

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**Revisión de los Espectros de Desplazamientos de la Norma
Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en Base a los Registros
Sísmicos de los Terremotos más Severos Capturados**

AUTOR:

Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

INGENIERA CIVIL

TUTOR:

Hernández Barredo, Jaime Francisco

Guayaquil, Ecuador

14 de septiembre del 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR:

f. _____

Hernández Barredo, Jaime Francisco

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Revisión de los Espectros de Desplazamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en Base a los Registros Sísmicos de los Terremotos más Severos Capturados**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR:

f. _____

Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Revisión de los Espectros de Desplazamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en Base a los Registros Sísmicos de los Terremotos más Severos Capturados**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2021

EL AUTOR:

f. _____

Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro



Urkund Analysis Result

Analysed Document: SAMANIEGO_BRYAN_FINAL.docx (D112905247)
Submitted: 9/19/2021 2:20:00 PM
Submitted By: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

TESINA FINALIZADA - UNIDAD I, II, III y IV.pdf (D111776823)
 Proyecto de investigación para enviar - 27-06-2021.docx (D109845171)
 PI-GIANELLA DELGADO.pdf (D40882887)
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>
<http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n94/0185-092X-94-00001.pdf>
https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4846/Sismo_Lagunas_26_Mayo_2019_Region_Loreto.pdf?sequence=1&isAllowed=yIba
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12493/TRABAJO%20PREVIO%20A%20LA%20DISERTACI%C3%93N%20DE%20GRADO%20MAR%C3%8DA%20CRISTINA%20NORIEGA%20VEGA.pdf?sequence=1>
http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/32247/1/ilovepdf_merged.pdf
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28296/1/Tesis%20Real%20Ronquillo%20Edison%20Gabriel%20final.pdf>
<https://www.doccity.com/es/desempeno-sismico-en-edificaciones/4420374/>

Instances where selected sources appear:

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres que me dieron la oportunidad de poder estudiar y forjarme como Ingeniero Civil, a todas las personas con las que tuve oportunidad de compartir en la Universidad y en los diferentes eventos que se dieron a cabo. Agradezco los consejos brindados por los docentes y profesionales que me ayudaron a ser mejor persona y profesional.

Por último, agradecer a Dios por guiarme en todas las decisiones y siempre cuidar de mi familia y de mí.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia, amigos y conocidos que siempre estuvieron apoyándome para que me esfuerce más y siga adelante.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. CARLOS CHONG DÍAZ, M.Sc

DECANO

f. _____

ING. JOSÉ BARROS CABEZAS, M.Sc

COORDINADOR DEL ÁREA

f. _____

ING. XAVIER CASAL RODRÍGUEZ, M.Sc

OPONENTE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
Antecedentes	2
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Alcance	3
Metodología.....	3
1. CAPÍTULO I: MARCO TEORICO	4
1.1. Sismicidad del Ecuador.	4
1.2. Acelerograma Sísmico.	4
1.3. Peligro Sísmico.....	5
1.4. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015	5
1.5. Zonificación Sísmica.	6
1.6. Criterios de Diseño Sísmico según NEC-2015.	6
1.7. Espectro de Respuesta.	7
1.8. Espectro de Diseño.	7
1.9. Efectos en el espectro de respuesta dependiendo del tipo de suelo.....	8
1.10. Terremotos con Periodo de Retorno 475, 975 y 2500 años.....	8
1.11. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño	8
1.12. Espectro Elástico de Desplazamiento de Diseño.....	11
2. CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	13
2.1. Terremoto en el Mar de Chile (Chile).....	13
2.2. Terremoto de Tocopilla (Chile).....	14
2.3. Terremoto de Tarapacá (Chile)	15
2.4. Terremoto en Pedernales, Manabí (Ecuador).....	16
2.5. Terremoto de Pijijiapan, Chiapas (México)	17
2.6. Terremoto en San Felipe Ayutla, Puebla (México).....	18

2.7.	Terremoto de Loreto (Perú).....	19
2.8.	Terremoto de Arequipa (Perú)	20
2.9.	Terremoto de Hector Mine (EE. UU.).....	21
2.10.	Terremoto de Landers Sur de California (EE. UU.).....	21
2.11.	Terremoto de Tohoku (Japón)	22
2.12.	Terremoto de Kobe (Japón).....	23
2.13.	Terremoto de Darfield (Nueva Zelanda)	24
2.14.	Terremoto de Denali (Alaska)	25
2.15.	Terremoto de Chichi (Taiwan)	25
2.16.	Terremoto de Kocaeli (Turquía).....	26
3.	CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	29
3.1.	Desarrollo de los espectros de desplazamiento de respuesta para todos los eventos sísmicos.....	29
3.2.	Pasos para obtener los Espectros de Respuesta en base a los registros sísmicos obtenidos de las estaciones aceleró-gráficas.....	29
3.3.	Obtención de los diferentes espectros de respuesta con los datos proporcionados del software.	30
3.4.	Clasificación y eliminación de registros por medio de un filtro del 2% del PGA. 33	
3.5.	Cálculo de espectros de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica y diferentes provincias del Ecuador.	33
3.5.1.	<i>Provincias de la Costa con un Terremoto de 475 años</i>	34
3.5.2.	<i>Provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas con un Terremoto de 475 años</i>	35
3.5.3.	<i>Provincias de la Costa con un Terremoto de 2500 años</i>	37
3.5.1.	<i>Provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas con un Terremoto de 2500 años</i>	38
4.	CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
4.1.	TERREMOTO DE MAULE, CHILE	40

4.1.1.	<i>Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Maule, Chile.</i>	42
4.1.2.	<i>Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Maule, Chile.....</i>	45
4.2.	TERREMOTO DE PEDERNALES, ECUADOR	48
4.2.1.	Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Pedernales, Ecuador.	48
4.3.	TERREMOTO EN LANDERS, SUR DE CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS.....	54
4.3.1.	Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Landers, Estados Unidos.	54
4.3.2.	Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Landers, Estados Unidos.	56
4.4.	TERREMOTO EN TOHOKU, JAPÓN.....	58
4.4.1.	Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Tohoku, Japón. ..	58
4.4.2.	Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Tohoku, Japón.	61
5.	CONCLUSIONES	63
6.	RECOMENDACIONES.....	65
7.	BIBLIOGRAFÍA	66
8.	ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Mapa de zonas sísmicas de diseño del Ecuador y el valor del factor z correspondiente para cada zona.</i>	6
<i>Figura 2 Significado de cada una de las abreviaciones para el espectro de aceleraciones de diseño.</i>	9
<i>Figura 3 Valor de η (Razón entre la aceleración espectral y el PGA) para cada una de las provincias de Ecuador.</i>	9
<i>Figura 4 Espectro sísmico elástico de aceleraciones de diseño.</i>	11
<i>Figura 5 Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño.</i>	12
<i>Figura 6 Historia Tiempo de Desplazamientos para el sismo de Pedernales, Ecuador; Estación APED (Pedernales N-S) en el programa PRISM.</i>	30
<i>Figura 7 Espectro de Respuesta de Desplazamiento, sismo de Pedernales, Ecuador; Estación APED.</i>	31
<i>Figura 8 Espectro de respuesta de desplazamiento para terremoto de Pedernales, Ecuador componente Norte-Sur $\zeta=5\%$.</i>	32
<i>Figura 9 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 475 años. (costa)</i>	34
<i>Figura 10 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 475 años. (costa)</i>	34
<i>Figura 11 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 475 años.(costa)</i>	35
<i>Figura 12 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 475 años.(sierra)</i>	35
<i>Figura 13 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 475 años. (sierra)</i>	36
<i>Figura 14 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 475 años (sierra)</i>	36
<i>Figura 15 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 2500 años (costa)</i>	37
<i>Figura 16 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 2500 años (costa)</i>	37
<i>Figura 17 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 2500 años (costa)</i>	38

<i>Figura 18 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 2500 años (sierra)</i>	38
<i>Figura 19 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 2500 años (sierra)</i>	39
<i>Figura 20 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 2500 años (sierra)</i>	39
<i>Figura 21 Espectros de respuesta de desplazamiento para la componente Este-Oeste perteneciente al Terremoto de Maule, Chile</i>	40
<i>Figura 22 Espectros de respuesta de desplazamiento para la componente Norte-Sur perteneciente al Terremoto de Maule, Chile</i>	41
<i>Figura 23 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 años.</i>	42
<i>Figura 24 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 2500 años.</i>	43
<i>Figura 25 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 años.</i>	44
<i>Figura 26 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 2500 años.</i>	44
<i>Figura 27 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.</i>	45
<i>Figura 28 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.</i>	46
<i>Figura 29 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.</i>	48
<i>Figura 30 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años. (exceptuando la estación más significativa, Chone)</i>	49
<i>Figura 31 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 2500 años.</i>	50
<i>Figura 32 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.4$, 475 y 2500 años.</i>	51
<i>Figura 33 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.</i>	52
<i>Figura 34 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.</i>	53

<i>Figura 35 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.4g$, 475 y 2500 años.</i>	54
<i>Figura 36 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.</i>	55
<i>Figura 37 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.</i>	56
<i>Figura 38 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.</i>	57
<i>Figura 39 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.</i>	58
<i>Figura 40 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.</i>	59
<i>Figura 41 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.</i>	61

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.</i>	10
<i>Tabla 2 Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.</i>	10
<i>Tabla 3 Tipo de suelo y Factores de sitio Fs.</i>	10
<i>Tabla 4 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en el mar de Chile, Maule, Chile.</i>	14
<i>Tabla 5 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tocopilla, Chile.</i>	15
<i>Tabla 6 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tarapacá, Chile.</i>	16
<i>Tabla 7 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Pedernales, Manabí-Ecuador</i>	17
<i>Tabla 8 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Pijijiapan, Chiapas-México.</i>	18
<i>Tabla 9 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Puebla, México.</i>	19
<i>Tabla 10 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Loreto, Perú.</i>	20
<i>Tabla 11 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Arequipa, Perú.</i>	20
<i>Tabla 12 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Hector Mine, Estados Unidos.</i>	21
<i>Tabla 13 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Landers, Estados Unidos.</i>	22
<i>Tabla 14 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tohoku, Japón.</i>	23
<i>Tabla 15 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Kobe, Japón.</i>	24
<i>Tabla 16 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Darfield, Alaska.</i>	24
<i>Tabla 17 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Denali, Alaska.</i>	25
<i>Tabla 18 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Chi-Chi, Taiwan.</i>	26

<i>Tabla 19 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Kocaeli, Turquía.</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 20 Tabla resumen de las características principales de los eventos sísmicos seleccionados.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 21 Tabla resumen de los valores máximos de cada uno de los Espectros de Respuesta y sus tiempos de ocurrencia.</i>	<i>31</i>

RESUMEN

Se realizó una investigación sobre los eventos sísmicos más severos que han ocurrido alrededor del mundo, clasificándolos por su magnitud, impacto y efectos que provocaron en sus respectivos lugares de aparición. Luego se buscó información sobre las estaciones y los registros sísmicos que se generan a partir de estas, posterior a este proceso se continuo con la generación de espectros de respuesta de desplazamientos por medio de la ayuda de un software de análisis de dato. Una vez con los datos correspondientes se realizaron gráficas en las que se unificaron todos los espectros de respuesta generados para las componentes Norte-Sur, Este-Oeste. Lo siguiente fue generar espectros de diseño de desplazamientos formulados y proporcionados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, los cuales fueron realizados para las diferentes zonas sísmicas, tipos de suelo, regiones y terremotos de periodo de retorno de 475 años y 2500 años. De lo mencionado anteriormente se unificaron espectros de respuesta de desplazamientos y espectros de diseño de desplazamientos en una sola gráfica para poder generar comparaciones y visualizar los cambios que había en los desplazamientos dependiendo de su periodo y las diferentes características que los componen.

PALABRAS CLAVE: sismos, espectros de respuesta de desplazamiento, espectros de diseño de desplazamiento, periodo de retorno, Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15, registros sísmicos.

ABSTRACT

An investigation was carried out on the most severe seismic events that have occurred around the world, classifying them by their magnitude, impact and effects that they caused in their respective places of occurrence. Then, the information was searched about the stations and the seismic records generated from them. After this process, the displacement response spectra were generated with the help of a data analysis software. Once the corresponding data were available, graphs were made in which all the displacement response spectra graphics, generated for the North-South and East-West components, were unified. The next step was to generate displacement design spectra formulated and provided by the Ecuadorian Construction Standard NEC 2015, which were made for different seismic zones, soil types, regions and earthquakes with return periods of 475 years and 2500 years. From the above mentioned, displacement response spectra and displacement design spectra were unified in a single graph in order to generate comparisons and visualize the changes that were in the displacements depending on their period and the different characteristics that compose them.

KEY WORDS: earthquakes, displacement response spectra, displacement design spectra, return period, Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15, seismic records.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El Ecuador se encuentra ubicado en una zona de alto riesgo sísmico, en especial la zona costera del país, razón por la cual es necesario diseñar estructuras que permitan soportar los desplazamientos generados por un movimiento telúrico.

En la actualidad el método más común de diseño sísmico se basa en la aplicación de fuerzas a partir de un espectro de pseudo-aceleraciones; sin embargo, se está empezando a utilizar métodos alternativos basados en desplazamientos: diseño por desempeño, diseño por desplazamiento, diseño de estructuras con aislación sísmica, etc.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) especifica un espectro de pseudo-aceleraciones (Sección 3.3.1. NEC-SE-DS 2015) para el diseño sísmico basado en fuerzas, y especifica un espectro de desplazamientos (Sección 3.3.2. NEC-SE-DS 2015) para el diseño sísmico basado en desplazamientos.

Los espectros de desplazamientos especificados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), para algunos sitios específicos, presentan valores muy grandes de desplazamientos a periodos altos; esto puede perjudicar a la aplicación de los métodos de diseño basado en desplazamientos. Dado que existe una relación matemática entre el espectro de desplazamiento y el espectro de pseudo-aceleraciones, y que el método comúnmente empleado está basado en fuerzas, es posible que los valores grandes en desplazamiento se deban a la intención de tener fuerzas mínimas de diseño en los métodos basados en fuerzas.

Objetivo General

Revisión de los espectros de desplazamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en base a los registros sísmicos de los terremotos más severos que han sido capturados.

Objetivos Específicos

- Investigar cuales son los terremotos más destructivos que han sido capturados por medio de estaciones acelerográficas.
- Obtener los registros sísmicos de las estaciones relacionadas a los terremotos más destructivos previamente encontrados.
- Obtener los espectros de desplazamientos de los registros sísmicos capturados de los terremotos más severos.
- Comparar los espectros de desplazamiento de los registros sísmicos con los especificados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015).

Alcance

El trabajo a realizar propone, por lo estudiado, investigado y los objetivos planteados, que sea de alcance nacional. Los resultados que se obtengan serán de interés y posible ejecución para tener en cuenta una reforma o una manera diferente de entender y aplicar la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015); también de uso general para las personas vinculadas al tema.

Metodología

La metodología que se utilizará será investigativa, comparativa y de análisis. Se investigarán los terremotos más severos y se generarán espectros de respuesta de desplazamientos con los diferentes sismos seleccionados, espectros que serán comparados con lo especificado en norma. Se utilizarán recursos como fuentes bibliográficas, páginas certificadas sobre sismología tanto como nacionales e internacionales.

1. CAPÍTULO I: MARCO TEORICO

1.1. Sismicidad del Ecuador.

Ecuador al encontrarse ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico es una zona de actividad sísmica alta y activa, esto debido a que la Placa Nazca está en subducción con respecto a la Placa Continental, además de que el territorio ecuatoriano tiene numerosas fallas geológicas, siendo cualquiera de estas dos causas el origen de eventos sísmicos.

Esta fuerte actividad sísmica en el país conlleva un mayor compromiso por parte de aquellos en cuyas manos recae la responsabilidad del estudio para mitigar dichos sismos, por lo que es de vital importancia tomar en cuenta en el diseño estructural el peligro sísmico, cuantificando parámetros como desplazamientos, velocidades, aceleraciones, magnitudes e intensidades. (Falconí, 2008)

Según (Quinde & Reinoso) Las fuentes sísmicas del Ecuador están se dan por: subducción (interplaca e intraplaca) y corticales (superficiales). Ambas fuentes se dan debido al proceso de acumulación y liberación de energía independiente de su fuente.

- Sismos Interplaca: Tienen una profundidad menor a 40 km, se dan debido al roce entre la Placa Nazca que subduce bajo la Placa Sudamericana.
- Sismos Intraplaca: Ocurren a profundidades entre 40 y 300 km, son de falla normal debido a su profundidad media, se localizan normalmente dentro de la placa oceánica de Nazca que subduce bajo la placa continental Sudamericana.
- Sismos Corticales: Profundidades superiores a los 40 km, ocurren dentro de la placa Sudamericana.

1.2. Acelerograma Sísmico.

Se define como el registro de la aceleración que tiene como variable al tiempo, todo esto en un sitio específico, ya sea el suelo o de la estructura a evaluar. Es grabado mediante el uso de acelerógrafos. Generalmente, estos datos son registrados mediante el uso de tres componentes, dos en el plano horizontal, en el eje longitudinal y transversal, y otra en sentido vertical; usualmente se hace que el

instrumento se dirija en la misma dirección que la componente longitudinal Norte-Sur.

Los sismos, al ser eventos que ocurren de manera aleatorios en tiempo y espacio hacen que, los acelerogramas sean superposición de ondas, las cuales varían dependiendo de cómo se efectúa el proceso de ruptura en el hipocentro, de su propagación y atenuación. Es importante también el análisis de los efectos en sitio, debido a factores como la geología y demás condiciones geotécnicas, dependerá de la ubicación donde se situó el instrumento. (Lagos, 2015)

1.3. Peligro Sísmico.

Según (Pozos, Gómez, & Hong) “La estimación del peligro sísmico requiere información de sismicidad definida por la caracterización de modelos de ocurrencia de sismos, zonas sismo-génicas y sus relaciones de magnitud-recurrencia correspondientes y relaciones de atenuación”. Debido a esto hay la posibilidad de saber la peligrosidad sísmica en base a los espectros de respuesta.

La NEC-15, utiliza estos espectros de respuesta sísmica como un método de análisis y diseño sismo-resistente, en base a mapas de zonas sísmicas predeterminadas zonificado por su peligrosidad sísmica.

1.4. Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-2015

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC suscitada por la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del Ministerio de Desarrollo Urbana y Vivienda (MIDUVI), reemplaza al Código Ecuatoriano de la construcción CEC 2001 mejorando así los requerimientos mínimos de diseño que los códigos de la construcción tenían hasta esta fecha (MIDUVI, 2014).

El NEC SE DS es una actualización del NEC 11, y fue publicado oficialmente el 10 de enero del 2015 por un acuerdo ministerial con el registro N 413, este contiene parámetros necesarios de diseño sismo resistente para las edificaciones, siendo así un compendio de requerimientos mínimos de diseño incluyendo evaluaciones y medidas para valorar los daños ocasionados por sismos en edificaciones, al igual que su posible reparación.

1.5. Zonificación Sísmica.

Estos mapas tienen diversos métodos y técnicas para su construcción como: mapas isosistas, que representan gráficamente las curvas con un nivel de intensidad igual al de un evento pasado.

También se puede realizar mapas de zonificación sísmica mediante los mapas sismo tectónicos teniendo datos tectónicos, geológicos, geofísicos, geotécnicos y sísmicos, pero con estos no se puede obtener fuerzas para diseñar sísmicamente, por lo que no es un método utilizado para ingeniería sísmo resistente. (Aguar, 2008)

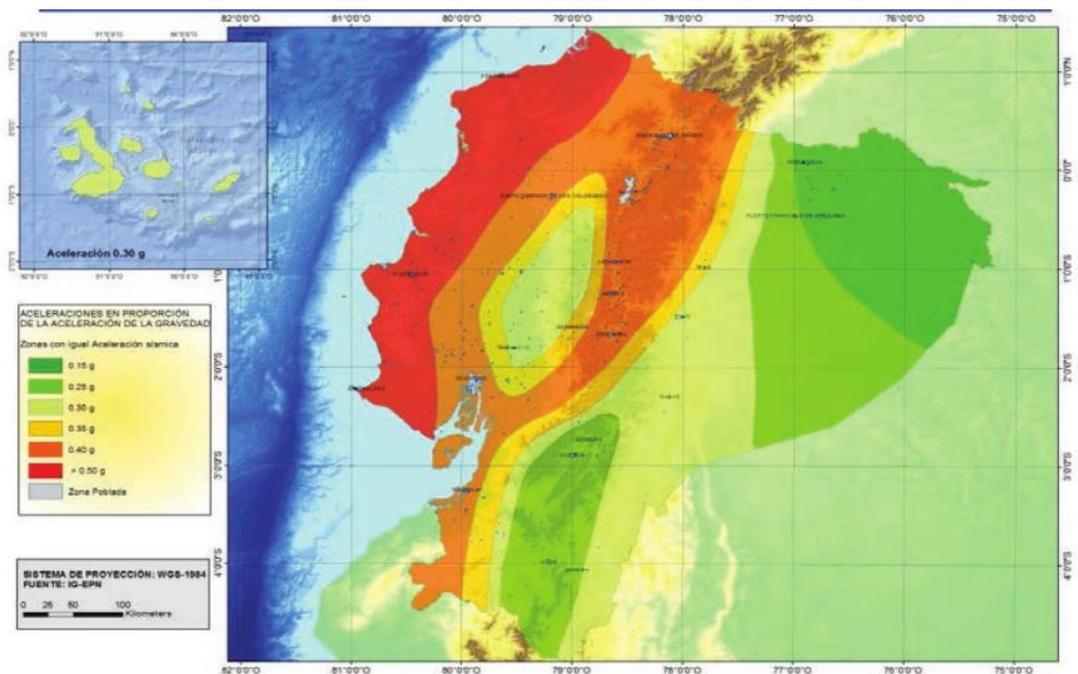


Figura 1 Mapa de zonas sísmicas de diseño del Ecuador y el valor del factor z correspondiente para cada zona.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 27.

1.6. Criterios de Diseño Sísmico según NEC-2015.

Las estructuras construidas en Ecuador, deben seguir la filosofía de diseño sísmo-resistente de la NEC-15, donde se el nivel de seguridad de vida de la estructura asegure la vida de sus ocupantes. Basado en que las estructuras sean capaces de disipar la energía, deformarse adecuadamente gracias a su ductilidad y una resistencia que evite el colapso de la misma. (Vielma & Cando, 2017)

La NEC-15 plantea dos métodos para el diseño sismo-resistente: Método de Diseño Basado en Desplazamientos (DBD) y Método de Diseño Basado en Fuerzas (DBF), siendo el último considerado como principal por la NEC-15.

1.7. Espectro de Respuesta.

Es el gráfico donde se muestran las máximas respuestas que produce un evento dinámico determinado sobre un oscilador de un grado de libertad, el cual funciona con una masa “m” que es sostenida por un resorte que se puede despreciar su masa y se concentrara la rigidez “k” del sistema.

Según (Crisafulli, 2002) existen dos tipos de espectros de respuesta:

- Espectro de Respuesta Elástica.

Representan parámetros de aceleraciones máximas de un evento sísmico determinado, que suelen tener muchos valles y picos, que son características propias de las aceleraciones en los sismos. En estos espectros se grafican varias curvas con distintos amortiguamientos, que se utilizaran para determinar características de los sismos y su efecto en edificaciones.

- Espectro de Respuesta Inelástica.

Estos espectros trabajan en rango no lineal, esto supone que el sistema de un grado de libertad no se comportara de forma lineal, estos son importantes para el diseño sismo-resistente debido a que la mayoría de construcciones al ser diseñadas en un rango plástico por motivos de costos.

Para los espectros de respuesta aplicados a la ingeniería civil se toma un amortiguamiento expresado en porcentaje del amortiguamiento crítico el cual corresponde a un movimiento sin vibración, este porcentaje se encuentra en alrededor del 5% para edificaciones.

1.8. Espectro de Diseño.

Los sismos son eventos variables, por lo tanto, se diseñan con espectros de diseño que son una combinación de todos los sismos probables que pueden darse en un sitio determinado.

1.9. Efectos en el espectro de respuesta dependiendo del tipo de suelo

El suelo influye directamente en los espectros de diseño dependiendo si la estructura se encuentra situada sobre roca, suelo firme o suelo blando debido a que la respuesta dinámica del suelo es distinta en cada caso.

1.10. Terremotos con Periodo de Retorno 475, 975 y 2500 años.

Según (Parra, 2016). Las normas sismo resistentes adoptan un tiempo de vida útil (t) de 50 años, variando la probabilidad de excedencia (P) en función de la importancia de la estructura:

- Para estructuras de importancia normal, como viviendas se considera una probabilidad de excedencia del 10% para una vida útil de 50 años, que equivaldrá a un periodo de retorno de 475 años.
- Para estructuras de importancia especial, como hospitales o escuelas se considera una probabilidad de excedencia del 5% para una vida útil de 50 años, que será igual a un periodo de retorno de 975 años.
- Para estructuras más críticas con el mismo tiempo de vida útil y asumiendo una probabilidad de excedencia de 5%, se considera un periodo de retorno de 2475 años.

1.11. Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño

El espectro de diseño propuesto para el análisis dinámico estructural se construye a partir de una familia de espectros de respuesta calculados para el sitio seleccionado. Representa la respuesta de la estructura expuesta al entorno sísmico que afecta el área, teniendo en cuenta el efecto de amplificación.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (Sección 3.3.1. NEC-SE-DS 2015) presenta una forma de poder generar un espectro de diseño de aceleraciones para los diferentes tipos de suelo, zonas sísmicas y lugares del Ecuador, por medio de las siguientes ecuaciones y valores de factores de sitio F_a , F_d y F_s :

$$S_a = nZF_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$
$$S_a = nZF_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$
$$S_a = ZF_a \left[1 + (n - 1) * \frac{T}{T_0}\right]$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_L = 2.4 \cdot F_d$$

$$T_0 = 0.10 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Dónde:

- η Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
- r Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
 - $r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
 - $r = 1.5$ para tipo de suelo E.
- S_a Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
- T Período fundamental de vibración de la estructura
- T_c Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
- Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Figura 2 Significado de cada una de las abreviaciones para el espectro de aceleraciones de diseño.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 33.

$\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),

$\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

Figura 3 Valor de η (Razón entre la aceleración espectral y el PGA) para cada una de las provincias de Ecuador.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 33.

Tabla 1 Tipo de suelo y Factores de sitio F_a .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2054, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 31.

Tabla 2 Tipo de suelo y Factores de sitio F_d .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 31.

Tabla 3 Tipo de suelo y Factores de sitio F_s .

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 32.

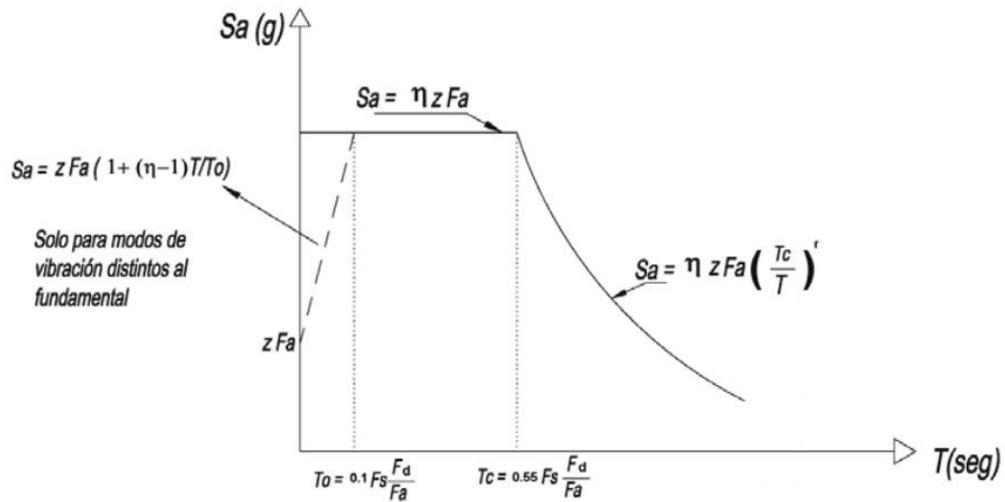


Figura 4 Espectro sísmico elástico de aceleraciones de diseño.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 33.

1.12. Espectro Elástico de Desplazamiento de Diseño.

Corresponden al nivel del sismo de diseño que se definen a partir de los espectros de aceleraciones, mediante las siguientes fórmulas:

$$S_d = S_a(g) \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 \text{ para } 0 \leq T \leq T_L$$

$$S_d = S_a(g) \left(\frac{T_L}{2\pi}\right)^2 \text{ para } T \geq T_L$$

Donde:

G	Aceleración de la gravedad
Sd	Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.
Fd	Coefficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando efectos de sitio.
Sa	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura.
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura
TL	Es el periodo límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos

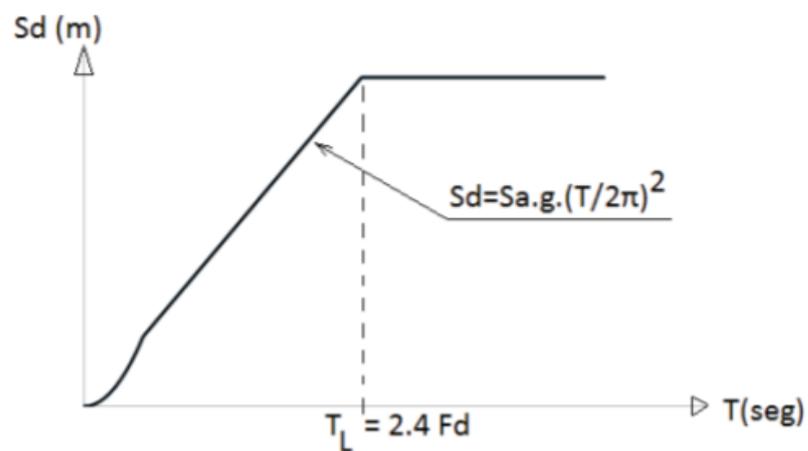


Figura 5 Espectro sísmico elástico de desplazamientos para diseño

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2014, “Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente”, NEC NS DC, Ecuador, Capítulo 2, Pág. 36.

2. CAPÍTULO II: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se recopiló información de los 16 eventos sísmicos más significativos que han ocurrido alrededor del mundo desde 1960 (época desde la cual se pueden encontrar registros sísmicos de varios eventos) en adelante. Cada uno de los eventos sísmicos se encontrará especificado y catalogado, dependiendo del lugar donde se generó, la magnitud, el tipo de falla, la profundidad, fecha, etc.

2.1. Terremoto en el Mar de Chile (Chile)

El 27 de febrero a las 3:34 a.m. (hora local), hubo un terremoto con una magnitud de 8.8 MW, que duró unos tres minutos. El epicentro se ubicó en la costa de la región del Maule, a unos 8 km al oeste de Curanipe y 115 km al noroeste de Concepción, con una profundidad de 30,1 km, este terremoto lo sintió la región de Antofagasta (al norte del país), hasta La región de Lagos, la cual se encuentra a unos 2.200 km al sur del país. Según ((USGS), 2010) “El evento ocurrió en la frontera de las placas tectónicas Nazca y Sudamericana, debido a una solapadura en la interfaz de ambas, con la primera terminando por debajo de la segunda”

Afectando a 13 millones de personas, o alrededor del 80% de la población, el movimiento también desencadenó un tsunami que causó graves daños a las localidades a lo largo de la costa en el epicentro del terremoto (el centro del país). La combinación de estos desastres naturales dañó 370,051 hogares, de los cuales 81,444 hogares fueron completamente destruidos, la infraestructura educativa, carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y aeropuertos, y otros lugares, también fueron dañados por el terremoto y tsunami.

Tabla 4 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en el mar de Chile, Maule, Chile.

PAIS	EVENTO	No.	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
CHILE	TERREMOTO EN MAULE DE CHILE	1	COPIAPO	976.98	0.294	0.160	REGISTROS SÍSMICOS
		2	VALLENAR	837.02	0.196	0.181	
		3	PAPUDO	395.24	4.130	2.913	
		4	VIÑA DEL MAR CENTRO	338.77	3.277	2.144	
		5	VIÑA DEL MAR EL SALTO	337.7	3.463	3.453	
		6	VALPARAISO UTFSM	336.31	2.982	1.290	
		7	VALPARAISO ALMENDRAL	336.31	2.600	2.164	
		8	LLOLLEO	275.02	5.533	3.191	
		9	SANTIAGO CENTRO	331.9	3.041	2.414	
		10	SANTIAGO MAIPU	321.83	5.513	4.917	
		11	SANTIAGO LA FLORIDA	330.08	2.315	1.983	
		12	SANTIAGO PEÑALOEN	332.61	2.894	2.925	
		13	SANTIAGO PUENTE ALTO	325.63	2.600	2.586	
		14	MATANZAS	230.77	3.355	3.041	
		15	HUALAÑE	133.58	4.522	3.930	
		16	TALCA	113.09	4.679	4.445	
		17	CONSTITUCIÓN	70.13	6.278	5.138	
		18	CONCEPCIÓN	106.15	3.944	3.605	
		19	ANGOL	209.37	9.104	9.086	
		20	VALDIVIA	438.83	1.354	0.896	

Fuente: Autor.

2.2. Terremoto de Tocopilla (Chile)

El 14 de noviembre del 2007, a las 12:40 hora local, un temblor de magnitud 7.7 MW se produjo con epicentro 43 km al oeste de Antofagasta y profundidad de 33.6 km. El movimiento tuvo una duración de 95 segundos y causó daños graves en Tocopilla y María Elena, también fue percibido en las ciudades de Arica y Valparaíso.

