006	0,0007
Story4	0,0014	0,0011	0,0013	0,0009
Story3	0,0009	0,001	0,0013	0,0012
Story2	0,0015	0,0014	0,0017	0,0015
Story1	0,0018	0,0017	0,0018	0,0016

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Moquegua 2001, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.

**Tabla 27**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Moquegua 2001, Aislador de Caucho Natural*

<b>Desplazamientos de la edificación sismo-Moquegua 2001 (m)</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY-Sismo WE</b>
Story5	9,6019	9,6752	7,6346	7,2869
Story4	9,1768	9,1395	7,3849	7,0224
Story3	8,6598	8,7392	6,9088	6,6729
Story2	8,3135	8,3734	6,4174	6,2209
Story1	7,7528	7,8299	5,786	5,6561

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la Edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Moquegua 2001, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

### 4.5.3. Sismo Lima 1966

Realizando el proceso ya explicado en el ítem 4.5, corremos el software Etabs y obtenemos en las Tablas 28,29,30,31,32 y 33 los resultados de derivas y desplazamientos del sismo Lima 1966, así como las Figuras 48,49,50,51,52,53 y 54.

**Tabla 28**

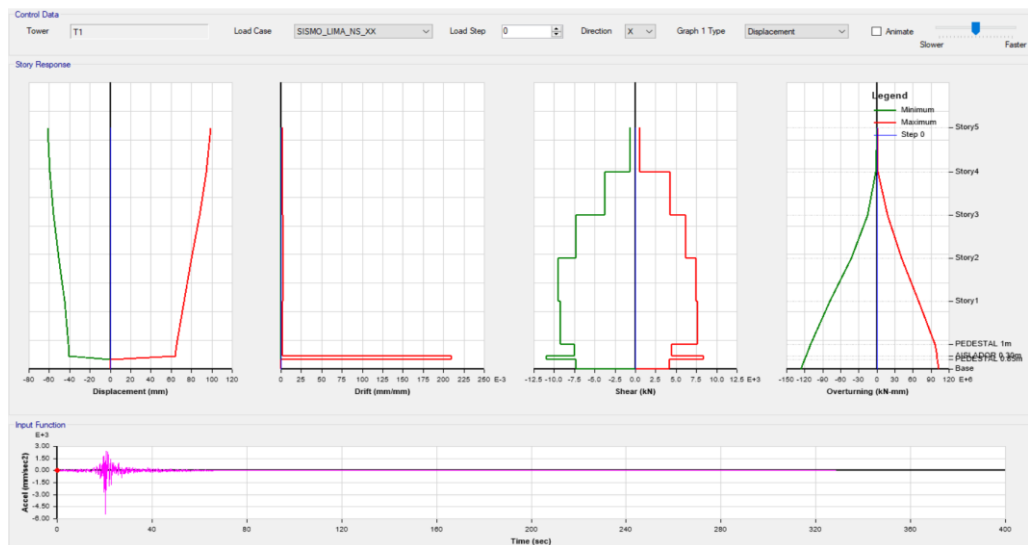
*Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- NS*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm					
LOSA 5	SISMO_LIMA_NS_XX	98,553	34,304	3850	4,437	0,0012	OK	9,8553
LOSA4	SISMO_LIMA_NS_XX	94,116	28,276	3800	6,386	0,0017	OK	9,4116
LOSA3	SISMO_LIMA_NS_XX	87,73	26,393	3750	7,556	0,002	OK	8,773
LOSA2	SISMO_LIMA_NS_XX	80,174	24,223	3750	7,888	0,0021	OK	8,0174
LOSA1	SISMO_LIMA_NS_XX	72,286	22,012	3750	7,036	0,0019	OK	7,2286

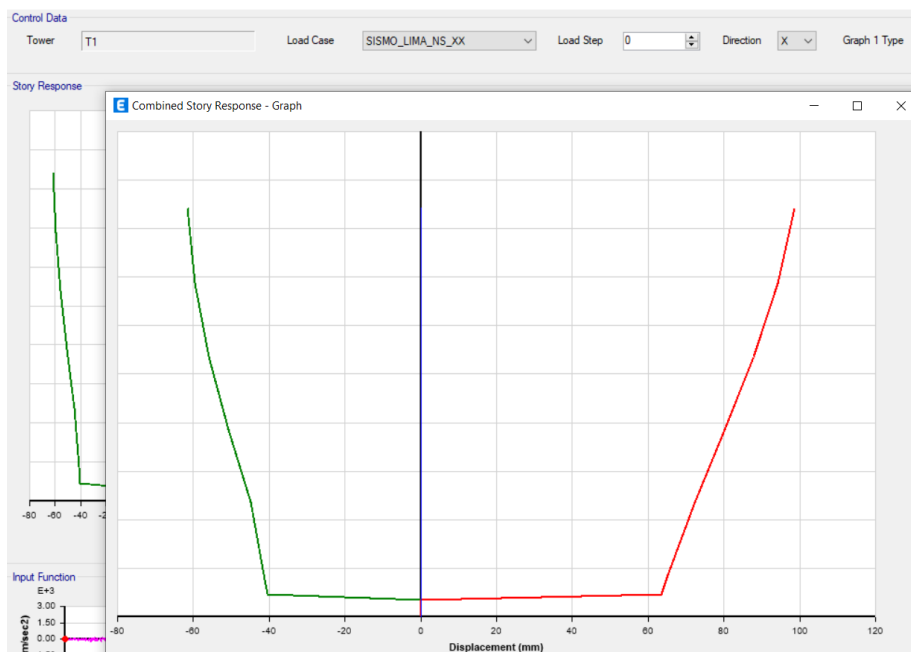
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Lima 1966 Norte-Sur, las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 9,8553 cm el cual se encuentra por debajo.

**Figura 48**

*Resultados Sismo Lima-Norte Sur XX*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 49****Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur XX**

*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 98,553mm.

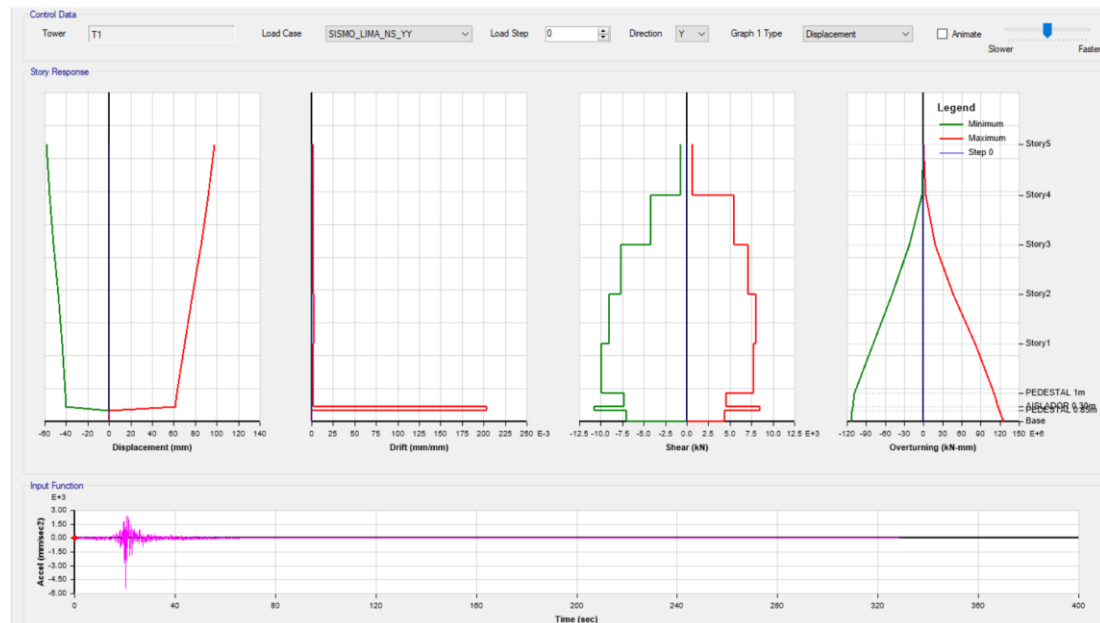
**Tabla 29****Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- NS**

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031 0,0035	Desplazamientos cm
		mm	mm					
LOSA 5	SISMO_LIMA_NS_YY	29,97	97,501	3850	5,862	0,0015	OK	9,7501
LOSA4	SISMO_LIMA_NS_YY	28,585	91,639	3800	6,618	0,0017	OK	9,1639
LOSA3	SISMO_LIMA_NS_YY	26,858	85,021	3750	7,647	0,002	OK	8,5021
LOSA2	SISMO_LIMA_NS_YY	24,836	77,374	3750	7,655	0,002	OK	7,7374
LOSA1	SISMO_LIMA_NS_YY	22,7	69,719	3750	6,848	0,0018	OK	6,9719

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Lima 1966 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 9,7501 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 50**

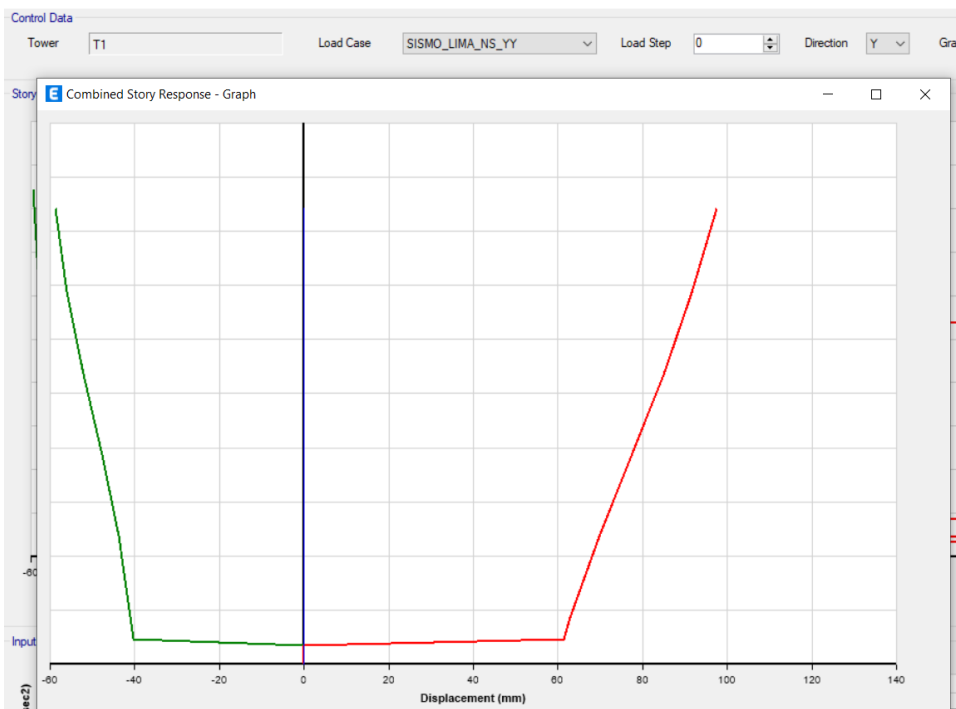
Resultados Sismo Lima-Norte Sur YY



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 51**

Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur YY

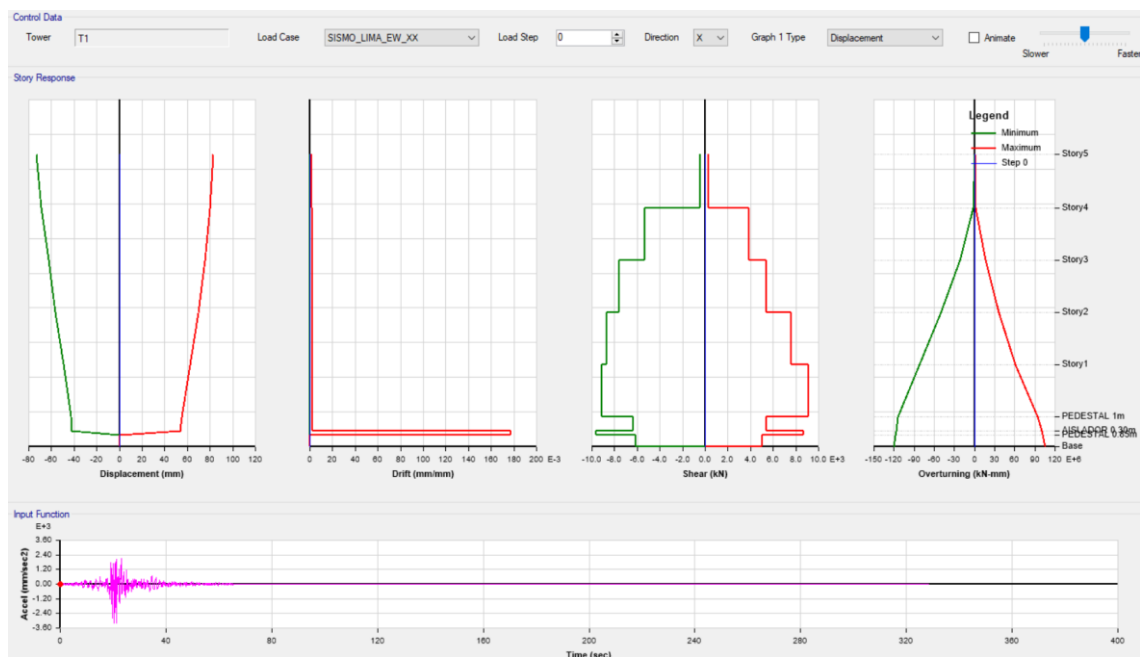


Nota. En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 97,501 mm.

**Tabla 30***Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	m
LOSA 5	SISMO_LIMA_EW_XX	82,487	33,46	3850	2,626	0,0007	OK	8,2487
LOSA4	SISMO_LIMA_EW_XX	79,861	23,5	3800	4,477	0,0012	OK	7,9861
LOSA3	SISMO_LIMA_EW_XX	75,384	22,086	3750	5,889	0,0016	OK	7,5384
LOSA2	SISMO_LIMA_EW_XX	69,495	20,274	3750	7,155	0,0019	OK	6,9495
LOSA1	SISMO_LIMA_EW_XX	62,34	18,14	3750	7,152	0,0019	OK	6,234

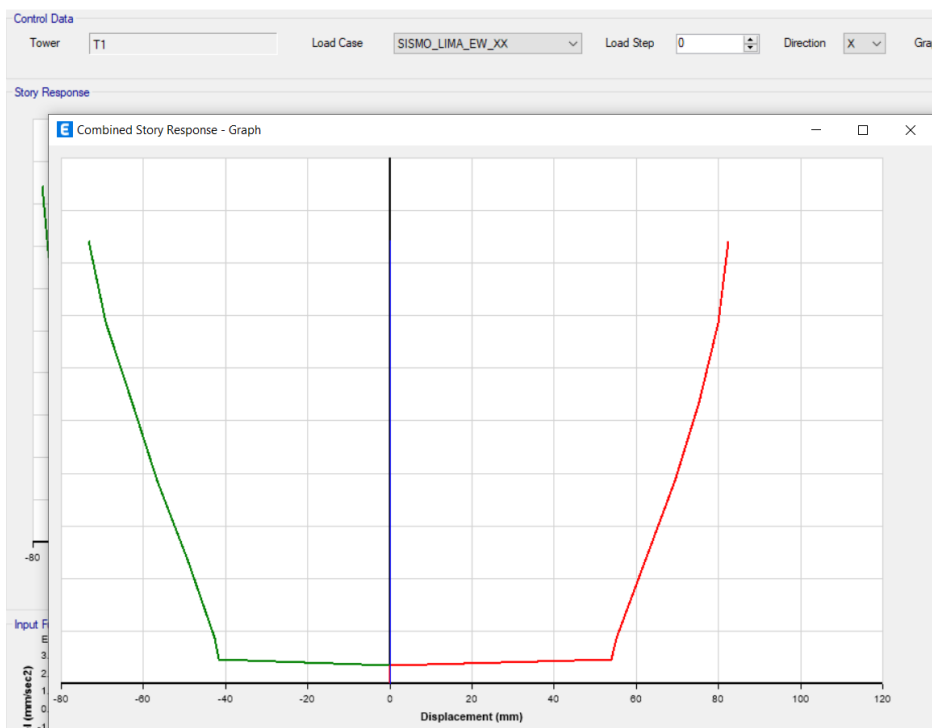
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Lima 1966 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 8,2487 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 52***Resultados Sismo Lima-Este Oeste XX*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 53**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste XX*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 82,487mm.

**Tabla 31**

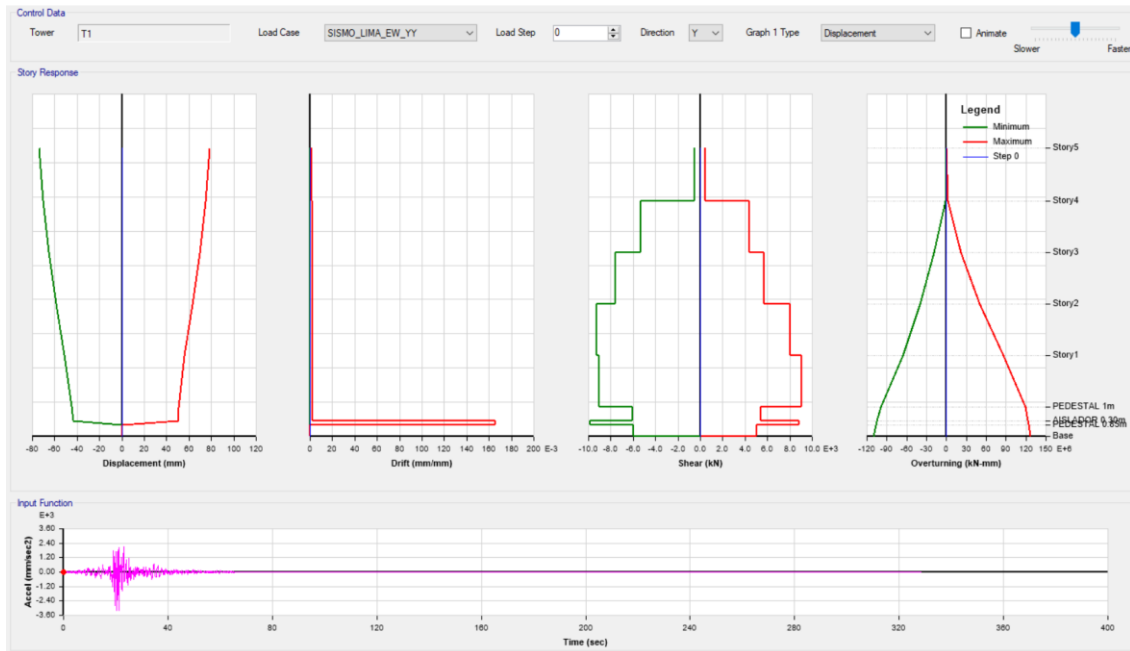
*Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	m
LOSA 5	SISMO_LIMA_EW_YY	21,768	78,258	3850	3,774	0,001	OK	7,8258
LOSA4	SISMO_LIMA_EW_YY	21,073	74,484	3800	4,884	0,0013	OK	7,4484
LOSA3	SISMO_LIMA_EW_YY	19,969	69,6	3750	6,268	0,0017	OK	6,96
LOSA2	SISMO_LIMA_EW_YY	18,493	63,332	3750	7,283	0,0019	OK	6,3332
LOSA1	SISMO_LIMA_EW_YY	16,669	56,049	3750	5,454	0,0015	OK	5,6049

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Lima 1966 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 7,8258 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 54**

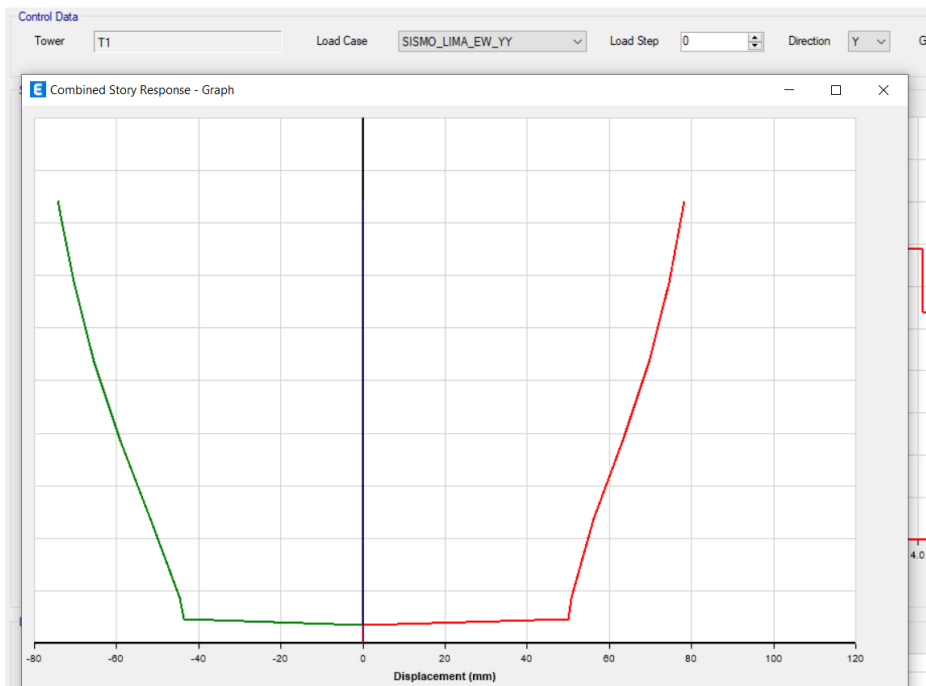
*Resultados Sismo Lima-Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Este Oeste eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 55**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 78,258mm.