El movimiento telúrico se puede asociar a un evento de subducción asociado a una falla de tipo inversa, que suelen provocarse en las zonas más profundas de la interfaz entre las placas Nazca y Sudamericana. “Con deslizamientos de máximos de tres metros provocados por una velocidad de ruptura de 2.8 km/s” (Bertrand, 2009)

“Desde el hipocentro, situado debajo de la costa 25 km al sur de la ciudad de Tocopilla, la ruptura se propagó alrededor de 40 km hacia el norte y 90 km hacia el sur, el terremoto de Tocopilla contribuyó sólo moderadamente a la ruptura de la gran brecha sísmica del norte de Chile, debido a que sólo rompió parcialmente la parte profunda del extremo sur de la placa acoplada, por lo que prácticamente no se altera el potencial de la brecha de generar un gran terremoto” (Bertrand, 2009)

Tabla 5 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tocopilla, Chile.

PAIS	EVENTO	No.	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
CHILE	TERREMOTO EN TOCOPILLA	1	POCONCHILE	416.52	0.216	0.225	REGISTROS SÍSMICOS
		2	PISAGUA	291.21	0.186	0.128	
		3	IQUIQUE	221.91	0.677	0.343	
		4	IQUIQUE E. CHIPANA	217.62	1.099	0.638	
		5	PICA	196.19	1.982	1.020	
		6	EL LOA	87.9	3.188	1.511	
		7	CALAMA	98.67	0.922	0.932	
		8	SAN PEDRO DE ATACAMA	187	0.657	0.422	
		9	TOCOPILLA	38.53	6.739	6.023	
		10	TOCOPILLA PUERTO	39.31	4.032	4.679	
		11	MEJILLONES	119.04	4.130	3.502	
		12	ANTOFAGASTA UCN	175.98	1.246	0.628	
		13	ALTO HOSPICIO	215.78	0.873	0.647	
		14	FUERTE BAQUEDANO	228.8	0.883	0.432	
		15	PUERTO PATACHE	157.86	0.804	0.608	
		16	COPIAPO	579.1	0.520	0.628	

Fuente: Autor.

2.3. Terremoto de Tarapacá (Chile)

El 13 de junio de 2005 la región de Tarapacá, un terremoto de 7.9 Mw de magnitud azoto el norte de Chile con una profundidad de 108 km y epicentro a 100 km este-noreste de la ciudad de Iquique. Los pueblos de Huará y San Lorenzo de Tarapacá se vieron afectados completamente y en otras zonas afectadas causó importantes daños a infraestructuras como monumentos, carreteras.

El evento se categorizó como un terremoto de profundidad media ocurrido por la ruptura dentro de la placa Nazca que es subductora con la placa Sudamericana. “Inicialmente se pensó que se trataba de una falla normal (casi vertical), al ser estudiadas las características de la deformación y la ubicación de las réplicas se pudo demostrar que se trató de una falla en un plano sub-horizontal, lo que no se había evidenciado con anterioridad” (Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile, 2016).

Tabla 6 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tarapacá, Chile.

PAIS	EVEN TO	No.	ESTACION/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
CHILE	TERREMOTO OCCIDENTAL	1	ARICA CEMENTERIO	175.99	1.661	1.596	REGISTROS SÍSMICOS
		2	ARICA COSTANERA	177	1.861	1.490	
		3	ARICA CERRO LA CRUZ	175.3	1.769	2.000	
		4	POCONCHILE	161.27	3.264	3.763	
		5	PUTRE	162.23	0.921	0.925	
		6	CUYA	121.26	4.204	4.170	
		7	PISAGUA	114.36	3.227	2.794	
		8	IQUIQUE	127.4	2.331	2.200	
		9	IQUIQUE PLAZA	128	2.530	2.576	
		10	IQUIQUE IDIEM	127.83	1.943	2.017	
		11	PICA	102.57	6.797	5.451	
		12	EL LOA	226.14	0.934	1.069	
		13	CALAMA	319.69	0.578	0.700	
		14	MEJILLONES	414.07	0.171	0.210	

Fuente: Autor.

2.4. Terremoto en Pedernales, Manabí (Ecuador)

Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) el sismo tuvo una magnitud de 7.8 y se registró a las 18:58 hora local del sábado (23:58 GMT) el día 16 de abril de 2016, con un epicentro ubicado a una profundidad de 20,59 Km en Muisne, dato que luego fue corroborado por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, también se reportaron, más de 200 réplicas, algunas con magnitud por encima de 6 escala de Richter desde el momento del movimiento telúrico.

El movimiento se produjo como resultado del empuje de fallas poco profundas en los límites de las placas Nazca y Sudamericana, donde la placa Nazca sufre una subducción hacia el este por debajo de la placa Sudamericana a una velocidad de 61 mm/año.

Tabla 7 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Pedernales, Manabí-Ecuador

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE DESCARGA/ FUENTE
E C U A D O R	T E R R E M O D E P E D E R N A L E S	1	AAM2	AMBATO	235	0.2548	0.3465	REGISTROS SÍSMICOS
		2	ACH1	MACHALA	407	0.2501	0.2365	
		3	ACHN	CHONE	120	3.2349	3.6266	
		4	ACUE	CUENCA	381	0.3419	0.2896	
		5	AES2	ESMERALDAS	76	1.512	1.0831	
		6	AGY1	GUAYAQUIL (SUR)	292	0.5756	0.6381	
		7	AGY2	GUAYAQUIL (CENTRO)	286	0.9265	0.9553	
		8	AGYE	PASCUALES	270	0.1832	0.2304	
		9	AIB1	IBARRA	202	0.4839	0.5682	
		10	AIB2	IBARRA	204	0.208	0.3246	
		11	ALAT	LATACUNGA	206	0.3104	0.2738	
		12	ALIB	LA LIBERTAD	308	0.4113	0.3895	
		13	ALJ1	LOJA	492	0.149	0.1595	
		14	ALOR	SAN LORENZO	159	0.2564	0.2623	
		15	AMA1	-	67	4.03	1.962	
		16	AMIL	MILAGRO	288	0.5103	0.4504	
		17	AMNT	MANTA	171	3.972	5.1421	
		18	AOTA	OTAVALO	188	0.4203	0.3441	
		19	APEL	PEDERNALES	36	13.8034	8.3187	
		20	APO1	PORTOVIEJO	167	3.115	3.7303	
		21	APR2	-	270	0.945	1.962	
		22	APS4	-	220	0.0688	0.058	
		23	ASDO	SANTO DOMINGO	115	2.0223	1.0884	
		24	ATUL	TULCÁN	251	0.1598	0.2065	
		25	AV11	-	181	0.289	0.3727	
		26	AV18	-	52	1.438	1.207	
		27	AV21	-	54	1.606	1.4597	
		28	EPNL	QUITO	174	0.2632	0.1987	
		29	PDNS	-	29	10.14	9.238	

Fuente: Autor.

2.5. Terremoto de Pijijiapan, Chiapas (México)

El 7 de septiembre del 2017 a las 11:49 horas de la noche, se registró un sismo de magnitud 8.2 Mw, con epicentro en el Golfo de Tehuantepec a 133 km al suroeste de Pijijiapan, Chiapas. Fue sentido en el sur y centro de México, causando estragos en 61677 viviendas en Chiapas y Oaxaca de las cuales 17456 sufrieron un daño total. Estos daños se pueden atribuir a las aceleraciones picos en zonas cercanas al epicentro (Chiapas y Oaxaca).

“El mecanismo focal del sismo mostró una falla normal, la cual, es característica de un sismo intraplaca. En esta región, la placa de Cocos se subduce por debajo de la placa de Norteamérica y Caribe.” (Herrera, 2020)

Tabla 8 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Pijijiapan, Chiapas-México.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
MÉXICO	TERREMOTO	1	HUAM	HUAMELULA	219	2.518	2.409	REGISTROS SÍSMICOS
		2	MIHL	MINATITLAN ESCUELA HIJAS DE LERDO	360	0.633	0.563	
		3	OXAE	OAXACA AEROPUERTO	374	1.525	1.315	
		4	OXAL	ALAMEDA DE LEON	379	1.221	1.126	
		5	OXBJ	ESCUELA PRIMARIA BENITO JUAREZ	379	0.581	0.570	
		6	OXCU	OAXACA CIUDAD UNIVERSITARIA	377	1.330	1.470	
		7	OXJM	JALAPA DE MARQUES	235	2.791	2.571	
		8	OXLC	LAS CANTERAS	377	0.485	0.586	
		9	OXPC	OAXACA PROTECCIÓN CIVIL	378	1.506	1.429	
		10	OXPM	ESCUELA PRIMARIA MUGICA	378	1.340	1.409	
		11	OXTO	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OAXACA	381	1.542	1.517	
		12	OXXO	XOXOCOTLÁN	376	2.178	2.108	
		13	OZST	ORIZABA ESCUELA SECUNDARIA TÉCNICA NÚM. 84	554	0.377	0.315	
		14	PANG	PUERTO ANGEL	275	1.897	1.152	
		15	SCCB	SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS CB 11	267	0.670	0.721	
		16	SCRU	SALINA CRUZ	197	2.410	2.483	
		17	SJLL	SAN JUAN DE LOS LLANOS	515	0.277	0.202	
		18	SMLC	SAN MARTIN LOS CANCECO	350	1.144	1.252	
		19	SXPU	SISMEX PUEBLA	645	0.275	0.163	
		20	TAMA	TAMAZULAPAN	312	0.670	0.757	

Fuente: Autor.

2.6. Terremoto en San Felipe Ayutla, Puebla (México)

El día 19 de septiembre de 2017 a la 01:14 de la tarde, hora local, se produjo un sismo de 7.1 Mw, con epicentro a 1 km de San Felipe Ayutla, localizado entre los estados de Puebla y Morelos y su hipocentro estuvo a una profundidad de 38.5 km.

El sismo se provocó debido a la ruptura en el interior de la placa oceánica Cocos (Sismo intraplaca) que esta subducida por debajo de la placa Continental. “Los sismos intraplaca, de profundidad intermedia, se producen por esfuerzos extensivos a lo largo de la placa de Cocos. Las fallas geológicas asociadas a estos sismos se conocen con el nombre de fallas normales.” (Cruz, 2017)

Tabla 9 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Puebla, México.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	TIPO DE SUELO	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
MEXICO	T E R R E M O T O D E P U E B L A	1	COLL	COLIMILLA	639.87	ROCA	0.001	0.014	REGISTROS SÍSMICOS
		2	SJAL	SAN JUAN DE ALIMA	527.96	ROCA	0.035	0.031	
		3	CDGU	CIUDAD GUZMÁN	524.52	ROCA	0.018	0.021	
		4	SCRU	SALINA CRUZ	439.23	ROCA	0.031	0.042	
		5	MIHL	MINATITLAN ESCUELA HIJAS DE LERDO	438.72	BLANDO	0.052	0.045	
		6	NILT	NILTEPEC	473.89	ROCA	0.049	0.060	
		7	CHPA	PREPARATORIA ARRIAGA	557.00	(?)	0.014	0.021	
		8	PANG	PUERTO ANGEL	377.26	ROCA SEDIMENTARIA	0.047	0.037	
		9	UNIO	LA UNION	333.72	ROCA	0.061	0.050	
		10	OXJM	JALAPA DEL MARQUES	402.56	ROCA	0.099	0.100	
		11	NITA	NUEVA ITALIA	367.42	ROCA	0.131	0.138	
		12	HUAM	HUAMELULA	409.78	ROCA	0.076	0.059	
		13	RFPP	RIO SAN FRANCISCO, PUEBLA	93.95	ESTRUCTURA	1.840	1.155	
		14	SAPP	SAN ALEJANDRO, PUEBLA	93.96	DEPOSITOS LACUSTRES	2.060	1.998	
		15	SJLL	SAN JUAN DE LOS LLANOS	187.66	ROCA	0.999	1.058	
		16	THEZ	TEHUJACAN ESCUELA PRIMARIA EMILIANO ZAPATA	137.48	ROCA	1.666	1.493	
		17	PHPU	PARQUE HABANA, PUEBLA	95.36	(?)	1.418	1.395	
		18	SCT2	SCT B-2.	127.98	ARCILLA	0.917	0.904	
		19	RABO	RABOSO	35.66	ROCA	1.547	1.296	
		20	HMTT	HUAMUXTITLÁN	61.02	ROCA	1.439	1.705	

Fuente: Autor.

2.7. Terremoto de Loreto (Perú)

El 26 de mayo de 2019 a las 02:41 de la madrugada, se sintió un movimiento telúrico de magnitud 8 con profundidad de 135 km y con un epicentro a 60 km al sur de Lagunas y 64 km este de Yurimaguas. Este epicentro al estar ubicado en la zona nor-oriental de la región norte tiene existencia de un área de deformación a niveles intermedios de profundidad. En este temblor la placa oceánica tuvo un proceso de subducción con respecto a la cordillera, alcanzando distancias del orden de 800 km, desde la fosa hasta el borde nor-oriental. El sismo al haber ocurrido a una profundidad intermedia, se percibe a grandes distancias.

Tabla 10 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Loreto, Perú.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
P E R Ú	T E R R E M O T O D E L O R E T O	1	AYAB	AYABACA-PIURA	478.2	0.258	0.252	REGISTROS SÍSMICOS
		2	BAGU	BAGUA-AMAZONAS	329.2	0.582	0.479	
		3	CBTA	CHIMBOTE-CIP	499.8	0.303	0.243	
		4	CBTB	CHIMBOTE 2-ANCASH	501.6	0.421	0.398	
		5	CELE	CELENDIN-CAJAMARCA	312.5	0.282	0.331	
		6	CHCA	CHACHAPOYAS-AMAZONAS	262.6	0.644	0.650	
		7	CHUL	CHULUCANAS-PIURA	516.9	0.152	0.168	
		8	CHYA	CHICLAYO-LAMBAYAQUE	490.1	0.199	0.181	
		9	IQUI	IQUITOS-LORETO	337.1	0.397	0.408	
		10	JAEN	JAEN-CAJAMARCA	361.1	0.200	0.201	
		11	JUJAJ	JUANJUI-SAN MARTIN	206.7	0.573	0.654	
		12	LAGU	LAGUNAS-LAMBAYAQUE	474.1	0.222	0.198	
		13	LANC	LANCONES-PIURA	567.7	0.050	0.046	
		14	LOMA	LAS LOMAS-PIURA	533.6	0.277	0.218	
		15	MORR	MORROPON-PIURA	493.6	0.212	0.195	
		16	OLMO	OLMOS-LAMBAYAQUE	465.9	0.291	0.300	
		17	ORGA	LOS ORGANOS-PIURA	642.7	0.054	0.044	
		18	RIOJ	RIOJA-SAN MARTIN	181.8	0.798	0.689	
		19	TIMA	RUPA-RUPA-HUANUCO	399.4	0.222	0.213	
		20	TOCA	TOCACHE-SAN MARTIN	292.6	0.755	0.695	

Fuente: Autor.

2.8. Terremoto de Arequipa (Perú)

El 14 de enero del 2018 se registró un evento sísmico con una magnitud de 7.1 Mw a las 9:18 horas de la mañana, con epicentro a 56 km al sur de Lomas de Arequipa. El terremoto se dio como un evento de falla inversa cerca de los límites del mar y la costa, este movimiento se debe a la convergencia de las placas tectónicas Sudamericana y Nazca. Estos sismos de intensidad y magnitud de regular a fuerte son muy comunes en el sur de Perú, ya que se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se presentan alrededor del 85% de movimientos de las placas tectónicas.

Tabla 11 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Arequipa, Perú.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
P E R Ú	TERREMOTO DE AREQUIPA	1	ATIC	ÁTICO-AREQUIPA	139.1	1.042	0.966	REGISTROS SÍSMICOS
		2	CARV	CARAVELI-AREQUIPA	167.8	2.538	2.428	
		3	CMNA	SAMUEL PASTOR-AREQUIPA	242.3	0.312	0.389	
		4	NASC	NAZCA-ICA	136.6	1.984	1.963	
		5	OCUC	OCUCAJE-ICA	203.5	0.781	0.769	
		6	PALP	PALPA-ICA	171.1	1.985	1.493	

Fuente: Autor.

2.9. Terremoto de Hector Mine (EE. UU.)

Sucedió el 16 de octubre de 1999 a las 2:46 am a 32 millas al norte de la ciudad de Joshua Tree 47 millas al este- al sureste de Barstow, tuvo una magnitud de 7.13 Mw, previo a este terremoto hubo un grupo de sismos previos que comenzaron 20 horas antes del principal. La ruptura se dio en dos direcciones: norte por la falla del lago Lavic 15 km, y al sur por la falla del lago Lavic y la falla central de Bullion 26 km. Tuvo un desplazamiento de superficie máximo de 5,2 metros.

Tabla 12 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Hector Mine, Estados Unidos.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE DESCARGA/
E S T A D O S U N I D O S	T E R R I M E N T O - T C O A L E N F O H R E N C I A O R	1	ABY	AMBOY	47.97	1.469	1.785	REGISTROS SÍSMICOS
		2	BAK	BAKER FIRE STATION	77.04	0.893	1.280	
		3	BRS	BARSTOW	78.44	0.752	0.577	
		4	BBL	BIG BEAR LAKE - FIRE STATION	68.48	1.708	1.537	
		5	CAB	CABAZON	89.5	0.396	0.351	
		6	DSP	DESERT HOT SPRINGS	74.27	0.804	0.654	
		7	FFP	FOREST FALLS POST OFFICE	82.69	0.598	0.512	
		8	32577	FORT IRWIN	83.79	1.237	1.041	
		9	FVR	FUN VALLEY	75.77	0.862	0.751	
		10	HBS	HEART BAR STATE PARK	69.1	0.805	0.742	
		11	HEC	HECTOR	26.53	3.220	2.604	
		12	JOS	JOSHUA TREE	52.29	1.869	1.440	
		13	JTN	JOSHUA TREE N.M.	75.38	0.860	0.758	
		14	MFS	MENTONE FIRE STATION #9	98.13	0.518	0.423	
		15	MCR	MILL CREEK RANGER STATION	92.09	0.466	0.597	
		16	MVH	MORONGO VALLEY FIRE STATION	67.6	0.843	0.693	
		17	NPF	NORTH PALM SPRINGS FIRE STATION	79.34	0.585	0.623	
		18	SNC	SNOW CREEK	87.94	0.278	0.209	
		19	29P	TWENTYNINE PALMS	68.38	0.658	0.645	
		20	WWT	WHITEWATER TROUT FARM	76.64	5.565	4.957	

Fuente: Autor.

2.10. Terremoto de Landers Sur de California (EE. UU.)

El domingo 28 de junio de 1992 a las 11:57 con magnitud de 7.28 Mw, su epicentro fue cerca de la ciudad de Landers, fue violento, duro entre 2 a 3 minutos. Se dio debido a un deslizamiento lateral derecho, involucro la ruptura de varias fallas con una longitud de 75 a 85 km, las fallas involucradas fueron: Johnson Valley, Kickapoo (Landers), Homestead Valley, Homestead / Emerson, Emerson Valley y Camp Rock.

Tabla 13 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Landers, Estados Unidos.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
E S T A D O S U N I D O S	L A N D E R S O A R O N I D O	1	ABY	Amboy	75.2	1.4334372	1.128	REGISTROS SÍSMICOS
		2	BRS	Barstow	94.77	1.3287645	1.280	
		3	CLW	Coolwater	82.12	4.092732	2.783	
		4	BAD	Covina - W Badillo	136.8	0.4464531	0.668	
		5	DSP	Desert Hot Springs	27.32	1.5113286	1.680	
		6	H05	Hemet Fire Station	72.51	0.9521586	0.799	
		7	WAI	Huntington Bch - Waikiki	157.47	0.6094953	0.508	
		8	IND	Indio - Coachella Canal	59.68	1.0736064	1.019	
		9	JOD	Joshua Tree	13.67	2.7855495	2.684	
		10	DEL	Lakewood - Del Amo Blvd	158.36	0.5011929	0.585	
		11	LCN	Lucerne	44.02	7.7377356	7.114	
		12	MCF	Mission Creek Fault	32.86	1.2905055	1.238	
		13	MVH	Morongo Valley Fire Station	21.34	1.611783	2.188	
		14	FHS	North Palm Springs	32.26	1.3113027	1.334	
		15	PSA	Palm Springs Airport	41.87	0.8720109	0.742	
		16	RIV	Riverside Airport	97.13	0.4038777	0.405	
		17	H05	San Bernardino - E & Hospitality	80.26	0.8531757	0.763	
		18	SIL	Silent Valley - Poppet Flat	54.59	0.3939696	0.489	
		19	29P	Twentynine Palms	44.1	0.5918373	0.787	
		20	YER	Yermo Fire Station	85.99	1.4887656	2.399	

Fuente: Autor.

2.11. Terremoto de Tohoku (Japón)

El 11 de marzo de 2011 en la costa noroeste de Japón un terremoto de 9.1 Mw y una profundidad de 24 km, ocasionó un tsunami que arrasó con gran parte de este lugar, el epicentro del terremoto se ubicó en el mar con una duración de 6 minutos aproximadamente, el devastador suceso ocurrió debido a un desplazamiento en proximidades de la zona de interfase entre las placas de subducción Pacífico y Norteamérica.

Tabla 14 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Tohoku, Japón.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
J A P Ó N	T E R R E M O T O E N T O H O K U	1	FKS001	SOHMA	173.72	9.301	9.790	REGISTROS SÍSMICOS
		2	FKS005	HARAMACHI	172.67	9.992	10.357	
		3	IWT007	KAMAISHI	156.46	9.253	10.079	
		4	IWT009	DAITOH	162.68	10.394	12.302	
		5	IWT010	ICHINOSEKI	177.68	10.501	9.042	
		6	IWT011	MIZUSAWA	188.46	9.755	11.484	
		7	IWT013	TOHNO	178.99	9.409	9.613	
		8	MYG001	KENNUMA	143.37	9.458	9.985	
		9	MYG002	UTATSU	136.58	9.643	10.225	
		10	MYG003	TOHWA	152.31	10.595	9.536	
		11	MYG004	TSUKIDATE	174.8	9.065	10.251	
		12	MYG006	FURUKAWA	173.7	7.920	9.902	
		13	MYG007	TOYOSATO	150.45	9.349	9.315	
		14	MYG008	KITAKAMI	133.8	10.181	10.532	
		15	MYG009	TAIWA	176.55	8.921	10.221	
		16	MYG010	ISHINOMAKI	142.66	9.040	8.917	
		17	MYG011	OSHIKA	120.68	11.152	9.564	
		18	MYG012	SHIOGAMA	162.74	10.062	9.339	
		19	MYG013	SENDAI	169.88	9.767	9.351	
		20	MYG015	IWANUMA	174.3	8.435	9.982	

Fuente: Autor.

2.12. Terremoto de Kobe (Japón)

El 17 de enero de 1995 a las 5:46 am, un terremoto con una magnitud de 6.9 Mw en la escala de Richter con un epicentro en el norte de la isla Awaji a 20 km de Kobe, y una profundidad de 17.9 km, su duración fue de 20 segundos, el terremoto se dio en la falla de Nojima y se extendió a las fallas de Suma y Suwayama.

Tabla 15 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Kobe, Japón.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
J A P Ó N	T E R R E M O T O E N K O B E	1	ABN000	Abeno	46.73	2.265	2.164	REGISTROS SÍSMICOS
		2	AMA000	Amagasaki	38.79	3.206	2.705	
		3	CHY000	Chinaya	61.93	1.079	0.926	
		4	FUK000	FUK	196.18	0.415	0.330	
		5	FKS000	Fukushima	43.58	2.110	1.811	
		6	HIK000	HIK	135.63	1.470	1.368	
		7	KJM000	KJMA	18.27	6.177	8.184	
		8	KAK000	Kakogawa	24.2	3.180	2.357	
		9	KBU000	Kobe University	25.4	3.059	2.705	
		10	MZH000	MZH	98.9	0.522	0.670	
		11	MRG000	Morigawachi	52.21	1.246	2.100	
		12	NIS000	Nishi-Akashi	8.7	4.555	4.740	
		13	OKA000	OKA	100.15	0.591	0.774	
		14	OSA000	OSAJ	47.49	0.659	0.809	
		15	PRI000	Port Island	19.25	2.843	3.413	
		16	SKI000	Sakai	42.11	1.243	1.494	
		17	SHI000	Shin-Osaka	45.97	2.289	2.207	
		18	TOT000	TOT	121.33	0.742	0.768	
		19	TDO000	Tadoka	38.61	1.905	2.904	
		20	TAZ000	Takarazuka	38.6	6.022	6.841	

Fuente: Autor.

2.13. Terremoto de Darfield (Nueva Zelanda)

El 3 de septiembre de 2010 se dio el terremoto con una magnitud de 7 Mw con 10.9 km de profundidad. Nueva Zelanda está ubicada en la zona sísmica Cinturón de fuego del Pacífico. La falla que ocasionó el terremoto es desconocida, el movimiento fue esencialmente horizontal dando una falla de desgarre.

Tabla 16 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Darfield, Alaska.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
N U E V A Z E L A N D A	T E R R E M O T O E N	1	ADCSN	ADCSN	40.28	0.763	1.108	REGISTROS SÍSMICOS
		2	DFHSS	DFHSS	14.41	5.029	4.626	
		3	DGNSS	DGNSS	278.15	0.488	0.924	
		4	DKHSN	DKHSN	282.82	0.321	0.481	
		5	DORCN	DORCN	31.74	0.847	0.812	
		6	DSLCN	DSLCN	13.41	2.326	2.521	
		7	GDLCN	GDLCN	4.42	6.946	7.500	
		8	HORCN	HORCN	10.91	4.676	4.415	
		9	RKACN	RKACN	15.51	1.876	1.635	
		10	ROLCS	ROLCS	26.85	3.183	3.830	
		11	RPZE	RPZE	80.94	0.482	0.468	
		12	RQGSS	RQGSS	341.74	0.039	0.049	
		13	SBRCN	SBRCN	27.21	1.504	1.461	
		14	SHLCS	Shirley Library	51.03	1.886	1.639	
		15	SMTCN	Styx Mill Transfer Station	48.43	1.670	1.725	
		16	SPFSN	SPFSN	32.15	1.570	1.571	
		17	TPLCN	TPLCN	34.8	2.042	2.940	
		18	WAKCN	WAKCN	89.77	1.505	1.229	
		19	WSFCN	WSFCN	43.16	0.635	0.653	
		20	LSRCN	LSRCN	91.95	0.966	0.750	

Fuente: Autor.

2.14. Terremoto de Denali Alaska

Este terremoto ocurrió el 3 de noviembre de 2002 a las 22:12, su epicentro fue a 66 km del este del Parque Nacional Denali, con una magnitud de 7.9 Mw que rompió la falla Denali en la escarpada cordillera de Alaska. Comenzó con un movimiento de empuje en la falla del glaciar Susitna al sur de la falla de Denali, luego la ruptura pasó a la falla Denali y se desplazó por 220 km hasta pasar nuevamente a la falla Totschunda y romper 70 km del plano de falla.

Tabla 17 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Denali, Alaska.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
A L A S K A	T E R R E M O T O	1	DOI	Anchorage - DOI Off. of Aircraft	293.49	0.225	0.118	REGISTROS SÍSMICOS
		2	DOWL	Anchorage - Dowl Eng Warehouse	291.14	0.140	0.097	
		3	K202	Anchorage - K2-02	285.28	0.115	0.106	
		4	K203	Anchorage - K2-03	284.25	0.090	0.086	
		5	K204	Anchorage - K2-04	294.6	0.111	0.137	
		6	K205	Anchorage - K2-05	290.02	0.145	0.160	
		7	K206	Anchorage - K2-06	288.95	0.107	0.092	
		8	NOAA	Anchorage - NOAA Weather Fac.	296.11	0.194	0.136	
		9	FS_1	Anchorage - New Fire Station #1	287.53	0.182	0.173	
		10	FS_7	Anchorage - New Fire Station #7	296.82	0.199	0.202	
		11	POLIC	Anchorage - Police Headquarters	289.76	0.087	0.098	
		12	FISH	Anchorage - State Fish & Game	293.48	0.122	0.128	
		13	CARLO	Carlo (temp)	67.67	0.826	0.932	
		14	EAGLE	Eagle River - AK Geologic Mat	266.79	0.059	0.058	
		15	FAIFS	Fairbanks - Ester Fire Station	147.61	0.404	0.471	
		16	FAIGO	Fairbanks - Geophysic. Obs, CIGO	149.48	0.693	0.844	
		17	R109	R109 (temp)	61.96	1.066	0.569	
		18	PS08	TAPS Pump Station #08	115.48	0.353	0.451	
		19	PS09	TAPS Pump Station #09	93.2	0.732	0.549	
		20	PS10	TAPS Pump Station #10	84.42	2.917	3.237	

Fuente: Autor.

2.15. Terremoto de Chichi Taiwan

Fue el 21 de septiembre de 1999 1:47 am, el epicentro del sismo fue en la ciudad de Jiji, lo provocó las fallas de empuje a lo largo de la falla de Chelungpu en el centro de Taiwan, tuvo una profundidad de 8.0 km duro 1 minuto y su magnitud fue 7.62 Mw. Después del terremoto existieron más de mil réplicas.

“Aún más doloroso es el descubrimiento de que en varios de los edificios desplomados en Taipei, los cimientos eran endebles como en Turquía. ‘Muchas partes que deberían ser de cemento son meras latas de aceite vacías’, exclamó un voluntario de los equipos de rescate. Son muchos los edificios, incluidos los hoteles de lujo, que presentan grietas en sus fachadas. Las Huellas de lo sucedido están por doquier.” (El País, 1999)

Tabla 18 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Chi-Chi, Taiwan.

PAIS	EVENTO	No.	ESTACIÓN / CÓDIGO	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
T A I W A N	T E R R E M O T O H I C H I	1	CHY002	43.97	1.083	1.348	REGISTROS SÍSMICOS
		2	CHY050	76.04	1.048	0.661	
		3	CHY116	112.56	0.628	0.509	
		4	HWA002	75.76	0.509	0.890	
		5	HWA030	64.42	0.697	0.804	
		6	HWA060	78.39	0.400	0.342	
		7	ILA001	154.32	0.228	0.245	
		8	ILA030	136.15	4.696	1.086	
		9	ILA067	86.38	1.952	1.686	
		10	KAU001	78.86	0.426	0.219	
		11	KAU040	184.73	0.076	0.076	
		12	KAU088	143.91	0.241	0.290	
		13	TAP003	151.65	1.272	1.056	
		14	TAP051	152.71	1.113	0.628	
		15	TAP103	167.14	1.206	1.727	
		16	TCU003	137.02	0.508	0.802	
		17	TCU079	7.64	5.809	4.163	
		18	TCU147	120.37	1.118	1.316	
		19	TTN001	86.82	0.945	0.609	
		20	TTN051	76.28	0.284	0.327	

Fuente: Autor.

2.16. Terremoto de Kocaeli Turquía

Este terremoto sucedió el 17 de agosto de 1999 a las 3:02 am, tuvo una duración de 37 segundos con una magnitud de 7.51 Mw y 16 km de profundidad. Fue ocasionado por la placa Tectónica de Anatolia, esta se desplazó a lo largo de la falla que la separa de la plaza eurasiática. La ciudad más perjudicada fue Izmit.

“Los daños en las construcciones se deben en su mayoría a deficiencias en la práctica de la construcción (configuraciones estructurales desaconsejadas, inadecuada realidad de los materiales, incorrecta disposición o detallado del acero de refuerzo) junto con la falta de control. Se pudo verificar que las dimensiones de los pilares y las vigas han sido insuficientes y que la mayoría de las configuraciones del entramado estructural no obedecen a sistemas estructurales adecuados para zonas sísmicas, aunque Turquía ha contado desde hace varias décadas con normativas de construcción reconocidas a nivel internacional por su adelanto técnico.” (Barbat Barbat & Cardona Arboleda, 1999)

Tabla 19 Tabla resumen de la información recopilada sobre las estaciones y sus características principales del terremoto en Kocaeli, Turquía.

PAIS	EVENTO	No.	CÓDIGO	ESTACIÓN/NOMBRE	DISTANCIA (km)	PGA E (m/s ²)	PGA N (m/s ²)	PAGINA WEB DE
TURQUÍA	TERREMOTO EN KOCAELI	1	ATS	Ambarli	112.26	1.823	2.479	REGISTROS SÍSMICOS
		2	ARE	Arcelik	53.68	1.317	2.061	
		3	ATK	Atakoy	99.69	1.645	1.004	
		4	BSI	Bursa Sivil	96.13	0.531	0.441	
		5	BUR	Bursa Tofas	95.02	0.983	0.991	
		6	CNA	Cekmece	107.98	1.296	1.739	
		7	DZC	Duzce	98.22	3.573	3.060	
		8	ERG	Eregli	186.95	0.997	0.856	
		9	FAT	Fatih	93.86	1.587	1.845	
		10	GBZ	Gebze	47.03	1.411	2.558	
		11	GYN	Goynuk	77.63	1.176	1.347	
		12	DHM	Hava Alani	101.86	0.830	0.884	
		13	IST	Istanbul	89.12	0.591	0.419	
		14	IZT	Izmit	5.31	2.258	1.620	
		15	IZN	Izmit	39.82	1.060	0.890	
		16	KUT	Kutahya	147.89	0.491	0.585	
		17	MSK	Maslak	90.74	0.371	0.519	
		18	MCD	Mecidiyekoy	90.66	0.690	0.522	
		19	YPT	Yarimca	19.3	3.157	2.224	
		20	ZYT	Zeytinburnu	94.83	1.071	1.168	

Fuente: Autor.

A continuación, se podrá observar en la **Tabla 20** en manera de resumen las características principales de los eventos sísmicos previamente seleccionados e investigados.

Tabla 20 Tabla resumen de las características principales de los eventos sísmicos seleccionados.

No.	EVENTO SÍSMICO/NOMBRE	PAÍS	FECHA	MAGNITUD	TIPO DE FALLA	PROFUNDIDAD (km)	PAG. WEB DE DESCARGA/ FUENTE	
							USGS	IRIS
1	Terremoto en el mar de Chile	Chile	27/2/2010	8.80	<i>Falla Inversa</i>	30.1	USGS	IRIS
2	Terremoto de Tocopilla	Chile	14/11/2007	7.70	<i>Falla Inversa</i>	33.6	USGS	IRIS
3	Terremoto de Tarapaca	Chile	13/6/2005	7.90	<i>Falla Normal</i>	108.0	USGS	IRIS
4	Terremoto en Pedernales, Manabí	Ecuador	16/5/2016	7.80	<i>Falla Inversa</i>	20.6	USGS	IRIS
5	Terremoto de Pijijiapan, Chiapas	México	7/9/2017	8.20	<i>Falla Normal</i>	45.9	USGS	IRIS
6	Terremoto en San Felipe Ayutla, Puebla	México	19/9/2017	7.10	<i>Falla Normal</i>	38.5	USGS	IRIS
7	Terremoto de Loreto	Perú	26/5/2019	8.00	<i>Falla Inversa</i>	135.0	USGS	IRIS
8	Terremoto de Arequipa	Perú	14/1/2018	7.10	<i>Falla Inversa</i>	24.0	USGS	IRIS
9	Terremoto de Hector Mine, sur de California	Estados Unidos	16/10/1999	7.13	<i>Falla Transcurrente</i>	13.7	USGS	IRIS
10	Terremoto de Landers, sur de California	Estados Unidos	28/6/1992	7.28	<i>Falla Transcurrente</i>	7.0	USGS	IRIS
11	Terremoto en Tohoku	Japón	11/3/2011	9.10	<i>Falla Inversa</i>	24.0	USGS	IRIS
12	Terremoto en Kobe	Japón	17/1/1995	6.90	<i>Falla Transcurrente</i>	17.9	USGS	IRIS
13	Terremoto de Darfield	Nueva Zelanda	3/9/2010	7.00	<i>Falla Transcurrente</i>	10.9	USGS	IRIS
14	Terremoto en Denali	Alaska	3/11/2002	7.90	<i>Falla Normal</i>	8.9	USGS	IRIS
15	Terremoto en Chi-Chi	Taiwan	21/9/1999	7.62	<i>Falla Inversa</i>	8.0	USGS	IRIS
16	Terremoto en Kocaeli	Turquia	17/8/1999	7.51	<i>Falla Transcurrente</i>	16.0	USGS	IRIS

Fuente: Autor.

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Desarrollo de los espectros de desplazamiento de respuesta para todos los eventos sísmicos.

Una vez ya seleccionados todos los eventos sísmicos a utilizar, se procede a buscar sus respectivos registros sísmicos, para eso se harán uso de diferentes plataformas virtuales en las cuales se puede buscar y descargar toda la información, plataformas como la página oficial de la Universidad de Berkley (donde se obtuvo la mayoría de registros), la página oficial de la UNAM (para registros mexicanos), la página oficial de la FCFM (Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Universidad de Chile, para registros chilenos), etc.

Una vez con todos los registros ya obtenidos se procede a calcular los espectros de desplazamiento de respuesta para cada uno de los eventos sísmicos seleccionados, para eso se utilizará un software de análisis de respuesta sísmica llamada **PRISM**.

PRISM es un programa para sistemas de un grado de libertad, el cual procesa y filtra datos de sismos, calcula respuestas en la historia de estructura con distintos modelos y genera espectros de respuesta elásticos e inelásticos, permite escalar el PGA, cortar o corregir con base de línea los datos de los registros sísmicos.

3.2. Pasos para obtener los Espectros de Respuesta en base a los registros sísmicos obtenidos de las estaciones aceleró-gráficas.

Para poder demostrar cómo funciona el programa PRISM se procederá a tomar como ejemplo el registro sísmico que se obtuvo de la estación acelerográfica APED (Pedernales) en la componente Norte-Sur, la cual corresponde a una de las estaciones más cercanas en donde se produjo el Terremoto del 16 de abril de 2016 en la ciudad de Pedernales, Ecuador.

En la pantalla principal del programa se debe de abrir el documento en el cual se encuentre el registro sísmico correspondiente, en este caso el registro de la estación APED (Pedernales).

Una vez insertado el registro sísmico dentro del programa se deberá de configurar los diferentes parámetros dependiendo de cómo hayan sido tomados los distintos valores de aceleración del suelo. Para el caso de la estación APED (Pedernales N-S), los datos fueron registrados en términos de la gravedad y la toma de datos fue de cada 0.01 segundos.

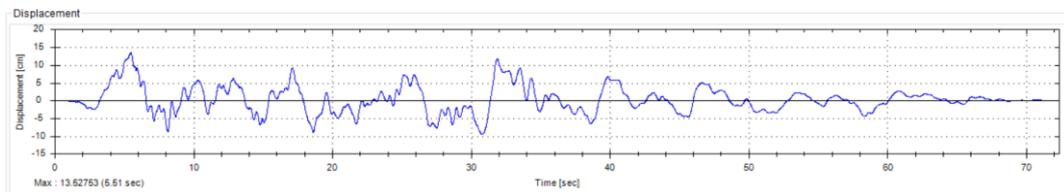


Figura 6 Historia Tiempo de Desplazamientos para el sismo de Pedernales, Ecuador; Estación APED (Pedernales N-S) en el programa PRISM.

Fuente: Autor.

Una vez obtenidos los resultados, se procede a generar el Espectro de Respuesta de Desplazamientos, teniendo en cuenta que se lo va a realizar para una amortiguación crítica (ξ) del 5% y para un periodo máximo (T) de 5 segundos.

Una vez utilizado el programa para generar el espectro de respuesta de desplazamiento, lo que se procede a realizar es el cambio de datos del software hacia una hoja de cálculo de Excel para poder tener un mejor manejo de la información.

3.3. Obtención de los diferentes espectros de respuesta con los datos proporcionados del software.

En una hoja de cálculo en Excel se procederá a realizar una hoja de resumen con todos los datos proporcionados por el programa PRISM.

Para el sismo de Pedernales, Ecuador en la estación APED (Pedernales N-S) se puede observar en la **Figura 7** como quedaría el espectro de respuesta de desplazamientos.

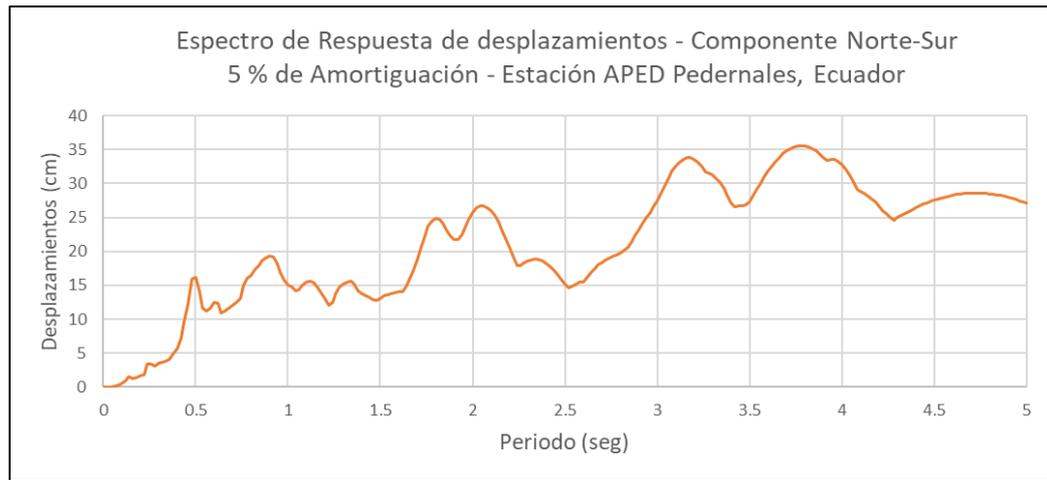


Figura 7 Espectro de Respuesta de Desplazamiento, sismo de Pedernales, Ecuador; Estación APED.

Fuente: Autor.

Tabla 21 Tabla resumen de los valores máximos de cada uno de los Espectros de Respuesta y sus tiempos de ocurrencia.

Parámetro	Valor		Al Tiempo de	
Aceleración máxima	3.21097	g	0.14	seg
Velocidad máxima	198.3882	cm/seg	0.5	seg
Desplazamiento max.	35.53205	cm	3.78	seg

Fuente: Autor.

Se realiza el mismo proceso para todas las estaciones involucradas en el sismo y estaciones correspondientes y como resultado se generará una gráfica la cual engloba el resultado de todos los espectros que pertenecen a ese evento sísmico en la componente seleccionada, como se muestra en la **Figura 8**.

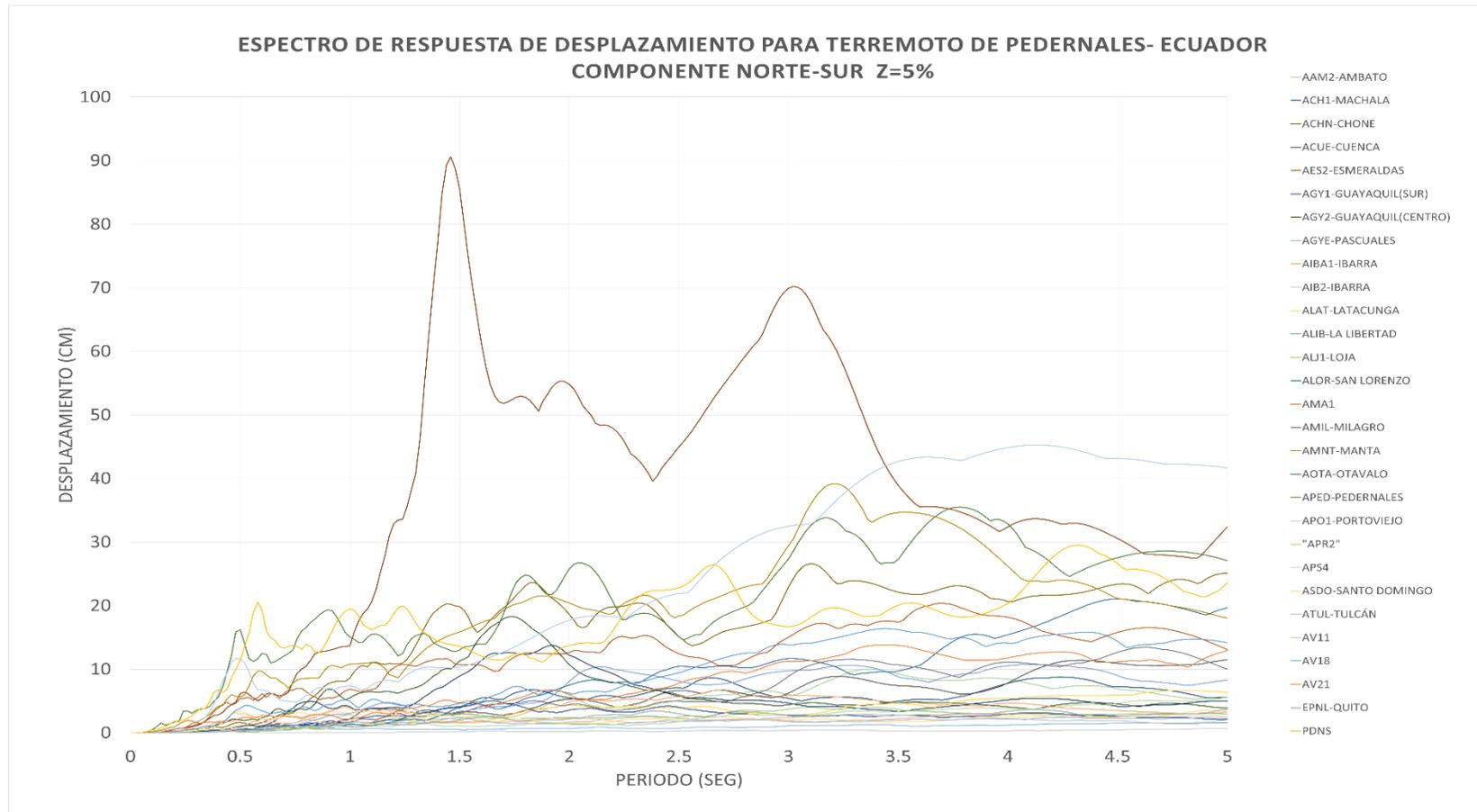


Figura 8 Espectro de respuesta de desplazamiento para terremoto de Pedernales, Ecuador componente Norte-Sur $\zeta=5\%$.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la ***Figura 8*** se encuentran en una sola gráfica todos los espectros de respuesta de desplazamientos para la componente Norte-Sur a una amortiguación crítica del 5%, este mismo proceso se lo realiza para cada terremoto en sus dos componentes horizontales principales. Graficas que se encontrarán en ANEXOS para todos los terremotos antes mencionados.

3.4. Clasificación y eliminación de registros por medio de un filtro del 2% del PGA.

Para poder obtener mejores resultados al momento de generar las comparaciones entre espectros, se procede a clasificar y a eliminar algunos registros que sus resultados resultarán poco servibles. Como se puede observar en las tablas del Capítulo II se ha remarcado de color rojo las estaciones que presentan registros con un valor menor o igual al 2% del PGA registrado. Por medio de este método se obviarán colocar dichos espectros de respuesta al momento de realizar las comparaciones con los espectros de diseño, pero sin embargo estos espectros igual se verán reflejados en los ANEXOS.

3.5. Cálculo de espectros de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica y diferentes provincias del Ecuador.

Se realizó el cálculo de los espectros de diseño para los diferentes tipos de suelo (A, B, C, D y E), las diferentes zonas sísmicas (para este caso solo se escogieron las zonas sísmicas 4, 5 y 6) y los diferentes lugares (provincias de la costa, sierra y la provincia de Esmeraldas) del Ecuador. Teniendo en cuenta que se los realizará para un terremoto de periodo de retorno de 475 años y un terremoto de periodo de retorno de 2500 años el cual se lo multiplicó por un factor de 1.5 al espectro de diseño de desplazamientos de un terremoto para 475 años.

Lo primero que se debe de realizar es el espectro de aceleraciones de diseño y mediante este es posible calcular el espectro de desplazamiento de diseño. Siguiendo lo descrito por la NEC 15 para el proceso de cálculo de los espectros de diseño, se obtiene como resultado:

3.5.1. Provincias de la Costa con un Terremoto de 475 años

Zona sísmica IV, $Z=0.35g$

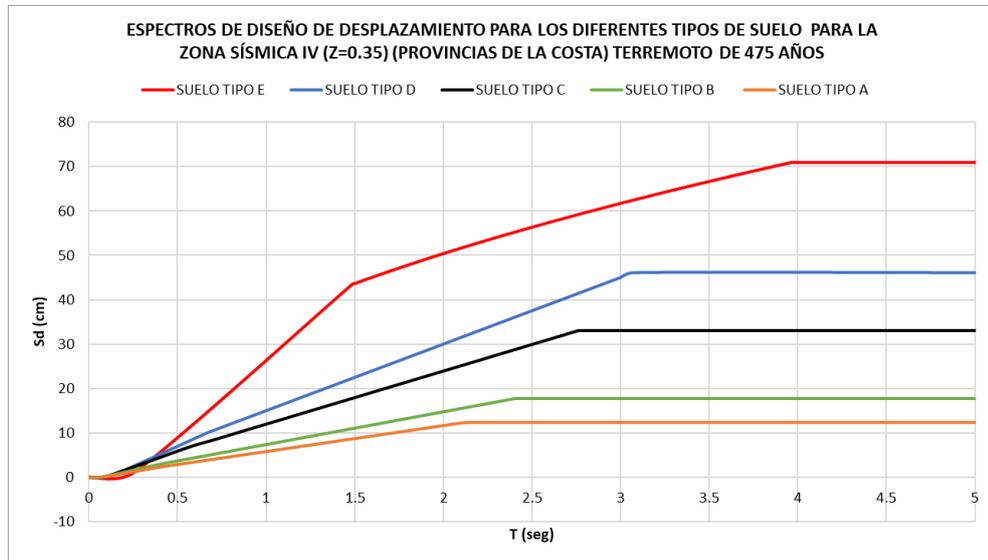


Figura 9 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 475 años. (costa)

Fuente: Autor.

Zona sísmica V, $Z=0.4g$

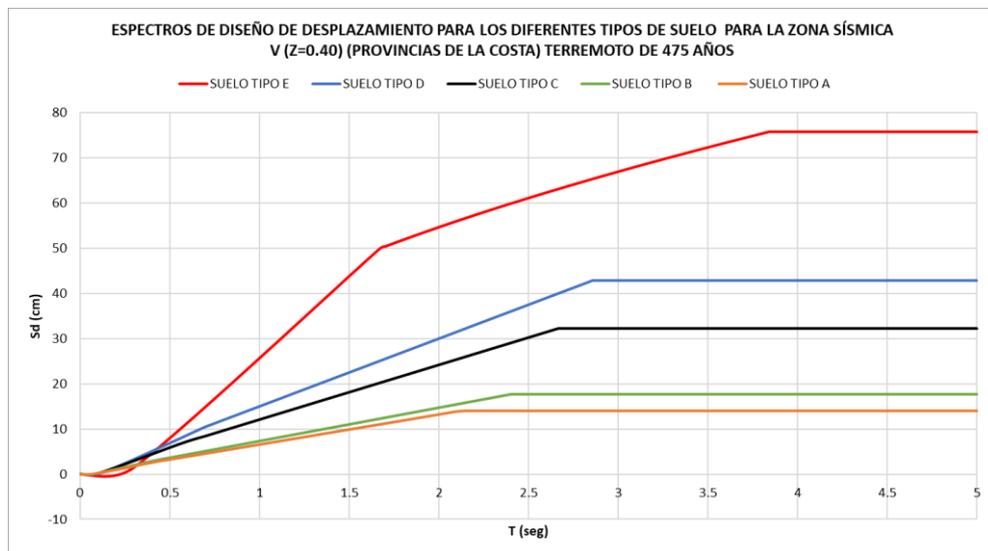


Figura 10 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 475 años. (costa)

Fuente: Autor.

Zona sísmica VI, $Z \geq 0.5g$

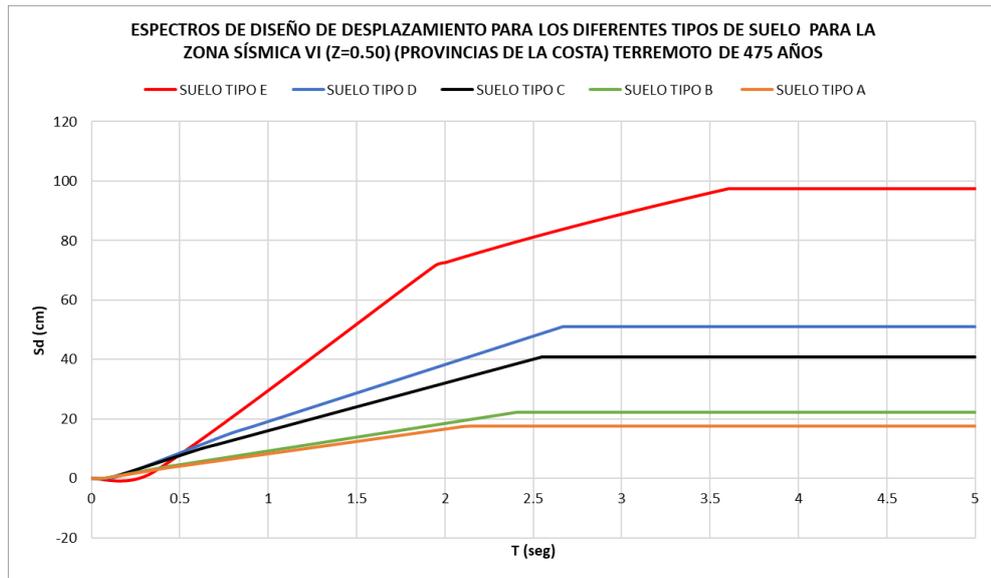


Figura 11 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 475 años.(costa)

Fuente: Autor.

3.5.2. Provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas con un Terremoto de 475 años

Zona sísmica IV, $Z=0.35g$

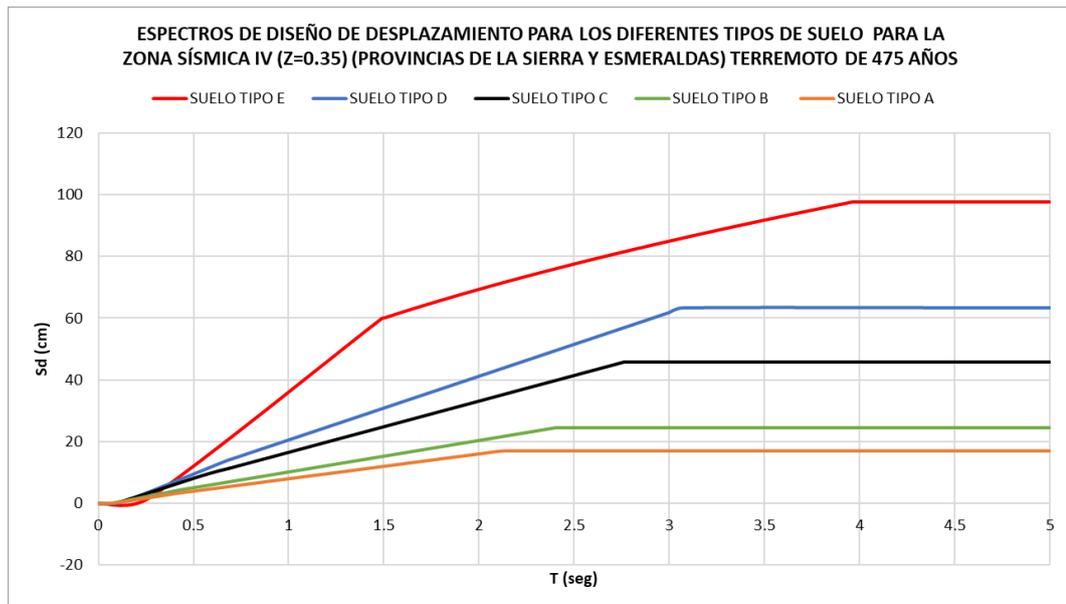


Figura 12 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 475 años.(sierra)

Fuente: Autor.

Zona sísmica V, $Z=0.4g$

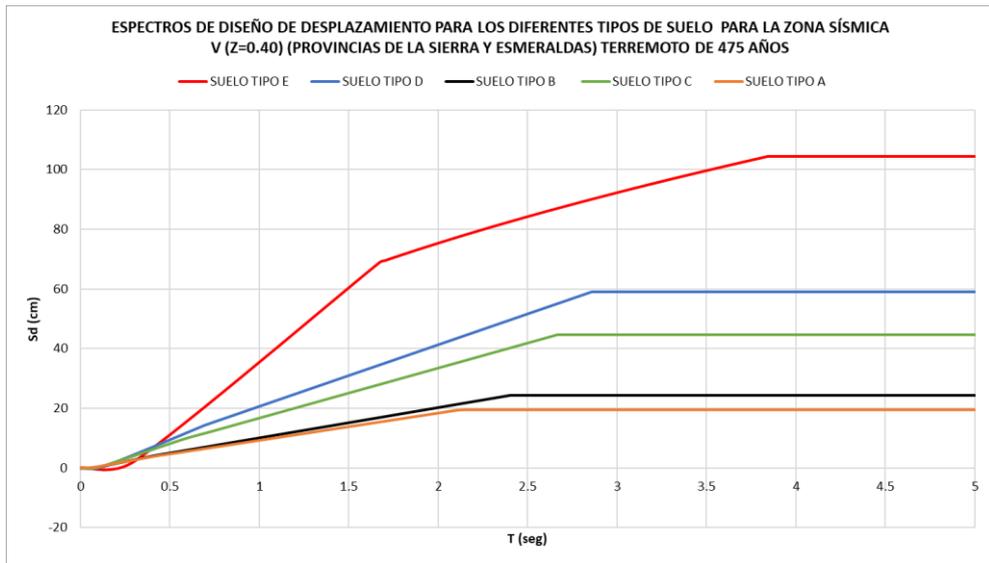


Figura 13 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 475 años. (sierra)

Fuente: Autor.

Zona sísmica VI, $Z \geq 0.5g$

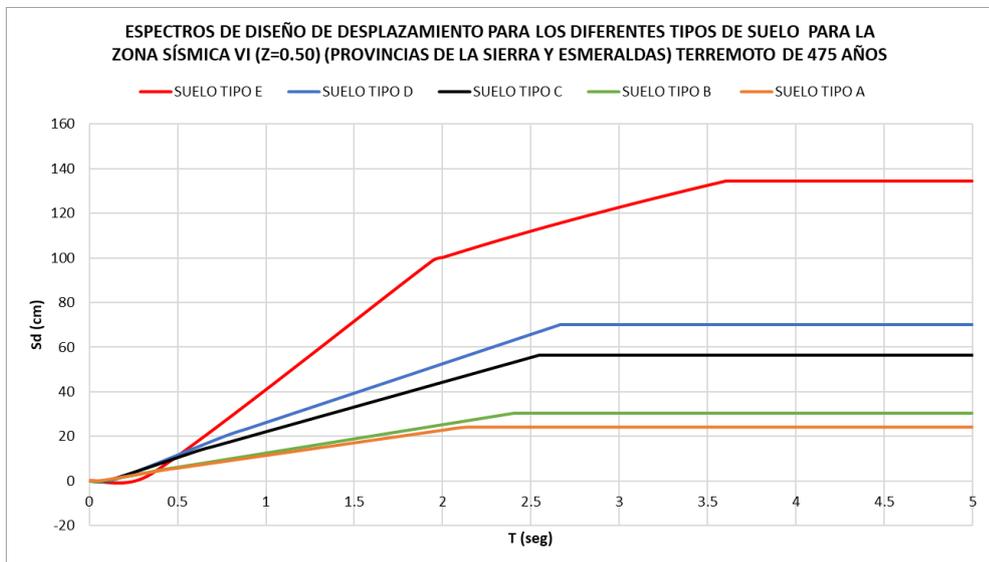


Figura 14 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 475 años (sierra)

Fuente: Autor.

3.5.3. Provincias de la Costa con un Terremoto de 2500 años

Zona sísmica IV, $Z=0.35g$

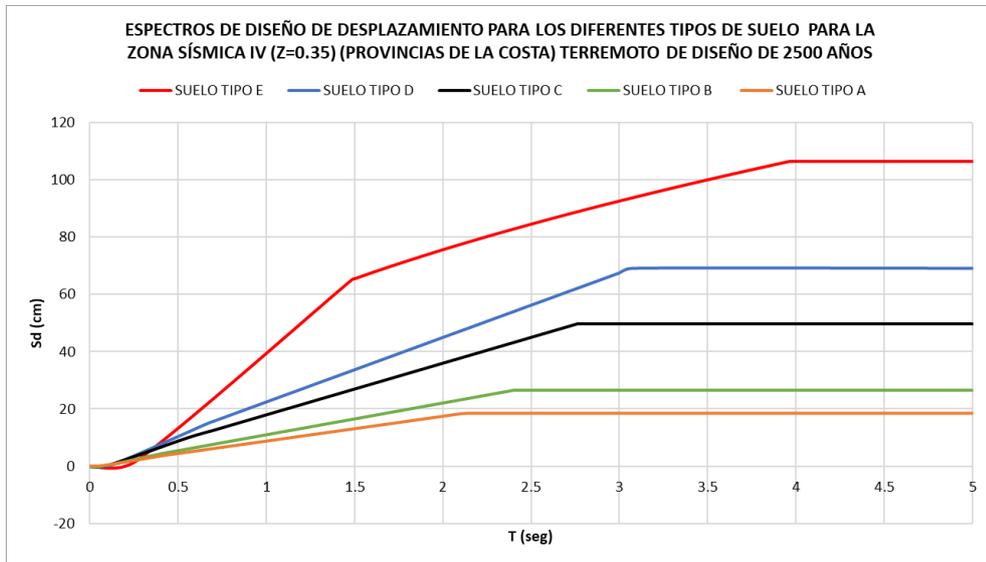


Figura 15 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 2500 años (costa)

Fuente: Autor.

Zona sísmica V, $Z=0.4g$

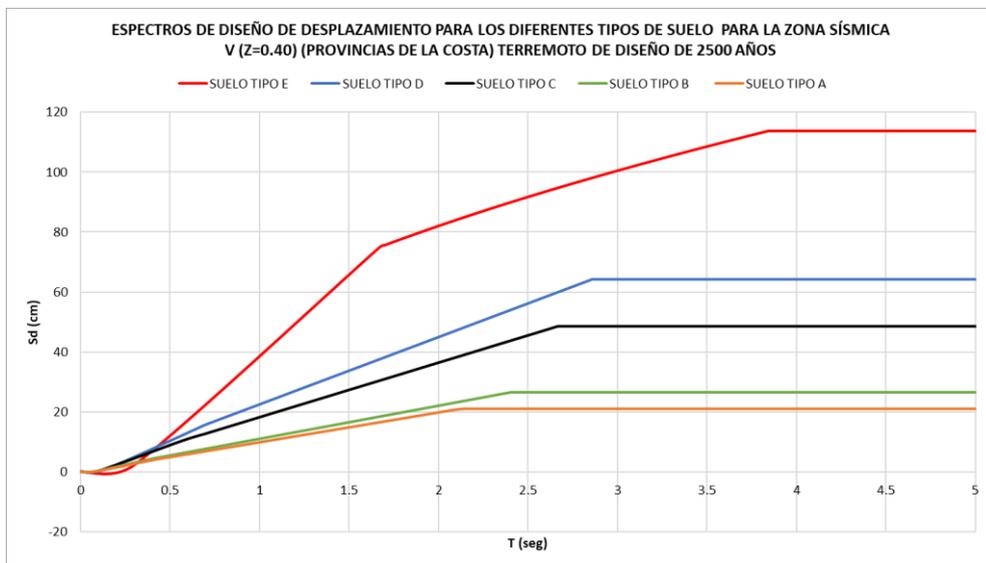


Figura 16 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 2500 años (costa)

Fuente: Autor.

Zona sísmica VI, $Z \geq 0.5g$

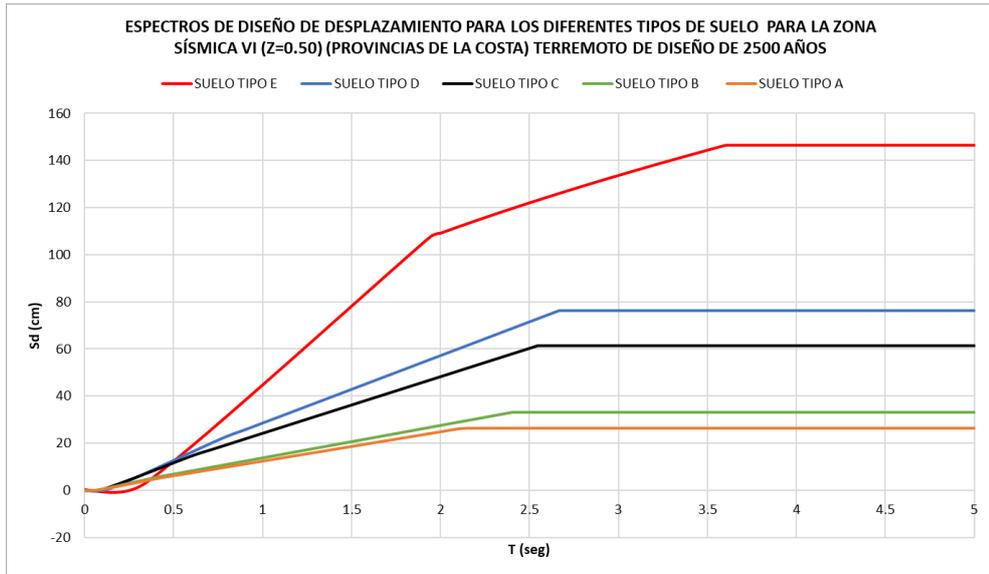


Figura 17 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 2500 años (costa)

Fuente: Autor.

3.5.1. Provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas con un Terremoto de 2500 años

Zona sísmica IV, Z=0.35g

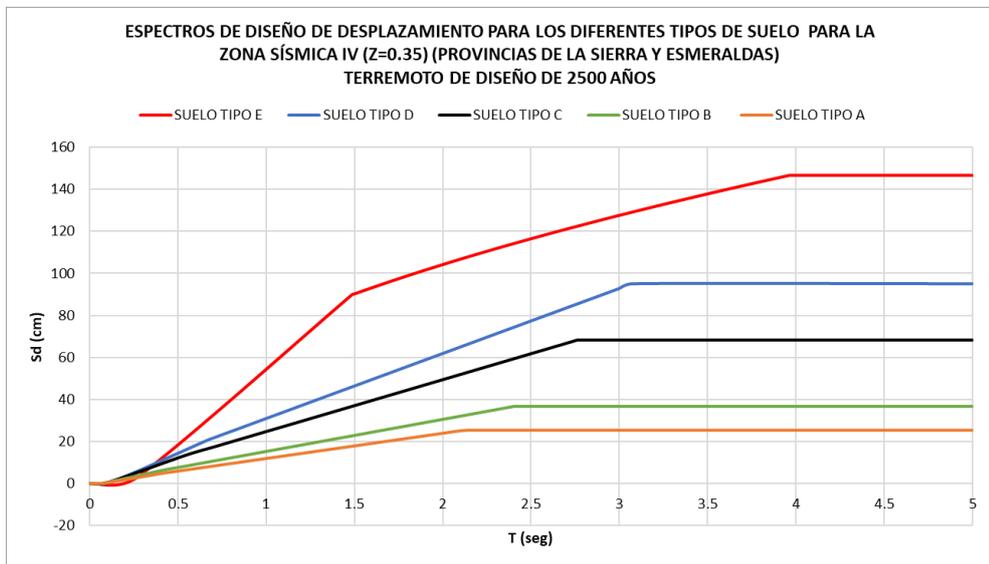


Figura 18 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica IV, 2500 años (sierra)

Fuente: Autor.