**Tabla 32**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Lima 1966, Aislador de Caucho Natural*

<b>Derivas de la edificación sismo-Lima 1966</b>				
	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0012	0,0015	0,0007	0,0010
Story4	0,0017	0,0017	0,0012	0,0013
Story3	0,0020	0,002	0,0016	0,0017
Story2	0,0021	0,002	0,0019	0,0019
Story1	0,0019	0,0018	0,0019	0,0015

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Lima 1966, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.

**Tabla 33**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Lima 1966, Aislador de Caucho Natural*

<b>Desplazamientos de la edificación sismo-Lima 1966 (m)</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WS</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0952	0,0943	0,0795	0,077
Story4	0,0876	0,0858	0,0736	0,0721
Story3	0,0819	0,0793	0,0695	0,067
Story2	0,0742	0,0718	0,0636	0,0607
Story1	0,0664	0,0631	0,0574	0,0531
PEDESTAL 1m	0,0599	0,0579	0,0506	0,049

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la edificación con Aisladores de Caucho Natural, simulando el Sismo Lima 1966, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68cm calculado en el ítem 4.2.2.

#### 4.6. Análisis Tiempo Historia de la Estructura con Aislador Sísmico de Alto Amortiguamiento

Para realizar este análisis, y verificar si la estructura con aisladores de Alto Amortiguamiento es resistente a los sismos más predominantes en el Perú, se realizará el análisis con tres sismos, acelerograma proporcionados por CISMID, acelerograma del sismo ICA 2007, acelerograma del sismo LIMA 1966, acelerograma del sismo MOQUEGUA 2001. El procedimiento es el mismo que en el ítem 4.5 en donde se realizó para el aislador de caucho natural. Estos resultados son con las aceleraciones corridas en el software Etabs de Aislador de Alto Amortiguamiento.

##### 4.6.1. Sismo Ica 2007

Realizando el proceso ya explicado en el ítem 4.5, corremos el software Etabs y obtenemos en las Tablas 34,35,36,37,38 y 39 los resultados de derivas y desplazamientos del sismo Ica 2007, así como las Figuras 56,57,58,59,60,61,62 y 63.

**Tabla 34**

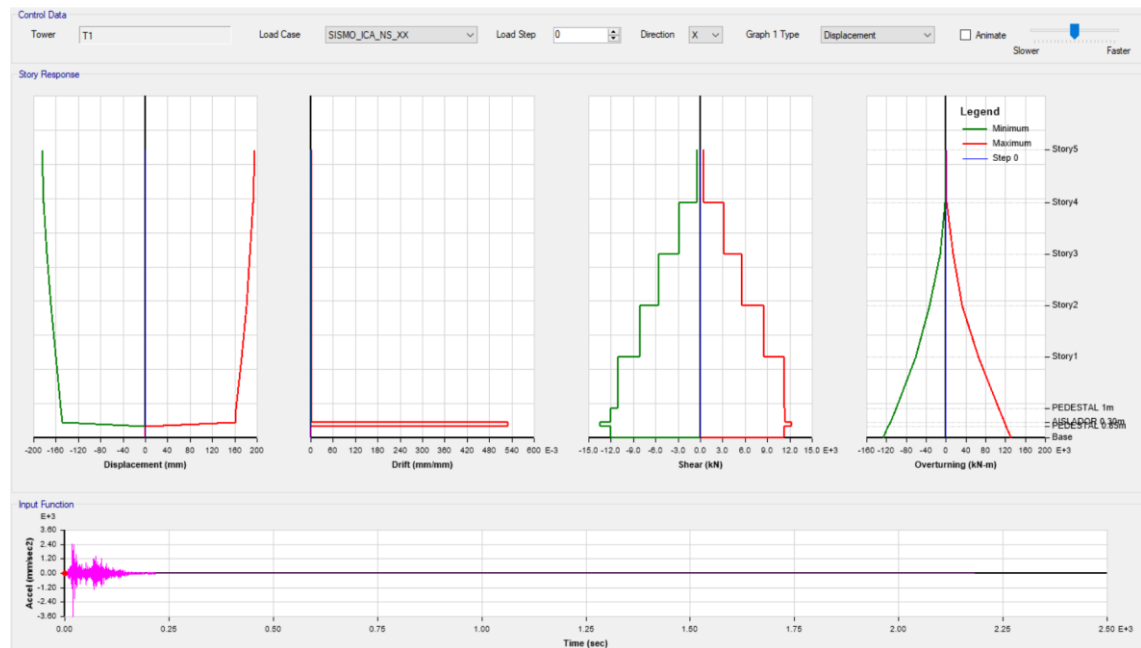
*Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- NS*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm		Relativo		0,0035	cm
LOSA 5	SISMO_ICA_NS_XX	194,916	71,389	3850	2,222	0,0006	OK	<b>19,4916</b>
LOSA4	SISMO_ICA_NS_XX	192,694	59,35	3800	5,165	0,0014	OK	<b>19,2694</b>
LOSA3	SISMO_ICA_NS_XX	187,529	57,768	3750	7,055	0,0019	OK	<b>18,7529</b>
LOSA2	SISMO_ICA_NS_XX	180,474	55,658	3750	8,763	0,0023	OK	<b>18,0474</b>
LOSA1	SISMO_ICA_NS_XX	171,711	53,121	3750	9,072	0,0024	OK	<b>17,1711</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Ica 2007 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 19,4916 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

Figura 56

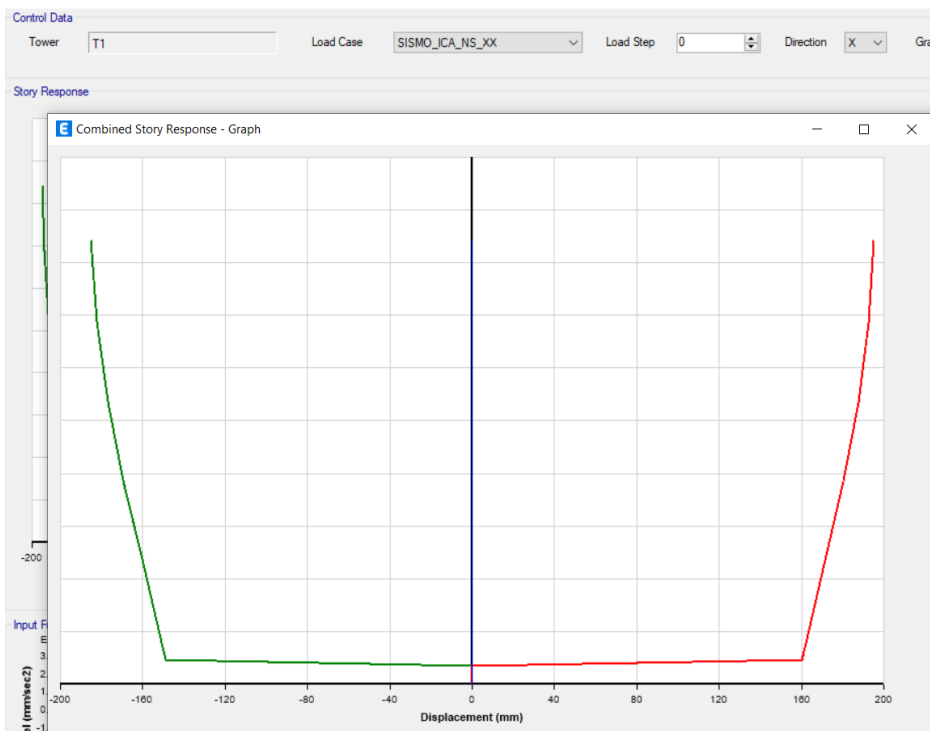
Resultados Sismo Ica-Norte Sur XX



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

Figura 57

Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica-Norte Sur XX

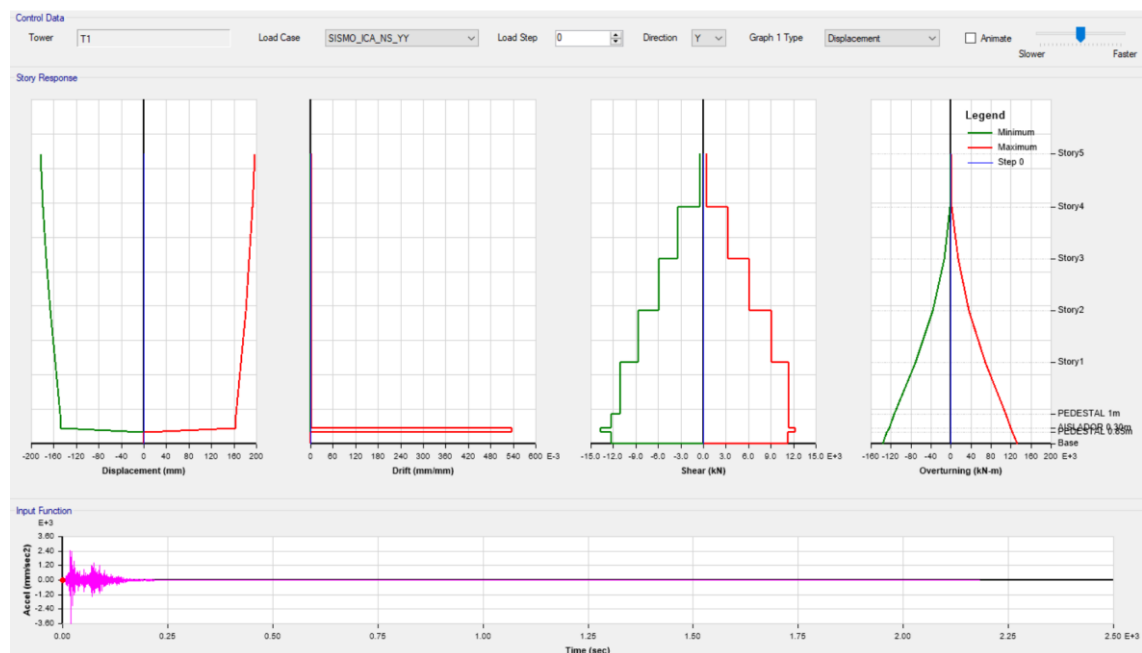


Nota. En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 194,916mm.

**Tabla 35***Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- NS*

Diaphra gm	Output Case	UX mm	UY mm	altura	Desplaz amiento Relativ o	Distorsió n	Norma E.031 0,0035	Desplazami entos cm
LOSA 5	SISMO_ICA _NS_YY	59,361	196,466	3850	3,902	0,001	OK	<b>19,6466</b>
LOSA4	SISMO_ICA _NS_YY	58,532	192,564	3800	5,133	0,0014	OK	<b>19,2564</b>
LOSA3	SISMO_ICA _NS_YY	57,254	187,431	3750	6,85	0,0018	OK	<b>18,7431</b>
LOSA2	SISMO_ICA _NS_YY	55,498	180,581	3750	8,268	0,0022	OK	<b>18,0581</b>
LOSA1	SISMO_ICA _NS_YY	53,306	172,313	3750	8,583	0,0023	OK	<b>17,2313</b>

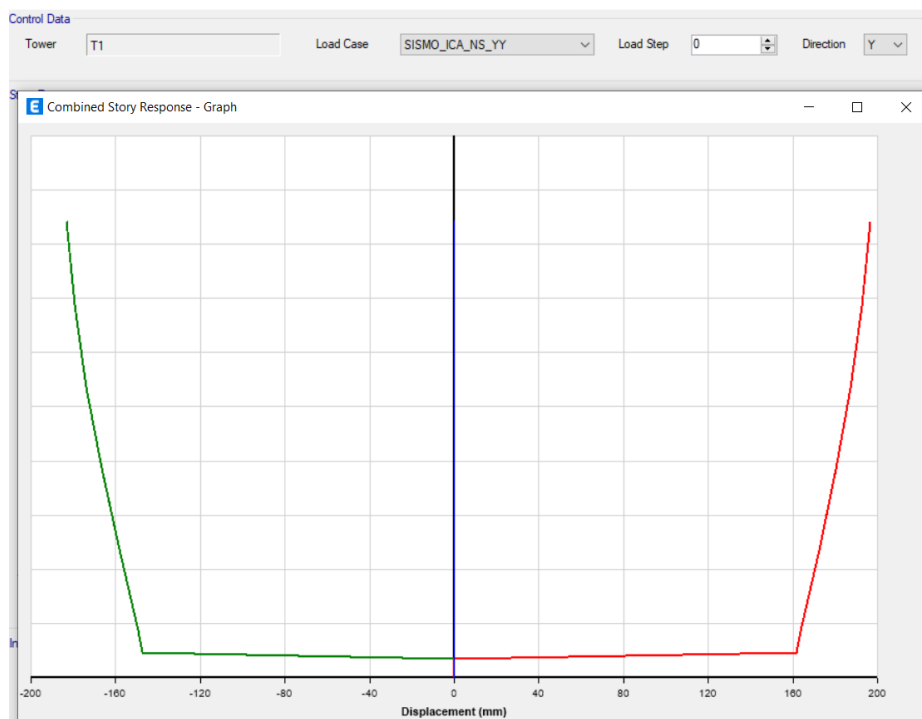
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Ica 2007 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 19,6466 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 58***Resultados Sismo Ica-Norte Sur YY*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 59**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Norte Sur YY*



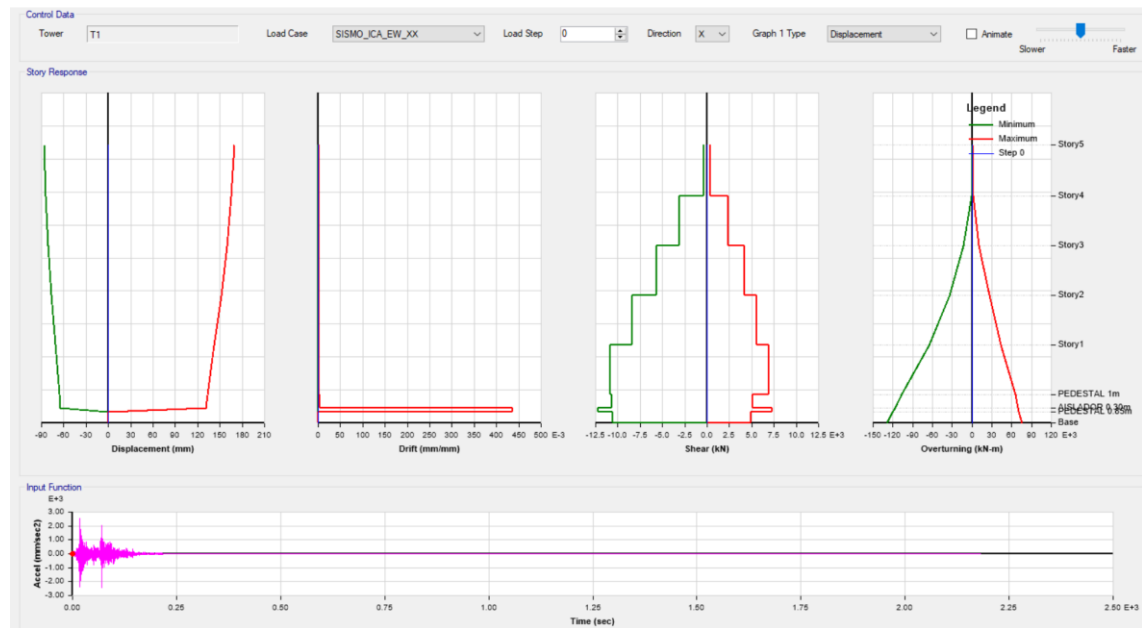
*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 196.466mm.

**Tabla 36**

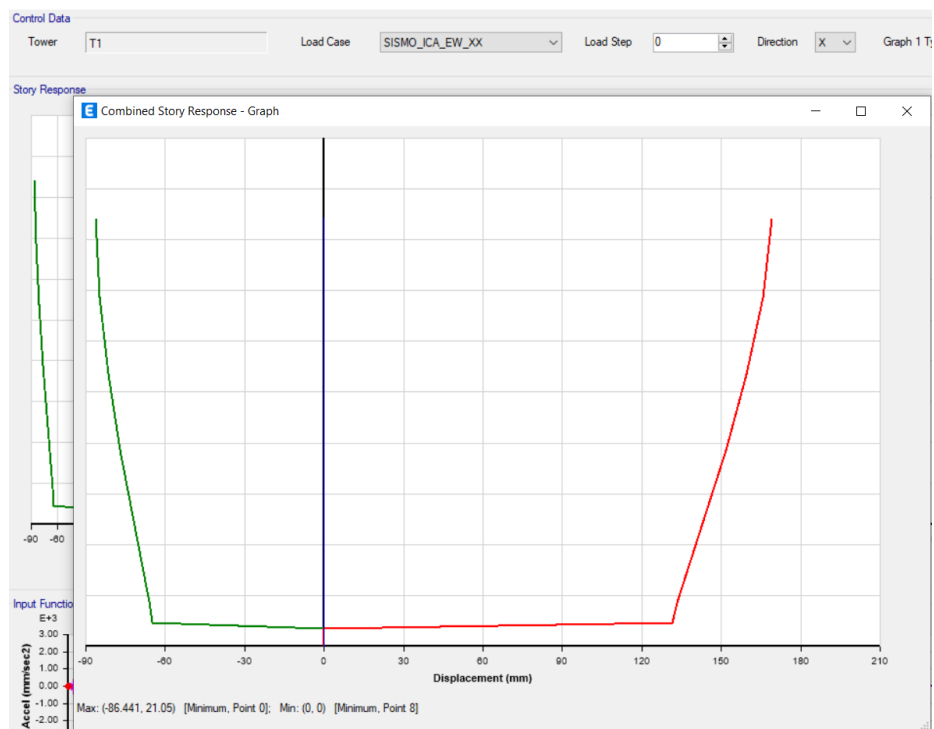
*Derivas en dirección XX- SISMO ICA 2007- WE*

Diaphra gm	Output Case	UX	UY	altura	Desplaza miento Relativo	Distors ión	Norma E.031	Desplazami entos
		mm	mm				0,0035	cm
LOSA 5	SISMO_ICA_ EW_XX	169,121	56,692	3850	3,473	0,0009	OK	<b>16,9121</b>
LOSA4	SISMO_ICA_ EW_XX	165,648	49,978	3800	6	0,0016	OK	<b>16,5648</b>
LOSA3	SISMO_ICA_ EW_XX	159,648	48,122	3750	7,912	0,0021	OK	<b>15,9648</b>
LOSA2	SISMO_ICA_ EW_XX	151,736	45,703	3750	9,319	0,0025	OK	<b>15,1736</b>
LOSA1	SISMO_ICA_ EW_XX	142,417	42,887	3750	9,104	0,0024	OK	<b>14,2417</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Ica 2007 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 16,9121 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 60***Resultados Sismo Ica Este-Oeste XX*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

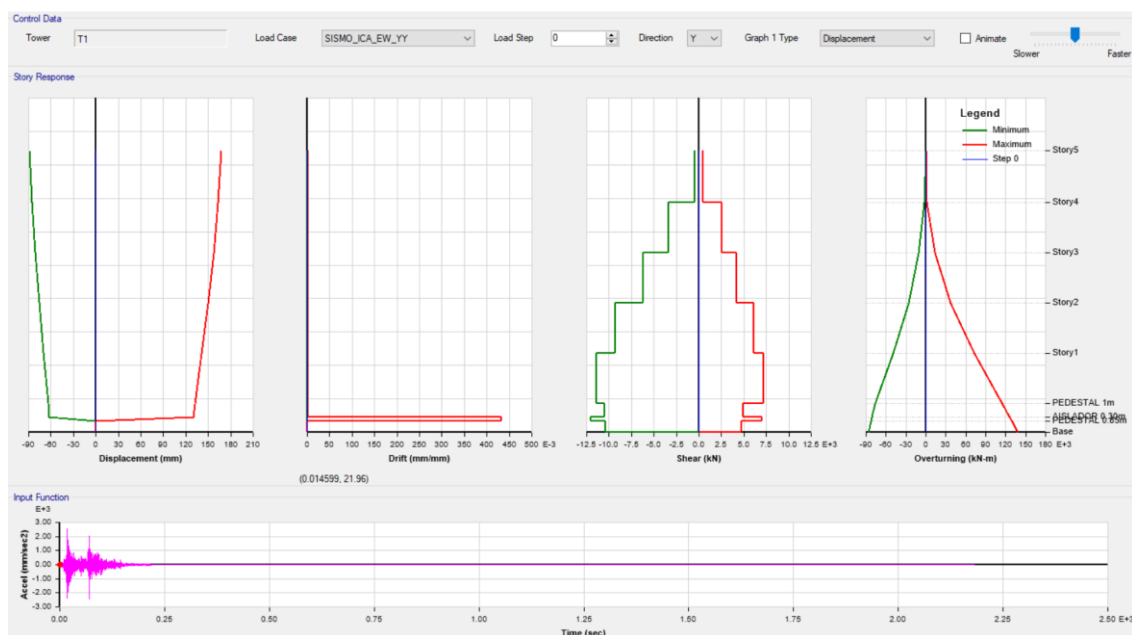
**Figura 61***Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste XX*

*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 169,121mm.

**Tabla 37***Derivas en dirección YY- SISMO ICA 2007- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm		Relativo		0,0035	cm
LOSA 5	SISMO_ICA_EW_YY	49,031	167,184	3850	4,286	0,0011	OK	<b>16,7184</b>
LOSA4	SISMO_ICA_EW_YY	48,192	162,898	3800	6,022	0,0016	OK	<b>16,2898</b>
LOSA3	SISMO_ICA_EW_YY	49,648	156,876	3750	7,104	0,0019	OK	<b>15,6876</b>
LOSA2	SISMO_ICA_EW_YY	45,112	149,772	3750	8,734	0,0023	OK	<b>14,9772</b>
LOSA1	SISMO_ICA_EW_YY	42,971	141,038	3750	8,739	0,0023	OK	<b>14,1038</b>

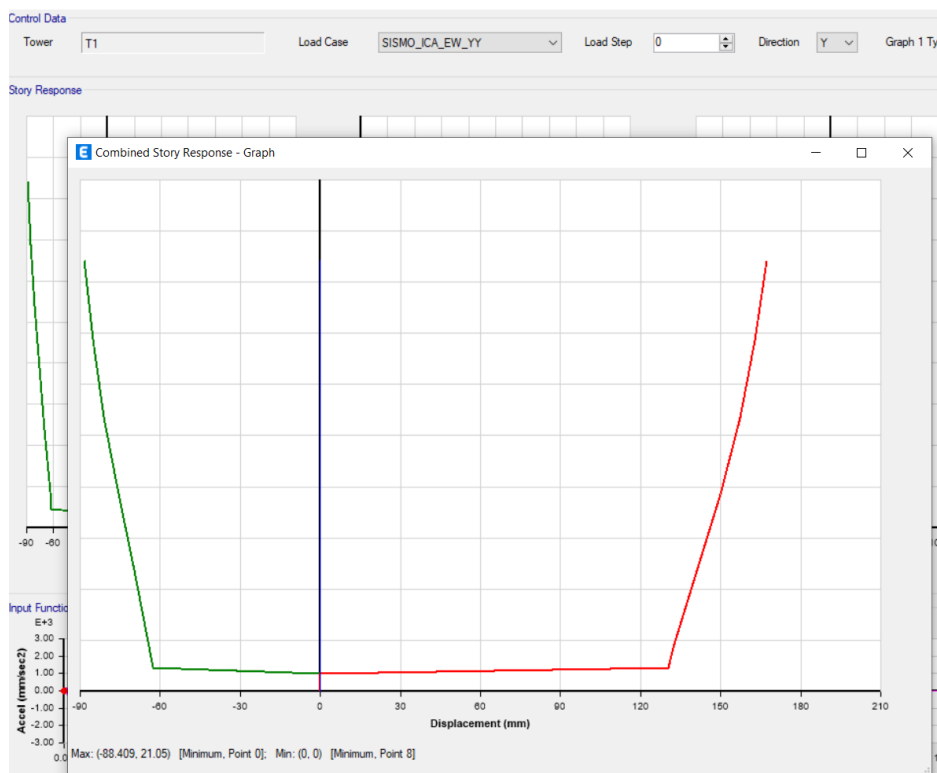
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Ica 2007 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 16,7184 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 62***Resultados Sismo Ica-Este Oeste YY*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Este Oeste eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 63**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Ica- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 167.184mm.

**Tabla 38**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Ica 2007, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Derivas de la edificación sismo-Ica</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0006	0,001	0,0009	0,0011
Story4	0,0014	0,0014	0,0016	0,0016
Story3	0,0019	0,0018	0,0021	0,0019
Story2	0,0023	0,0022	0,0025	0,0023
Story1	0,0024	0,0023	0,0024	0,0023

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Ica 2007, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.



**Tabla 39**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Ica 2007, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Desplazamientos de la edificación sismo-Ica (m)</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WS</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	19,4916	19,6466	16,9121	16,7184
Story4	19,2694	19,2564	16,5648	16,2898
Story3	18,7529	18,7431	15,9648	15,6876
Story2	18,0474	18,0581	15,1736	14,9772
Story1	17,1711	17,2313	14,2417	14,1038

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Ica 2007, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68cm calculado en el ítem 4.2.2.

#### **4.6.2. Sismo Moquegua 2001**

Con el software Etabs, obtenemos en las Tablas 40,41,42,43,44 y 45 los resultados de derivas y desplazamientos, así como las Figuras 64,65,66,67,68,69,70, y 71.

**Tabla 40**

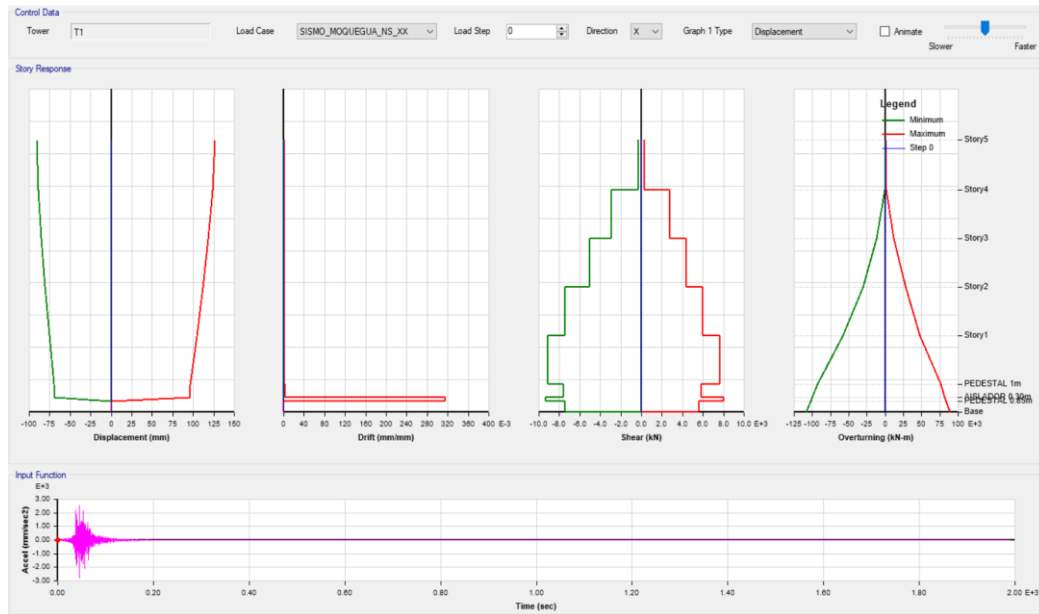
*Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- NS*

<b>Diaphragm</b>	<b>Output Case</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>altura</b>	<b>Desplazamiento Relativo</b>	<b>Distorsión</b>	<b>Norma E.031</b>	<b>Desplazamientos</b>
		<b>mm</b>	<b>mm</b>				<b>0,0035</b>	<b>cm</b>
LOSA 5	SISMO_MOQUEGUA_NS_XX	126,178	45,674	3850	3,021	0,0008	OK	<b>12,6178</b>
LOSA4	SISMO_MOQUEGUA_NS_XX	123,157	37,747	3800	5,09	0,0013	OK	<b>12,3157</b>
LOSA3	SISMO_MOQUEGUA_NS_XX	118,067	36,152	3750	6,533	0,0017	OK	<b>11,8067</b>
LOSA2	SISMO_MOQUEGUA_NS_XX	111,534	34,159	3750	7,591	0,002	OK	<b>11,1534</b>
LOSA1	SISMO_MOQUEGUA_NS_XX	103,943	31,908	3750	7,359	0,002	OK	<b>10,3943</b>

Nota. En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Moquegua 2001 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 12,6178 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 64**

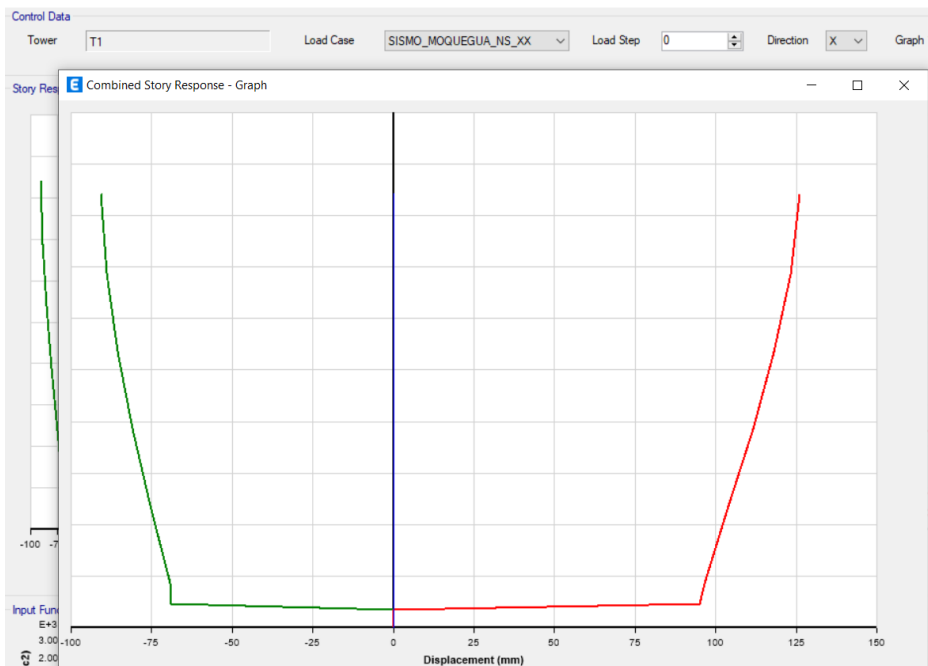
*Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur XX*



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 65**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur XX*

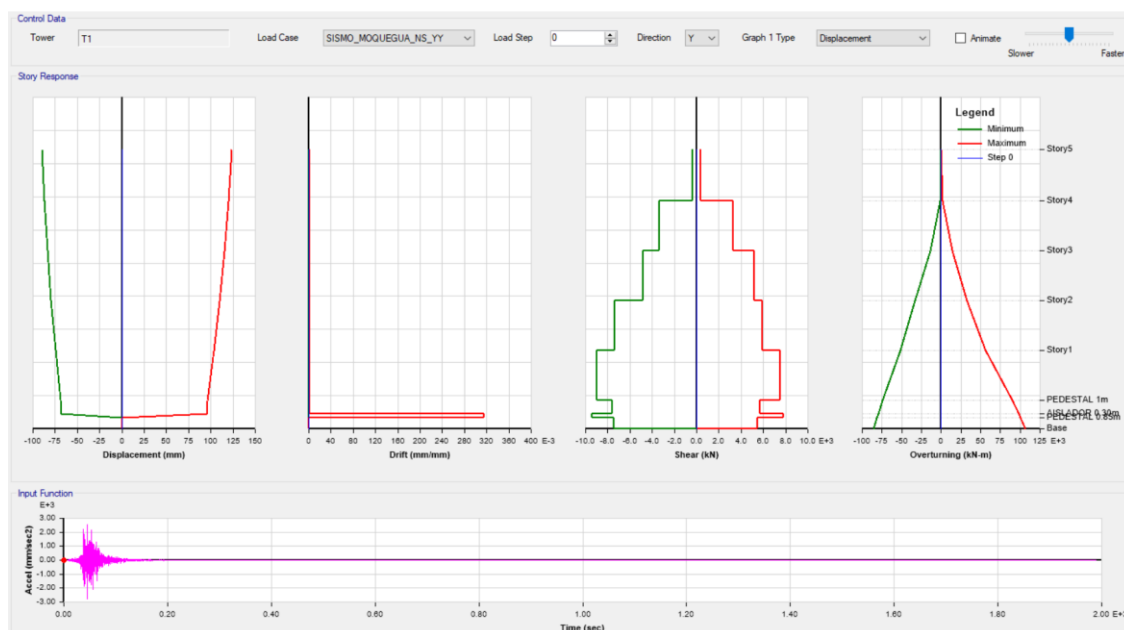


Nota. En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 126,178mm.

**Tabla 41***Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- NS*

Diaphra gm	Output Case	UX mm	UY mm	altura	Desplaza miento Relativo	Distor sión	Norma E.031 0,0035	Despla zamientos cm
LOSA 5	SISMO_MOQUE GUA_NS_YY	36,926	123,522	3850	3,432	<b>0,0009</b>	OK	<b>12,3522</b>
LOSA4	SISMO_MOQUE GUA_NS_YY	36,118	120,09	3800	4,752	<b>0,0013</b>	OK	<b>12,009</b>
LOSA3	SISMO_MOQUE GUA_NS_YY	37,527	115,338	3750	5,708	<b>0,0015</b>	OK	<b>11,5338</b>
LOSA2	SISMO_MOQUE GUA_NS_YY	36,158	109,63	3750	6,379	<b>0,0017</b>	OK	<b>10,963</b>
LOSA1	SISMO_MOQUE GUA_NS_YY	31,724	103,251	3750	6,736	<b>0,0018</b>	OK	<b>10,3251</b>

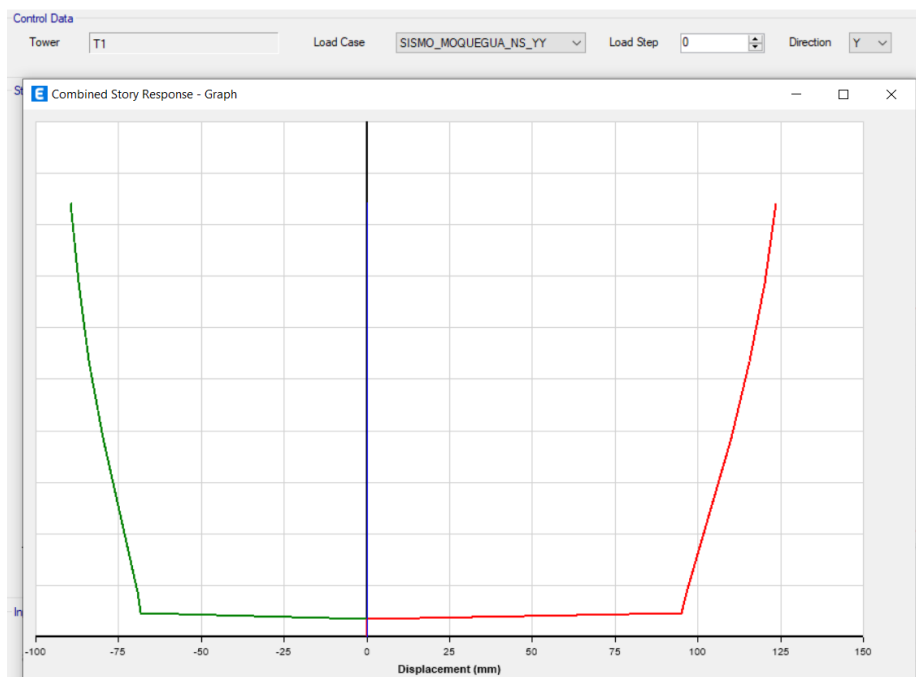
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Moquegua 2001 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 12,3522 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 66***Resultados Sismo Moquegua-Norte Sur YY*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Ica, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 67**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua-Norte Sur YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 123.522mm.