Zona sísmica V, $Z=0.4g$

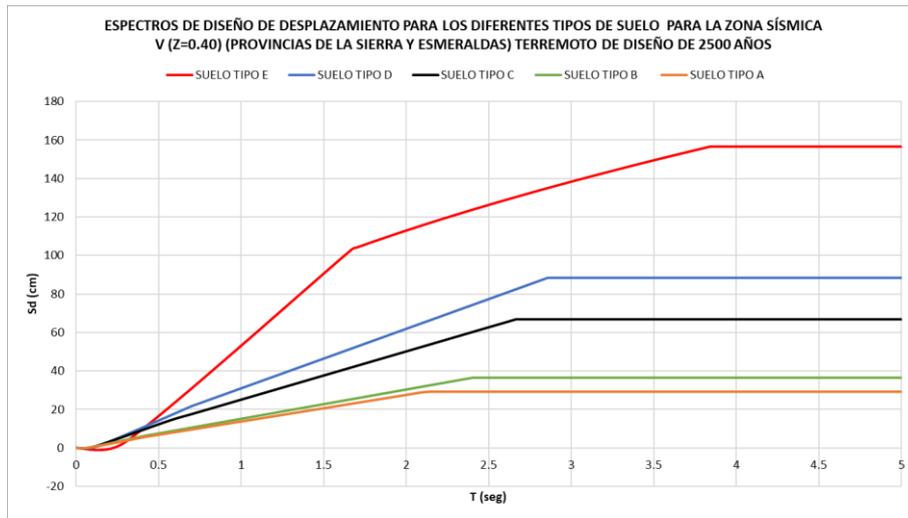


Figura 19 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica V, 2500 años (sierra)

Fuente: Autor.

Zona sísmica VI, $Z \geq 0.5g$

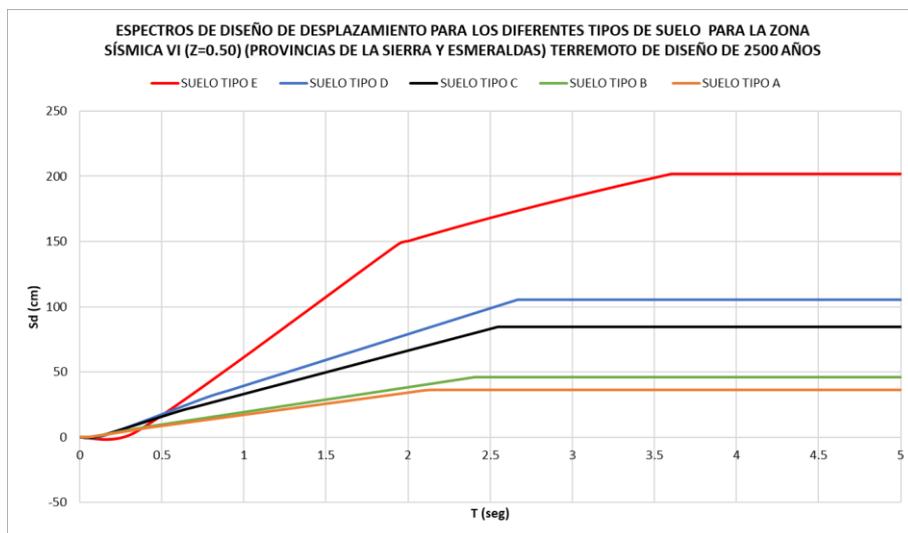


Figura 20 Espectro de diseño para los diferentes tipos de suelo, zona sísmica VI, 2500 años (sierra)

Fuente: Autor.

Una vez obtenidos todos los espectros de desplazamiento de diseño para los diferentes tipos de suelo, las diferentes zonas sísmicas seleccionadas y para un terremoto de 475 años de periodo de retorno y un terremoto de 2500 años de periodo de retorno, se procede a realizar la comparación de espectros.

4. CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez definida la metodología a seguir para poder obtener los espectros de respuesta de cada una de las estaciones de cada terremoto seleccionado en el sentido Norte-Sur, Este-Oeste y los espectros de diseño de desplazamiento para las zonas sísmicas 4,5, y 6 para los diferentes tipos de suelo que presenta la NEC 15 (suelo tipo A, B, C, D y E), se procede con la comparación de los espectros y poder generar resultados.

Cabe recalcar que las comparaciones se las realizará para un terremoto de periodo de retorno de 475 años y un terremoto de periodo de retorno de 2500 años, teniendo en cuenta también el hecho de tener espectros para cada una de las regiones del Ecuador (Costa, Sierra, Oriente e Insular). Para este caso en particular se tomarán en cuenta solo los espectros que se hayan generado para las provincias de la costa, y de la sierra (estos son iguales para la provincia de Esmeraldas).

4.1. TERREMOTO DE MAULE, CHILE

A continuación, en la **Figura 21** e **Figura 22** se presentan los espectros de respuesta de desplazamiento para las componentes Norte-Sur y Este-Oeste del terremoto en Maule, Chile.

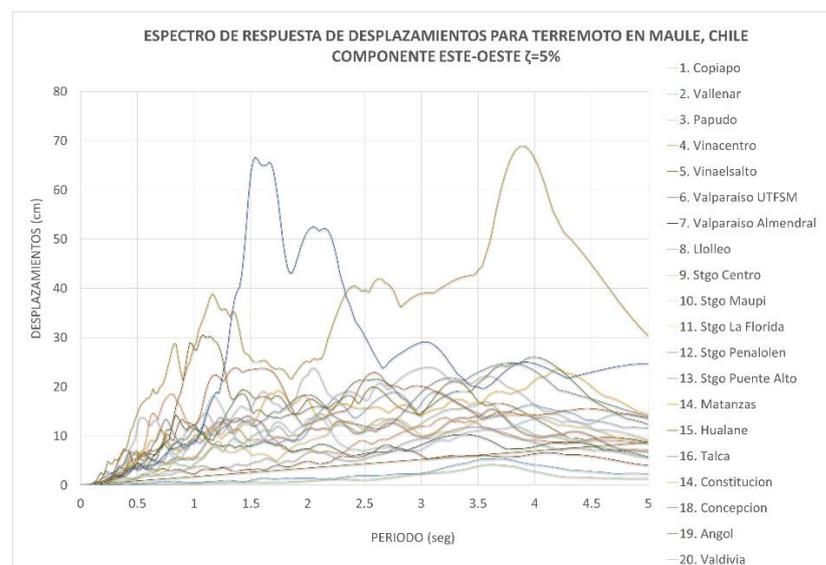


Figura 21 Espectros de respuesta de desplazamiento para la componente Este-Oeste perteneciente al Terremoto de Maule, Chile.

Fuente: Autor.

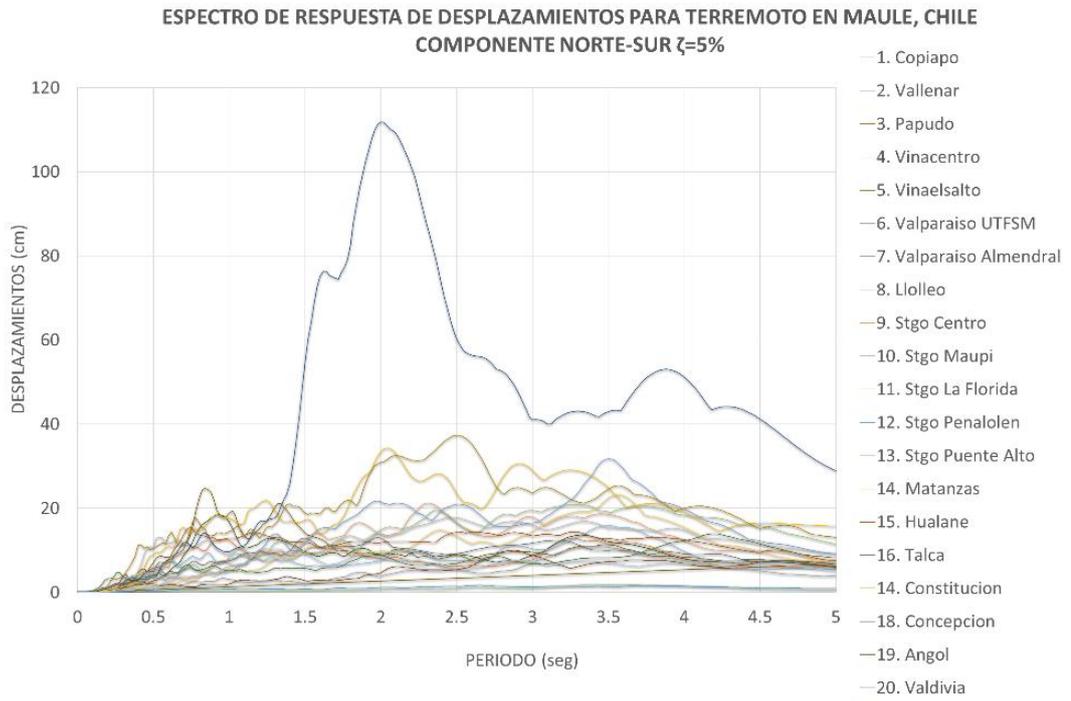


Figura 22 Espectros de respuesta de desplazamiento para la componente Norte-Sur perteneciente al

Terremoto de Maule, Chile.

Fuente: Autor.

4.1.1. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Maule, Chile.

El desplazamiento máximo se presentó en la estación de la CONCEPCIÓN con un valor alrededor de 112 cm. Por este motivo es importante realizarse la comparación para ver el efecto que tiene sobre los espectros de diseño:

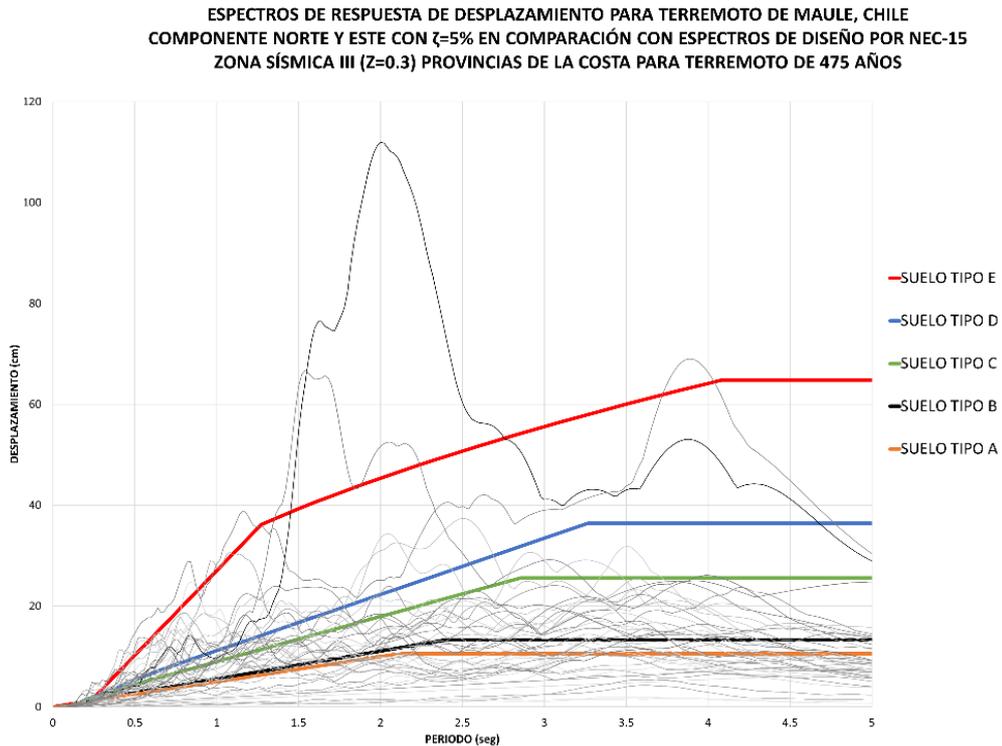


Figura 23 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 años.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la **Figura 23** la mayoría de los registros se encuentran dentro de los rangos establecidos por los espectros de diseño para $z=0.35g$ y un terremoto de 475 años, con las excepciones de las estaciones CONCEPCIÓN Y CONSTITUCIÓN, que como se puede verificar en la **tabla 4** presentan un valor elevado de PGA y una distancia relativamente corta en comparación a las demás estaciones.

ESPECTROS DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA TERREMOTO DE MAULE, CHILE
 COMPONENTE NORTE Y ESTE CON $\zeta=5\%$ EN COMPARACIÓN CON ESPECTROS DE DISEÑO POR NEC-15
 ZONA SÍSMICA III ($Z=0.3$) PROVINCIAS DE LA COSTA PARA TERREMOTO DE 2500 AÑOS

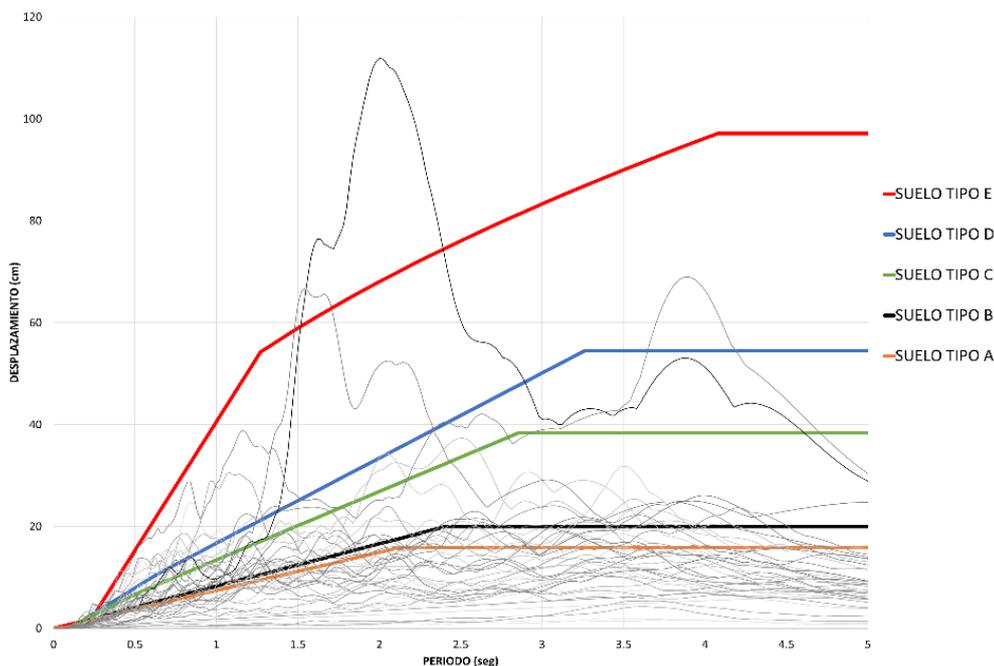


Figura 24 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 24** se puede observar los espectros de respuesta con los espectros de diseño para un terremoto de 2500 años y $z=0.35g$. Para periodos entre un rango de 1.5 a 2.5 segundos aún se puede observar que el espectro de diseño para un suelo tipo E queda fuera del pico máximo de desplazamiento. Aunque la mayoría de los espectros de respuesta ya se observan dentro de los de diseño para sus diferentes tipos de suelo.

Se procede a realizar el mismo procedimiento de comparación, pero ahora con los espectros de diseño pertenecientes a la zona sísmica 6 ($z \geq 0.5g$), para un terremoto de periodo de retorno de 475 años y para un terremoto de periodo de retorno de 2500 años.

ESPECTROS DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA TERREMOTO DE MAULE, CHILE
 COMPONENTE NORTE Y ESTE CON $\zeta=5\%$ EN COMPARACIÓN CON ESPECTROS DE DISEÑO POR NEC-15
 ZONA SÍSMICA VI ($Z=0.5$) PROVINCIAS DE LA COSTA PARA TERREMOTO DE 475 AÑOS

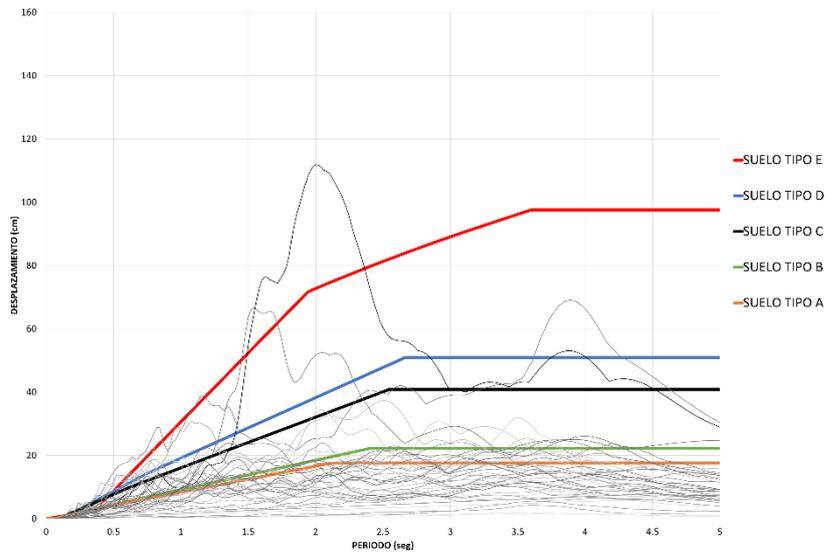


Figura 25 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 años.

Fuente: Autor.

ESPECTROS DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA TERREMOTO DE MAULE, CHILE
 COMPONENTE NORTE Y ESTE CON $\zeta=5\%$ EN COMPARACIÓN CON ESPECTROS DE DISEÑO POR NEC-15
 ZONA SÍSMICA V ($Z=0.5$) PROVINCIAS DE LA COSTA PARA TERREMOTO DE 2500 AÑOS

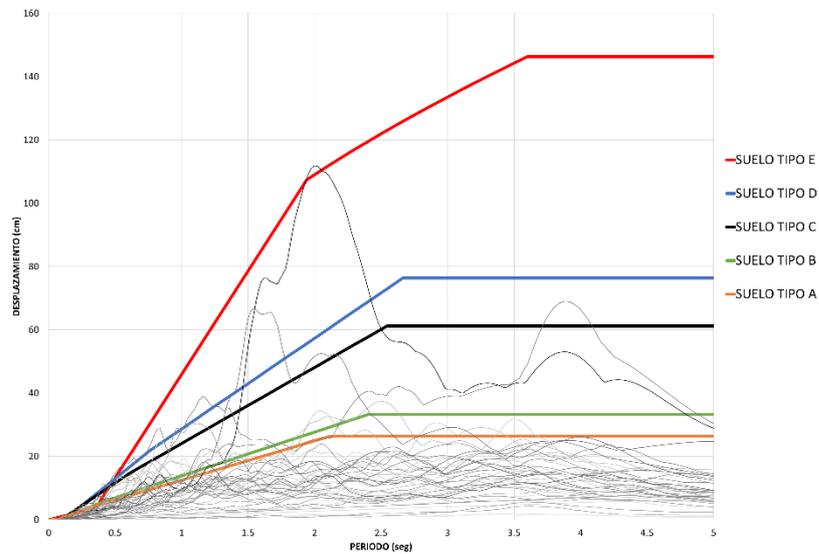


Figura 26 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 2500 años.

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la **Figura 25** ya para la zona sísmica 6 aún se observa que entre los periodos 1.5 y 2.5 no llega a estar dentro del tipo de suelo E el pico máximo de desplazamiento del terremoto de Maule, sin embargo, en la **Figura 26** ya se puede observar que todos los espectros de respuesta de desplazamiento se

encuentran dentro del espectro de diseño para suelo E, el cual es el suelo más volátil de todos.

4.1.2. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Maule, Chile.

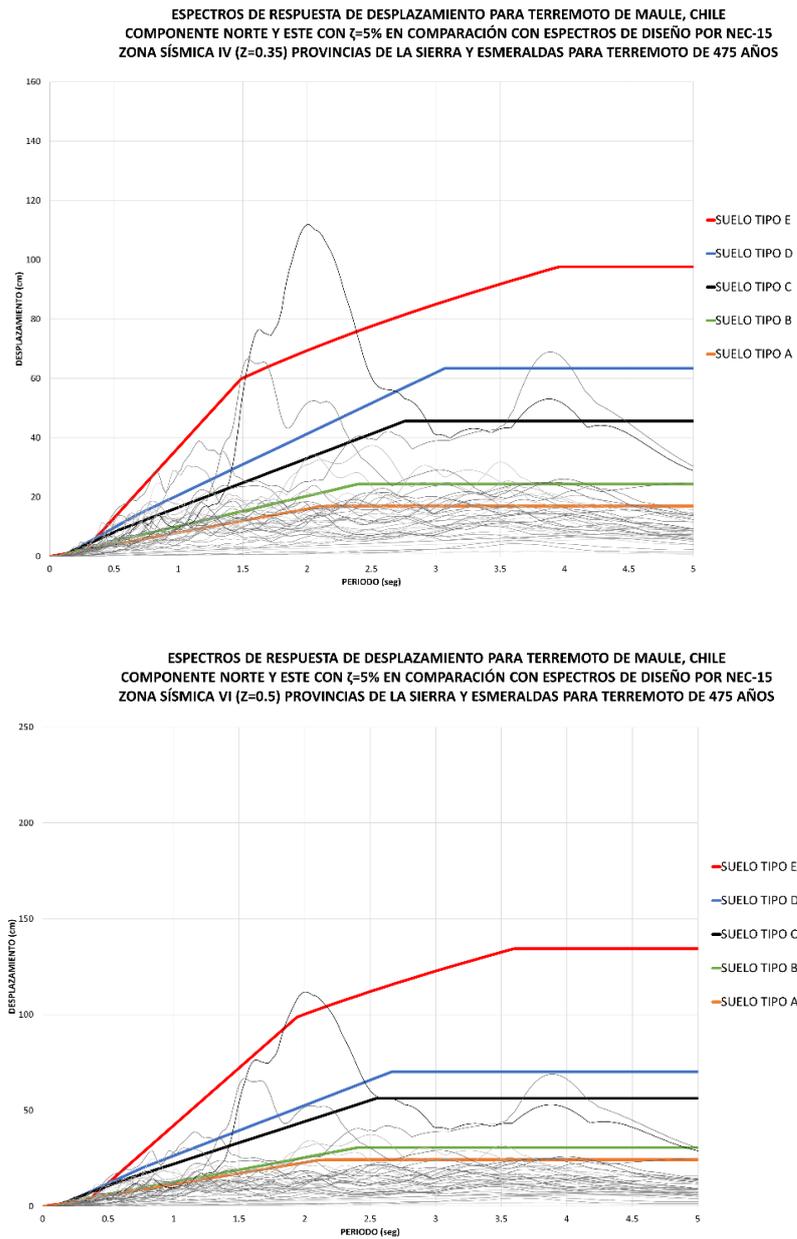


Figura 27 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.

Fuente: Autor.

Se observa en la **Figura 27** la comparación de los espectros de diseño para las provincias de la Sierra y Esmeraldas con los espectros de respuesta para los terremotos de 475 años en las zonas sísmicas 4 y 6.

La diferencia radica en la inclusión casi completa de todos los espectros de respuesta para un suelo tipo E en los espectros de diseño para un $z=0.5$. La mayoría de los espectros de respuesta se encuentran bajo un suelo tipo C.

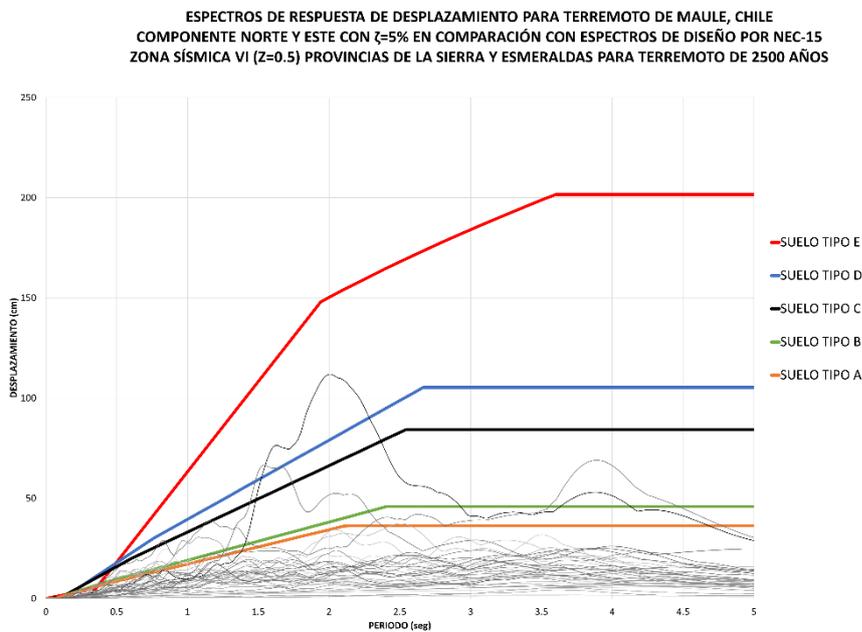
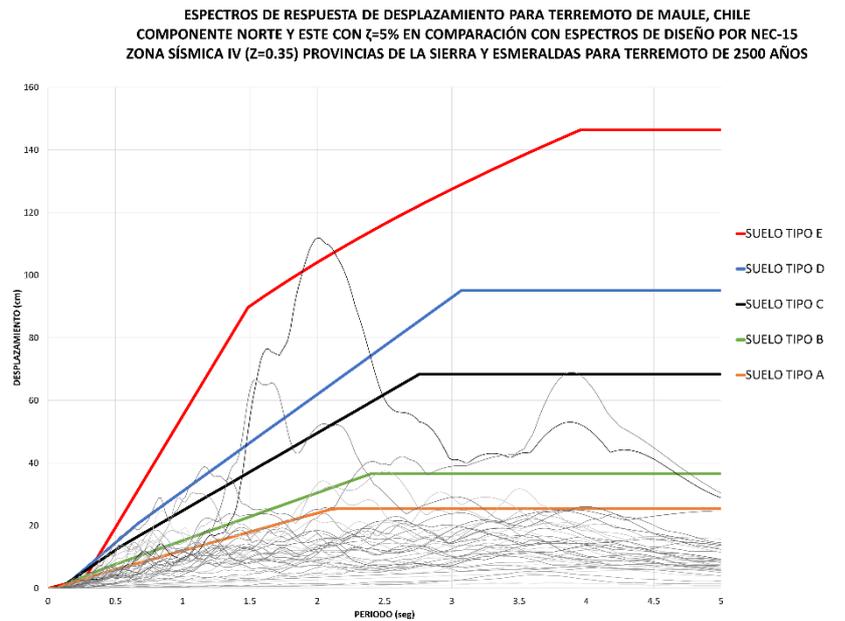


Figura 28 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.

Fuente: Autor.

Ahora con un terremoto de 2500 años se observa en la ***Figura 28*** que tanto para la zona sísmica 4 y 6 los espectros de respuesta de desplazamientos se encuentran dentro del tipo de suelo E, y se puede observar todavía un gran desfase entre el pico máximo y el tipo de suelo E.

***Nota:** Para los siguientes terremotos se seguirá el mismo proceso, pero en este caso se optará por colocar los resultados de los espectros que se han encontrado relevantes o los que sean bastante conocidos. Los gráficos de aquellos que no se encuentren en este capítulo estarán colocados en la sección de los anexos.

4.2. TERREMOTO DE PEDERNALES, ECUADOR

4.2.1. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Pedernales, Ecuador.

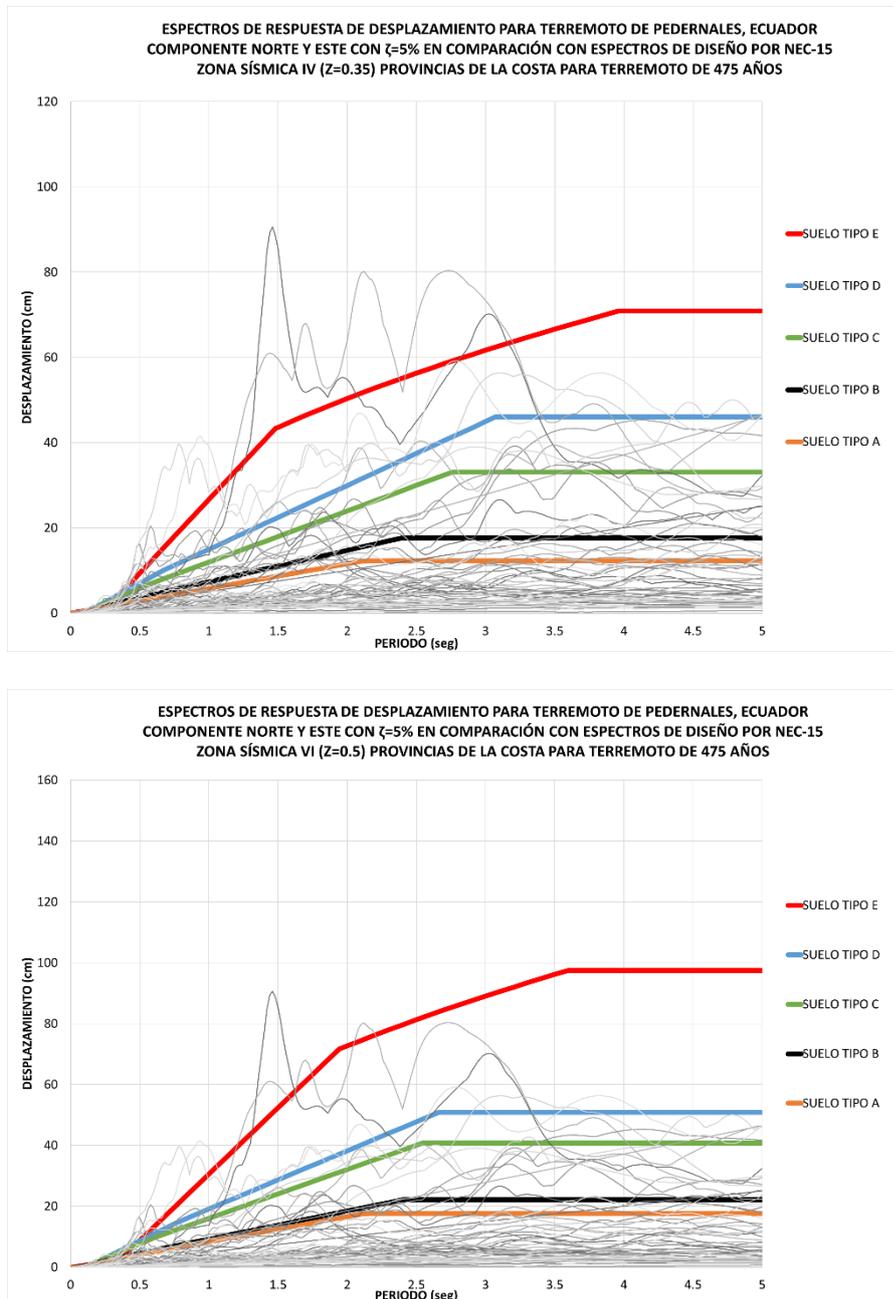


Figura 29 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 29** se puede observar los espectros de diseño para un terremoto de 475 años en comparación con los espectros de respuesta del terremoto de Pedernales,

donde el valor máximo de desplazamiento le pertenece a la estación de CHONE con 90 cm aproximadamente.

Se puede observar que tanto como para un $z=0.35g$ o un $z=0.5g$ la mayoría de espectros se encuentran por debajo del espectro conformado por un suelo tipo D. Entre los 1.25 y 1.75 segundos de periodo aún se encuentran picos que no logran colocarse dentro de algún espectro, en este caso el espectro para un suelo tipo E.

Si se decidiera realizar un análisis descartando espectros de respuesta como, por ejemplo, los de la estación CHONE, la comparación se la vería como se presenta a continuación

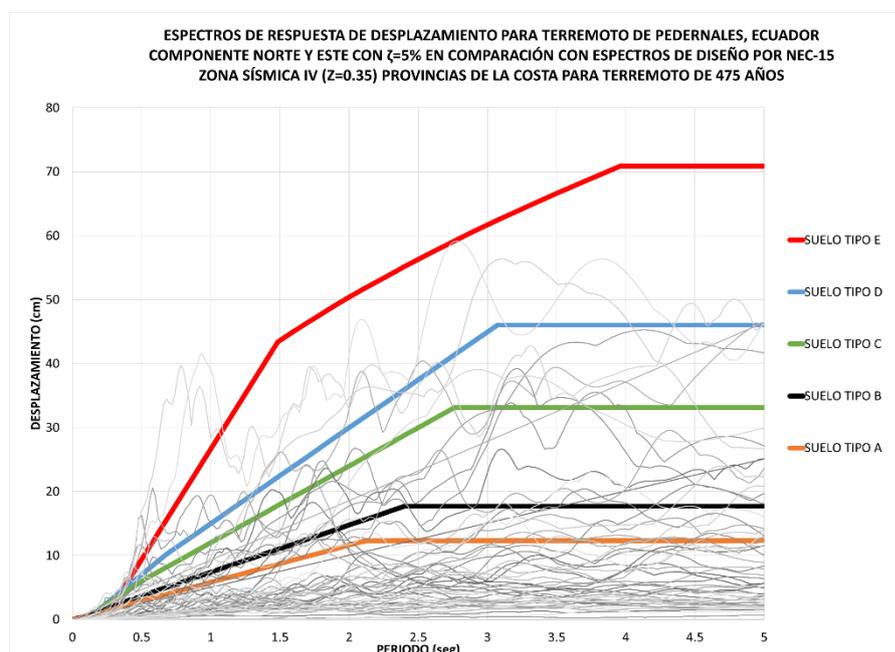


Figura 30 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 475 años. (exceptuando la estación más significativa, Chone)

Fuente: Autor.

En la **Figura 30** se observa que, al momento de descartar, la estación más significativa en los espectros de respuesta (estación CHONE) todos los demás espectros de respuesta se encuentran bajo una gráfica de cada tipo de suelo, por ejemplo, los espectros de respuesta que se encuentran por encima del espectro de diseño para un suelo tipo C, son por lo general estaciones ubicadas en la cercanía del epicentro del terremoto, es decir en las provincias aledañas costeras, en las cuales tenemos las estaciones: MANTA, PDNS (Pedernales), APED (Pedernales),

PORTOVIEJO; estaciones que presentan valores altos de PGA como se muestran en la tabla 7.