**Tabla 42**

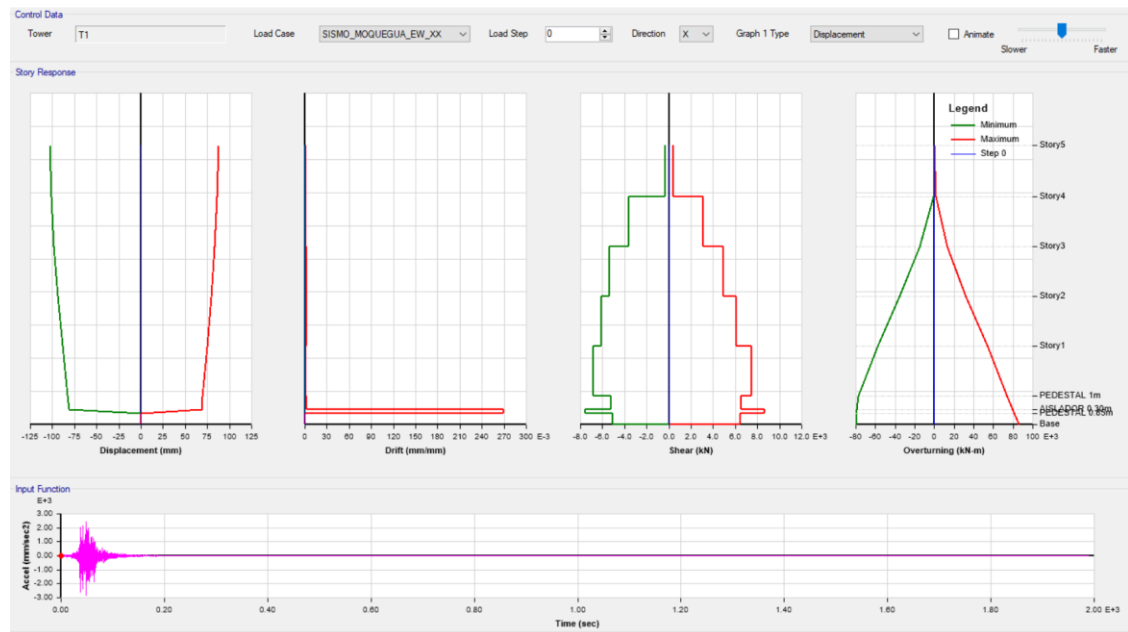
*Derivas en dirección XX- SISMO MOQUEGUA 2001- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	cm
LOSA 5	SISMO_MOQUEGUA_EW_XX	87,514	34,771	3850	1,387	0,0004	OK	<b>8,7514</b>
LOSA4	SISMO_MOQUEGUA_EW_XX	86,127	26,649	3800	2,869	0,0008	OK	<b>8,6127</b>
LOSA3	SISMO_MOQUEGUA_EW_XX	83,258	25,743	3750	3,893	0,001	OK	<b>8,3258</b>
LOSA2	SISMO_MOQUEGUA_EW_XX	79,365	24,536	3750	4,93	0,0013	OK	<b>7,9365</b>
LOSA1	SISMO_MOQUEGUA_EW_XX	74,435	23,047	3750	5,139	0,0014	OK	<b>7,4435</b>

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Moquegua 2001 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 8,7514 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 68**

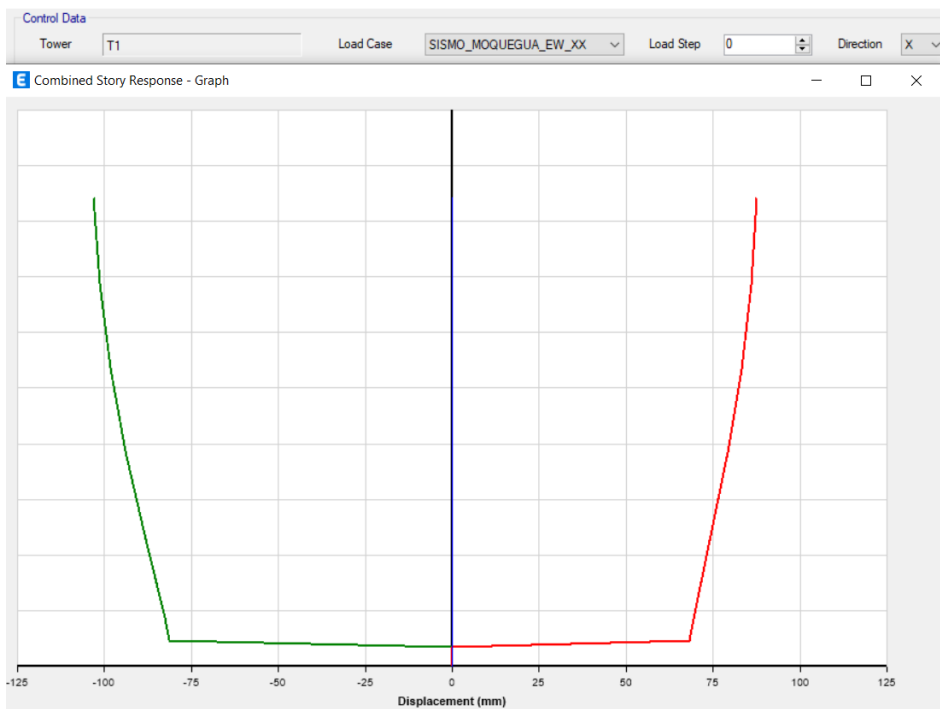
*Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste XX*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 69**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste XX*

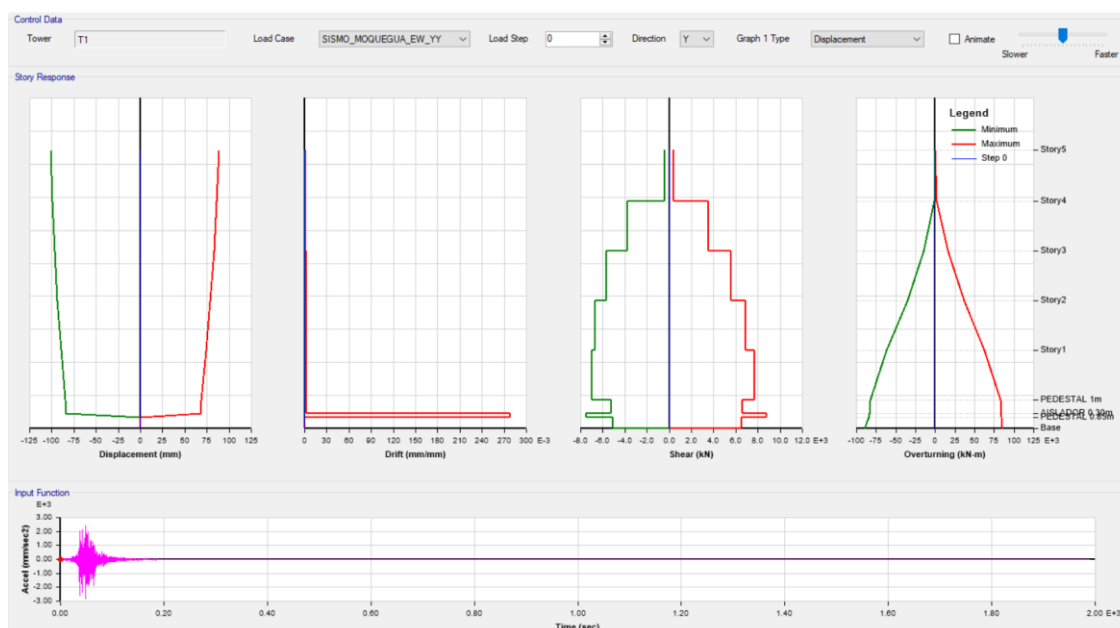


*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 87.514mm.

**Tabla 43***Derivas en dirección YY- SISMO MOQUEGUA 2001- WE*

Diaphra gm	Output Case	UX mm	UY mm	altura	Desplaza miento Relativo	Distorsió n	Norma E.031 0,0035	Despl azami entos cm
LOSA 5	SISMO_MOQUE GUA_EW_YY	25,994	88,069	3850	2,333	0,0006	OK	8,8069
LOSA4	SISMO_MOQUE GUA_EW_YY	25,582	85,736	3800	3,109	0,0008	OK	8,5736
LOSA3	SISMO_MOQUE GUA_EW_YY	24,855	82,627	3750	4,05	0,0011	OK	8,2627
LOSA2	SISMO_MOQUE GUA_EW_YY	23,831	78,577	3750	4,916	0,0013	OK	7,8577
LOSA1	SISMO_MOQUE GUA_EW_YY	22,5	73,661	3750	5,058	0,0013	OK	7,3661

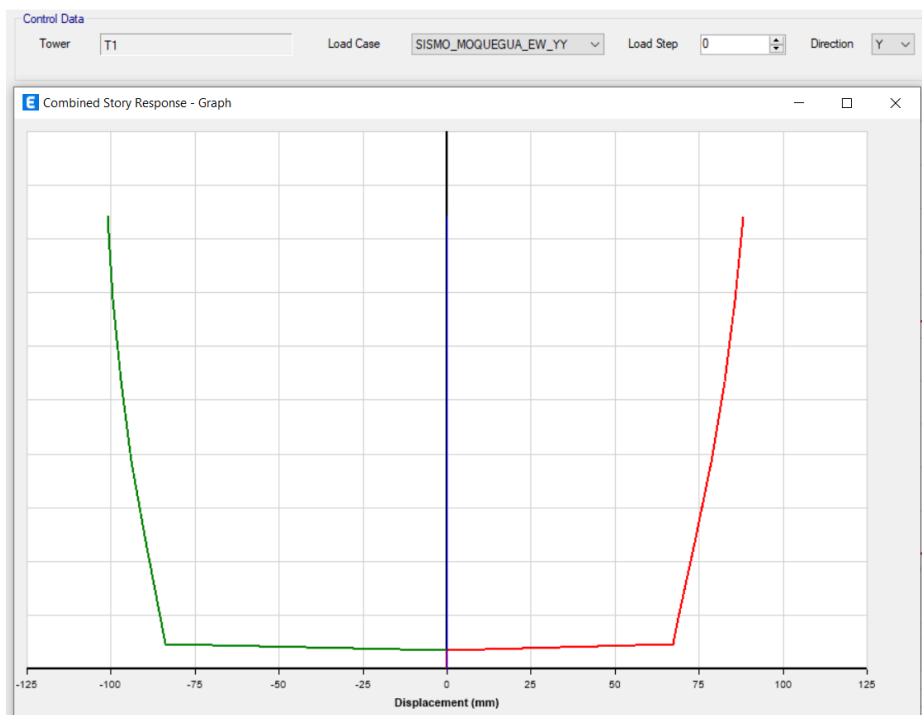
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Moquegua 2001 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 8,8069 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 70***Resultados Sismo Moquegua-Este Oeste YY*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Moquegua, componente Este Oeste eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 71**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Moquegua- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 88,069mm.

**Tabla 44**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Moquegua 2001, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Derivas de la edificación sismo-Moquegua 2001</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0008	0,0009	0,0004	0,0006
Story4	0,0013	0,0013	0,0008	0,0008
Story3	0,0017	0,0015	0,001	0,0011
Story2	0,002	0,0017	0,0013	0,0013
Story1	0,002	0,0018	0,0014	0,0013

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Moquegua 2001, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.

**Tabla 45**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Moquegua 2001, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Desplazamientos de la edificación sismo-Moquegua 2001 (cm)</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WS</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	12,6178	12,3522	8,7514	8,8069
Story4	12,3157	12,009	8,6127	8,5736
Story3	11,8067	11,5338	8,3258	8,2627
Story2	11,1534	10,963	7,9365	7,8577
Story1	10,3943	10,3251	7,4435	7,3661

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Moquegua 2001, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68cm calculado en el ítem 4.2.2.

#### **4.6.3. Sismo Lima 1966**

Con el software Etabs, obtenemos en las Tablas 46,47,48,49,50 y 51 los resultados de derivas y desplazamientos, así como las Figuras 72,73,74,75,76,77,78 y 79.

**Tabla 46**

*Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- NS*

<b>Diaphragm</b>	<b>Output Case</b>	<b>UX</b>	<b>UY</b>	<b>altura</b>	<b>Desplazamiento Relativo</b>	<b>Distorsión</b>	<b>Norma E.031</b>	<b>Desplazamientos</b>
		<b>mm</b>	<b>mm</b>				<b>0,0035</b>	<b>cm</b>
LOSA 5	SISMO_LIMA_NS_XX	122,933	46,673	3850	2,329	0,0006	OK	12,2933
LOSA4	SISMO_LIMA_NS_XX	120,604	37,04	3800	4,659	0,0012	OK	12,0604
LOSA3	SISMO_LIMA_NS_XX	115,945	35,664	3750	5,938	0,0016	OK	11,5945
LOSA2	SISMO_LIMA_NS_XX	110,007	33,934	3750	6,908	0,0018	OK	11,0007
LOSA1	SISMO_LIMA_NS_XX	103,099	31,919	3750	6,786	0,0018	OK	10,3099

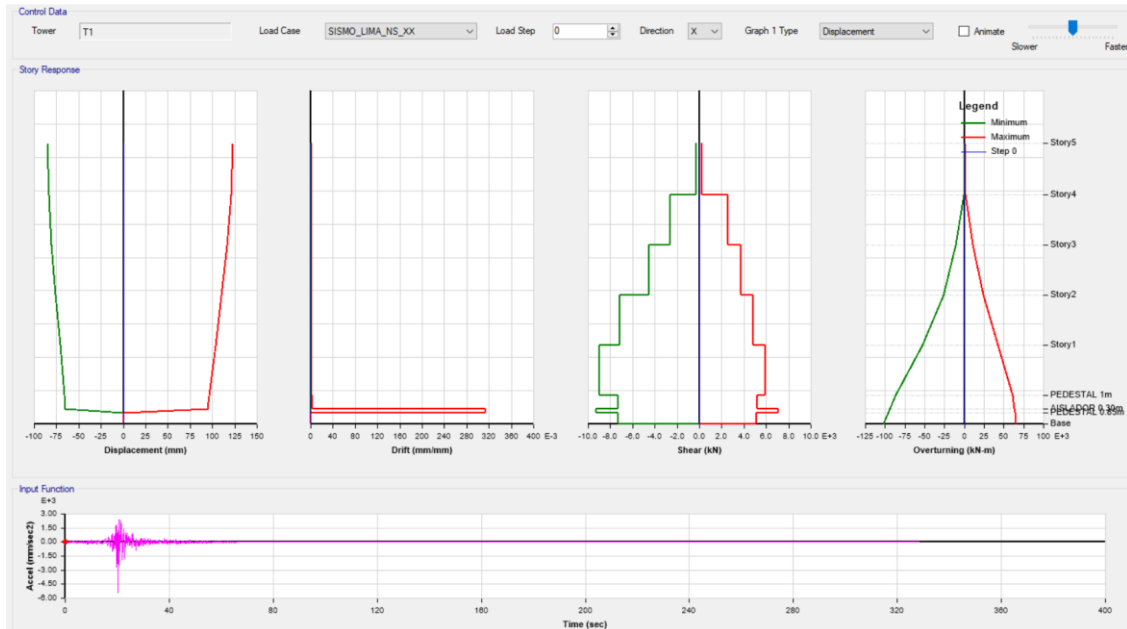
*Nota.* En la Tabla 46 se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Lima 1966 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra



el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 12,2933 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

## Figura 72

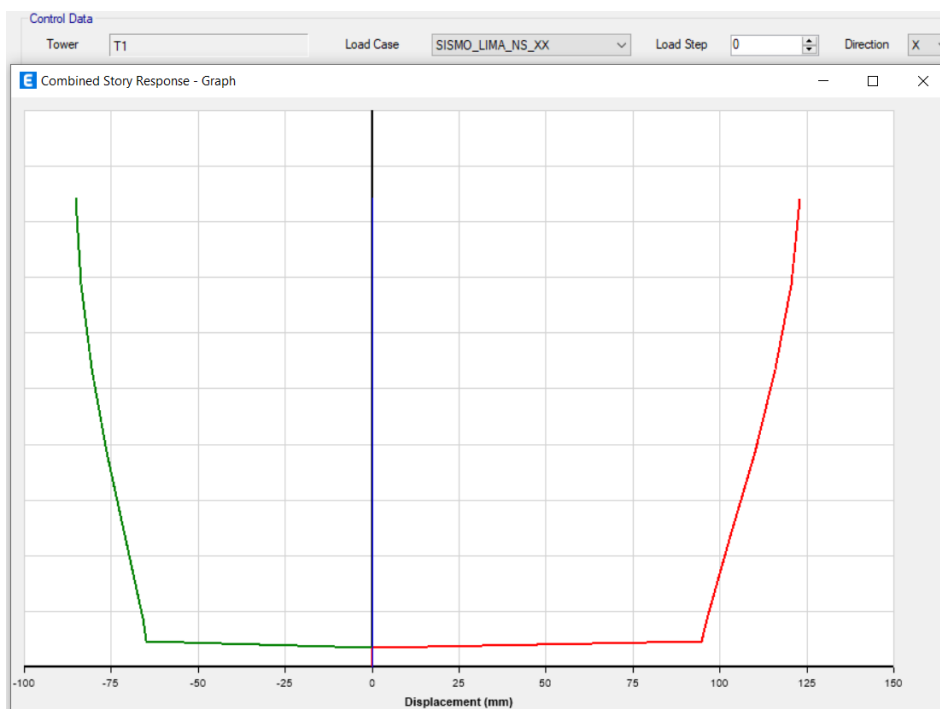
### Resultados Sismo Lima-Norte Sur XX



Nota. En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Norte Sur eje X, exportado del Etabs V.20.

## Figura 73

### Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur XX



Nota. En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 122.933mm.

**Tabla 47**

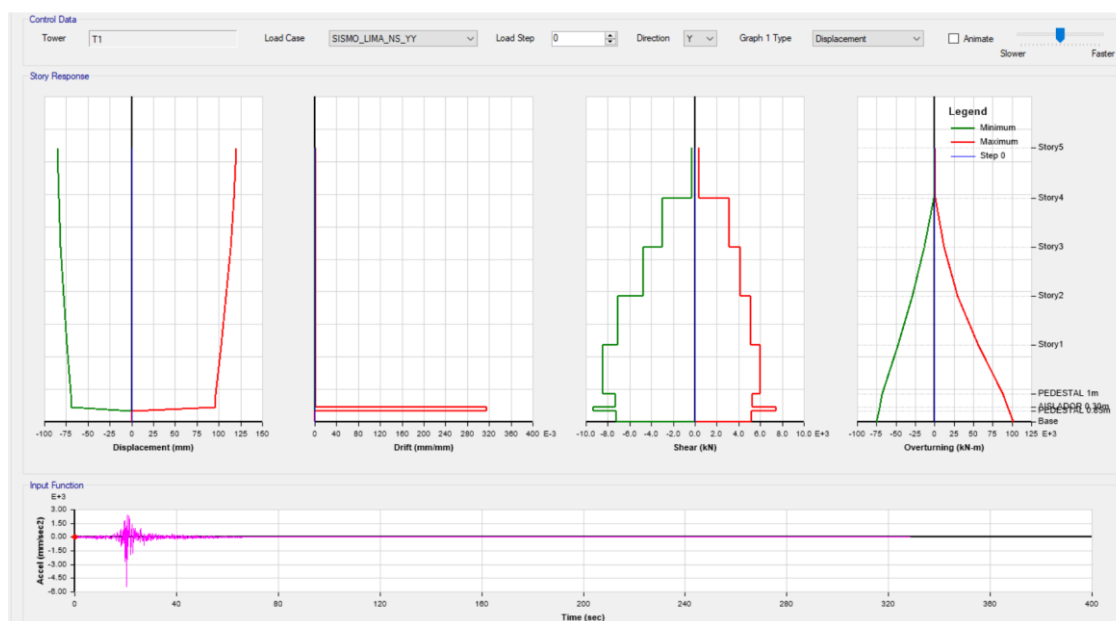
*Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- NS*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	
LOSA 5	SISMO_LIM A_NS_YY	35,224	119,576	3850	2,791	0,0007	OK	11,9576
LOSA4	SISMO_LIM A_NS_YY	34,667	116,785	3800	3,693	0,001	OK	11,6785
LOSA3	SISMO_LIM A_NS_YY	33,849	113,092	3750	4,794	0,0013	OK	11,3092
LOSA2	SISMO_LIM A_NS_YY	32,778	108,298	3750	5,8	0,0015	OK	10,8298
LOSA1	SISMO_LIM A_NS_YY	31,44	102,498	3750	6,037	0,0016	OK	10,2498

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Lima 1966 Norte-Sur, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 11,9576 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 74**

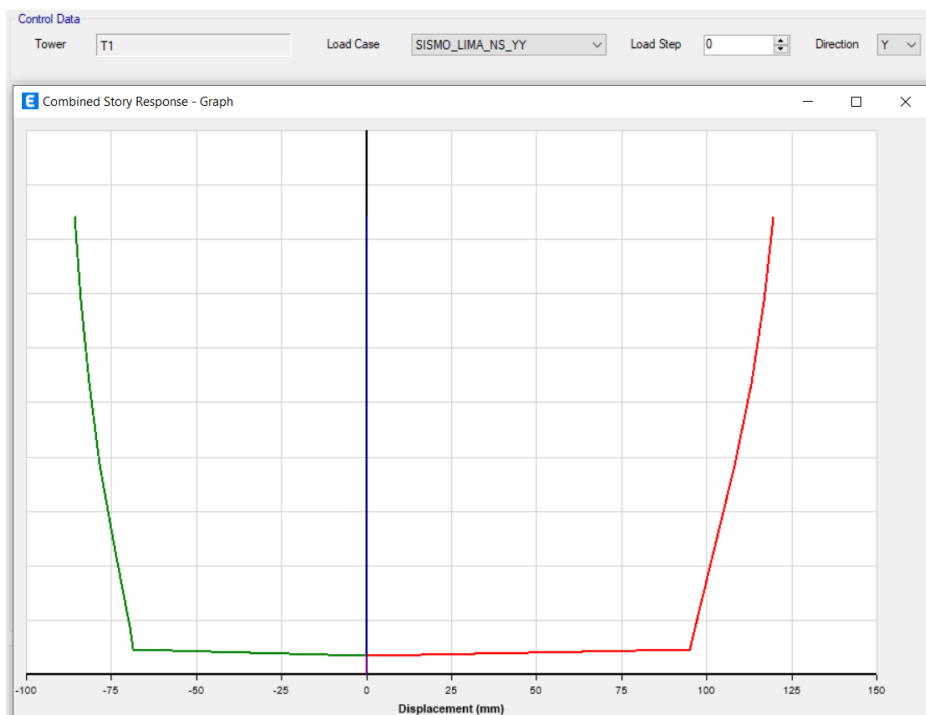
*Resultados Sismo Lima-Norte Sur YY*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Norte Sur eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 75**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima-Norte Sur YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 119,576mm.

**Tabla 48**

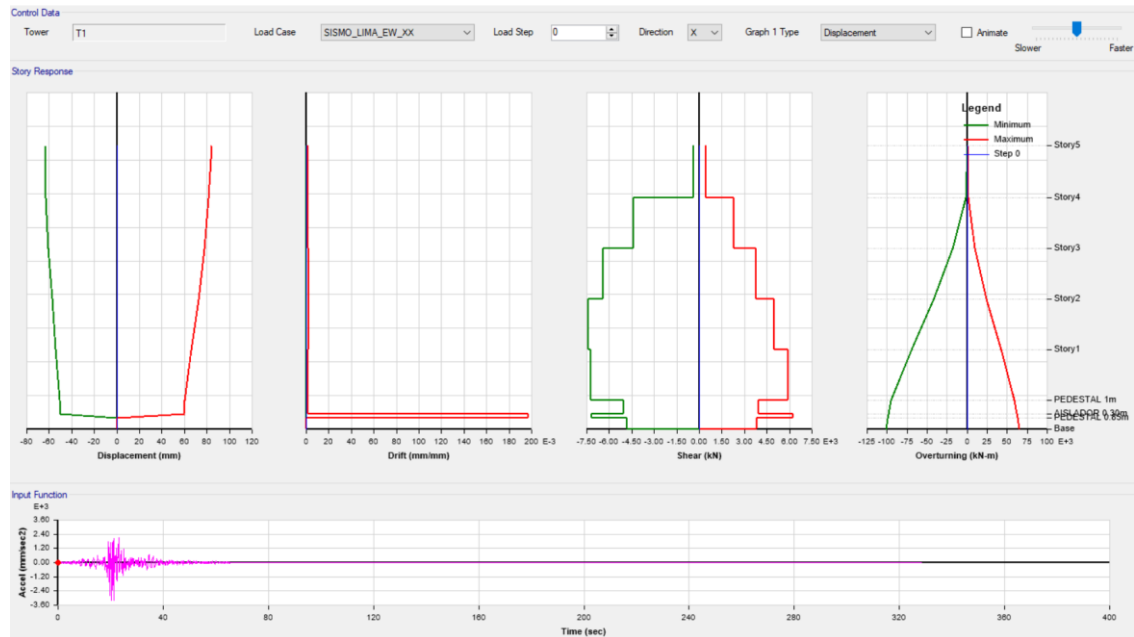
*Derivas en dirección XX- SISMO LIMA 1966- WE*

Diaphragm	Output Case	UX	UY	altura	Desplazamiento Relativo	Distorsión	Norma E.031	Desplazamientos
		mm	mm				0,0035	
LOSA 5	SISMO_LIM A_EW_XX	83,927	28,402	3850	2,473	0,0006	OK	8,3927
LOSA4	SISMO_LIM A_EW_XX	81,454	23,775	3800	4,01	0,0011	OK	8,1454
LOSA3	SISMO_LIM A_EW_XX	77,444	22,399	3750	5,207	0,0014	OK	7,7444
LOSA2	SISMO_LIM A_EW_XX	72,237	20,68	3750	6,033	0,0016	OK	7,2237
LOSA1	SISMO_LIM A_EW_XX	66,204	18,784	3750	5,716	0,0015	OK	6,6204

*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección X-X del Sismo Lima 1966 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 8,3927 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 76**

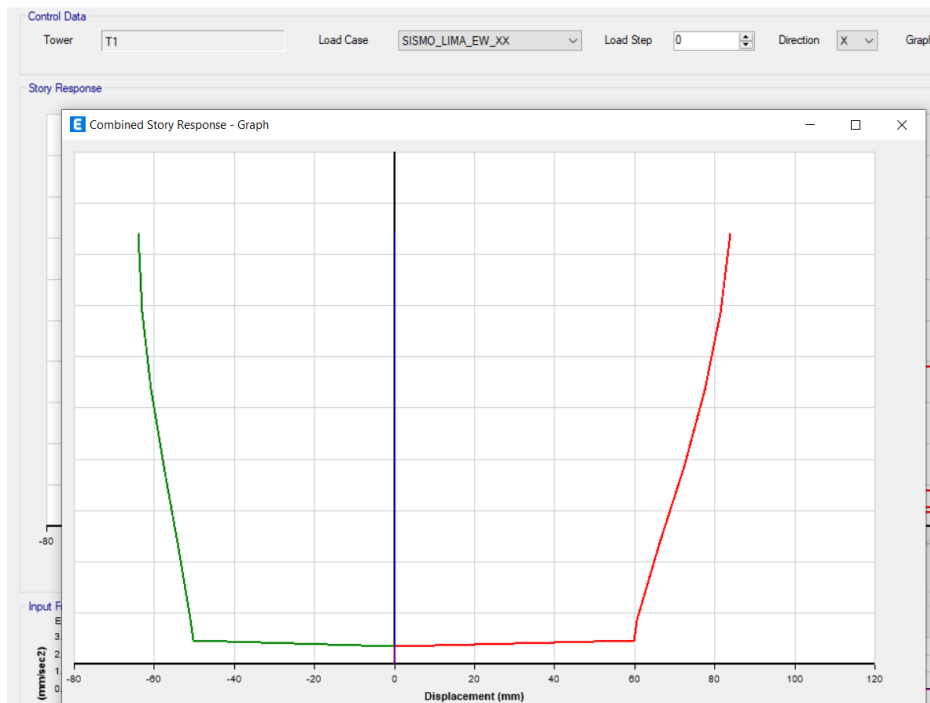
*Resultados Sismo Lima-Este Oeste XX*



*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Este Oeste eje X, exportado del Etabs V.20.

**Figura 77**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste XX*

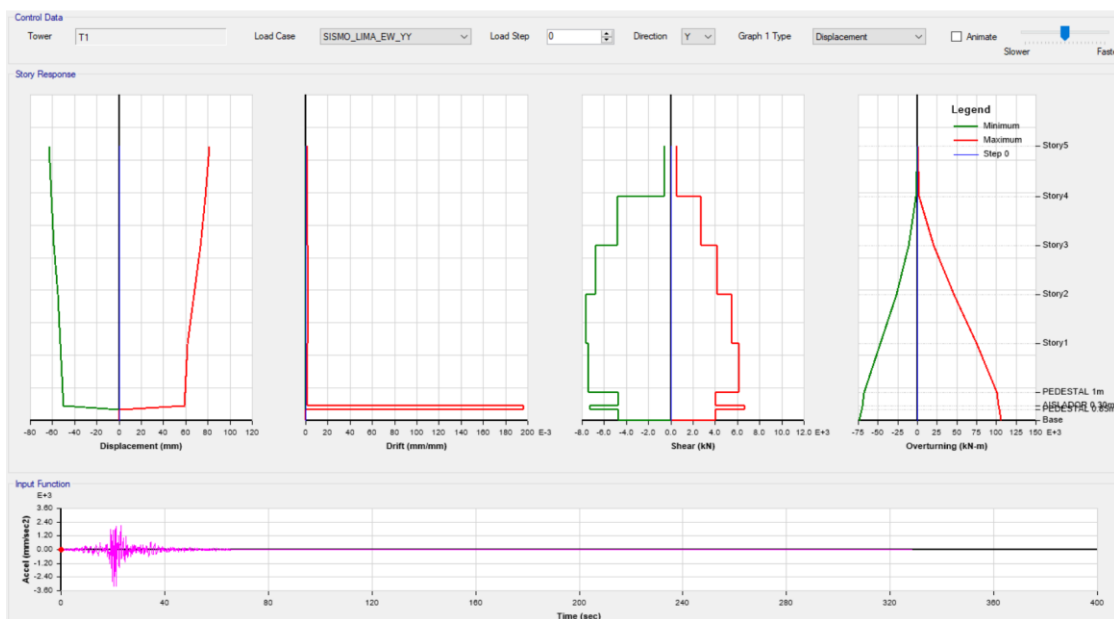


*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 83,927mm.

**Tabla 49***Derivas en dirección YY- SISMO LIMA 1966- WE*

Diaphra gm	Output Case	UX mm	UY mm	altura	Desplaz amiento Relativo	Distors ión	Norma E.031 0,0035	Desplaz amient os cm
LOSA 5	SISMO_LIMA _EW_YY	22,934	81,159	3850	3,599	0,0009	OK	<b>8,1159</b>
LOSA4	SISMO_LIMA _EW_YY	22,345	77,56	3800	4,536	0,0012	OK	<b>7,756</b>
LOSA3	SISMO_LIMA _EW_YY	21,411	73,024	3750	5,596	0,0015	OK	<b>7,3024</b>
LOSA2	SISMO_LIMA _EW_YY	20,17	67,428	3750	6,174	0,0016	OK	<b>6,7428</b>
LOSA1	SISMO_LIMA _EW_YY	18,854	61,254	3750	1,685	0,0004	OK	<b>6,1254</b>

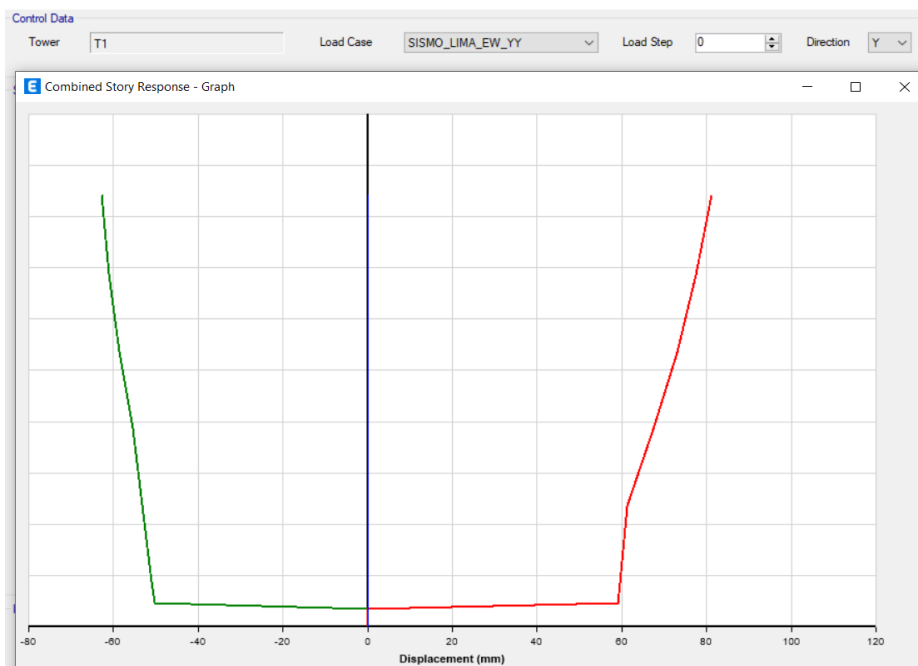
*Nota.* En la Tabla se muestra las derivas en dirección Y-Y del Sismo Lima 1966 Este-Oeste, de donde se observa que las distorsiones no pasan del 0,0035(Norma E.031) así mismo muestra el desplazamiento que sufre cada nivel siendo el más predominante de 8,1159 cm el cual se encuentra bajo de lo que soporta el aislador.

**Figura 78***Resultados Sismo Lima-Este Oeste YY*

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de resultados para el Sismo en Lima, componente Este Oeste eje Y, exportado del Etabs V.20.

**Figura 79**

*Resultado Desplazamiento Máximo Sismo Lima- Este Oeste YY*



*Nota.* En la figura se observa el diagrama de desplazamiento, obteniendo en el Piso 5 el resultado máximo de desplazamiento de 81,159mm.

**Tabla 50**

*Resumen de Resultados Derivas Sismo Lima 1966, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Derivas de la edificación sismo-Lima 1966</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	0,0006	0,0007	0,0006	0,0009
Story4	0,0012	0,001	0,0011	0,0012
Story3	0,0016	0,0013	0,0014	0,0015
Story2	0,0018	0,0015	0,0016	0,0016
Story1	0,0018	0,0016	0,0015	0,0004

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Derivas de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Lima 1966, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del 0,0035.

**Tabla 51**

*Resumen de Resultados Desplazamientos Sismo Lima 1966, Aislador de Alto Amortiguamiento*

<b>Desplazamientos de la edificación sismo-Lima 1966 (cm)</b>				
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Story5	12,2933	11,9576	8,3927	8,1159
Story4	12,0604	11,6785	8,1454	7,756
Story3	11,5945	11,3092	7,7444	7,3024
Story2	11,0007	10,8298	7,2237	6,7428
Story1	10,3099	10,2498	6,6204	6,1254

*Nota.* En la Tabla se muestra el resumen de Desplazamientos de la Edificación con Aisladores de Alto Amortiguamiento, simulando el Sismo Lima 1966, en donde se deduce que todos los valores están por debajo del desplazamiento de diseño del aislador calculado. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

#### **4.7. Resumen de Resultados**

##### **4.7.1. Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento**

###### **A. Periodos**

En la Tabla 52,53 y 54 se muestran el resumen de resultados del Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento.

**Tabla 52**

*Resumen de Periodos, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Resumen de Periodos</b>		
<b>Modo</b>	<b>Caucho natural (seg)</b>	<b>Alto Amortiguamiento (seg)</b>
1	1,713	2,05
2	1,699	2,031
3	1,529	1,818
4	0,403	0,412
5	0,373	0,38
6	0,344	0,351

(continúa)

Tabla 52 (continuación)

<b>Resumen de Periodos</b>		
<b>Modo</b>	<b>Caucho natural (seg)</b>	<b>Alto Amortiguamiento (seg)</b>
7	0,169	0,169
8	0,159	0,159
9	0,147	0,147
10	0,102	0,102
11	0,097	0,097
12	0,077	0,077
13	0,073	0,073
14	0,068	0,068
15	0,056	0,056

*Nota.* En la Tabla se muestra el Resumen de Resultados de los Periodos, comparando el Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, de donde se observa que para el caucho natural se tiene un periodo de 1,713 seg y para el aislador de alto amortiguamiento un periodo 2,05 seg. Lo que indica que el aislador de alto amortiguamiento reduce las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura mucha más que el aislador de caucho natural.

## B. Derivas

Tabla 53

*Resumen de Derivas X-X, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Derivas X-X</b>			
<b>Piso</b>	<b>Caucho natural</b>	<b>Alto amortiguamiento</b>	<b>Norma Peruana E.031 &lt;0.0035</b>
PISO 5	0,00044	0,000256	OK
PISO 4	0,000673	0,000395	OK
PISO 3	0,000908	0,000536	OK
PISO 2	0,001089	0,000649	OK
PISO 1	0,001096	0,000657	OK

*Nota.* En la Tabla se muestra el Resumen de Resultados de las Derivas en el sentido X-X, comparando el Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, de donde se observa que todos los resultados son menores a 0,0035 por lo que la estructura respeta la Norma E.031.



**Tabla 54***Resumen de Derivas Y-Y, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Derivas Y-Y</b>			
<b>Piso</b>	<b>Caucho natural</b>	<b>Alto amortiguamiento</b>	<b>Norma peruana E.031 &lt;0.0035</b>
PISO 5	0,000421	0,000251	OK
PISO 4	0,000672	0,000401	OK
PISO 3	0,000909	0,000545	OK
PISO 2	0,001095	0,000662	OK
PISO 1	0,001107	0,000673	OK

*Nota.* En la Tabla se muestra el Resumen de Resultados de las Derivas en el sentido Y-Y, comparando el Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, de donde se observa que todos los resultados son menores a 0,0035 por lo que la estructura respeta la Norma E.031

#### **4.7.2. Análisis Tiempo-Historia, Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento**

##### **A. Derivas**

En la Tabla 55,56 y 57 se muestran el resumen de resultados del Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento de los sismos analizados.

**Tabla 55***Resumen de Derivas-Sismo Ica 2007, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Derivas - sismo Ica 2007</b>								
<b>Piso</b>	<b>caucho natural</b>				<b>alto amortiguamiento</b>			
	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY-Sismo NS</b>	<b>XX-Sismo WE</b>	<b>YY-Sismo WE</b>	<b>XX-Sismo NS</b>	<b>YY-Sismo NS</b>	<b>XX-Sismo WE</b>	<b>YY-Sismo WE</b>
Piso 5	0,0007	0,0009	0,001	0,0013	0,0006	0,001	0,0009	0,0011
Piso 4	0,0015	0,0013	0,0016	0,0016	0,0014	0,0014	0,0016	0,0016
Piso 3	0,002	0,0017	0,0021	0,002	0,0019	0,0018	0,0021	0,0019
Piso 2	0,0024	0,0021	0,0025	0,0023	0,0023	0,0022	0,0025	0,0023
Piso 1	0,0024	0,0022	0,0025	0,0024	0,0024	0,0023	0,0024	0,0023

*Nota.* En la tabla 55 se observa el Resumen de Derivas de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Ica 2007, de donde los valores son menores a 0,0035. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

**Tabla 56**

*Resumen de Derivas-Sismo Moquegua 2001, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Derivas - sismo Moquegua 2001</b>								
<b>Piso</b>	<b>caucho natural</b>				<b>alto amortiguamiento</b>			
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WE</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Piso 5	0,0011	0,0014	0,0006	0,0007	0,0008	0,0009	0,0004	0,0006
Piso 4	0,0014	0,0011	0,0013	0,0009	0,0013	0,0013	0,0008	0,0008
Piso 3	0,0009	0,001	0,0013	0,0012	0,0017	0,0015	0,001	0,0011
Piso 2	0,0015	0,0014	0,0017	0,0015	0,002	0,0017	0,0013	0,0013
Piso 1	0,0018	0,0017	0,0018	0,0016	0,002	0,0018	0,0014	0,0013

*Nota.* En la tabla se observa el Resumen de Derivas de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Moquegua 2001, de donde los valores son menores a 0,0035.