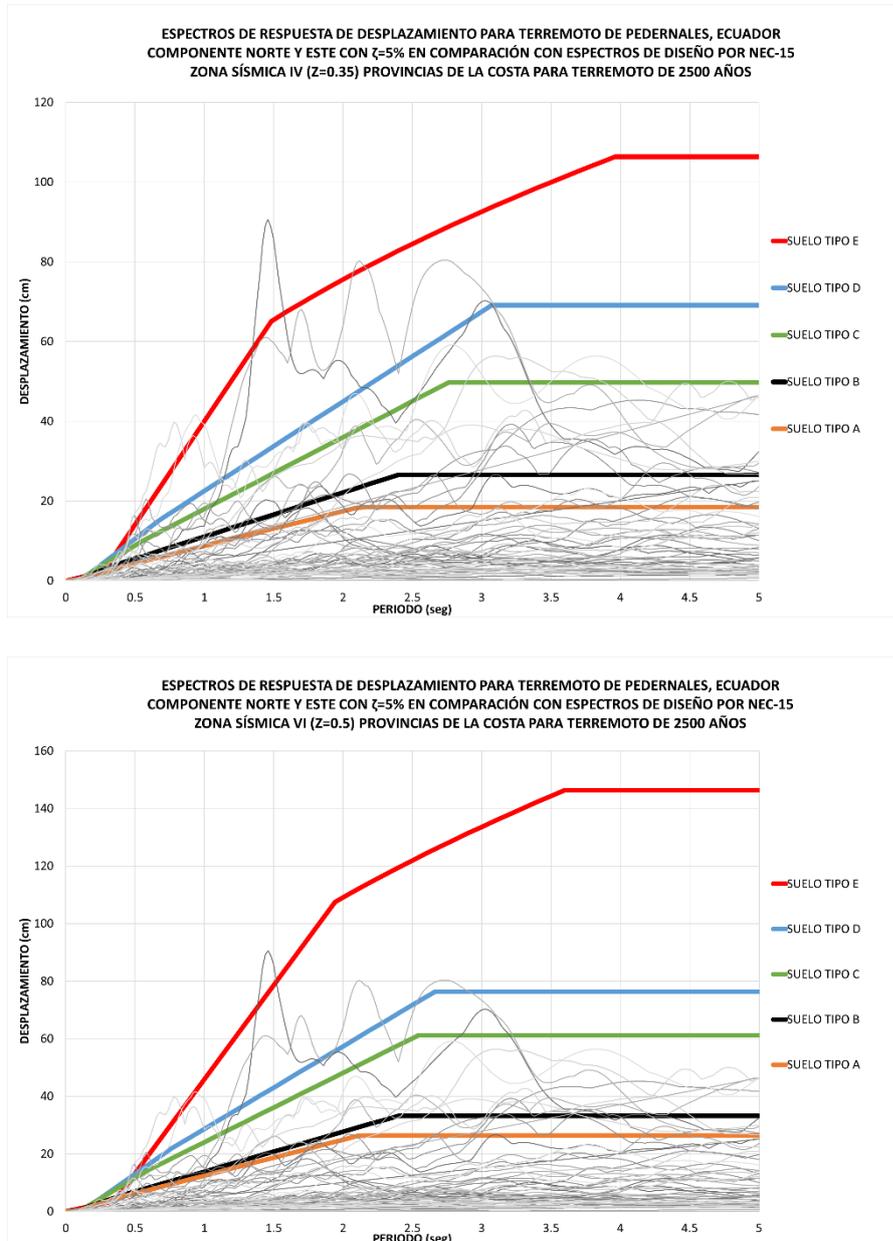


Figura 31 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$ y $z=0.5g$, 2500 años.

Fuente: Autor.

En la Figura 31 se visualiza que para un terremoto de 2500 años y un $z=0.35g$ ya los espectros estarían ubicados por debajo de un suelo tipo D, pero para un terremoto de 2500 años y un $z=0.5g$ los espectros de respuesta se encuentran en su mayoría (en los dos casos exceptuando la estación de CHONE) por debajo del espectro de diseño que genera un suelo tipo C.

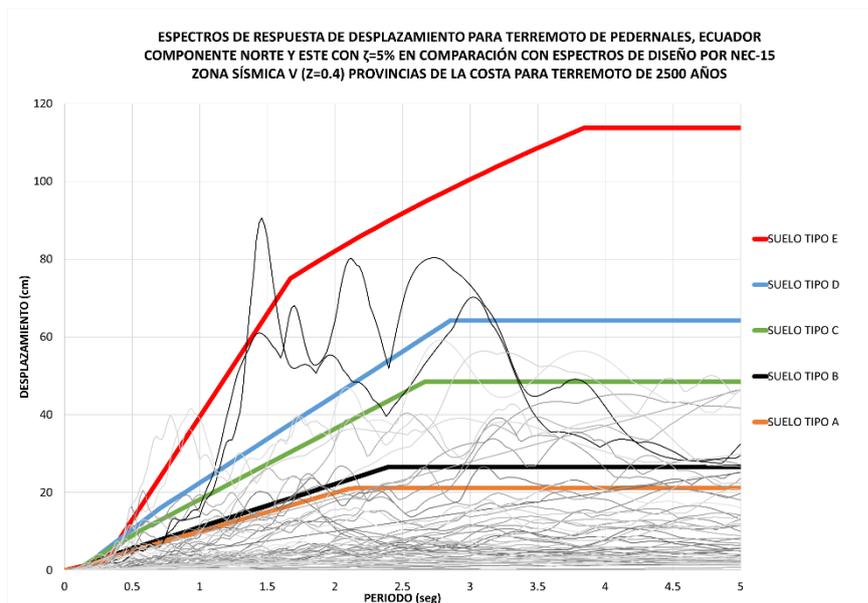
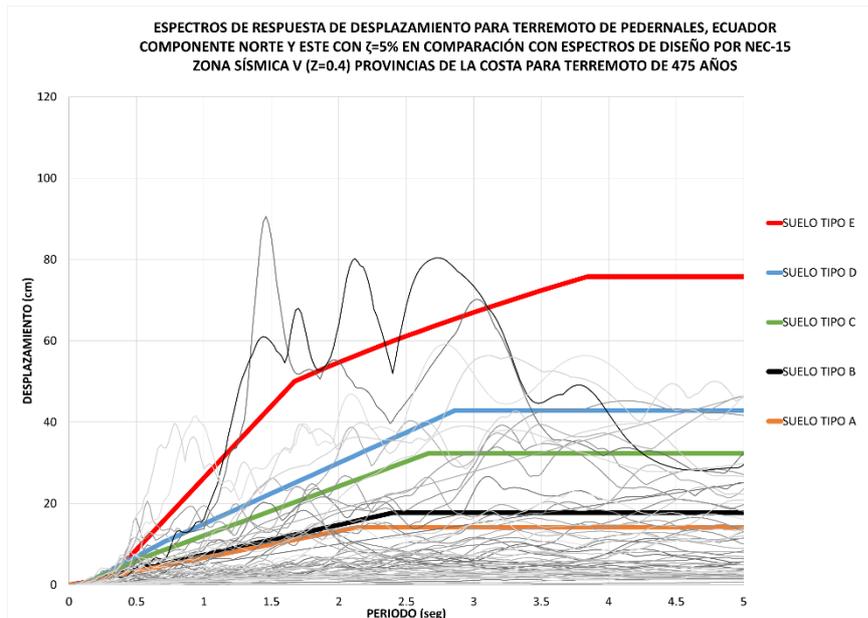


Figura 32 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.4$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 32** se puede observar la comparación de espectros para las provincias de la costa para la zona sísmica 5 ($z=4g$), en donde se puede apreciar que para el espectro de suelo tipo E en el terremoto de 475 años las estaciones más cercanas al terremoto generan picos que sobresalen del espectro, sin embargo, la mayoría de registros se encuentran por debajo de un espectro de tipo de suelo D. De la misma manera ocurre para el terremoto de 2500 años, la diferencia es que la mayoría de

espectros de respuesta se encuentran por debajo del espectro de diseño para un suelo tipo C.

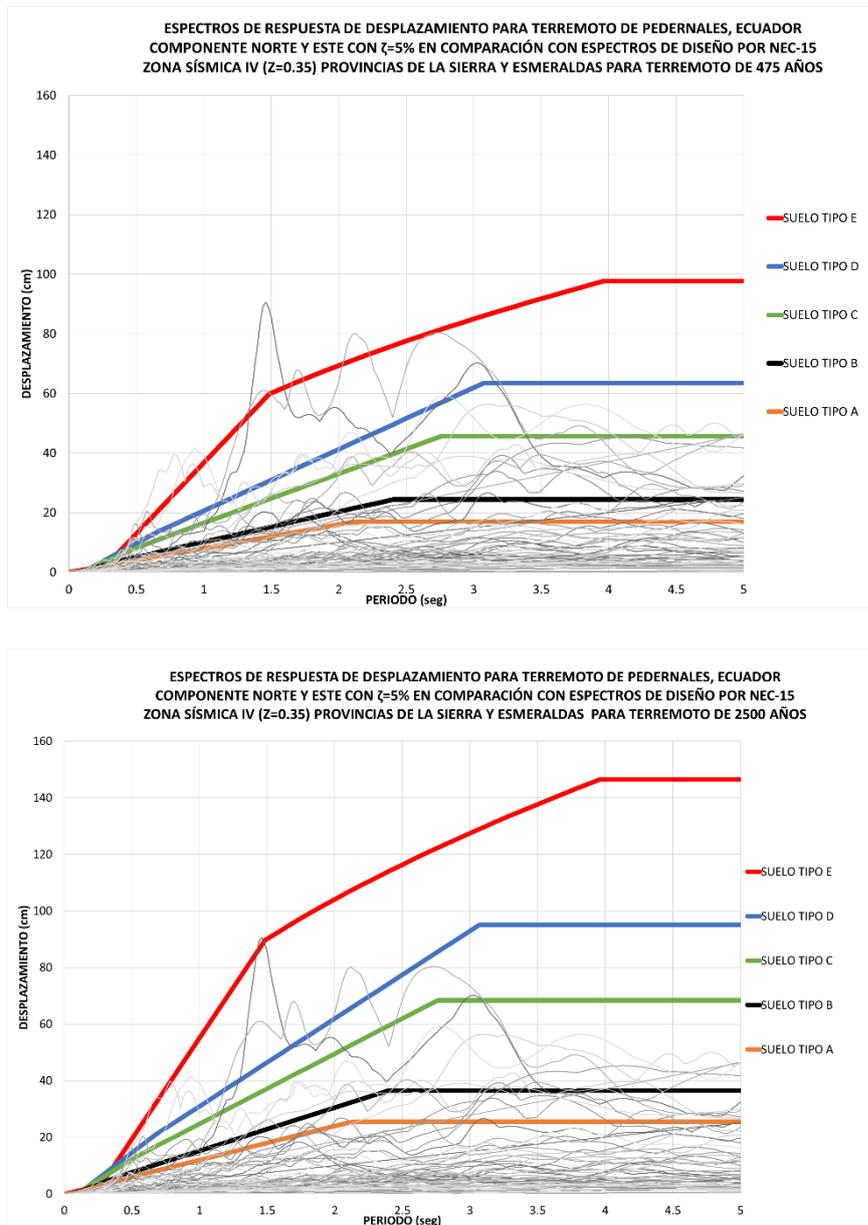


Figura 33 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 33** se muestra la comparación entre los espectros de respuesta de Pedernales y los espectros de diseño para provincias de la Sierra y la provincia de Esmeraldas, conforma el mismo comportamiento que el que se realizó para las

provincias de la costa, solo que en este caso se ve un aumento en las gráficas para los espectros de diseño.

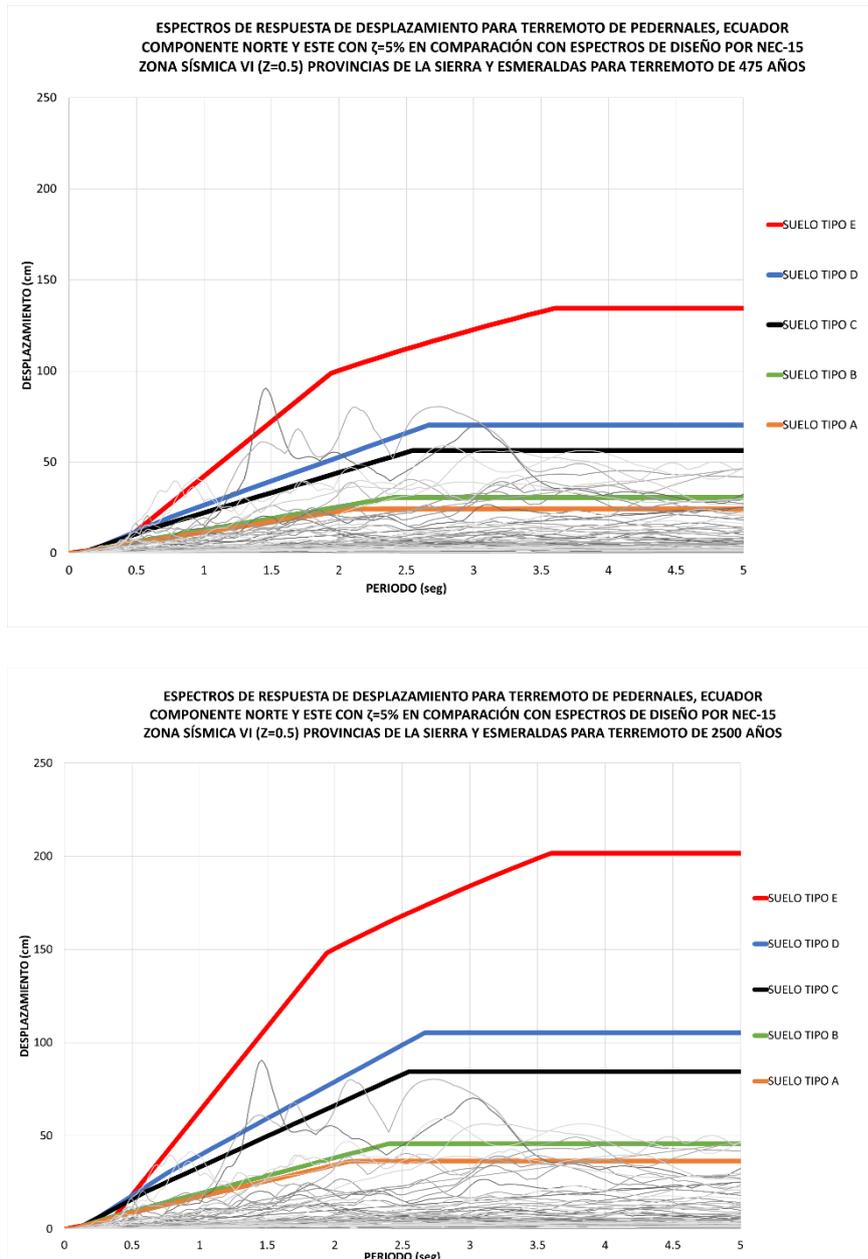


Figura 34 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

Por otro lado, en la **Figura 34** se puede observar el gran aumento en los espectros de diseño de desplazamiento para la zona sísmica 6 ($z=0.5g$) en la cual podemos observar que la estación CHONE, a pesar de que sea la que mayor desplazamiento presenta, se encuentra debajo del espectro para suelo tipo E y por encima del espectro de suelo tipo D. Dado que no se ha colocado el tipo de suelo en el que se

encuentran todas estas estaciones acelerógrafas, no se puede dar una comparación más precisa, también teniendo en cuenta de que cualquier análisis que se quiera realizar para una estructura va a depender del tipo de suelo en la cual se vaya a asentar.

4.3. TERREMOTO EN LANDERS, SUR DE CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS.

4.3.1. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Landers, Estados Unidos.

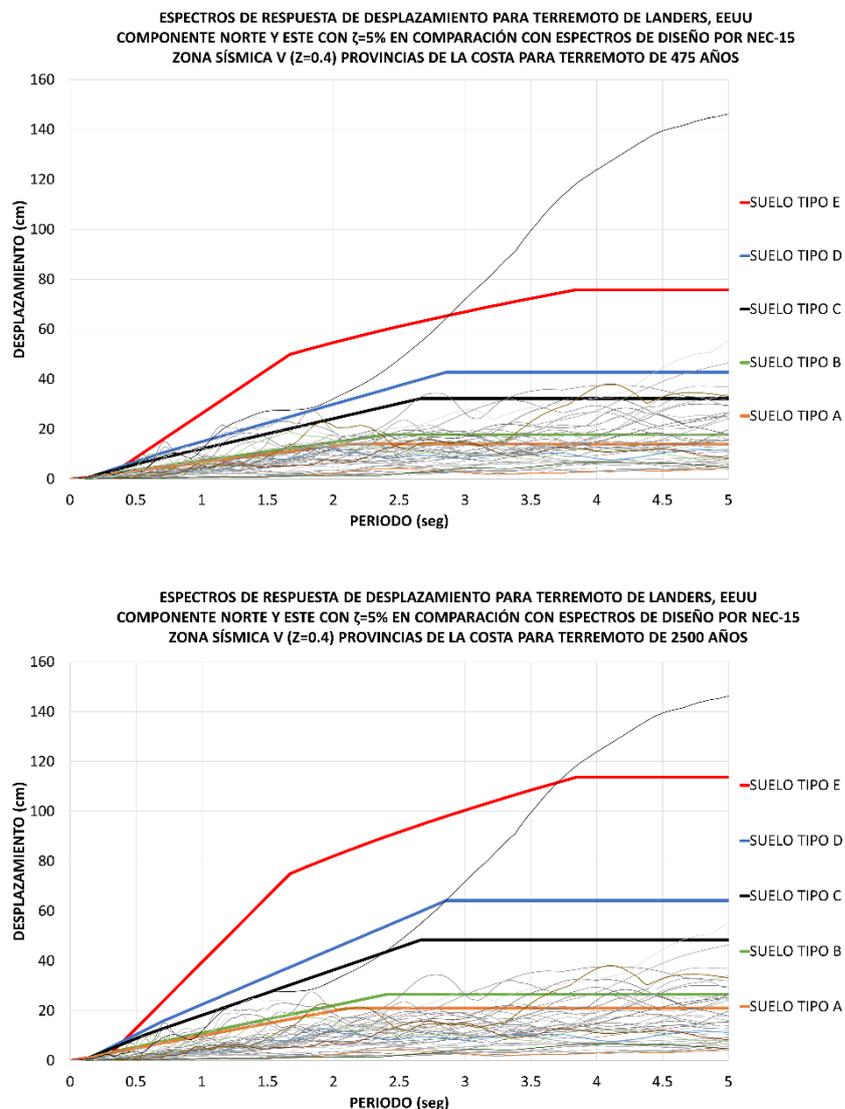


Figura 35 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $\zeta=0.4g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 35** se ve la comparación de los espectros de respuesta para el terremoto de Landers en EEUU con los espectros de diseño para los distintos tipos de suelos presentados por la NEC 15. Se observa que solo un registro es el que destaca (LUCERNE) con un pico de 150 cm de desplazamiento aproximadamente. Por otro lado, los demás registros se encuentran en el orden de 40 cm de desplazamiento máximo estando por debajo de los tipos de suelo C y B. El registro de LUCERNE como se observa en la **tabla 13** destaca un PGA de 7.73 m/s^2 en su sentido este y 7.14 m/s^2 en el sentido norte, a eso se debe su alto pico de desplazamiento en el espectro y a la cercanía de la estación en la cual se registró.

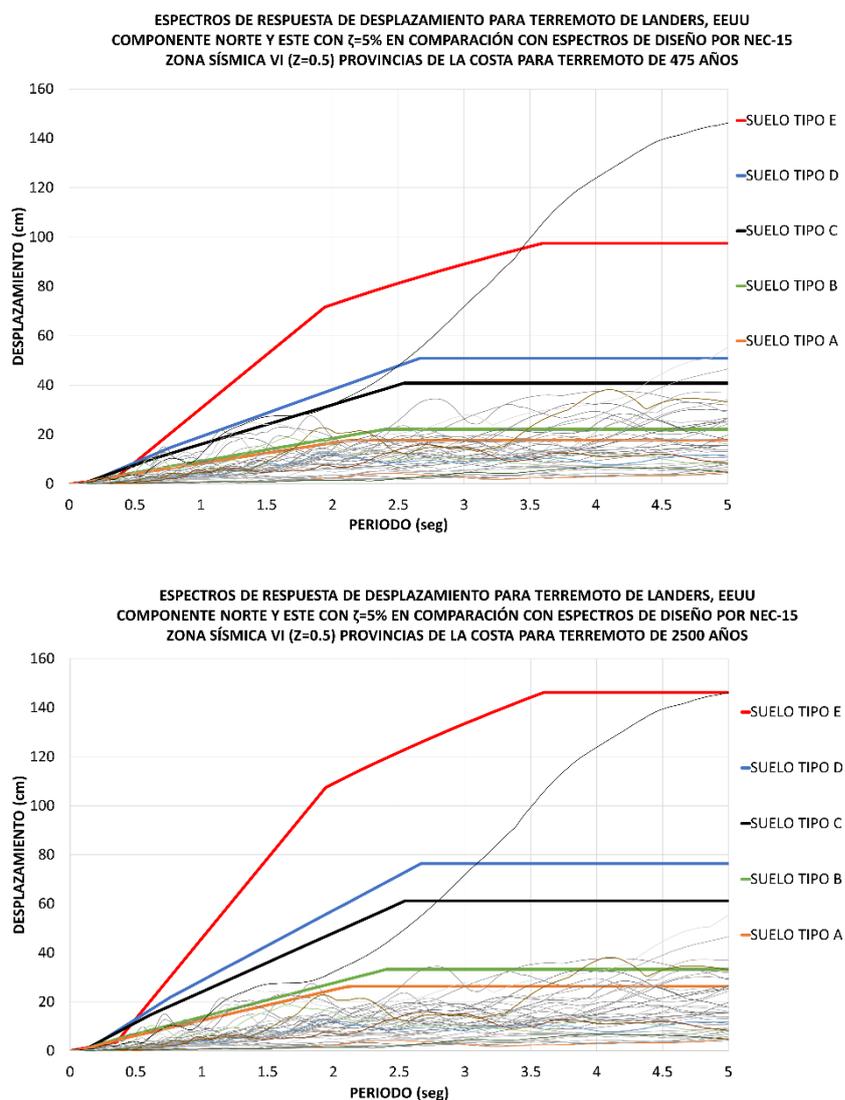


Figura 36 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 36** se observa la comparación de espectros de respuesta y espectros de diseño para la zona sísmica 6 ($z=0.5g$) para un terremoto de 475 y 2500 años, todos para provincias de la costa en Ecuador. Para el espectro de 2500 años se puede observar que el registro de la estación LUCERNE se encuentra dentro del espectro perteneciente al tipo de suelo E, por otro lado, se observa que en el terremoto de 475 años la mayoría de estaciones se encuentran por debajo del suelo tipo C y en el terremoto de 2500 años por debajo del espectro de diseño correspondiente al suelo tipo B.

4.3.2. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Landers, Estados Unidos.

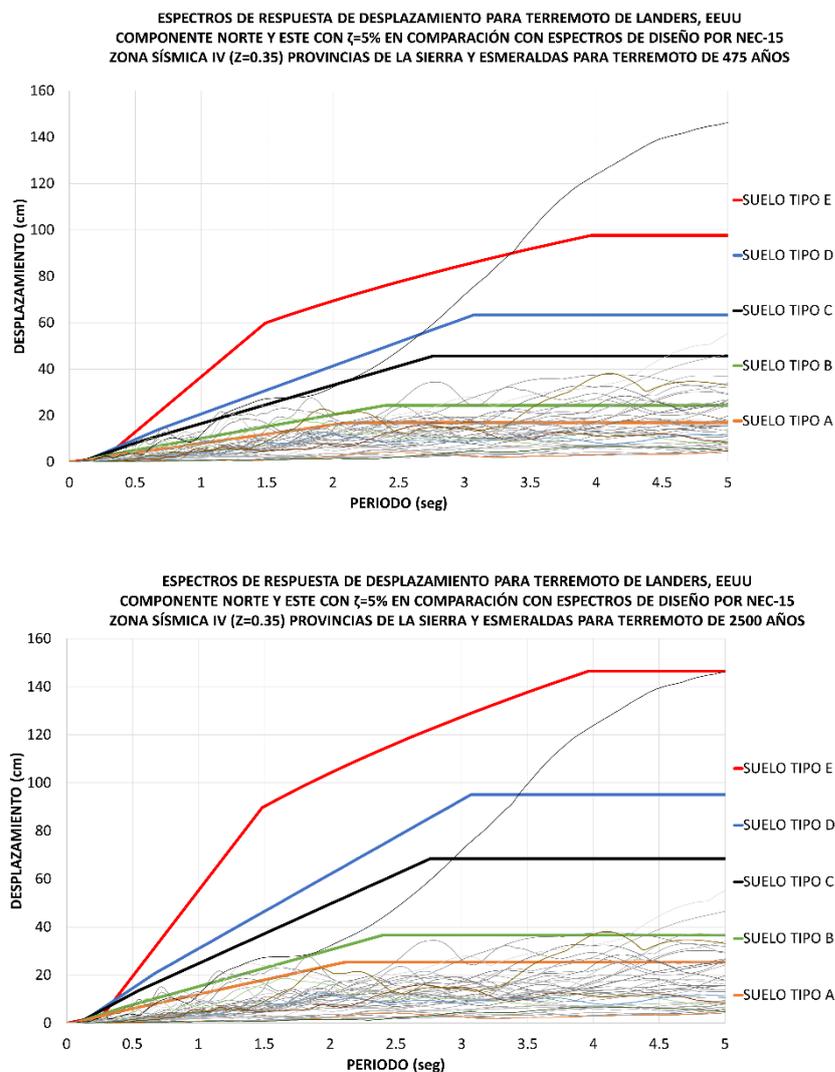


Figura 37 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 37** se muestra la comparación de espectros para la zona sísmica 4 ($z=0.35g$) para las provincias de la Sierra y la provincia de Esmeraldas en Ecuador. Se observa que el espectro de la estación LUCERNE aun para un terremoto de 475 años sigue siendo muy grande incluso para el espectro de diseño del suelo tipo E, pero para el terremoto de 2500 años se puede visualizar que el espectro de diseño tipo E ya alcanza al pico máximo registrado a 5 segundos de periodo. Los demás espectros se encuentran por debajo del suelo tipo C en 475 años y tipo B en el terremoto de 2500 años.

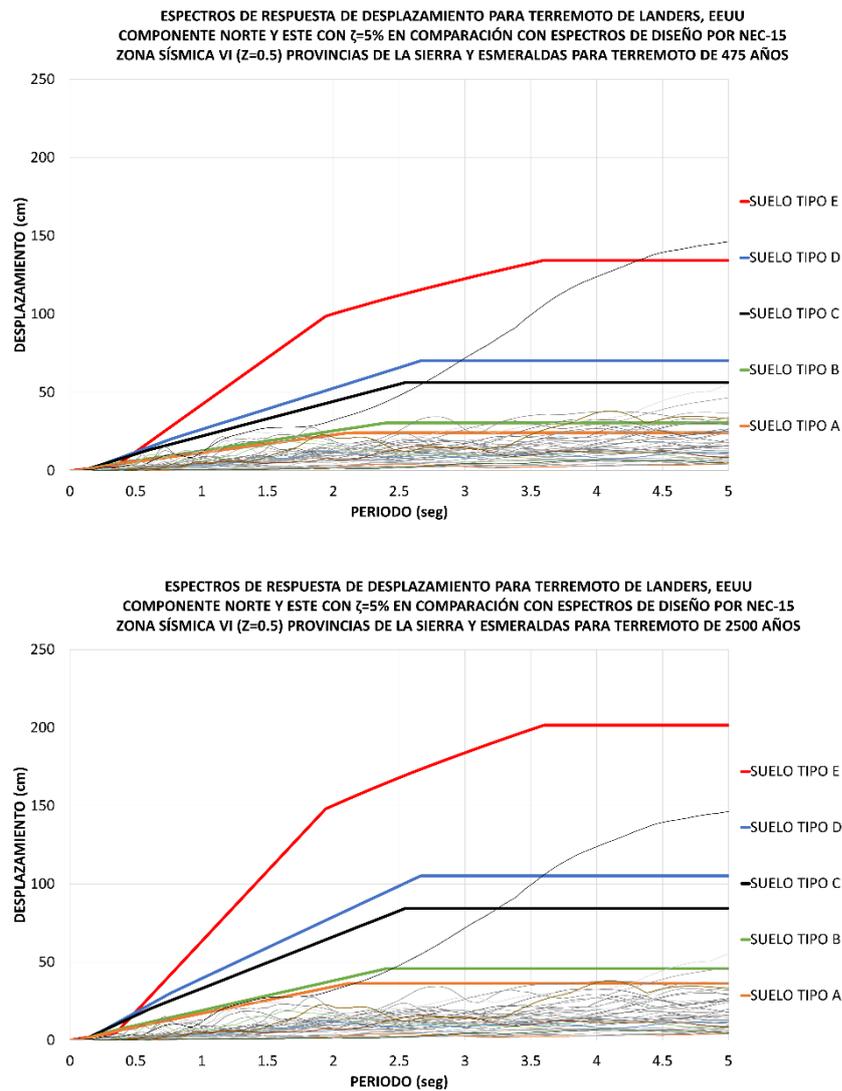


Figura 38 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 38** se puede observar la comparación de espectros para la zona sísmica 6 ($z=0.5g$), en la cual se puede destacar que para un terremoto de 475 años el espectro que se presentaba como el de mayor pico (LUCERNE) se encuentra ya

cerca del espectro de diseño de suelo tipo E. Por otro lado, para un terremoto de 2500 años de periodo de retorno se puede visualizar que todos los espectros se encuentran dentro de los de diseño, con la única variante que ahora la mayoría de espectros se encuentran por debajo de un espectro de diseño para el suelo tipo A.

4.4. TERREMOTO EN TOHOKU, JAPÓN.

4.4.1. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Costa, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Tohoku, Japón.

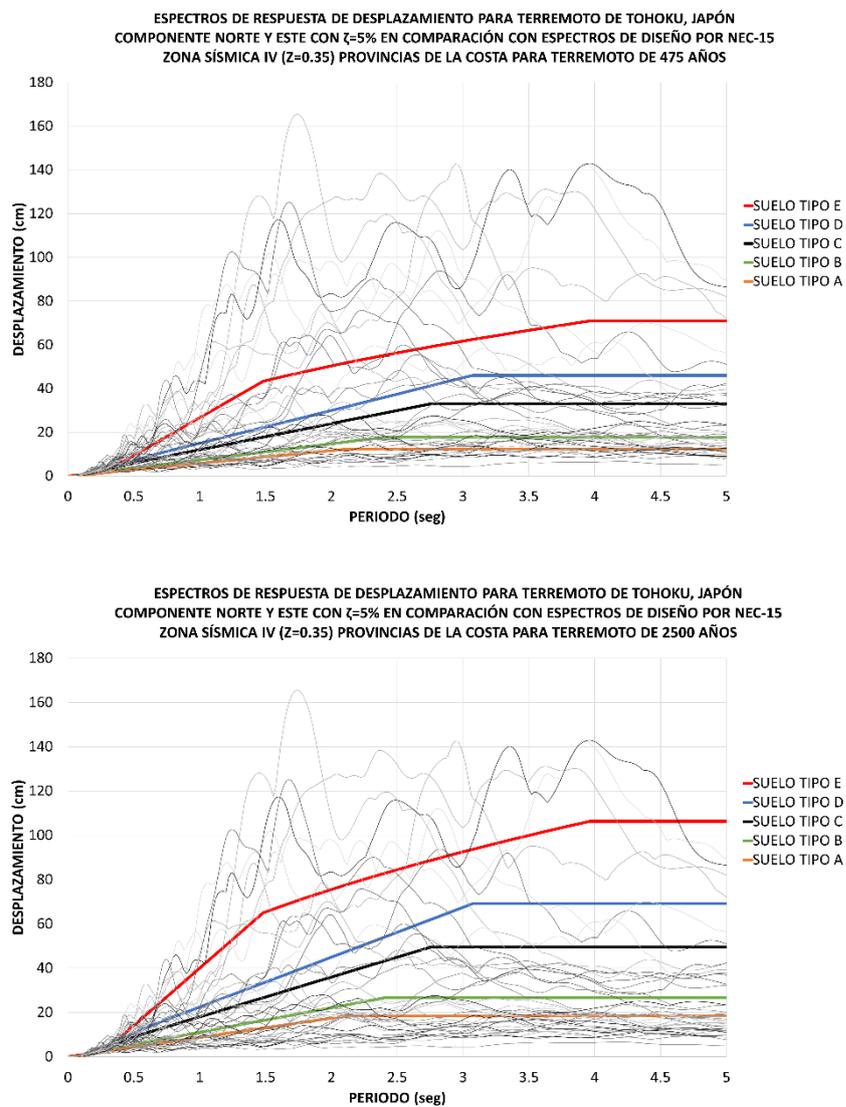


Figura 39 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.35g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 39** se puede observar la comparación de espectros de respuesta y los de diseño para la zona sísmica 4 ($z=0.35g$) para las provincias de la costa de Ecuador. Se visualiza que los espectros de las estaciones más cercanas al terremoto (como se puede ver en la **tabla 14**) son las que generan los mayores picos de desplazamiento, tales como ISHINOMAKI, IWANUMA, FURUKAWA, etc. Para un terremoto de 475 años una gran parte se encuentra fuera de los espectros de diseño dados por la NEC 15. Por otro lado, para un terremoto de 2500 años ya solo algunos espectros de respuesta se encuentran fuera de los espectros de diseño.