**Tabla 57**

*Resumen de Derivas-Sismo Lima 1966, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

<b>Derivas - sismo lima 1966</b>								
<b>Piso</b>	<b>caucho natural</b>				<b>alto amortiguamiento</b>			
	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WS</b>	<b>YY- Sismo WE</b>	<b>XX- Sismo NS</b>	<b>YY- Sismo NS</b>	<b>XX- Sismo WS</b>	<b>YY- Sismo WE</b>
Piso 5	0,0012	0,0015	0,0007	0,001	0,0006	0,0007	0,0006	0,0009
Piso 4	0,0017	0,0017	0,0012	0,0013	0,0012	0,001	0,0011	0,0012
Piso 3	0,002	0,002	0,0016	0,0017	0,0016	0,0013	0,0014	0,0015
Piso 2	0,0021	0,002	0,0019	0,0019	0,0018	0,0015	0,0016	0,0016
Piso 1	0,0019	0,0018	0,0019	0,0015	0,0018	0,0016	0,0015	0,0004

*Nota.* En la tabla se observa el Resumen de Derivas de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Lima 1966, de donde los valores son menores a 0,0035.

## B. Desplazamientos

En la Tabla 58,59 y 60 se muestran el resumen de resultados de desplazamientos del Aislador de Caucho Natural frente al Aislador de Alto Amortiguamiento de los sismos Ica 2007, Moquegua 2001 y Lima 1966.

**Tabla 58**

*Resumen de Desplazamientos-Sismo Ica 2007, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

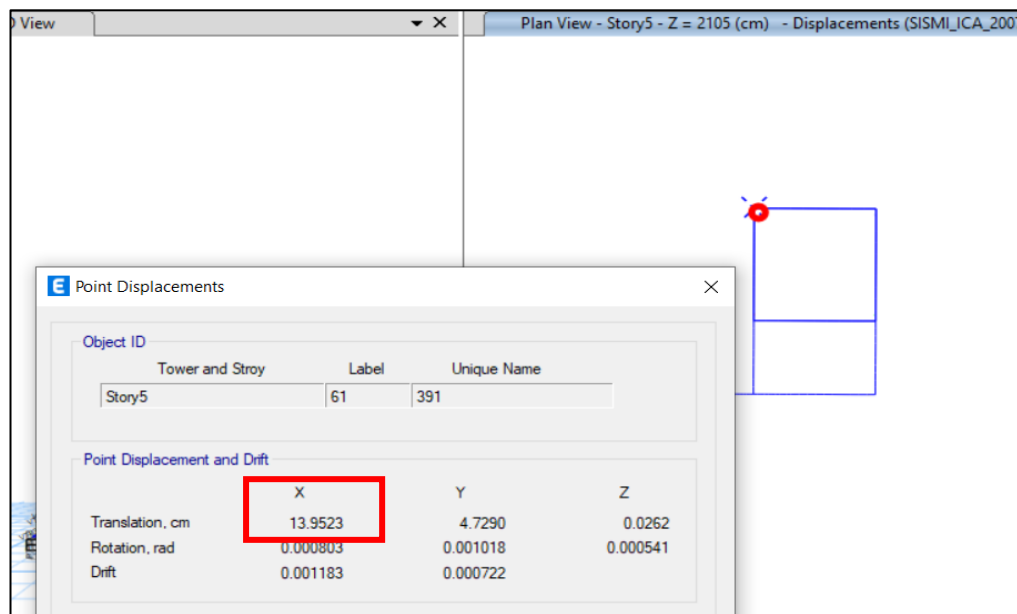
Desplazamientos (cm)- sismo Ica 2007								
piso	caucho natural				alto amortiguamiento			
	XX-Sismo NS	YY-Sismo NS	XX-Sismo WS	YY-Sismo WE	XX-Sismo NS	YY-Sismo NS	XX-Sismo WS	YY-Sismo WE
Piso 5	12,1818	3,4460	<b>13,9523</b>	13,7980	19,4916	<b>19,6466</b>	16,9121	16,7184
Piso 4	11,8956	3,3714	13,5666	13,2895	19,2694	19,2564	16,5648	16,2898
Piso 3	11,3337	3,2544	12,9443	12,6733	18,7529	18,7431	15,9448	15,6876
Piso 2	10,5830	10,2181	12,1391	11,9072	18,0474	18,0581	15,1736	14,9772
Piso 1	9,6711	9,4289	11,1844	11,0309	17,1711	17,2313	14,2417	14,1038

*Nota.* En la tabla se observa el Resumen de Desplazamientos de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Ica 2007, de donde los valores son menores al diseño del aislador. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

Asimismo, se muestra en la Figura 80 el Desplazamiento máximo Sismo Ica 2007 en el eje X y en la Figura 81 el Desplazamiento máximo Sismo Ica 2007 en el eje Y.

**Figura 80**

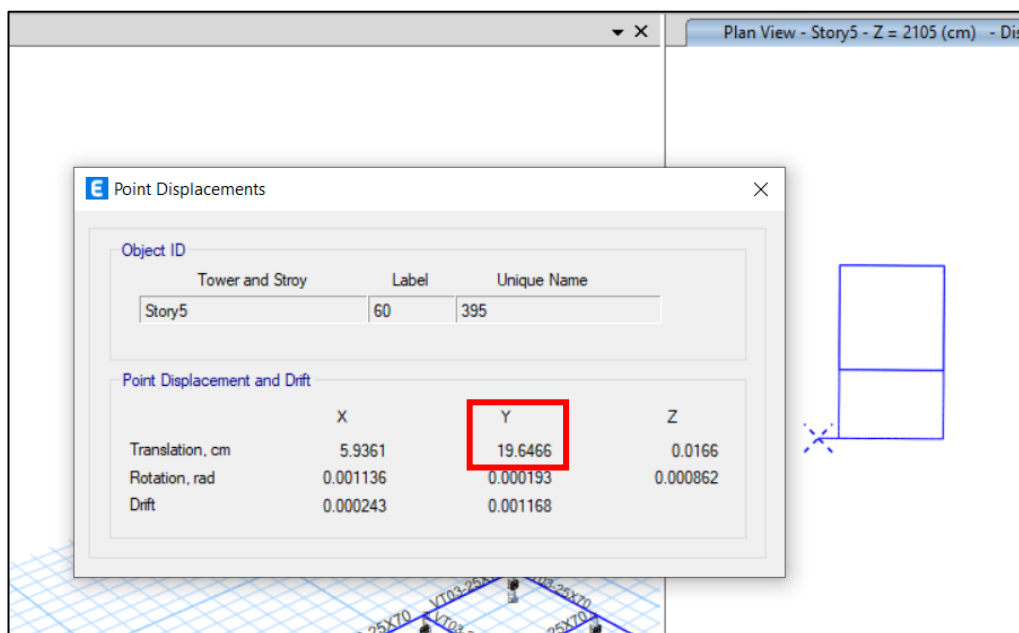
*Desplazamiento Máximo Sismo Ica-2007 Caucho Natural*



*Nota.* En la figura se observa el ultimo nivel-azotea con un desplazamiento máximo de 13,9523 cm para el Sismo Este-Oeste en la dirección X; usando el aislador de caucho natural para el Sismo Ica 2007.

**Figura 81**

*Desplazamiento Máximo Sismo Ica-2007 Alto Amortiguamiento*



*Nota.* En la figura se observa el ultimo nivel-azotea con un desplazamiento máximo de 19.6466 cm para el Sismo Norte-Sur en la dirección Y; usando el aislador de alto amortiguamiento para el Sismo Ica 2007.

**Tabla 59**

*Resumen de Desplazamientos-Sismo Moquegua 2001, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

Piso	Desplazamientos (cm)- sismo Moquegua 2001							
	caucho natural				alto amortiguamiento			
	XX- Sismo NS	YY- Sismo NS	XX- Sismo WS	YY- Sismo WE	XX- Sismo NS	YY- Sismo NS	XX- Sismo WS	YY- Sismo WE
Piso 5	9,60190	9,67520	7,63460	7,2869	12,6178	12,3522	8,7514	8,8069
Piso 4	9,17680	9,13950	7,38490	7,0224	12,3157	12,0090	8,6127	8,5736
Piso 3	8,65980	8,73920	6,90880	6,6729	11,8067	11,5338	8,3258	8,2627
Piso 2	8,31350	8,37340	6,41740	6,2209	11,1534	10,9630	7,9365	7,8577
Piso 1	7,75280	7,82990	5,78600	5,6561	10,3943.	10,3251	7,4435	7,3661

*Nota.* En la tabla se observa el Resumen de Desplazamientos de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Moquegua 2001, de donde los valores son menores al diseño del aislador. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

**Tabla 60**

*Resumen de Desplazamientos-Sismo Lima 1966, Caucho Natural frente Alto amortiguamiento*

Piso	Desplazamientos (cm) - sismo Lima 1966							
	caucho natural				alto amortiguamiento			
	XX- Sismo NS	YY- Sismo NS	XX- Sismo WS	YY- Sismo WE	XX- Sismo NS	YY- Sismo NS	XX- Sismo WS	YY- Sismo WE
Piso 5	9,8553	9,7501	8,2487	7,8258	12,2933	11,9576	8,3927	8,1159
Piso 4	9,4116	9,1639	7,9861	7,4484	12,0604	11,6785	8,1454	7,7560
Piso 3	8,7730	8,5021	7,5384	6,9600	11,5945	11,3092	7,7444	7,3024
Piso 2	8,0174	7,7374	6,9495	6,3332	11,0007	10,8298	7,2237	6,7428
Piso 1	7,2286	6,9719	6,2340	5,6049	10,3099	10,2498	6,6204	6,1254

*Nota.* En la tabla se observa el Resumen de Desplazamientos de la Estructura con Aislador de Caucho Natural frente al aislador de Alto Amortiguamiento, con respecto al sismo Lima 1966, de donde los valores son menores al diseño del aislador. Siendo el desplazamiento mínimo del aislador de 20,68 cm calculado en el ítem 4.2.2.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los indicadores que se tuvieron en cuenta durante el análisis de los aisladores son similares a los trabajos realizados por otros autores. La diferencia con los trabajos realizados por otros autores, varía en el uso y la importancia de la estructura. El trabajo realizado aplica en una estructura que contiene aisladores sísmicos siendo un edificio de estudios, la diferencia más resaltante fue al momento de modelar la configuración estructural, la cual de acuerdo a los tipos de aisladores con los que se modeló se mostraron notables diferencias.

El trabajo con el que mayor similitud hemos encontrado es de Lema(2013) en su trabajo “Análisis y Diseño de un Edificio con Aisladores Sísmicos Modelamiento en el Etabs”, él se enfoca en la aplicación de aisladores en un hospital, obteniendo resultados enormemente ventajosos en su estructura, a diferencia de nuestro trabajo que se realizamos comparando dos tipos de aisladores, Lema realizó una triple comparación de aisladores distintos, lo que se buscó en el modelamiento fue la aplicación de aisladores en estructuras que tiene como objetivo cuidar la integridad humana ante eventos sísmicos.

A diferencia de Pérez y Vásquez (2016) en su investigación titulada “Diseño de Aisladores Sísmicos de Base para Edificio de Oficinas de 10 niveles con Sistema Estructural de Pórticos Rígidos de Concreto Reforzado”, ellos se enfocan en un análisis estructural de dos sistemas de aisladores distintos a diferencia de nuestro trabajo realizado el se enfoca en un aislador elastómero y un aisladores deslizante o aislador de péndulo, al igual que el trabajo realizado al momento de modelar la estructura muestra un desempeño con respecto a la estructura obteniendo una óptima respuesta antisísmica y unos mejores parámetros de comparación entre los dos tipos de aisladores.

A diferencia de Chistian A. y Luis D. (2017) en su investigación titulada “Diseño de Aisladores Sísmicos LRB y análisis por Desempeño de Edificios”, ellos se enfocan en el diseño y modelación de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo para mitigar daño producido por movimientos sísmicos, a diferencia de ellos nosotros sometimos la estructura modelada a tres tipos de registros sísmicos los cuales se produjeron en el Perú, se muestra que los dos tipos de aisladores sísmicos que se usaron tuvieron un mejor comportamiento al disipar la energía que genera los registros sísmicos.

## CONCLUSIONES

Luego de obtener los resultados de las características sísmo resistente de los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento se obtienen las siguientes conclusiones:

Se analizó el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, se concluye que ambos tipos de aisladores sísmicos obtienen resultados favorables con respecto a la distorsión generada en los entrepisos, siendo estos resultados menores a lo especificado en la Norma Técnica Peruana E.031 máxima deriva de 0,0035. Con respecto a los Periodos de Vibración, se tiene de la estructura convencional un periodo de 0,605 seg, estructura con aisladores de caucho natural un periodo de 1,713 seg y estructura con aisladores sísmicos de alto amortiguamiento un periodo de 2,05 seg este último superando a los mencionados. Lo que indica que el aislador de alto amortiguamiento tiene un periodo más largo reduciendo notablemente la rigidez del sistema estructural.

Se realizó el análisis de la estructura con aisladores sísmicos de caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software Etabs V.20, de lo cual se concluye que el Aislador de Alto Amortiguamiento es un mejor dispositivo para reducir las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura. Lo cual se verifica en las Tablas N.º 52, 53, 54. Con un resultado máximo en Derivas en el eje X de 0.001096 para el aislador de Caucho Natural y de 0,000657 para el Aislador de Alto Amortiguamiento. Derivas en el eje Y de 0,001107 para el aislador de Caucho Natural y de 0,000673 para el Aislador de Alto Amortiguamiento. Lo que indica que el aislador de alto amortiguamiento es mejor puesto que evitara que se produzca severos daños estructurales.

Se determinaron las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento. Se realizó el Predimensionamiento del aislador, obteniendo un desplazamiento de diseño mínimo de 20,68 cm y un desplazamiento máximo total de 33,60 cm, diámetro del aislador de 800 mm, Rigidez elástica, Rigidez Post Fluencia, Fuerza de Fluencia, Amortiguamiento Efectivo Lineal las cuales se ubicaron en el Catálogo Tensa "Volumen 07 Aisladores sísmicos" para determinar propiedades que fueron de utilidad para su posterior modelamiento en el software Etabs V20.0.0.

Se conocieron los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú, se usó el software Seismo Signal y el software Seismo Match tomando como muestra el Sismo de Ica 2007, Sismo de Moquegua 2001 y Sismo de Lima 1966, cuyos acelerogramas fueron descargados de la base de datos del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). Se concluye que la edificación con ambos tipos de aisladores, hubiesen soportado dichos eventos sísmicos, sin daños severos estructurales, puesto que las derivas se encuentran muy por debajo del 0,0035 se tiene al Sismo de Ica 2007 como el más predominante puesto que su deriva mayor es de 0,0025(caucho natural y alto amortiguamiento) y su desplazamiento máximo es de 13,95230 cm(caucho natural) y de 19,6466 cm(alto amortiguamiento) ambos por debajo del desplazamiento mínimo del aislador 20,68 cm calculado en esta investigación.



## RECOMENDACIONES

Aunque ambos aisladores sísmicos obtuvieron resultados favorables con respecto a la distorsión generada en los entrepisos, se recomienda a futuros tesisistas investigar más a fondo los aisladores de alto amortiguamiento. Dado que estos aisladores tuvieron un periodo de vibración más largo y redujeron la rigidez del sistema estructural, podrían ser una opción interesante para estructuras con requerimientos específicos de amortiguamiento y respuesta sísmica.

Teniendo los resultados del análisis sísmico indican que los aisladores de alto amortiguamiento son más efectivos para reducir las fuerzas sísmicas y las derivas estructurales, se recomienda a las entidades públicas y/o privadas considerar su implementación en futuros proyectos de construcción. Estos aisladores pueden ayudar a minimizar los daños estructurales y mejorar la capacidad de la estructura para resistir eventos sísmicos.

Obtenida las características mecánicas y Predimensionamiento, se recomienda a futuros tesisistas continuar con la investigación en el campo de aisladores sísmicos, así como a la Universidad Privada de Tacna realizar estudios adicionales para mejorar y expandir el conocimiento sobre aisladores sísmicos, incluyendo pruebas de campo, análisis de desempeño en estructuras reales y exploración de nuevos materiales, diseños de aisladores y el uso de diferentes catálogos de aisladores.

Demostrando que tanto los aisladores de caucho natural como los de alto amortiguamiento podrían haber soportado sismos severos sin sufrir daños estructurales severos, se recomienda a la Universidad Privada de Tacna promover el uso de aisladores sísmicos en edificaciones en las zonas que tienen una alta actividad sísmica, así como el monitoreo y mantenimiento regular de los aisladores para garantizar su adecuado funcionamiento a lo largo del tiempo. Puesto que estos dispositivos pueden mejorar significativamente la capacidad de una estructura para resistir sismos y reducir los daños resultantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Christian N. Ruiz y Ángel I. Torres (2018) “Análisis Comparativo Del Comportamiento Sísmico Dinámico De Estructuras Esenciales Con Aisladores De Base Del Tipo Elastomérico Con Núcleo De Plomo Lrb Y Disipadores Tipo Contraventeos Restringidos Al Pandeo Brb, Y Su Incidencia En La Relación Costo/Beneficio Del Sistema Estructural”,(bachiller), Universidad Técnica De Ambato.
- Cristhian J. Nolasco (2016) “Comportamiento Sísmico En Edificaciones Con Aisladores En El Distrito De Concepción, 2016”,(bachiller),Universidad Peruana Los Andes.
- Dynamic Isolation System (2007). Catálogo aisladores sísmicos DIS para edificaciones y Puentes. USA.
- Elvis M. Machaca y Miguel Á. Gutiérrez (2019) “Diseño Y Proceso Constructivo De Instalación De Los Aisladores Sísmicos Elastoméricos En La Base, En Los Bloques A Y B Del Nuevo Hospital Hipólito Unanue De Tacna”,(bachiller),Universidad Privada de Tacna.
- Geniatos C. & Lafuente M, (2016), “Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras”, Banco de desarrollo de América Latina, Perú.
- Jhessenia E. Huanca y Marienela A. Meléndez (2016) “Análisis Dinámico Modal Espectral De Una Edificación Convencional Y Otra Con Aisladores Sísmicos A Nivel Intermedio De La Estructura En La Ciudad De Tacna”,(bachiller),Universidad Privada de Tacna.
- Jorge J. Atau y Kevinc Y. Valdivia (2018) “Análisis sísmico comparativo entre modelos tipo corte de marcos planos de varios grados de libertad en suelos S0, S1, S2 y S3 con y sin disipadores de energía visco-elásticos”,(bachiller),Universidad Privada de Tacna.
- Korswagen E., Paul, Arias R. Julio Y Huaranga H. Pamela (2012) “Análisis Y Diseño De Estructuras Con Aisladores Sísmicos En El Perú”,(bachiller).
- Marcelo A. Saavedra, (2005) “Análisis De Edificios Con Aisladores Sísmicos Mediante Procedimientos Simplificados”,(bachiller), Universidad Austral de Chile.
- Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente”. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica E.031 “Aislamiento Sísmico”. Reglamento Nacional de Edificaciones.