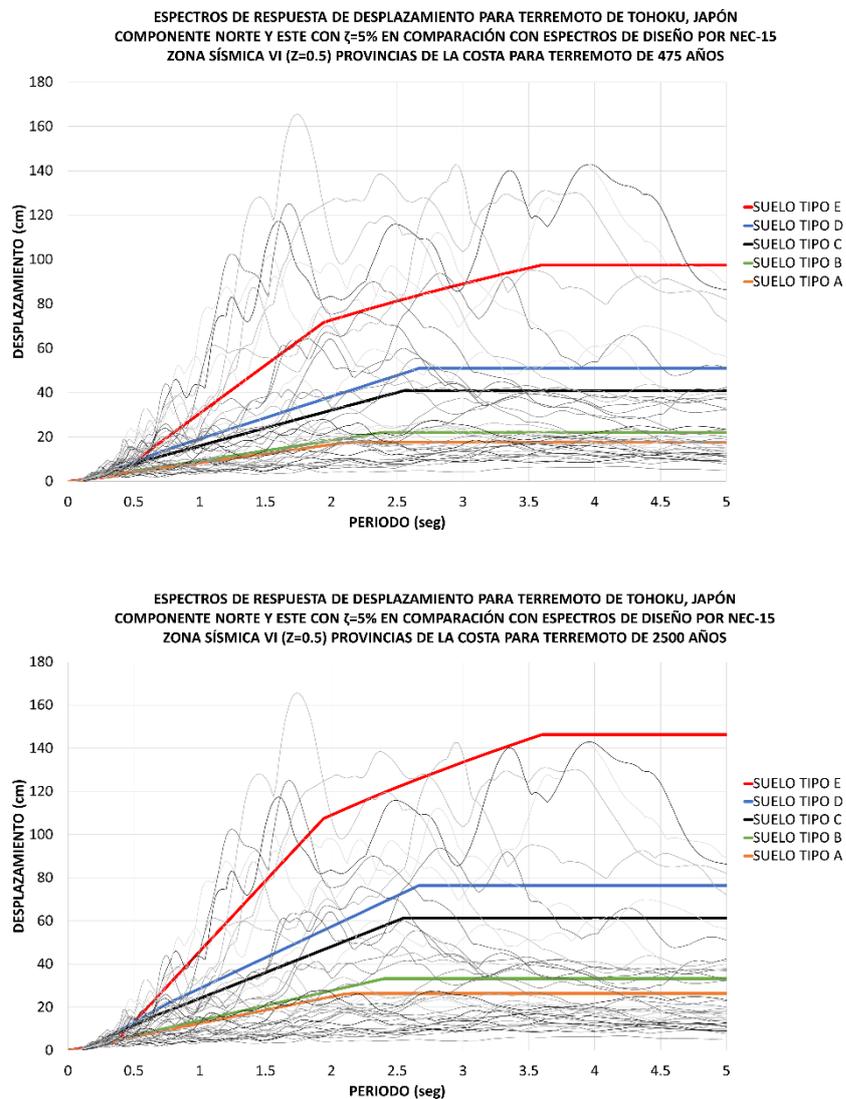


Figura 40 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 40** se puede observar la comparación de espectros de respuesta para el terremoto de Tohoku, Japón y los espectros de diseño para los diferentes tipos de suelo de la NEC15; de la cual se visualiza que una cierta parte de los espectros se encuentra incluso afuera del espectro de diseño para suelo tipo E tanto como para el terremoto de 475 y 2500 años. Con un pico de desplazamiento máximo de alrededor de 165 cm, el espectro de ISHINOMAKI es el que genera el pico mayor dentro de 1.5 a 2 segundos de periodo. Los demás espectros se encuentran divididos entre los 5 tipos diferentes de espectros de diseño con una tendencia de estar la gran mayoría dentro del espectro de suelo tipo C. Los valores de PGA y las distancias se las puede ver en la **tabla 14**.

4.4.2. Espectros de desplazamientos de diseño para provincias de la Sierra y provincia de Esmeraldas, Ecuador, en comparación con los espectros del terremoto de Tohoku, Japón.

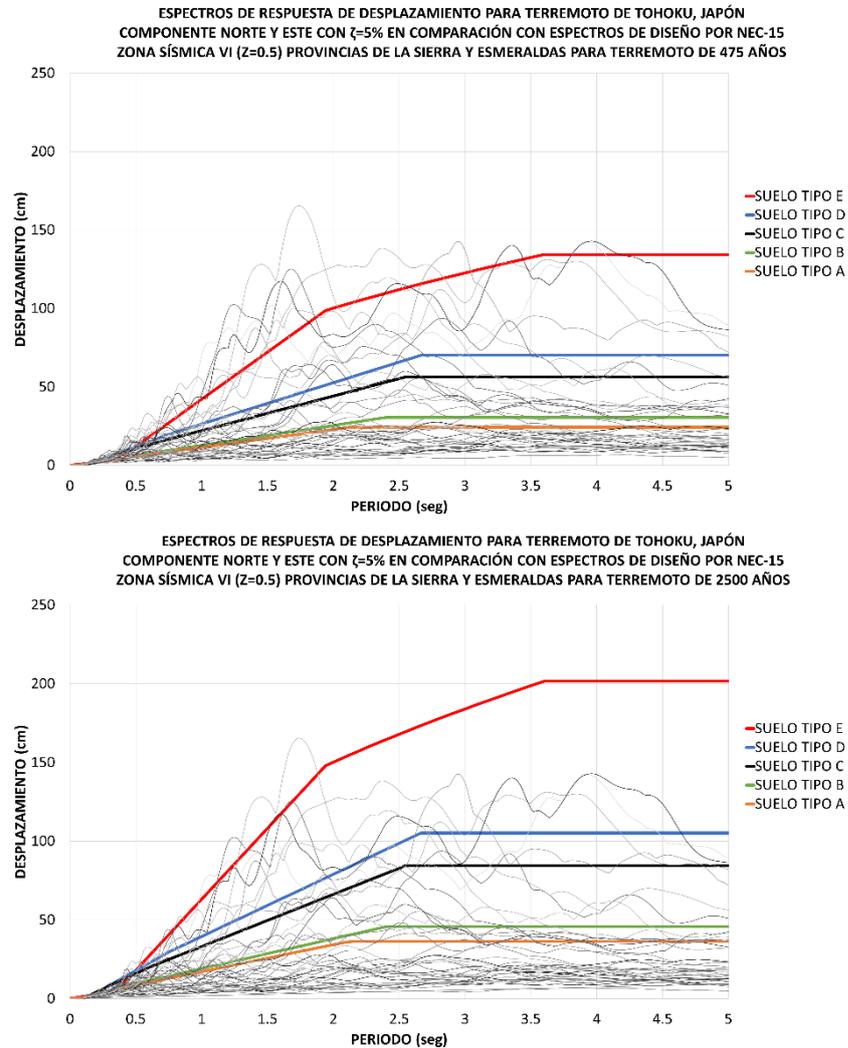


Figura 41 Comparación espectros de diseño vs espectros de respuesta, $z=0.5g$, 475 y 2500 años.

Fuente: Autor.

En la **Figura 41** se pueden observar las comparaciones de espectros de respuesta y espectros de diseño para la zona sísmica 6 ($z=0.5g$), se puede visualizar que para un terremoto de 2500 años ya se encuentran la mayoría de espectros de respuesta dentro de los espectros de diseño para todos los tipos de suelo, dentro de los periodos comprendidos entre 1 a 2 segundos se visualiza ciertos picos de los espectros con mayor desplazamiento máximo.

Cabe recalcar que se realizaron comparaciones con los terremotos más significativos dentro del grupo de terremotos investigados, los cuales vienen a ser: Terremoto de Maule-Chile, Terremoto de Pedernales-Ecuador (este fue seleccionado por ser uno de los más significativos que ha ocurrido en el país), Terremoto de Landers-Estados Unidos y Terremoto de Tohoku-Japón, estos fueron seleccionados para poder facilitar el proceso de comparación.

Las comparaciones para todos los terremotos son de la misma metodología, pero de diferente enfoque comparativo. Se tiene que tener en cuenta que se realizaron comparaciones para las diferentes zonas sísmicas que presenta el Ecuador, obviando las zonas sísmicas 1, 2 y 3, esto con el fin de que los resultados puedan ser útiles para compararlos con las provincias de la costa y de la sierra que son las pertenecientes a las zonas sísmicas 4,5 y 6, con más enfoque en las provincias de la costa que son las que presentan mayor sismicidad.

5. CONCLUSIONES

- Con respecto a las comparaciones realizadas, cabe recalcar que los resultados son netamente globales, se necesitaría mucha más información para poder generar mejores resultados comparativos, como por ejemplo la composición geológica debajo de cada una de las estaciones que se han presentado, velocidad de onda que genera el terremoto, etc.
- Con el terremoto de Tohoku, Japón, teniendo en cuenta que ha sido uno de los más grandes terremotos registrados en los últimos años, se pudo observar que los picos máximos de desplazamiento se encontraban fuera de los espectros de diseño para los diferentes tipos de suelo, zonas sísmicas y provincias del Ecuador, dando a entender que si llegase a ocurrir un evento de ese tipo aquí en el país el resultado sería severo. Esto también va a depender del comportamiento que tenga el suelo al momento de ocurrir el evento sísmico y del lugar en donde se produzca.
- Los resultados de las comparaciones entre los espectros de respuesta que se generaron de los diferentes terremotos, pudieron dar una mejor visión a como estarían reflejados si dichos eventos sísmicos llegasen a producirse aquí en el país.
- Los resultados obtenidos muestran una variabilidad grande en temas de desplazamiento máximo entre espectros generados de los diferentes registros para un mismo terremoto, incluso en alguno caso se pudo observar que ni la distancia o el PGA que se presente en cada una de las estaciones puede determinar el valor de desplazamiento pico o máximo que se generará en ese espectro.
- No se consideró necesario el uso de información adicional como, por ejemplo, comportamiento del suelo o tipo de suelo en cada una de las estaciones ya que los resultados reflejados son netamente globales, aunque si hubiese sido relevante al momento de la comparación entre espectros de diseño y espectros de respuesta.
- Se pudo observar tanto como para los terremotos de Pedernales-Ecuador (2016) y Mar de Chile Maule- Chile (2010) para periodos muy altos (mayor a

3 segundos) los espectros tuvieron una forma descendente donde no habría muchas complicaciones al momento de construir edificaciones que tengan periodos elevados, por otro lado, para terremotos como Tohoku -Japón (2011) y Landers-Estados Unidos los espectros de respuesta de desplazamientos van tomando una forma ascendente por lo que se podrían hallar complicaciones si estos llegasen a sobrepasar el límite horizontal de los espectros presentados por la NEC 15.

- Enfocándose en el País de Ecuador podemos decir que para periodos muy altos se halla un alta rango de permisibilidad en los desplazamientos para periodos elevados (mayores a 3 segundos).
- Se debe tener en cuenta que los periodos de retorno seleccionados no necesariamente deben ser o fueron los exactos con los que ocurrieron los eventos sísmicos estudiados, por ejemplo, comparar un espectro con periodo de retorno de 2500 años con el terremoto de Tohoku, se tiene la incertidumbre o no se sabe a ciencia cierta si es el periodo de retorno correcto.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una investigación más profunda sobre datos relevantes e importantes de cada terremoto, es decir, datos sobre el tipo de suelo, datos sobre la velocidad de onda que se registra al momento de ocurrir el terremoto, datos sobre la distancia del evento sísmico estudiado con respecto a poblados, ciudades, etc., todo esto para poder generar una comparación más específica donde se pueda clasificar a los eventos sísmicos bajo las mismas características.
- Se recomienda realizar un proceso de comparación con las todas zonas sísmicas del Ecuador, con el fin de que en cada región o lugar del país se pueda ver reflejado el tipo de comportamiento propio de esta.
- Se recomienda investigar y utilizar más eventos sísmicos e incluso eventos que se encuentre más cercanos a la zona de comparación, que en este caso es el País de Ecuador, para poder obtener y generar datos que estén mejor relacionados.

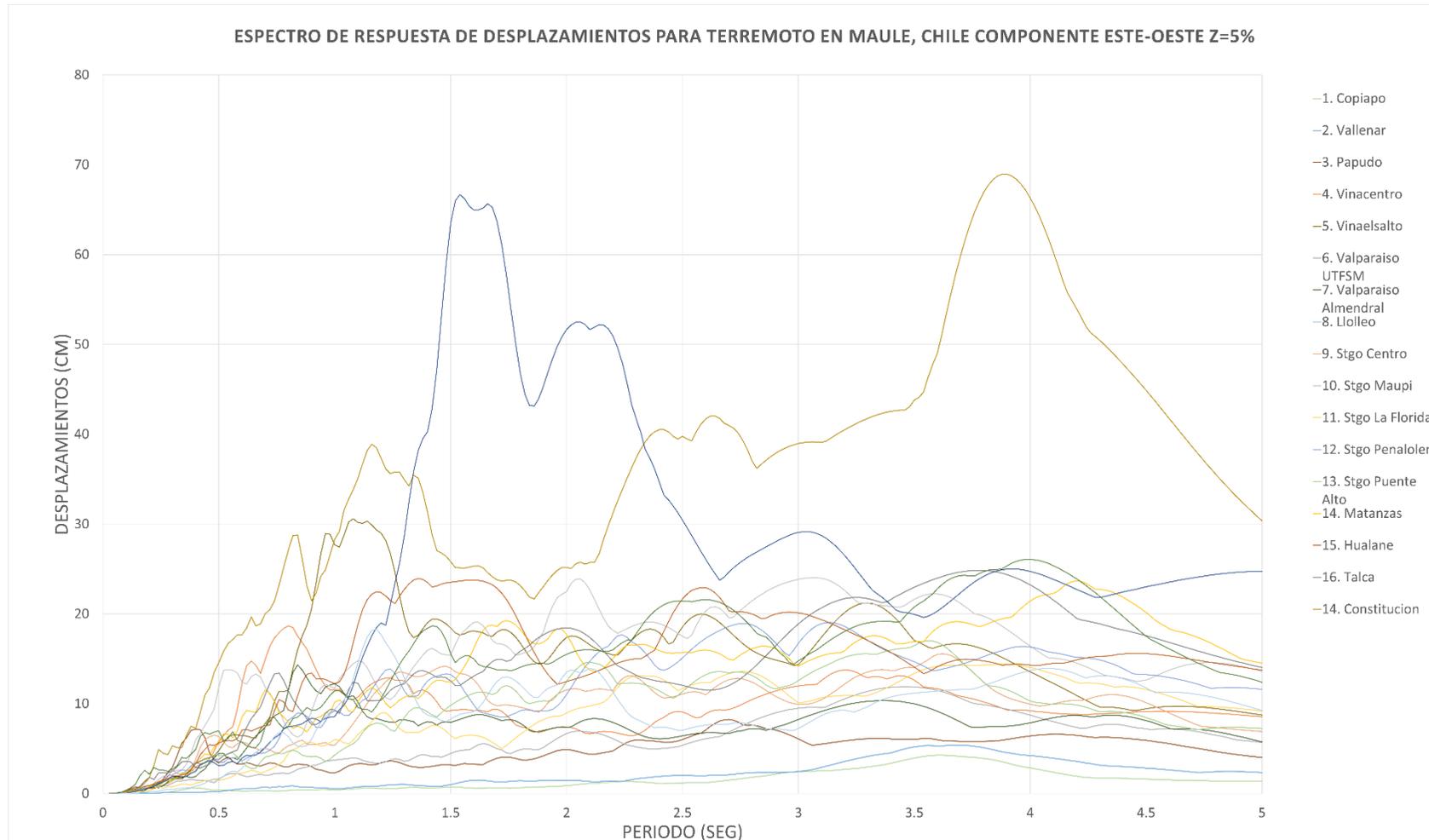
7. BIBLIOGRAFÍA

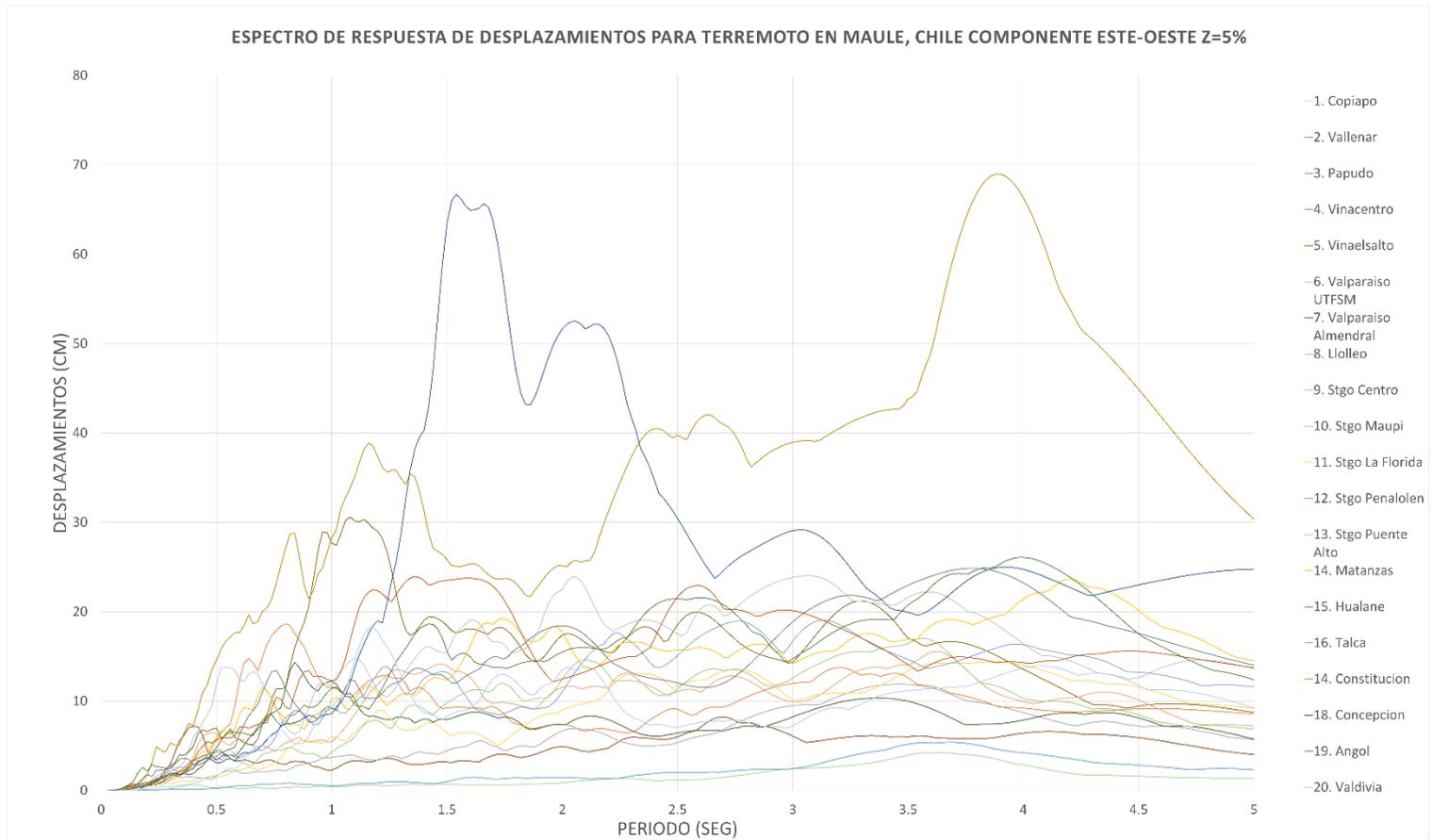
- 24, F. (28 de Enero de 2020). *FRANCE 24*. Obtenido de <https://www.france24.com/es/20200128-emiten-alerta-de-tsunami-en-el-caribe-tras-potente-sismo-entre-cuba-y-jamaica>
- Aguiar, R. (2008). *Análisis sísmico de edificios*. Quito: Centro de investigaciones científicas.
- Alvarez, D. (18 de Enero de 2018). *SciELO*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342018000700052
- Barbat Barbat, A., & Cardona Arboleda, O. (03 de 01 de 1999). *Hormigon y Acero*. Obtenido de Hormigon y Acero: <http://www.hormigonyacero.com/index.php/ache/article/view/384>
- BBC. (28 de Enero de 2020). *BBC News*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-51289497>
- BBC. (4 de Marzo de 2021). *BBB News*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-56284771>
- Bertrand, D. (Febrero de 2009). *Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile*. Obtenido de <http://www.csn.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/11/BSSA-Tocopilla2007.pdf>
- CNN. (18 de Junio de 2019). *CNN Español*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2019/06/18/asi-fue-el-mortifero-terremoto-y-tsunami-que-azoto-a-japon-en-2011-el-mas-mortifero-en-la-historia-del-pais/>
- Contreras, M. (27 de Agosto de 2013). *SciELO*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132013000200001&lng=n&nrm=iso
- Crisafulli, F. (2002). *ESPECTROS DE RESPUESTA Y DE DISEÑO*. Cuyo: Universidad Nacional de Cuyo.
- Cruz, V. (28 de Septiembre de 2017). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <http://ciencia.unam.mx/leer/652/-que-ocurrio-el-19-de-septiembre-de-2017-en-mexico->
- Dewan, A. (4 de Marzo de 2021). *CNN Español*. Obtenido de <https://cnnespanol.cnn.com/2021/03/04/terremoto-de-magnitud-81-sacude-la-region-de-las-islas-kermadec-cerca-de-nueva-zelandia-emiten-alerta-de-tsunami/>
- DW. (11 de Abril de 2012). *DW*. Obtenido de <https://www.dw.com/es/dos-fuertes-terremotos-en-sumatra/a-15874799>
- Ecuador, S. d. (16 de Mayo de 2016). *Gestion de Riesgos Ecuador*. Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf>
- Ecuatoriano, I. G. (16 de Abril de 2020). *Instituto Geofísico Ecuatoriano*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1810-cuatro-anos-despues-del-terremoto-de-pedernales-un-testimonio-sobre-el-peligro-sismico-en-el-ecuador>
- El País. (21 de Septiembre de 1999). Cerca de 2000 muertos y 3000 sepultados bajo los edificios por el terremoto en Taiwan. *Catástrofe en Taiwan*.
- Estrada, B. (Marzo de 2005). *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49614508.pdf>
- Falconí, R. A. (Abril de 2008). *Análisis Sísmico de Edificios*. Quito: Centro de Investigaciones Científicas.
- Geofísico, I. (8 de Marzo de 2012). *Instituto Geofísico*. Obtenido de <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/604-cifras-oficiales-de-la-cat%C3%A1strofe-en-jap%C3%B3n-en-2011>
- Herrera, R. G. (7 de Octubre de 2020). *SciELO*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2020000100042

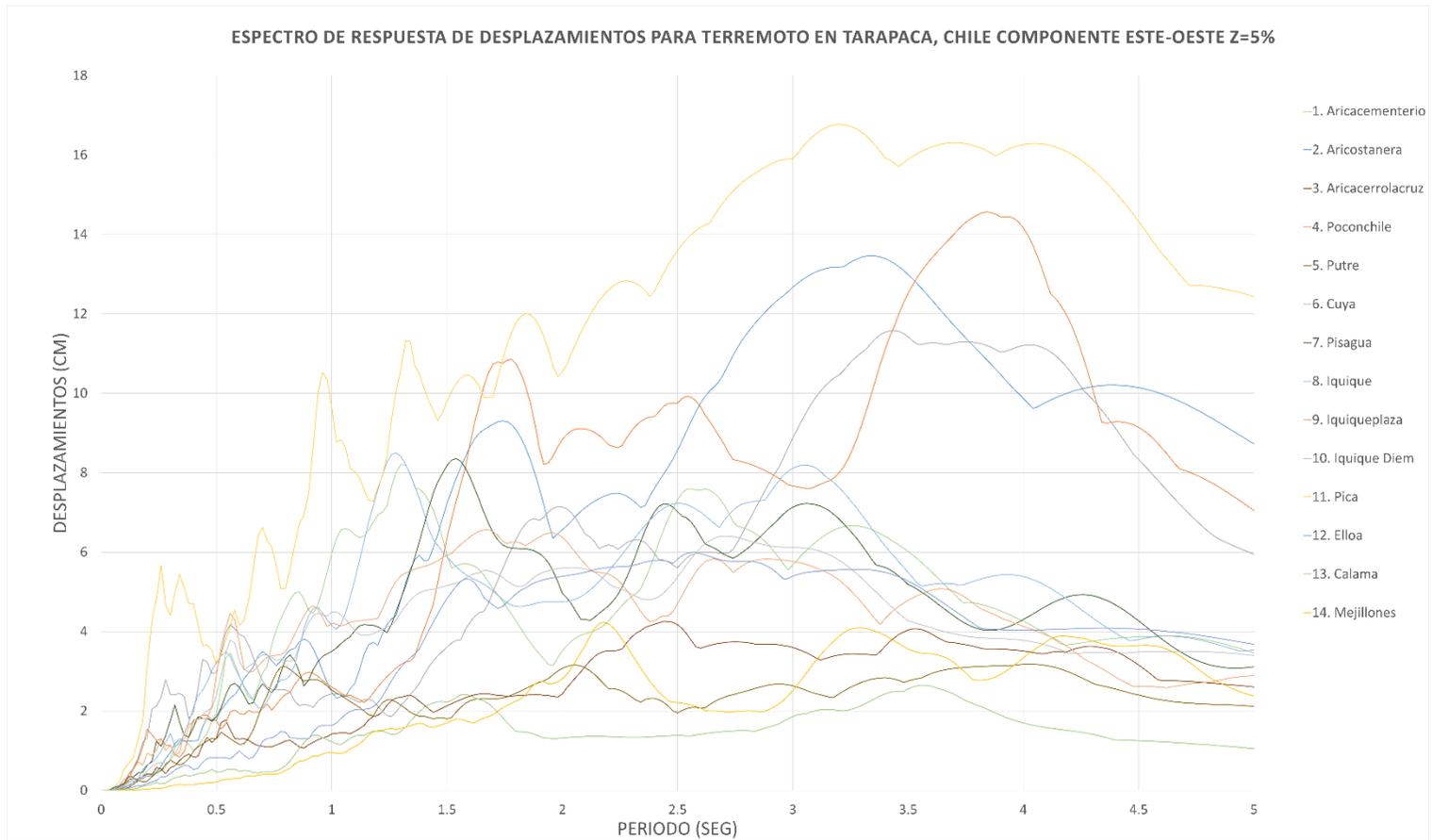
- Hurtado, J. (14 de Enero de 2018). *Red Acelerografica CIP*. Obtenido de https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4846/Sismo_Lagunas_26_Mayo_2019_Region_Loreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ibañez, E. (14 de Enero de 2020). *Biblioteca Universitario UPM*. Obtenido de http://oa.upm.es/57992/1/TFG_20_Ibanez_Munguia_Elena.pdf
- Jaque, D. S. (19 de Octubre de 2010). *CDEC-SING*. Obtenido de https://www.cigre.cl/wp-content/uploads/2017/03/daniel-salazar-CDEC_SING.pdf
- Lagos, P. (2015). *Repositorio Universidad Tecnica de Ambato*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/11737>
- Legrand, D. (5 de Enero de 2007). *Advancing Earth and Space Science*. Obtenido de <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2006GL028193>
- Mundo, B. (29 de Marzo de 2005). *BBC Mundo*. Obtenido de http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/international/newsid_4388000/4388651.stm
- Mundo, D. E. (16 de Octubre de 1999). *Diario El Mundo*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundo/1999/octubre/16/sociedad/terremoto.html>
- Nacional, C. d. (26 de Mayo de 2019). *Instituto Nacional de Defensa Civil*. Obtenido de <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-1260-26MAY2019-SISMO-DE-MAGNITUD-8.0-CON-EPICENTRO-EN-LAGUNAS-LORETO-04.pdf>
- Nacional, C. S. (14 de Noviembre de 2016). *Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile*. Obtenido de <https://www.csn.uchile.cl/efemerides-sismicas-terremoto-de-tocopilla-2007/>
- Nacional, C. S. (13 de Junio de 2016). *Centro Sismológico Nacional de la Universidad de Chile*. Obtenido de <https://www.csn.uchile.cl/efemerides-sismicas-terremoto-de-tarapaca-2005/>
- News, B. (27 de Septiembre de 2012). *BBC News*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/09/120926_terremotos_sumatra_ruptura_placa_tectonica_msd
- O'Farrill, J. P. (13 de Septiembre de 2017). *Pan American Health Organization*. Obtenido de <https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/Sismo%20MEX-Sitrep%201%20ONU%20-%2013SET2017.pdf>
- Parra, H. (2016). *Desarrollos Metodológicos y Aplicaciones hacia el Cálculo de la Peligrosidad Sísmica en el Ecuador Continental y Estudio de Riesgo Sísmico en la Ciudad de Quito*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Pozos, A., Gómez, R., & Hong, H. (2014). *Desagregación del peligro sísmico para algunos sitios seleccionados de México*. México D.F: Ingeniería sísmica ScieloMx.
- Quinde, P., & Reinoso, E. (2016). *Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca*. Revista de Ingeniería Sísmica.
- Rico, R. S. (15 de Enero de 2010). *Red Sísmica de Puerto Rico*. Obtenido de http://redsismica.uprm.edu/Spanish/informacion/informes_especiales/Informe_Especial_Haiti_2010.pdf
- Rico, R. S. (11 de Marzo de 2011). *Red Sísmica de Puerto Rico*. Obtenido de http://redsismica.uprm.edu/Spanish/informacion/informes_especiales/Informe_Japon_2011.pdf
- Rothery, D. (14 de Enero de 2010). *BBB News*. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2010/01/100114_terremoto_placas_men
- Salud, O. P. (s.f.). *PAHO Pan American Health Organization*. Obtenido de <https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/CronicaTerremotoChile2010.pdf>

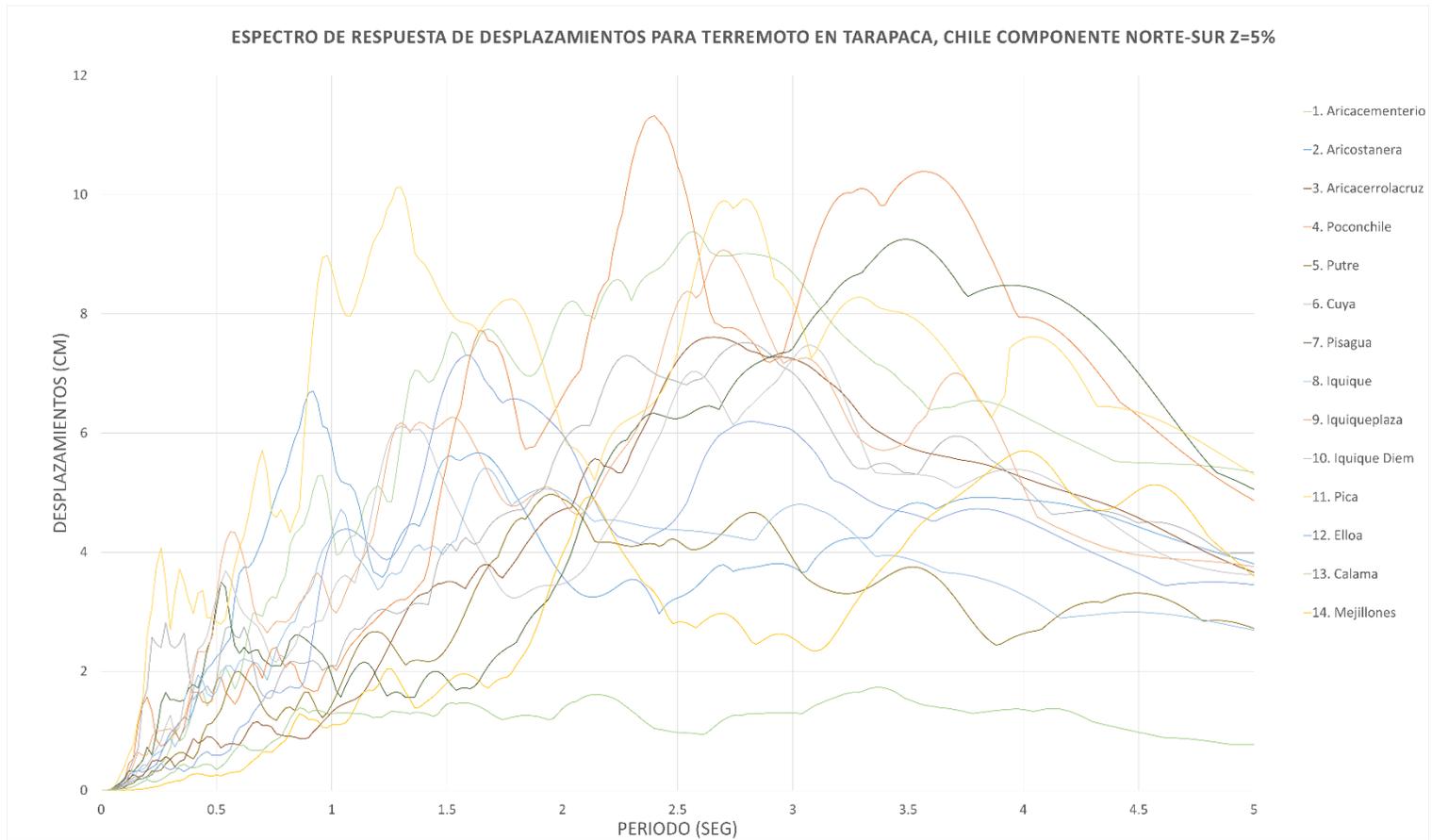
- Ser, C. (2 de Marzo de 2016). *Cadena Ser*. Obtenido de https://cadenaser.com/ser/2016/03/02/internacional/1456924748_538420.html
- Serrano, B., & Temes, R. (2015). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de los edificios residenciales estudiados dentro del Plan Especial de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Valenciana*. Informes de la Construcción.
- SINC. (26 de Septiembre de 2012). *Agencia SINC*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/El-terremoto-de-Sumatra-inicio-una-ruptura-en-la-placa-indoaustraliana>
- Tavera, H. (Mayo de 2019). *Instituto Geofísico del Perú*. Obtenido de https://repositorio.igp.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12816/4846/Sismo_Lagunas_26_Mayo_2019_Region_Loreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- USGS. (2005). *USGS - United States Geological Survey*. Obtenido de <http://neic.usgs.gov/neis/bulletin>
- USGS. (12 de Septiembre de 2007). *United States Geological Survey (USGS)*. Obtenido de https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20070912111026830_34/executive
- USGS. (288 de Enero de 2020). *United States Geological Survey (USGS)*. Obtenido de <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us60007idc/executive>
- USGS. (4 de Abril de 2021). *United States Geological Survey (USGS)*. Obtenido de <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000dflf/executive>
- USGS, U. S. (27 de Febrero de 2010). *United States Geological Survey (USGS)*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/science-explorer-results?es=chile+2010>
- Vanguardia, L. (27 de Septiembre de 2012). *La Vanguardia*. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/ciencia/20120927/54351200069/placa-tectonica-indico-terremotos.html>
- Vielma, J. C., & Cando, M. (2017). *Evaluación del factor de comportamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción para estructuras metálicas porticadas*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño de Ingeniería.

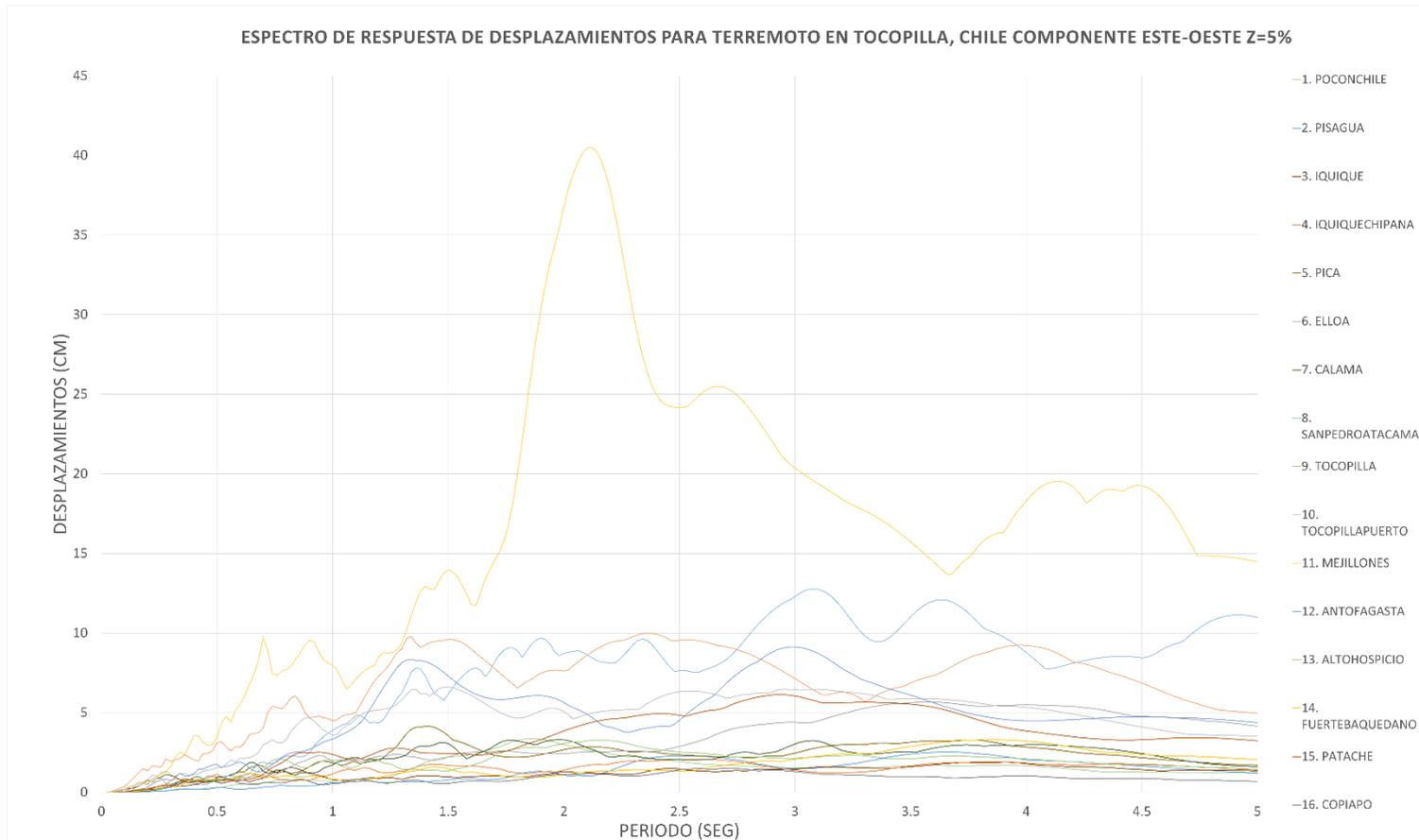
8. ANEXOS

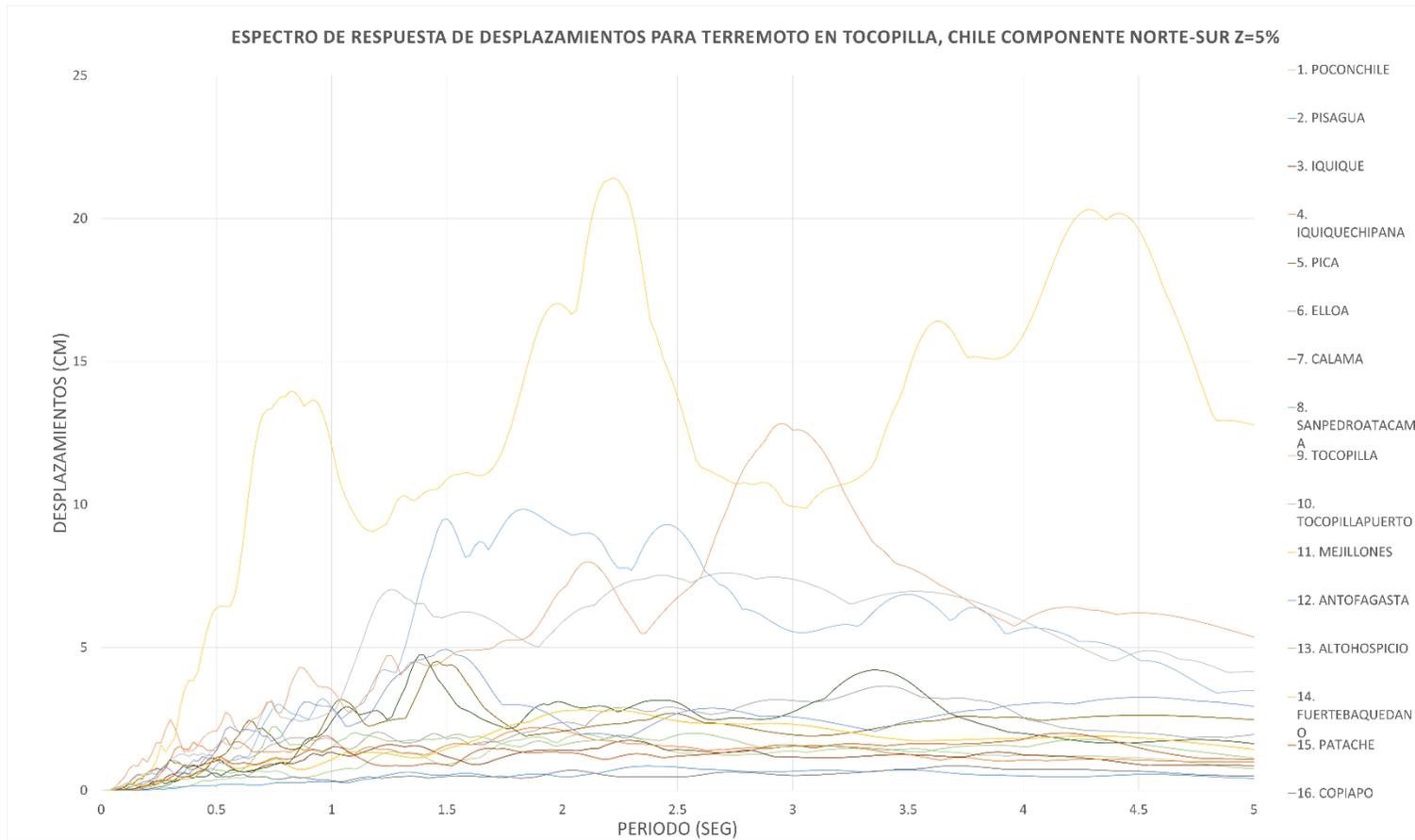




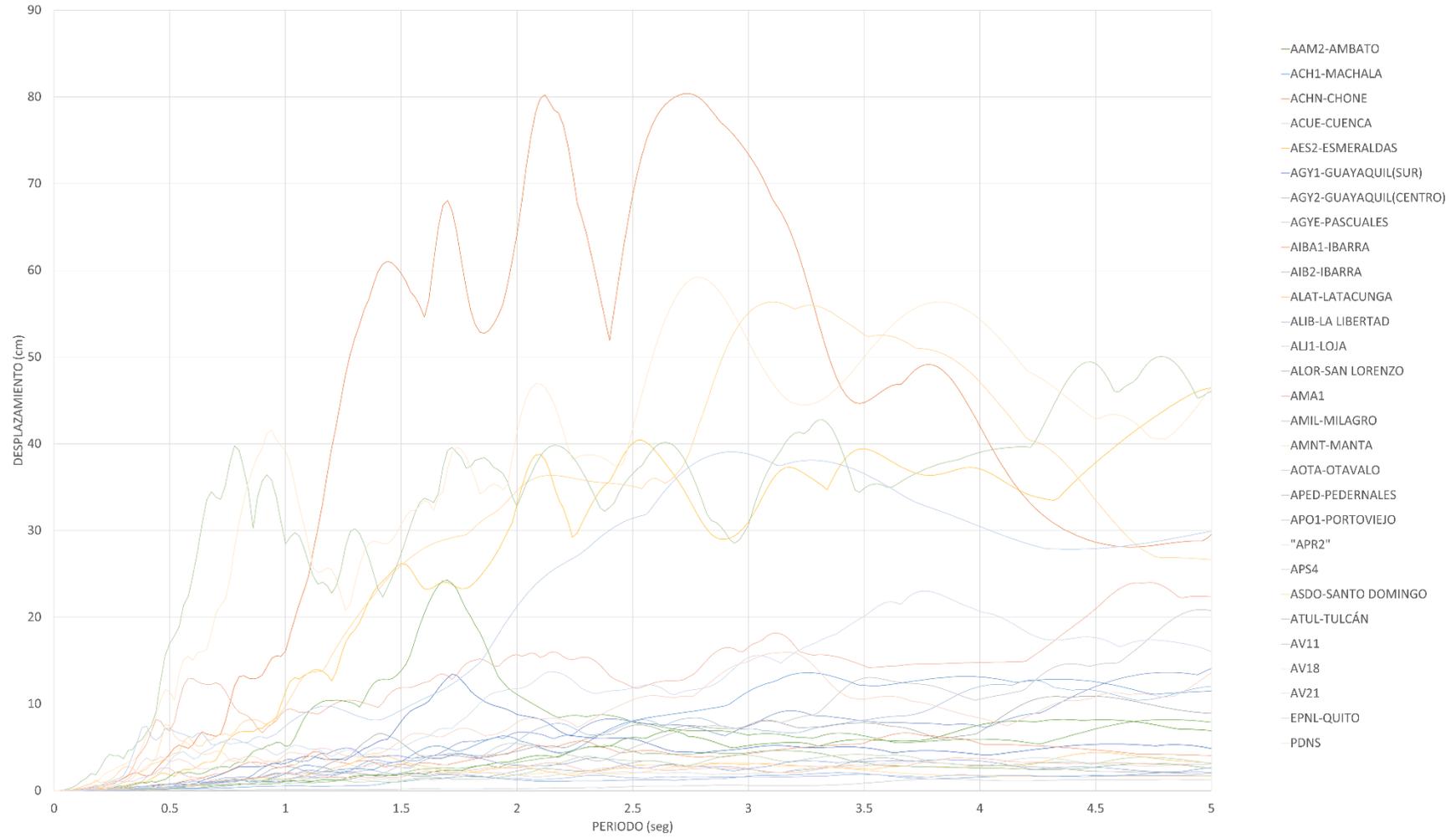


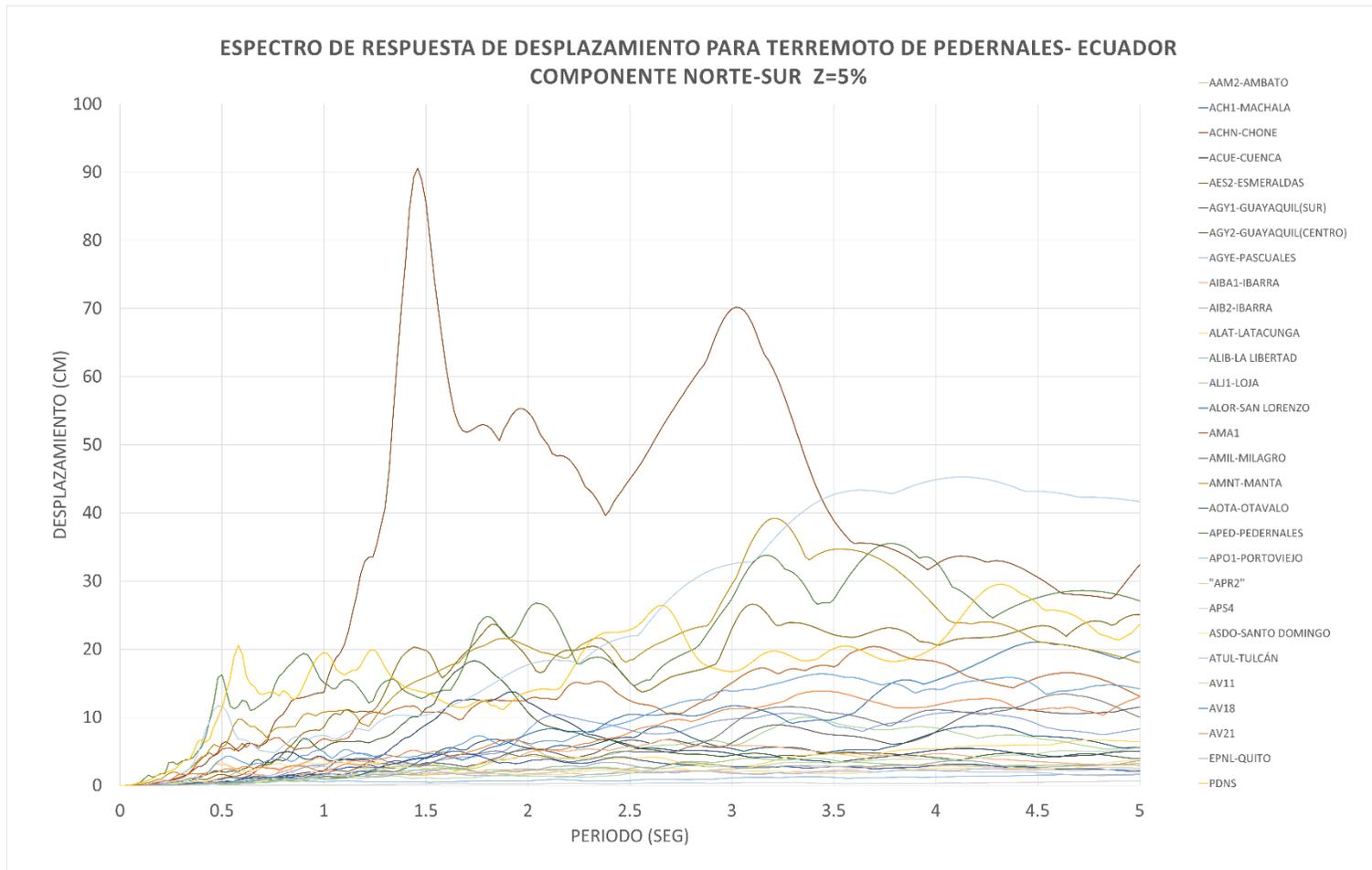


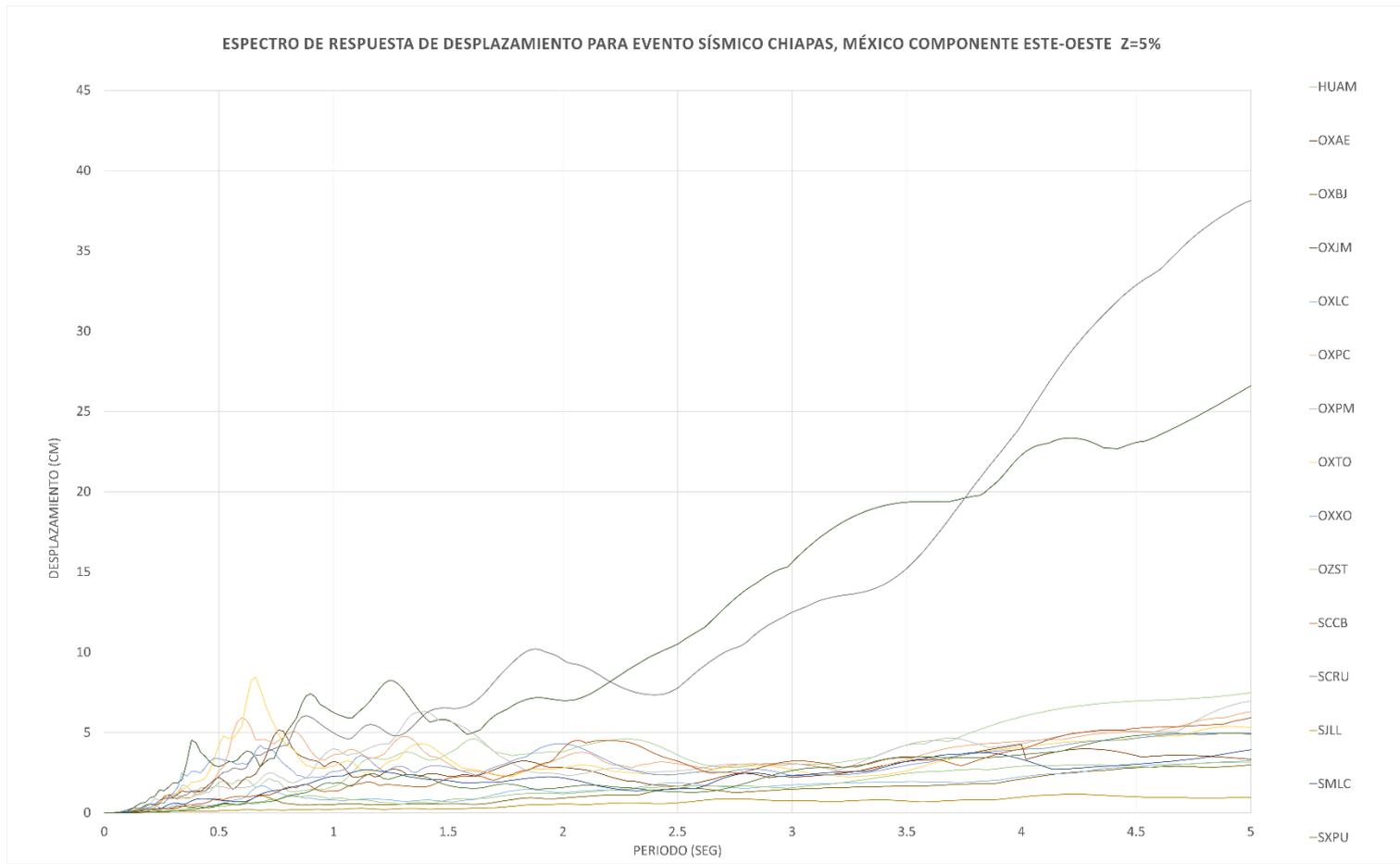


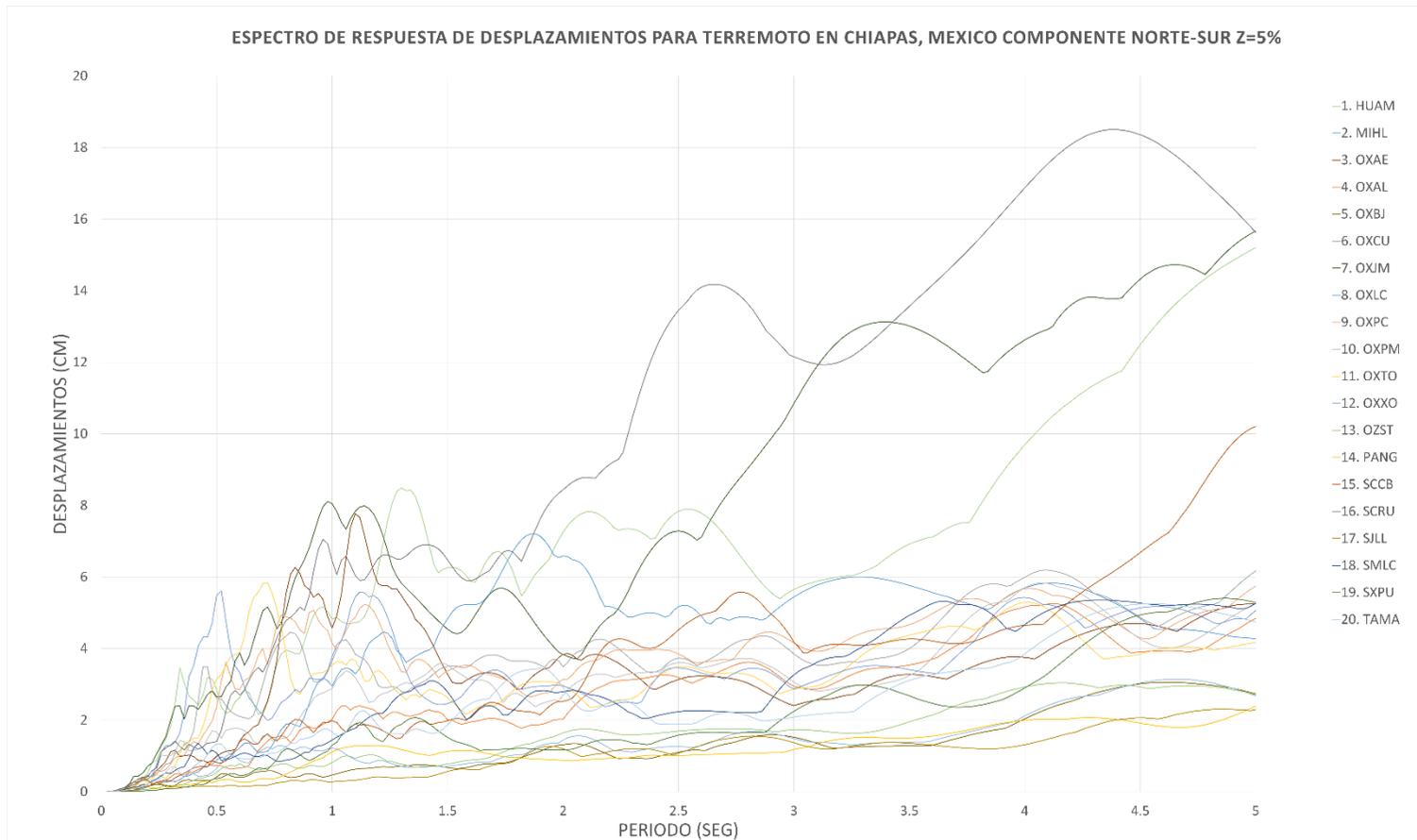


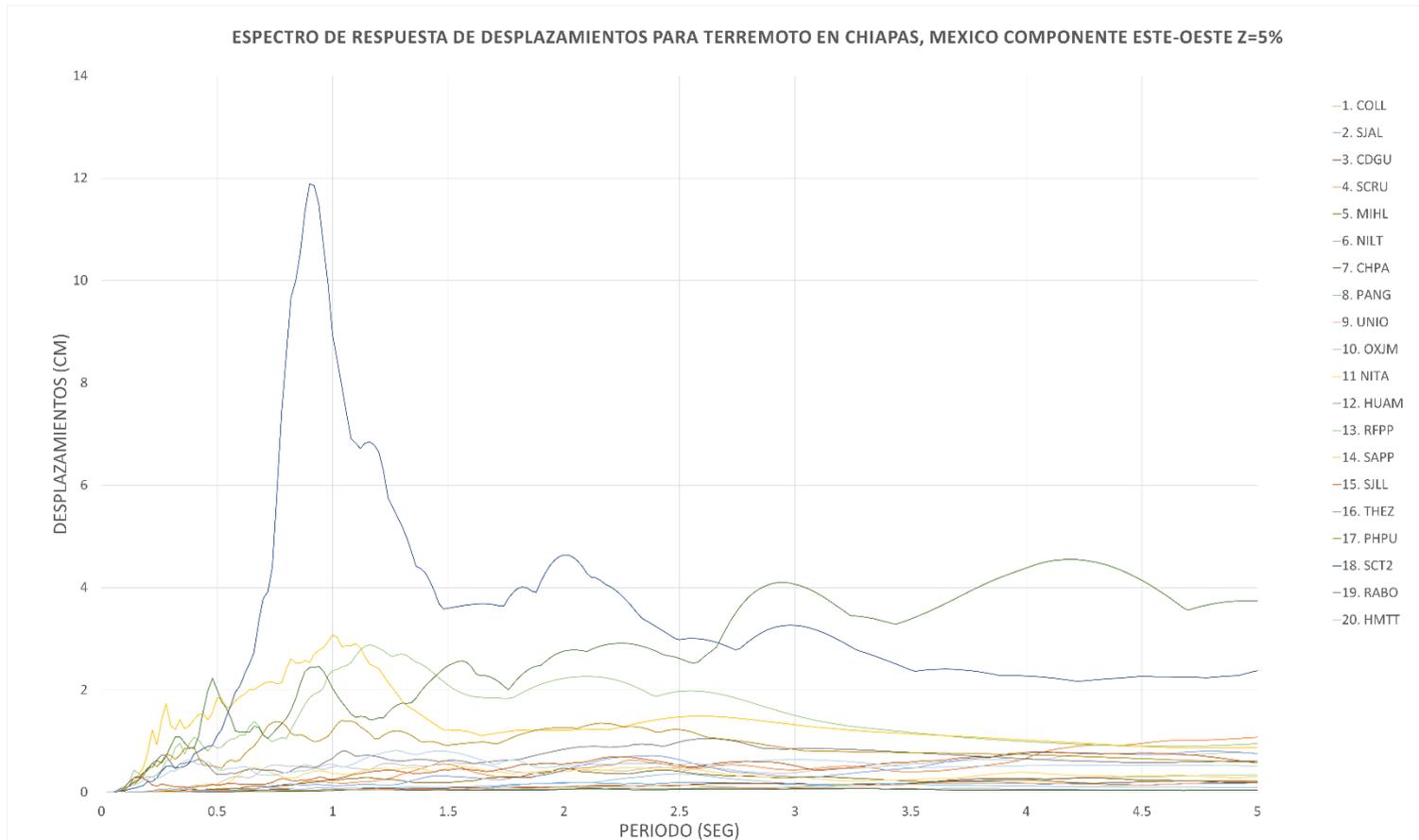
ESPECTRO DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA TERREMOTO DE PEDERNALES- ECUADOR COMPONENTE ESTE $\zeta=5\%$