- Pastora,A y Rios, M. (2015). Análisis del efecto de aisladores sísmicos en la respuesta dinámica de un edificio aporticado de 4 niveles, según las condiciones de suelo en la zona noroeste de la ciudad de Managua, Nicaragua. (bachiller). Universidad Centroamericana.
- Tensa Gruppo de Eccher (2015). Catálogos aisladores sísmicos para edificaciones y Puentes. Italia.
- Yordan R. Flores (2021) "Diseño Estructural con Aislador Elastomérico, para adecuarlo a la NTP E 0.31 en el Hospital Regional Miguel A. Mariscal Llerena Sector "B"- Ayacucho",(bachiller),Universidad César Vallejo.

**ANEXOS**

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

Interrogante del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Métodos
¿Cómo se analiza el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, Tacna-2022?	Analizar el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural frente a un aislador de alto amortiguamiento, Tacna-2022	Se puede aportar con información al analizar el comportamiento sísmico de un aislador de caucho natural y un aislador de alto amortiguamiento realizando el análisis sísmico en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna.	Variable independiente: AISLADOR  Variable dependiente: COMPORTAMIENTO SÍSMICO	-Características del caucho natural -Características del caucho sintético -Dimensiones del aislador.  -Periodo fundamental de vibración -Modos de Vibración - Desplazamientos y Distorsiones	Nivel de Investigación: Descriptivo  Diseño de Investigación: Cuantitativa  Técnicas de recolección de datos:  Base de datos.

---

¿Cómo se analiza el modelamiento de la estructura con aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento (caucho sintético) haciendo uso del software ETABS V.20?	Realizar el análisis de la estructura con aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software ETABS V.20.	Se realizó el análisis del modelamiento de la estructura con aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento haciendo uso del software ETABS V.20.
--	---	--

¿Cuáles son las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento?	Determinar las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento.	Se conocen las características mecánicas de los aisladores sísmicos con caucho natural y aisladores de alto amortiguamiento.
---	--	--

---

---

¿Es posible conocer los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú?	Conocer los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú.	los	Se conocen los desplazamientos máximos en los aisladores sísmicos con caucho natural y de alto amortiguamiento para sismos severos ocurridos en el Perú (Ica 2007, Moquegua 2001 Y Lima 1966).	los
---	---	-----	--	-----

---

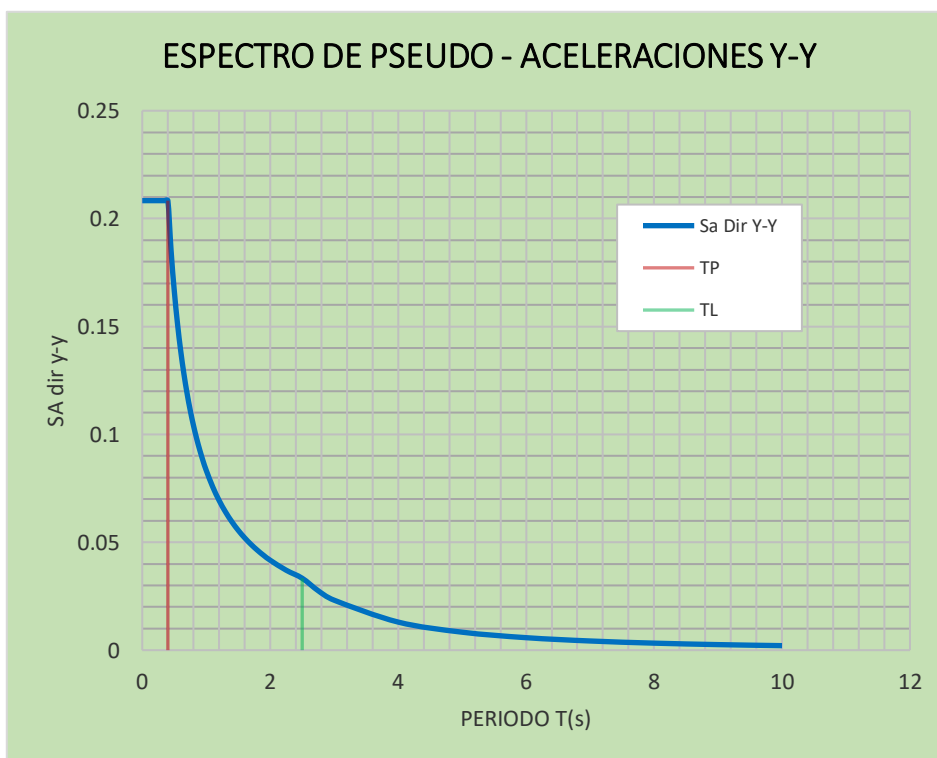
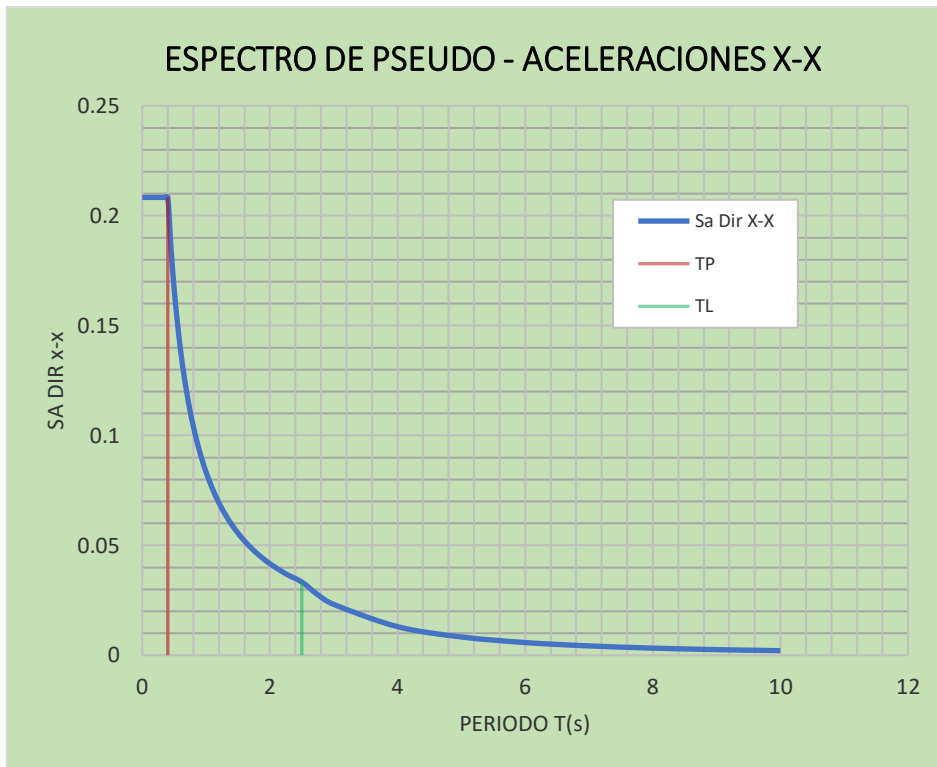
## Anexo 2. Resultados Estructura Convencional

### 1) Periodos y frecuencias

<b>TABLE: Modal Periods And Frequencies</b>					
<b>Case</b>	<b>Mode</b>	<b>Period</b>	<b>Frequency</b>	<b>CircFreq</b>	<b>Eigenvalue</b>
		<b>sec</b>	<b>cyc/sec</b>	<b>rad/sec</b>	<b>rad<sup>2</sup>/sec<sup>2</sup></b>
Modal	1	0,605	1,652	10,3782	107,7062
Modal	2	0,559	1,787	11,2311	126,1373
Modal	3	0,53	1,886	11,8477	140,3675
Modal	4	0,181	5,51	34,6234	1 198,7825
Modal	5	0,171	5,862	36,835	1 356,8175
Modal	6	0,158	6,32	39,7088	1 576,7894
Modal	7	0,101	9,858	61,9401	3 836,5725
Modal	8	0,097	10,358	65,08	4 235,4119
Modal	9	0,075	13,295	83,5326	6 977,688
Modal	10	0,071	14,047	88,2582	7 789,5162
Modal	11	0,066	15,147	95,1712	9 057,5611
Modal	12	0,055	18,196	114,3279	13 070,8596
Modal	13	0,048	20,839	130,9341	17 143,7437
Modal	14	0,048	20,999	131,9409	17 408,4038
Modal	15	0,046	21,688	136,2718	18 570,0099



## 2) Espectro de respuesta



## Anexo 3. Catálogo Tensa



VOLUME	PRODUCTS CATALOGUE
<b>07</b>	<b>AISLADORES SÍSMICOS</b>

YOUR CHALLENGES,  
OUR SOLUTIONS



**Tabla - Aislador de caucho natural**

# TLRI EDIFICACIÓN CON AISLADOR TLRI

## APOYO ELASTOMERICO CON NUCLEO DE PLOMO

EN 15129:2009 [E] - cap. 8.2

d <sub>Ed</sub> 250mm	AISLADOR	DIAMETRO DEL CAUCHO	ALTURA TOTAL (INCLUYENDO CHAPAS EXTERNAS)	TAMAÑO DE CHAPA GENERAL	ESPESOR TOTAL DEL CAUCHO	FACTOR DE FORMA	RIGIDEZ VERTICAL	RIGIDEZ HORIZONTAL EFECTIVA AL d <sub>Ed</sub>	AMORTIGUACIÓN EFECTIVA EN d <sub>Ed</sub>	DESPLAZAMIENTO DE DEFORMACIÓN	CARGA DE DEFORMACIÓN HORIZONTAL	DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO HORIZONTAL (EN 1998)	CARGA DE DISEÑO HORIZONTAL	CARGA ESTÁTICA VERTICAL MÁXIMA ELU	CARGA SÍSMICA VERTICAL MÁXIMA
		D	H <sub>tot</sub>	L x L	T <sub>c</sub>	S	K <sub>v</sub>	K <sub>h</sub>	X <sub>ed</sub>	d <sub>Ed</sub>	F <sub>v</sub>	d <sub>Ed</sub>	H <sub>Ed</sub>	N <sub>ELU</sub>	N <sub>SISM</sub>
		(mm)	(mm)	(mmxmm)	(mm)	(-)	(kN/mm)	(kN/mm)	(%)	(mm)	(kN)	(mm)	(mm)	(kN)	(kN)
<b>CAUCHO SOFT</b>  G <sub>des</sub> = 0.4 MPa* ε <sub>des</sub> = 10%-15%*	TLRI-400-SM-125/75	400	242	450X450	125	18.8	408	0.6	24	16	56	208	125	1700	600
	TLRI-450-SM-126/85	450	231	500X500	126	17.6	469	0.8	24	16	72	208	158	2150	900
	TLRI-500-SM-126/95	500	237	550X550	126	16.8	541	0.9	24	16	90	208	196	2700	1300
	TLRI-550-SM-125/105	550	257	600X600	125	26.0	1208	1.1	24	16	110	208	239	5500	2950
	TLRI-600-SM-125/115	600	257	650X650	125	28.4	1596	1.4	24	16	131	208	285	6550	3750
	TLRI-650-SM-126/125	650	246	700X700	126	25.6	1657	1.6	24	17	155	208	334	7700	4700
	TLRI-700-SM-126/135	700	261	750X750	126	27.6	2102	1.9	25	17	180	208	388	8950	5700
	TLRI-750-SM-126/145	750	252	800X800	126	25.4	2190	2.1	25	17	208	208	446	10300	6800
	TLRI-800-SM-126/155	800	252	850X850	126	27.1	2696	2.4	25	17	238	208	509	11750	8050
	TLRI-850-SM-128/165	850	248	900X900	128	25.2	2753	2.7	25	17	269	208	569	13300	9350
	TLRI-900-SM-128/175	900	263	950X950	128	26.7	3311	3.1	25	17	302	208	639	14950	10750
	TLRI-950-SM-128/185	950	263	1000X1000	128	28.2	3930	3.4	25	17	337	208	713	16650	12200
	TLRI-1000-SM-126/195	1000	255	1050X1050	126	26.4	4106	3.8	25	17	375	208	798	18450	13800
	TLRI-1100-SM-130/210	1100	271	1150X1150	130	26.2	4791	4.5	25	17	436	208	933	22450	17300
TLRI-1200-SM-130/230	1200	271	1250X1250	130	28.6	6309	5.3	25	17	523	208	1114	26750	21100	
<b>CAUCHO NORMAL</b>  G <sub>des</sub> = 0.9 MPa* ε <sub>des</sub> = 10%-15%*	TLRI-400-NM-125/85	400	242	450X450	125	18.6	676	1.1	25	17	110	208	237	2800	1000
	TLRI-450-NM-126/95	450	231	500X500	126	17.5	797	1.4	24	17	138	208	297	3600	1550
	TLRI-500-NM-126/105	500	237	550X550	126	16.7	936	1.8	24	17	169	208	366	4450	2200
	TLRI-550-NM-125/120	550	257	600X600	125	25.7	1768	2.2	25	17	215	208	453	5400	2900
	TLRI-600-NM-125/130	600	257	650X650	125	28.1	2262	2.6	25	17	253	208	537	6500	3700
	TLRI-650-NM-126/140	650	246	700X700	126	25.4	2446	3.0	25	17	294	208	625	7650	4650
	TLRI-700-NM-126/150	700	261	750X750	126	27.4	3019	3.5	25	17	339	208	723	8900	5650
	TLRI-750-NM-126/160	750	252	800X800	126	25.2	3253	4.0	25	17	388	208	829	10200	6750
	TLRI-800-NM-126/170	800	252	850X850	126	26.9	3908	4.5	25	17	439	208	941	11650	7950
	TLRI-850-NM-128/180	850	248	900X900	128	25.0	4110	5.0	25	17	491	208	1048	13200	9250
	TLRI-900-NM-128/195	900	263	950X950	128	26.5	4814	5.7	25	17	564	208	1187	14800	10600
	TLRI-950-NM-128/205	950	263	1000X1000	128	28.0	5599	6.3	25	17	626	208	1320	16500	12100
	TLRI-1000-NM-126/215	1000	255	1050X1050	126	26.2	6007	7.1	25	17	695	208	1478	18300	13700
	TLRI-1100-NM-130/235	1100	271	1150X1150	130	26.0	7016	8.4	25	17	824	208	1742	22200	17100
TLRI-1200-NM-130/255	1200	271	1250X1250	130	28.4	8943	9.9	25	17	975	208	2068	26500	20950	
<b>CAUCHO DURO</b>  G <sub>des</sub> = 1.4 MPa* ε <sub>des</sub> = 15%*	TLRI-400-HM-125/105	400	242	450X450	125	18.1	804	1.7	25	17	168	208	360	2750	950
	TLRI-450-HM-126/120	450	231	500X500	126	17.0	953	2.2	25	17	215	208	455	3500	1500
	TLRI-500-HM-126/130	500	237	550X550	126	16.3	1137	2.7	24	17	258	208	557	4350	2100
	TLRI-550-HM-125/145	550	257	600X600	125	25.1	1986	3.3	25	17	319	208	681	5300	2850
	TLRI-600-HM-125/160	600	257	650X650	125	27.3	2492	3.9	25	17	384	208	814	6300	3600
	TLRI-650-HM-126/170	650	246	700X700	126	24.8	2753	4.5	25	17	440	208	943	7450	4550
	TLRI-700-HM-126/185	700	261	750X750	126	26.7	3341	5.3	25	17	516	208	1097	8650	5500
	TLRI-750-HM-126/200	750	252	800X800	126	24.5	3644	6.1	25	17	598	208	1264	9950	6550
	TLRI-800-HM-126/215	800	252	850X850	126	26.1	4317	6.9	25	17	686	208	1443	11300	7750
	TLRI-850-HM-128/225	850	248	900X900	128	24.4	4612	7.7	25	17	757	208	1600	12850	9000
	TLRI-900-HM-128/240	900	263	950X950	128	25.8	5359	8.6	25	17	855	208	1799	14400	10350
	TLRI-950-HM-128/250	950	263	1000X1000	128	27.3	6191	9.6	25	17	939	208	1994	16100	11800
	TLRI-1000-HM-126/265	1000	255	1050X1050	126	25.5	6703	10.8	25	17	1055	208	2242	17850	13350
	TLRI-1100-HM-130/290	1100	271	1150X1150	130	25.3	7843	12.7	25	17	1253	208	2644	21650	16700
TLRI-1200-HM-130/315	1200	271	1250X1250	130	27.7	9849	15.1	25	17	1484	208	3142	25850	20400	

Catálogo TENSA

# TDRI EDIFICACIÓN CON AISLADOR TDRI

## APOYO ELASTOMERICO DE ALTO AMORTIGUAMIENTO

EN 15129:2009 (E) - cap. 8.2

d <sub>ed</sub> 250mm	AISLADOR	DIÁMETRO DEL CAUCHO	ALTURA TOTAL (INCLUYENDO CHAPAS EXTERNAS)	TAMAÑO DE CHAPA GENERAL	ESPESOR TOTAL DEL CAUCHO	FACTOR DE FORMA	RIGIDEZ VERTICAL	RIGIDEZ HORIZONTAL EFECTIVA AL d <sub>ed</sub>	DESPLAZAMIENTO DE DISEÑO HORIZONTAL (EN 1998)	CARGA DE DISEÑO HORIZONTAL	CARGA ESTÁTICA VERTICAL MÁXIMA ELU	CARGA SÍSMICA VERTICAL MÁXIMA
		D (mm)	H <sub>tot</sub> (mm)	L x L (mmxmm)	T <sub>a</sub> (mm)	S (-)	K <sub>v</sub> (kN/mm)	K <sub>eff</sub> (kN/mm)	d <sub>ed</sub> (mm)	H <sub>des</sub> (mm)	N <sub>ELU</sub> (kN)	N <sub>SEISM</sub> (kN)
CAUCHO SUAVE G <sub>des</sub> = 0.4 MPa* ε <sub>ult</sub> = 10%-15%*	TDRI-400-SM-125	400	242	450X450	125	19.5	448	0.40	208	84	1750	600
	TDRI-450-SM-126	450	231	500X500	126	18.3	516	0.50	208	105	2250	950
	TDRI-500-SM-126	500	237	550X550	126	17.5	596	0.62	208	130	2800	1350
	TDRI-550-SM-125	550	257	600X600	125	27.0	1313	0.76	208	158	5700	3050
	TDRI-600-SM-125	600	257	650X650	125	29.5	1730	0.90	208	188	6800	3900
	TDRI-650-SM-126	650	246	700X700	126	26.7	1804	1.05	208	219	8000	4900
	TDRI-700-SM-126	700	261	750X750	126	28.8	2283	1.22	208	255	9300	5950
	TDRI-750-SM-126	750	252	800X800	126	26.4	2386	1.40	208	292	10750	7100
	TDRI-800-SM-126	800	252	850X850	126	28.2	2931	1.60	208	332	12250	8350
	TDRI-850-SM-128	850	248	900X900	128	26.3	3003	1.77	208	369	13850	9700
	TDRI-900-SM-128	900	263	950X950	128	27.8	3604	1.99	208	414	15550	11150
	TDRI-950-SM-128	950	263	1000X1000	128	29.4	4269	2.22	208	461	17300	12700
	TDRI-1000-SM-126	1000	255	1050X1050	126	27.5	4472	2.49	208	519	19200	14350
	TDRI-1100-SM-130	1100	271	1150X1150	130	27.3	5200	2.92	208	609	23300	17950
	TDRI-1200-SM-130	1200	271	1250X1250	130	29.8	6829	3.48	208	725	27800	21950
CAUCHO NORMAL G <sub>des</sub> = 0.8 MPa* ε <sub>ult</sub> = 10%-15%*	TDRI-400-NM-125	400	242	450X450	125	19.5	702	0.80	208	168	2950	1050
	TDRI-450-NM-126	450	231	500X500	126	18.3	825	1.01	208	200	3800	1600
	TDRI-500-NM-126	500	237	550X550	126	17.5	966	1.25	208	250	4700	2300
	TDRI-550-NM-125	550	257	600X600	125	27.0	1848	1.52	208	300	5700	3050
	TDRI-600-NM-125	600	257	650X650	125	29.5	2361	1.81	208	350	6800	3900
	TDRI-650-NM-126	650	246	700X700	126	26.7	2548	2.11	208	400	8000	4900
	TDRI-700-NM-126	700	261	750X750	126	28.8	3144	2.44	208	500	9300	5950
	TDRI-750-NM-126	750	252	800X800	126	26.4	3382	2.80	208	550	10750	7100
	TDRI-800-NM-126	800	252	850X850	126	28.2	4062	3.19	208	650	12250	8350
	TDRI-850-NM-128	850	248	900X900	128	26.3	4265	3.55	208	700	13850	9700
	TDRI-900-NM-128	900	263	950X950	128	27.8	5019	3.98	208	800	15550	11150
	TDRI-950-NM-128	950	263	1000X1000	128	29.4	5836	4.43	208	900	17300	12700
	TDRI-1000-NM-126	1000	255	1050X1050	126	27.5	6252	4.99	208	1000	19200	14350
	TDRI-1100-NM-130	1100	271	1150X1150	130	27.3	7292	5.85	208	1200	23300	17950
	TDRI-1200-NM-130	1200	271	1250X1250	130	29.8	9294	6.96	208	1400	27800	21950
CAUCHO DURO G <sub>des</sub> = 1.4 MPa* ε <sub>ult</sub> = 15%*	TDRI-400-HM-125	400	242	450X450	125	19.5	928	1.41	208	250	2950	1050
	TDRI-450-HM-126	450	231	500X500	126	18.3	1109	1.77	208	350	3800	1600
	TDRI-500-HM-126	500	237	550X550	126	17.5	1316	2.18	208	450	4700	2300
	TDRI-550-HM-125	550	257	600X600	125	27.0	2238	2.66	208	550	5700	3050
	TDRI-600-HM-125	600	257	650X650	125	29.5	2799	3.17	208	650	6800	3900
	TDRI-650-HM-126	650	246	700X700	126	26.7	3096	3.69	208	750	8000	4900
	TDRI-700-HM-126	700	261	750X750	126	28.8	3749	4.28	208	850	9300	5950
	TDRI-750-HM-126	750	252	800X800	126	26.4	4118	4.91	208	1000	10750	7100
	TDRI-800-HM-126	800	252	850X850	126	28.2	4867	5.59	208	1150	12250	8350
	TDRI-850-HM-128	850	248	900X900	128	26.3	5203	6.21	208	1250	13850	9700
	TDRI-900-HM-128	900	263	950X950	128	27.8	6034	6.96	208	1400	15550	11150
	TDRI-950-HM-128	950	263	1000X1000	128	29.4	6924	7.75	208	1600	17300	12700
	TDRI-1000-HM-126	1000	255	1050X1050	126	27.5	7538	8.73	208	1800	19200	14350
	TDRI-1100-HM-130	1100	271	1150X1150	130	27.3	8812	10.23	208	2100	23300	17950
	TDRI-1200-HM-130	1200	271	1250X1250	130	29.8	10995	12.18	208	2500	27800	21950

#### Anexo 4. Espectro de Escalamiento

<b>R=1</b>	
<b>ESCALAMIENTO SISMICO g = 9,8 m/s<sup>2</sup></b>	
0,00	11,0250
0,02	11,0250
0,04	11,0250
0,06	11,0250
0,08	11,0250
0,10	11,0250
0,12	11,0250
0,14	11,0250
0,16	11,0250
0,18	11,0250
0,20	11,0250
0,25	11,0250
0,30	11,0250
0,35	11,0250
0,40	11,0250
0,45	9,8000
0,50	8,8200
0,55	8,0182
0,60	7,3500
0,65	6,7846
0,70	6,3000
0,75	5,8800
0,80	5,5125
0,85	5,1882
0,90	4,9000
0,95	4,6421
1,00	4,4100
1,10	4,0091
1,20	3,6750
1,30	3,3923
1,40	3,1500

1,50	2,9400
1,60	2,7563
1,70	2,5941
1,80	2,4500
1,90	2,3211
2,00	2,2050
2,25	1,9600
2,50	1,7640
2,75	1,4579
3,00	1,2250
4,00	0,6891
5,00	0,4410
6,00	0,3063
7,00	0,2250
8,00	0,1723
9,00	0,1361
10,00	0,1103

## Anexo 5. Registro sísmico (Cismid)

### SISMO - ICA 2007

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING  
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
 JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)  
 TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31  
 Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170  
 e-mail: f\_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

#### 1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION

STATION NAME : UNICA  
 STATION CODE : ICA002  
 STATION LOCATION : San Luis Gonzaga National University, Ica, Ica  
 LATITUDE : -14.088  
 LONGITUDE : -75.732  
 ALTITUDE (m) : 409  
 ACCELEROMETER MODEL : RION SM-10B  
 SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 100

#### 2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE

DATE : August 15, 2007  
 ORIGIN TIME (Local) : 18:40:58  
 LATITUDE : -13.67  
 LONGITUDE : -76.76  
 DEPTH (km) : 40.00  
 MAGNITUDE : 7.0 ML  
 INFORMATION SOURCE : IGP

#### 3. INFORMATION ABOUT THE RECORD

RECORD TIME (Local) : 18:40:58  
 NUMBER OF SAMPLES : 21807  
 MAXIMUM ACCELERATION : -272.82 333.66 192.04  
 DATA UNITS : cm/s<sup>2</sup>

#### 4. COMMENTS

BASELINE CORRECTED. BANDPASS (0.01-25) FILTERED. PROCESSED THANKS TO DR. AKIO ABE AND TOKYO SOIL RESEARCH CO., LTD.

#### 5. ACCELERATION DATA

T	EW	NS	UD
0.0000	-0.2015	-0.7075	1.3257
0.0100	0.1538	0.3101	-0.6201
0.0200	-0.4800	0.6862	-2.0637
0.0300	-0.6667	0.2348	0.2742
0.0400	0.3037	-0.1436	3.5169
0.0500	1.5446	0.1427	2.1567
0.0600	2.2671	0.7676	-3.3594
0.0700	2.7514	1.3004	-6.9012
0.0800	3.1238	1.5955	-5.6158
0.0900	2.7267	1.3151	-3.0725
0.1000	1.5247	0.1700	-2.1254
0.1100	0.8009	-1.1858	-0.3058
0.1200	1.4250	-1.5854	4.6114
0.1300	2.4376	-0.9655	9.3110
0.1400	2.3842	-0.5428	9.5627
0.1500	1.2849	-1.0489	6.6957
0.1600	0.3216	-1.7600	4.7735
0.1700	0.2111	-1.6748	3.8459
0.1800	0.7985	-0.7457	1.0965
0.1900	1.7166	0.5075	-2.8587
0.2000	2.5313	1.7574	-4.2476

...

**Registro sísmico (CISMID)****SISMO – MOQUEGUA 2001**

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING  
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
 JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)  
 TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31  
 Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170  
 e-mail: f\_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

**1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION**

STATION NAME : César Vizcarra Vargas  
 STATION CODE : MOQ001  
 STATION LOCATION : Rolando Catacora Sports Complex - Regional Government of Moquegua, Moquegua, Mariscal Nieto  
 LATITUDE : -17.186  
 LONGITUDE : -70.928  
 ALTITUDE (m) : 1461  
 ACCELEROMETER MODEL : RION SM-10B  
 SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 100

**2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE**

DATE : June 23, 2001  
 ORIGIN TIME (Local) : 15:33:00  
 LATITUDE : -16.08  
 LONGITUDE : -73.77  
 DEPTH (km) : 33.00  
 MAGNITUDE : 6.9 mb  
 INFORMATION SOURCE : IGP

**3. INFORMATION ABOUT THE RECORD**

RECORD TIME (Local) : 15:33:00  
 NUMBER OF SAMPLES : 19892  
 MAXIMUM ACCELERATION : -295.15 219.99 160.74  
 DATA UNITS : cm/s<sup>2</sup>

**4. COMMENTS**

BASELINE CORRECTED. TRAPEZOIDAL BANDPASS (0.05/0.10-20/50) FILTERED.

**5. ACCELERATION DATA**

T	EW	NS	UD
0.0000	0.0687	-0.0497	0.1551
0.0100	0.0691	-0.0498	0.1551
0.0200	0.0712	-0.0495	0.1540
0.0300	0.0746	-0.0519	0.1570
0.0400	0.0876	-0.0658	0.1748
0.0500	0.1354	-0.1075	0.2232
0.0600	0.2670	-0.2034	0.3236
0.0700	0.5474	-0.3807	0.4858
0.0800	1.0179	-0.6365	0.6688
0.0900	1.6182	-0.8958	0.7524
0.1000	2.1233	-1.0095	0.5882
0.1100	2.1979	-0.8386	0.1449
0.1200	1.6176	-0.3907	-0.3787
0.1300	0.5259	0.1183	-0.6527
0.1400	-0.5445	0.3915	-0.5333
0.1500	-1.0195	0.3023	-0.2910
0.1600	-0.7577	0.0239	-0.4167
0.1700	-0.1740	-0.1371	-1.0807
0.1800	0.1844	-0.0701	-1.8007
0.1900	0.2064	0.0046	-1.7652
0.2000	0.2924	-0.2261	-0.5705
0.2100	0.7936	-0.8082	1.3660
0.2200	1.4326	-1.4399	3.1259
0.2300	1.4345	-1.7427	3.9630
0.2400	0.3356	-1.5508	3.6804
0.2500	-1.3749	-0.9276	2.5388
0.2600	-2.5287	-0.0074	1.0292
0.2700	-2.2586	1.0680	-0.2846
0.2800	-0.7349	2.1038	-0.9999
0.2900	1.0045	2.8956	-1.1999
0.3000	1.8575	3.3669	-1.4371
0.3100	1.3259	3.5634	-2.1029
0.3200	-0.3369	3.4674	-2.7794
0.3300	-2.3136	2.9723	-2.5384
0.3400	-3.5605	2.1781	-1.1373
0.3500	-3.3860	1.5605	0.2841
0.3600	-2.1169	1.5397	0.1272
0.3700	-1.1102	1.8515	-1.9468
0.3800	-1.6237	1.6789	-4.5406
0.3900	-3.4241	0.6332	-5.9821
0.4000	-4.7945	-0.6347	-6.0053
0.4100	-4.2762	-1.1698	-5.5974
0.4200	-2.2737	-0.9736	-5.3075
0.4300	-0.5383	-1.0571	-4.3225
0.4400	-0.0738	-2.0368	-1.6034



**Registro sísmico (CISMID)****SISMO – LIMA 1966**

NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING  
 FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
 JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)  
 TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31  
 Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170  
 e-mail: f\_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

**1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION**

STATION NAME : Parque de la Reserva  
 STATION CODE : PRQ  
 STATION LOCATION : Parque de la Reserva, Cercado de Lima, Lima  
 LATITUDE : -12.07  
 LONGITUDE : -77.04  
 ALTITUDE (m) : 130  
 ACCELEROMETER MODEL : Acelerógrafo Analógico  
 SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 50

**2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE**

DATE : October 17, 1966  
 ORIGIN TIME (Local) : 16:41:00  
 LATITUDE : -10.70  
 LONGITUDE : -78.70  
 DEPTH (km) : 24.00  
 MAGNITUDE : 8.1 Mw  
 INFORMATION SOURCE : IGP

**3. INFORMATION ABOUT THE RECORD**

RECORD TIME (Local) : 16:41:00  
 NUMBER OF SAMPLES : 3283  
 MAXIMUM ACCELERATION : -180.56 -268.24 94.29  
 DATA UNITS : cm/s<sup>2</sup>

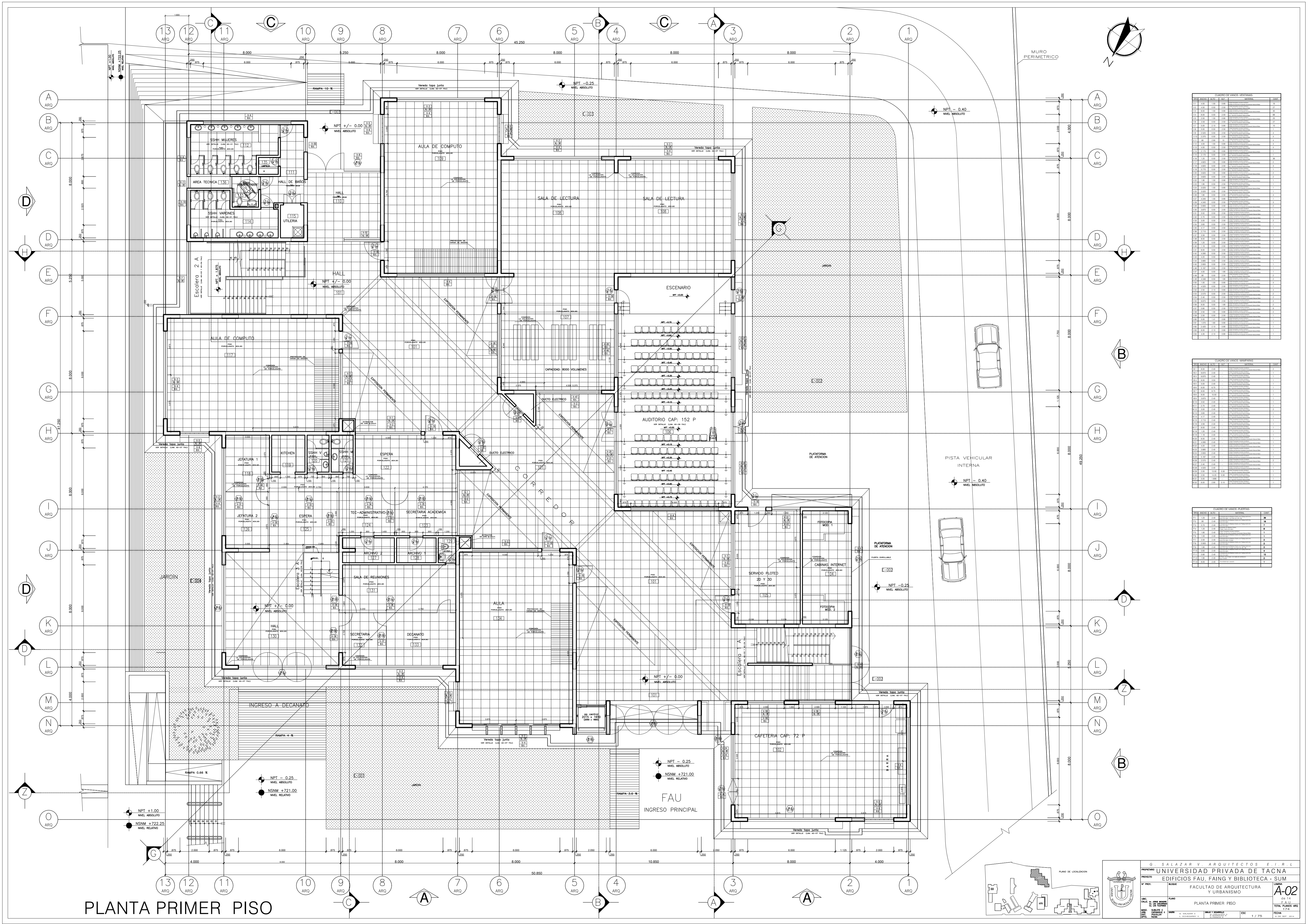
**4. COMMENTS**

BASELINE CORRECTED

**5. ACCELERATION DATA**

T	EW	NS	UD
0.0000	-11.3771	-13.1543	4.1991
0.0200	-2.6551	-6.6753	-4.9569
0.0400	-3.0481	-5.1973	-4.5209
0.0600	-4.9621	2.5887	0.9491
0.0800	0.2979	4.0947	9.0771
0.1000	3.6239	-0.6473	6.9631
0.1200	-10.0711	2.8327	-3.0019
0.1400	-18.2221	6.1607	-9.2369
0.1600	0.3719	1.2377	-10.0449
0.1800	8.5069	-3.4773	-0.9529
0.2000	-2.2541	1.3667	5.9311
0.2200	-0.7521	7.4387	2.8821
0.2400	4.3129	4.5367	-2.9659
0.2600	-0.8331	2.8127	-8.7999
0.2800	-1.6581	-1.2503	-9.3879
0.3000	8.1169	-3.0623	-0.0839
0.3200	11.2519	0.9987	6.8011
0.3400	3.2079	-3.2563	4.6901
0.3600	-1.4361	-2.6703	6.3781
0.3800	0.2559	4.2197	7.2261
0.4000	3.2759	1.4577	3.9761

## **Anexo 6. Planos**



CONDICION DE VENTOS ANULOS

ARQ	CONDICION DE VENTOS ANULOS	CONDICION DE VENTOS ANULOS
A	1.00	1.00
B	1.00	1.00
C	1.00	1.00
D	1.00	1.00
E	1.00	1.00
F	1.00	1.00
G	1.00	1.00
H	1.00	1.00
I	1.00	1.00
J	1.00	1.00
K	1.00	1.00
L	1.00	1.00
M	1.00	1.00
N	1.00	1.00
O	1.00	1.00

CONDICION DE VENTOS PERMANENTES

ARQ	CONDICION DE VENTOS PERMANENTES	CONDICION DE VENTOS PERMANENTES
A	1.00	1.00
B	1.00	1.00
C	1.00	1.00
D	1.00	1.00
E	1.00	1.00
F	1.00	1.00
G	1.00	1.00
H	1.00	1.00
I	1.00	1.00
J	1.00	1.00
K	1.00	1.00
L	1.00	1.00
M	1.00	1.00
N	1.00	1.00
O	1.00	1.00

CONDICION DE VENTOS PERMANENTES

ARQ	CONDICION DE VENTOS PERMANENTES	CONDICION DE VENTOS PERMANENTES
A	1.00	1.00
B	1.00	1.00
C	1.00	1.00
D	1.00	1.00
E	1.00	1.00
F	1.00	1.00
G	1.00	1.00
H	1.00	1.00
I	1.00	1.00
J	1.00	1.00
K	1.00	1.00
L	1.00	1.00
M	1.00	1.00
N	1.00	1.00
O	1.00	1.00

PLANTA PRIMER PISO

G SALAZAR Y ARQUITECTOS E.I.R.L.  
 PROYECTO: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
 EDIFICIOS FAU, FAING Y BIBLIOTECA - SUM  
 BOQUE: FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
 PLANTA PRIMER PISO  
 LAMINA: A-02  
 ESCALA: 1/75  
 FECHA: 17/07/2011