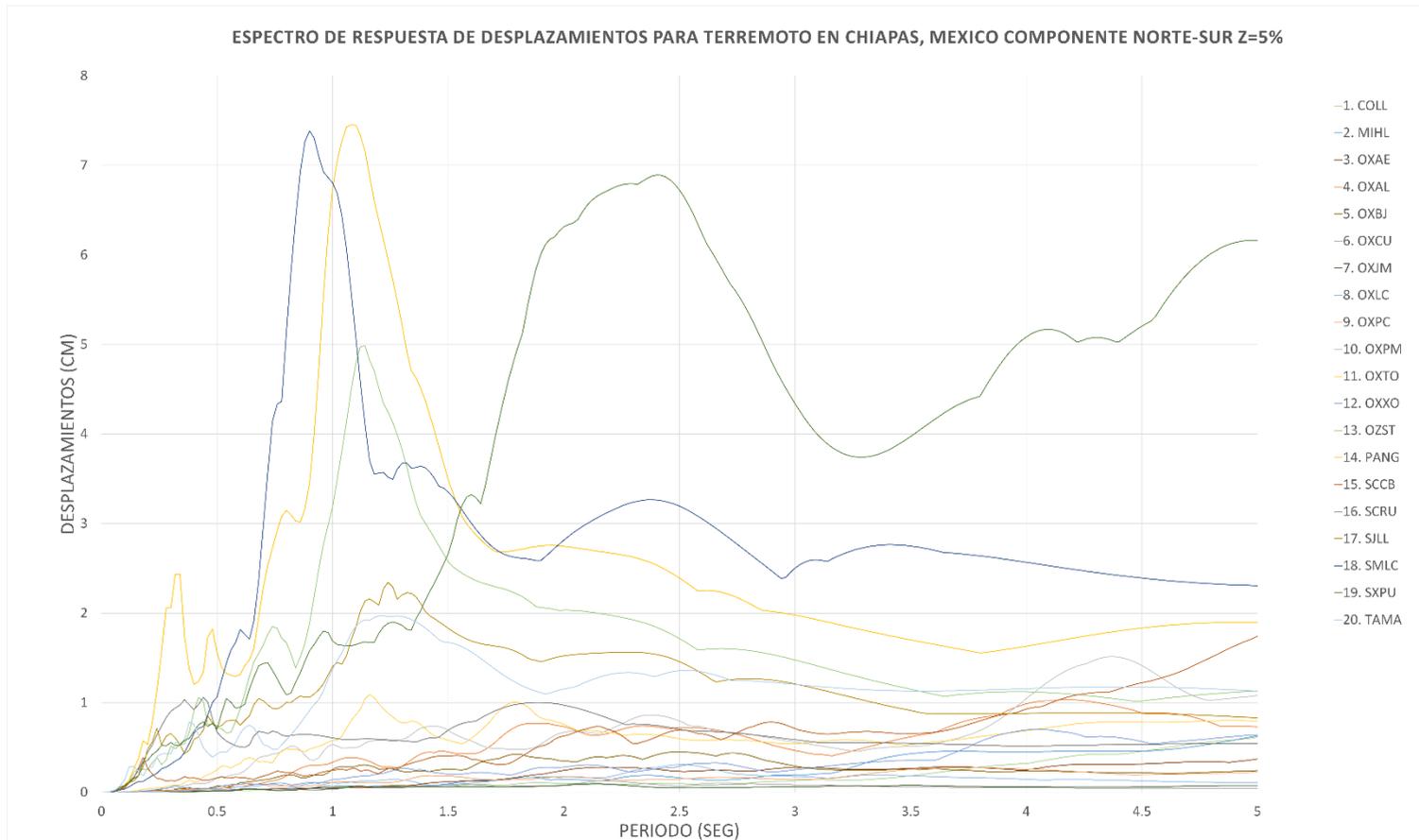


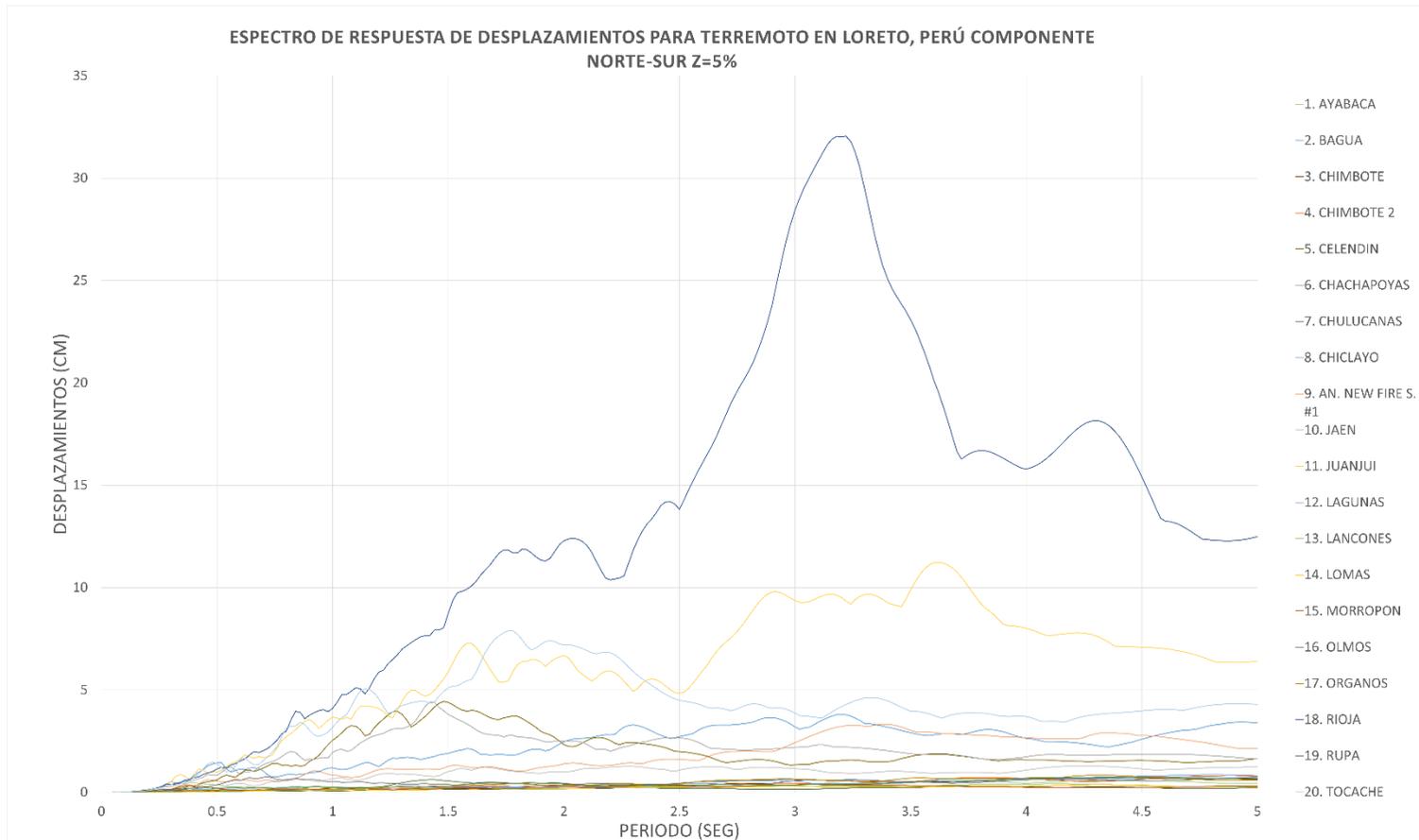


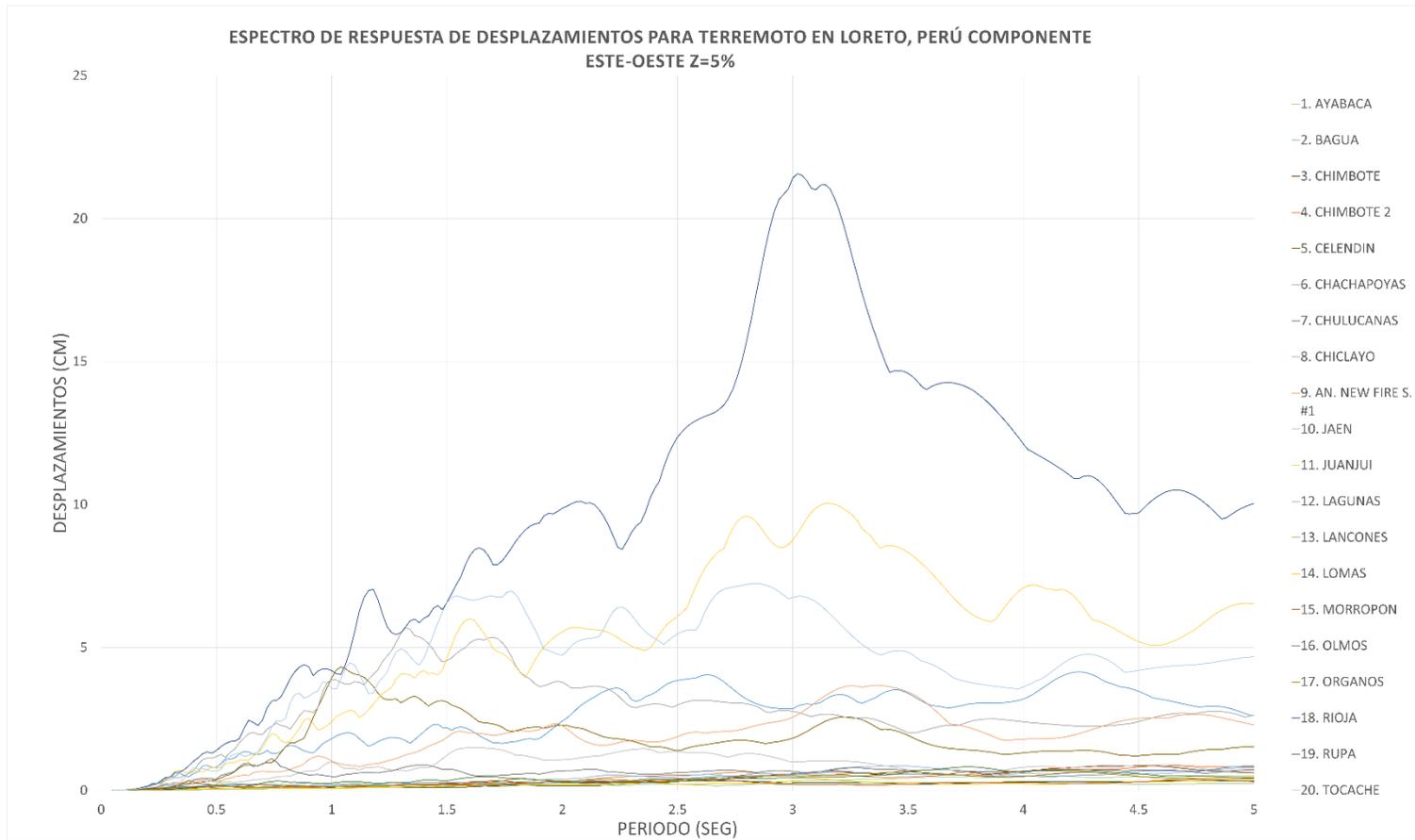


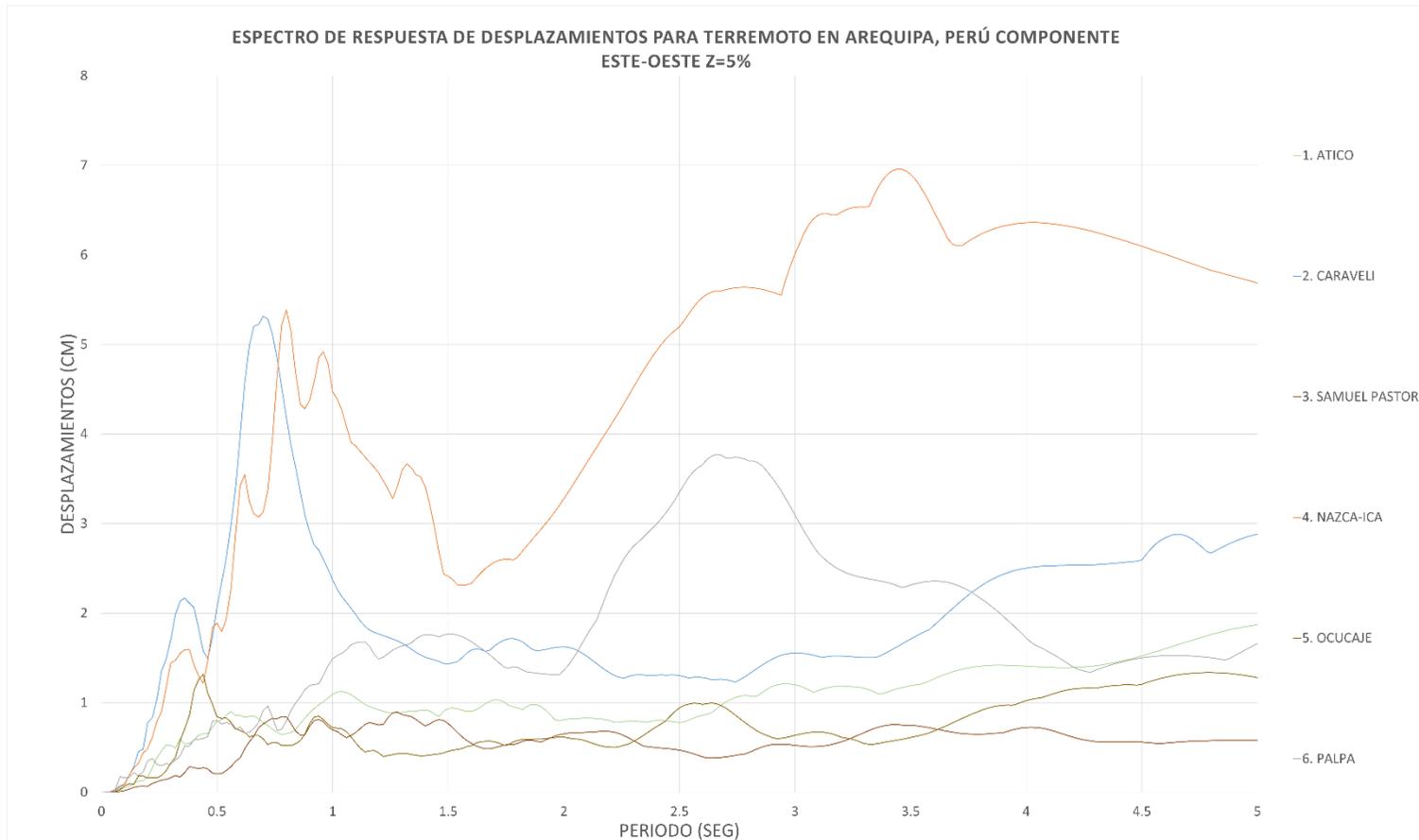


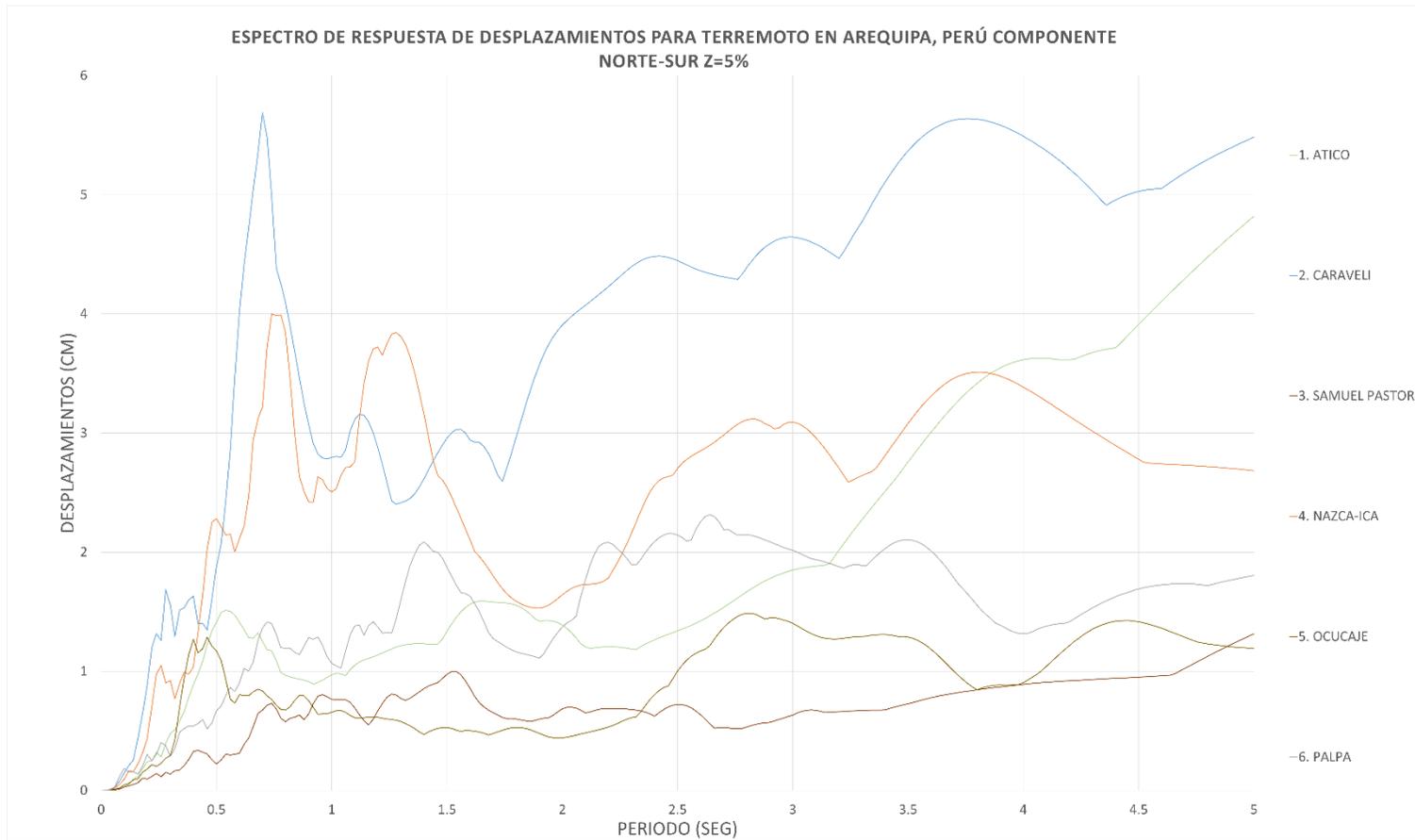


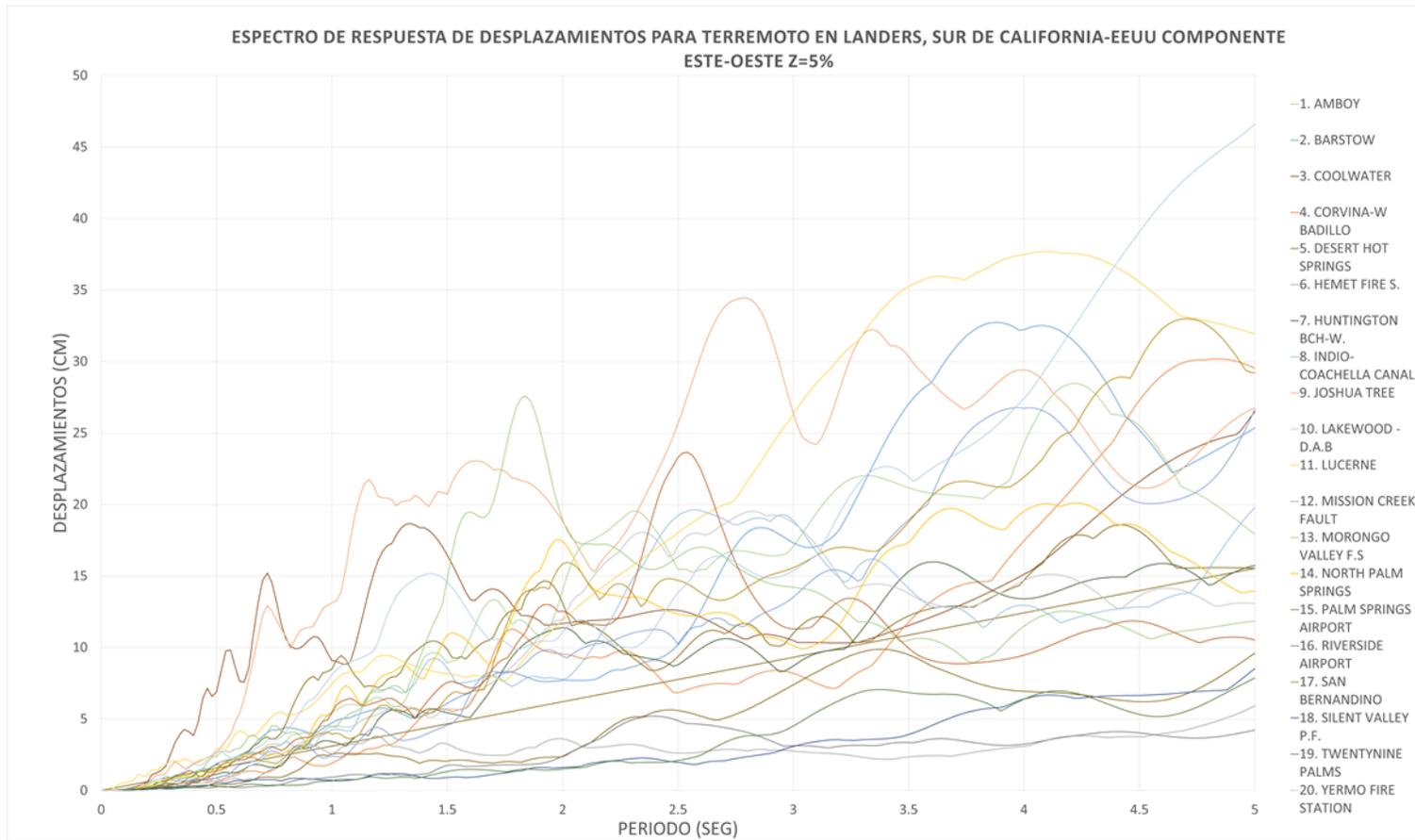


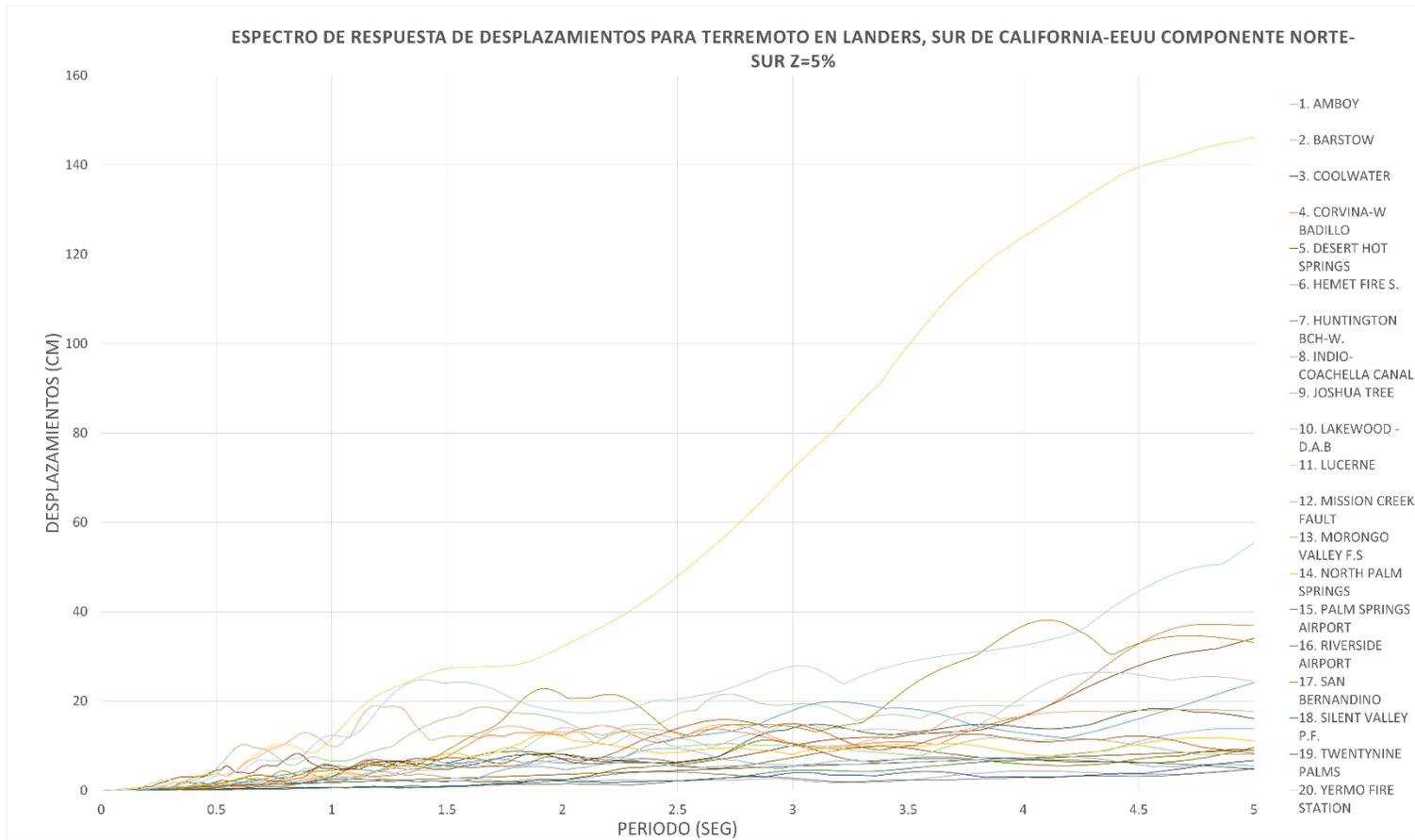


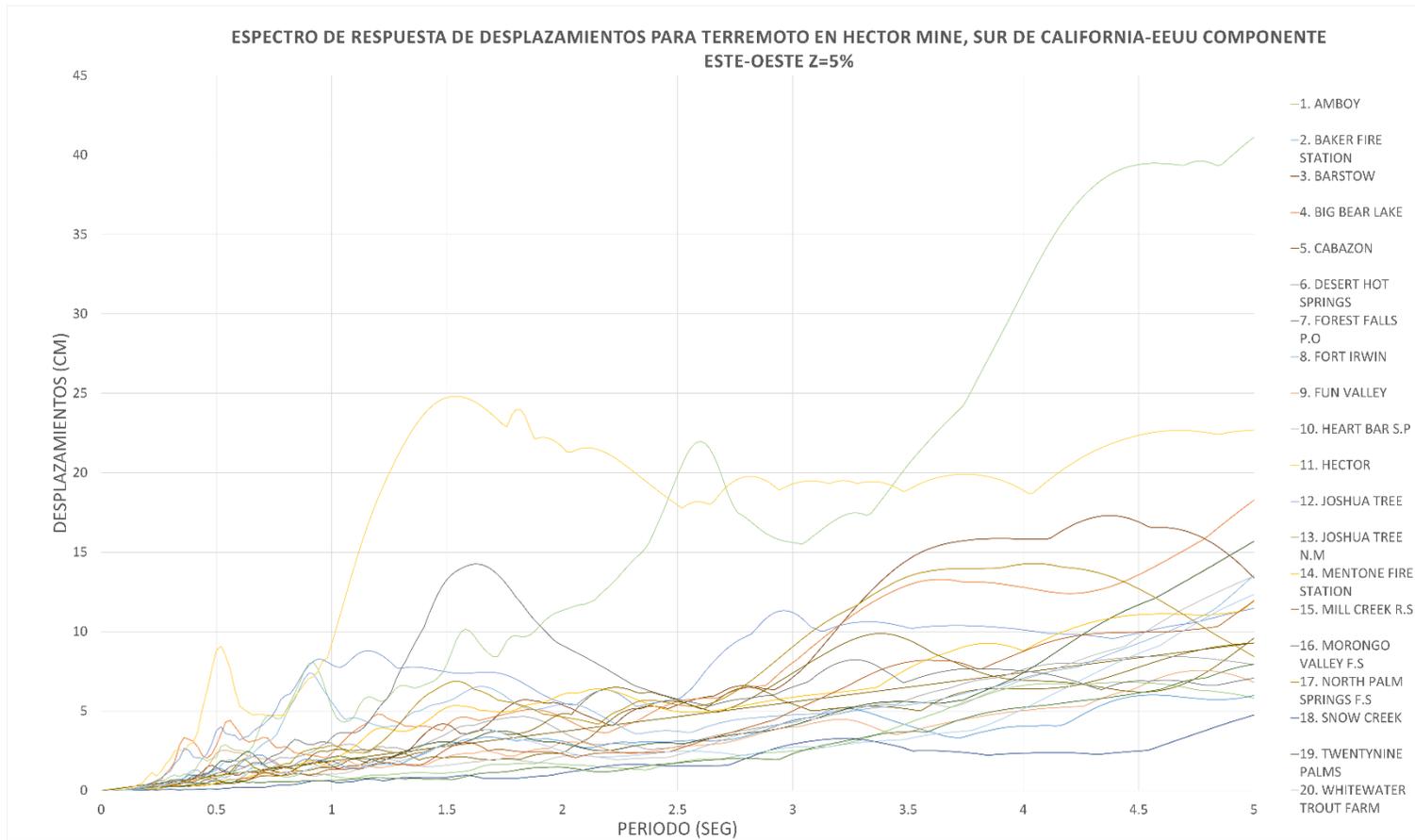


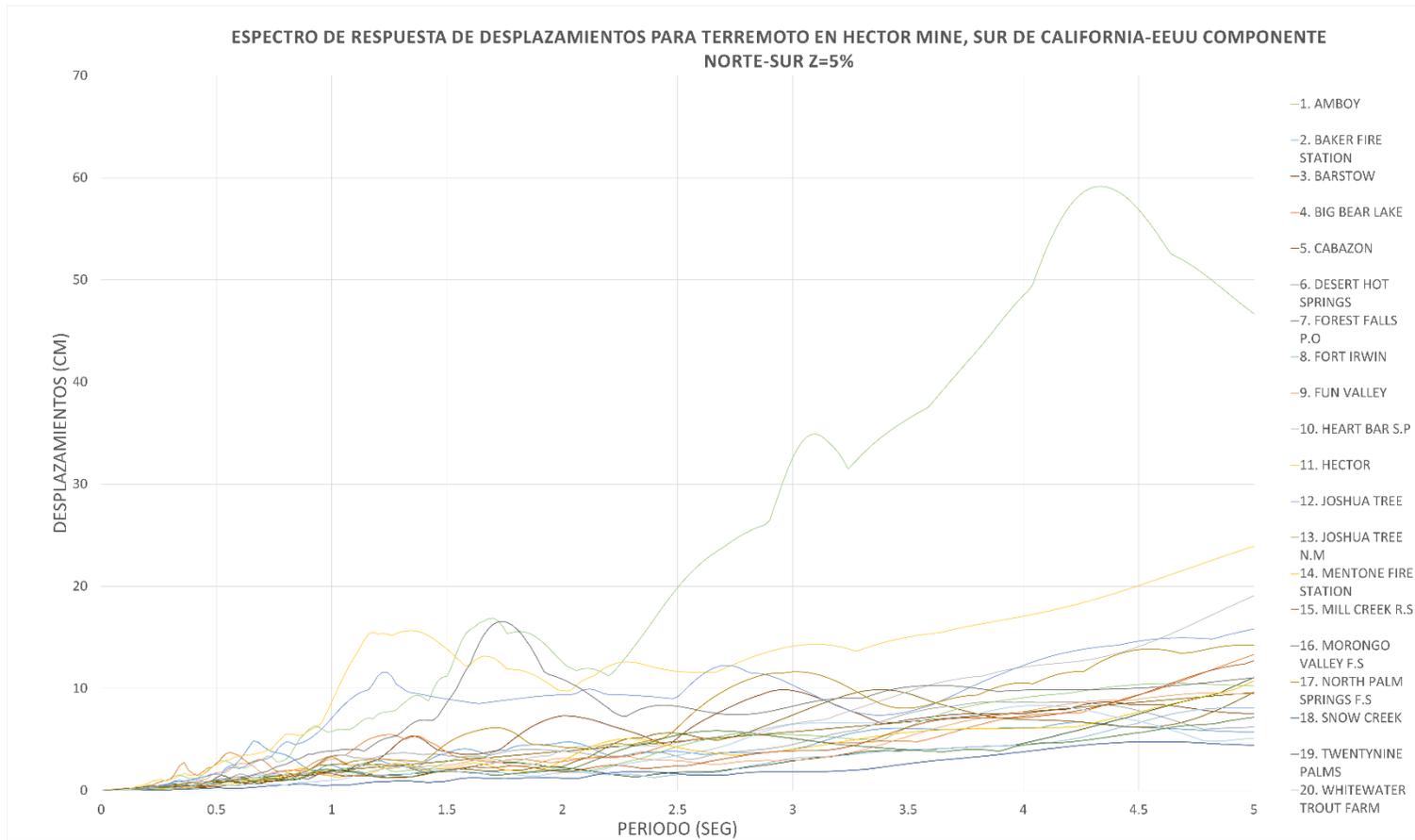


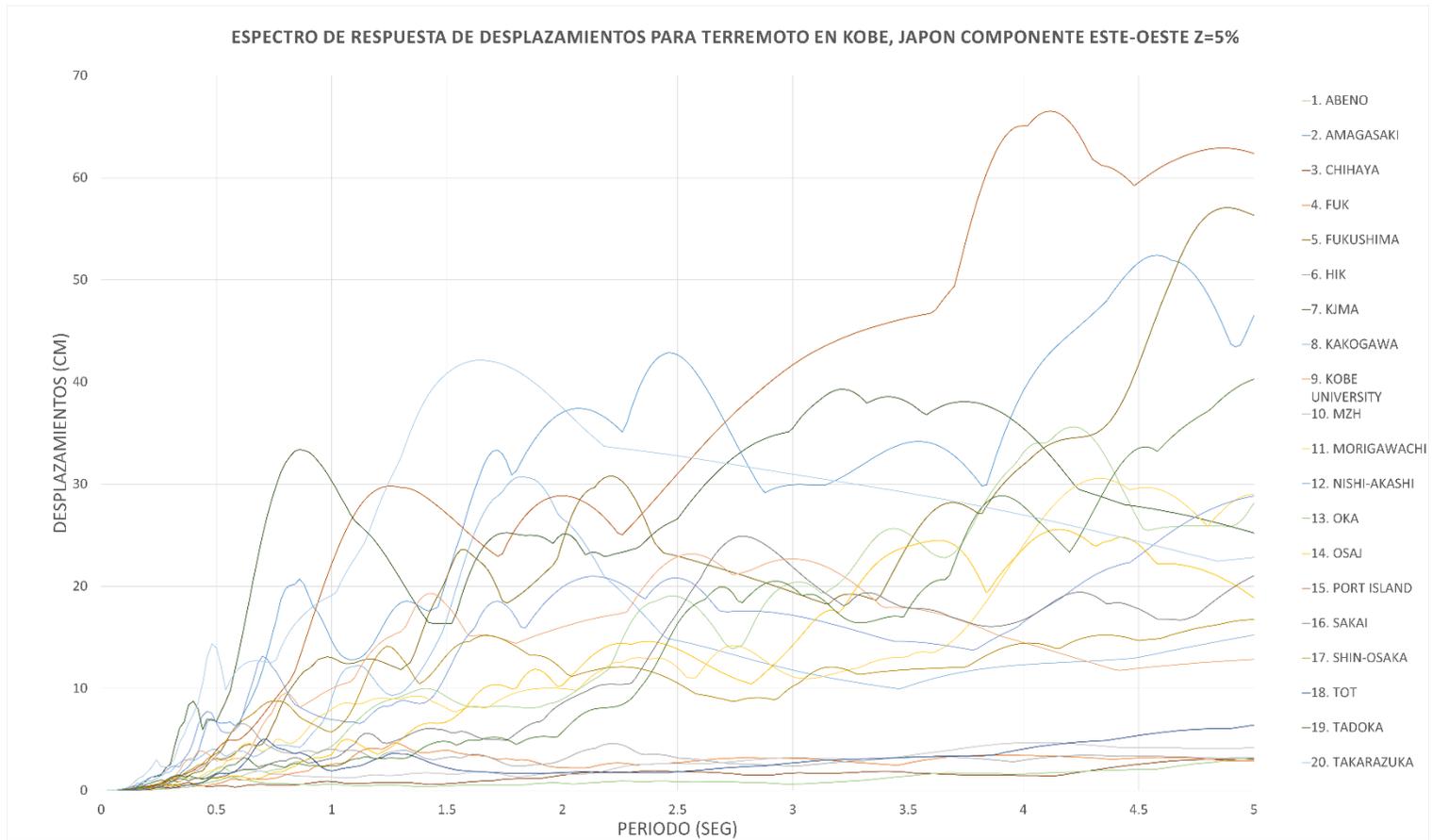


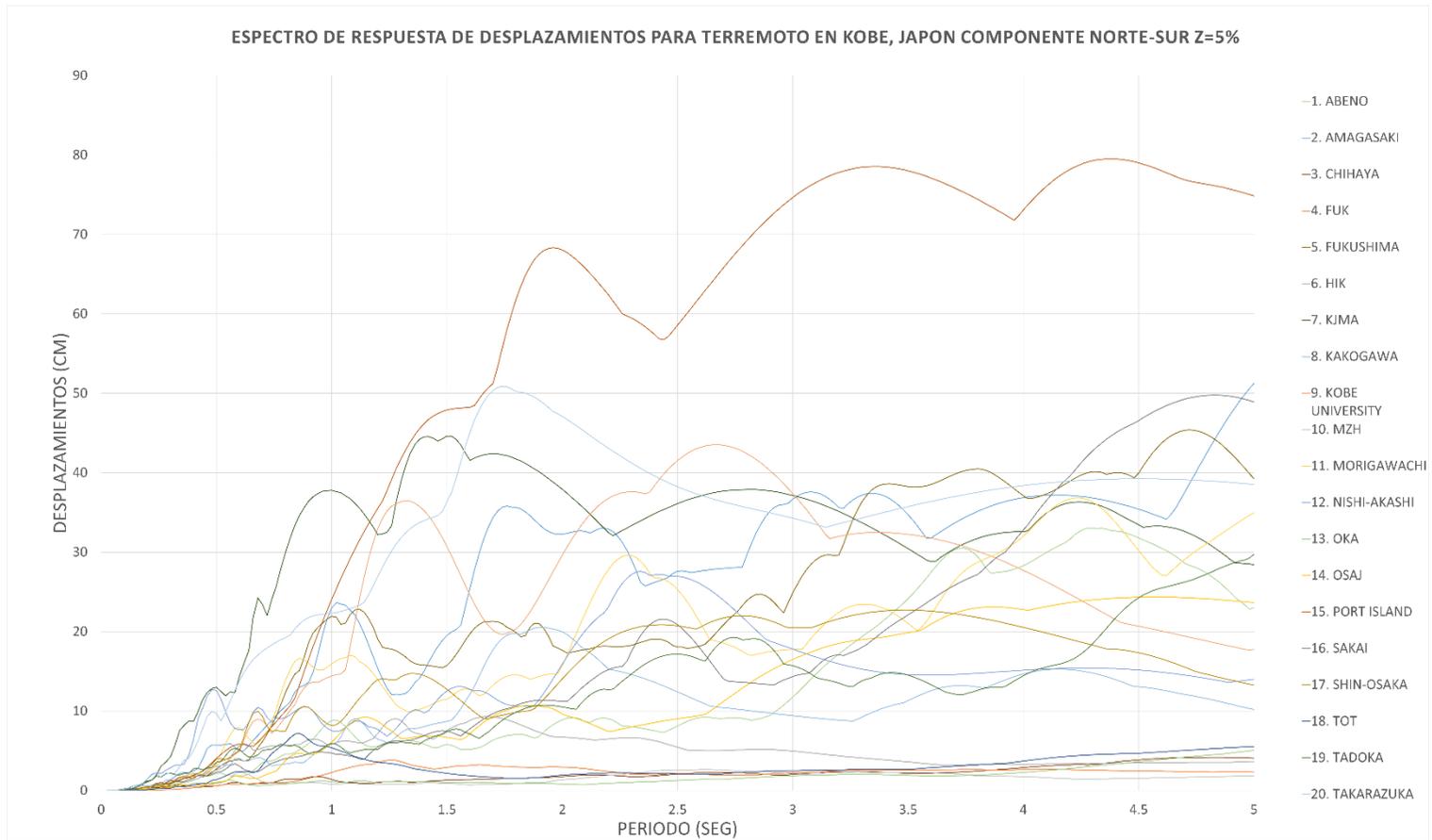


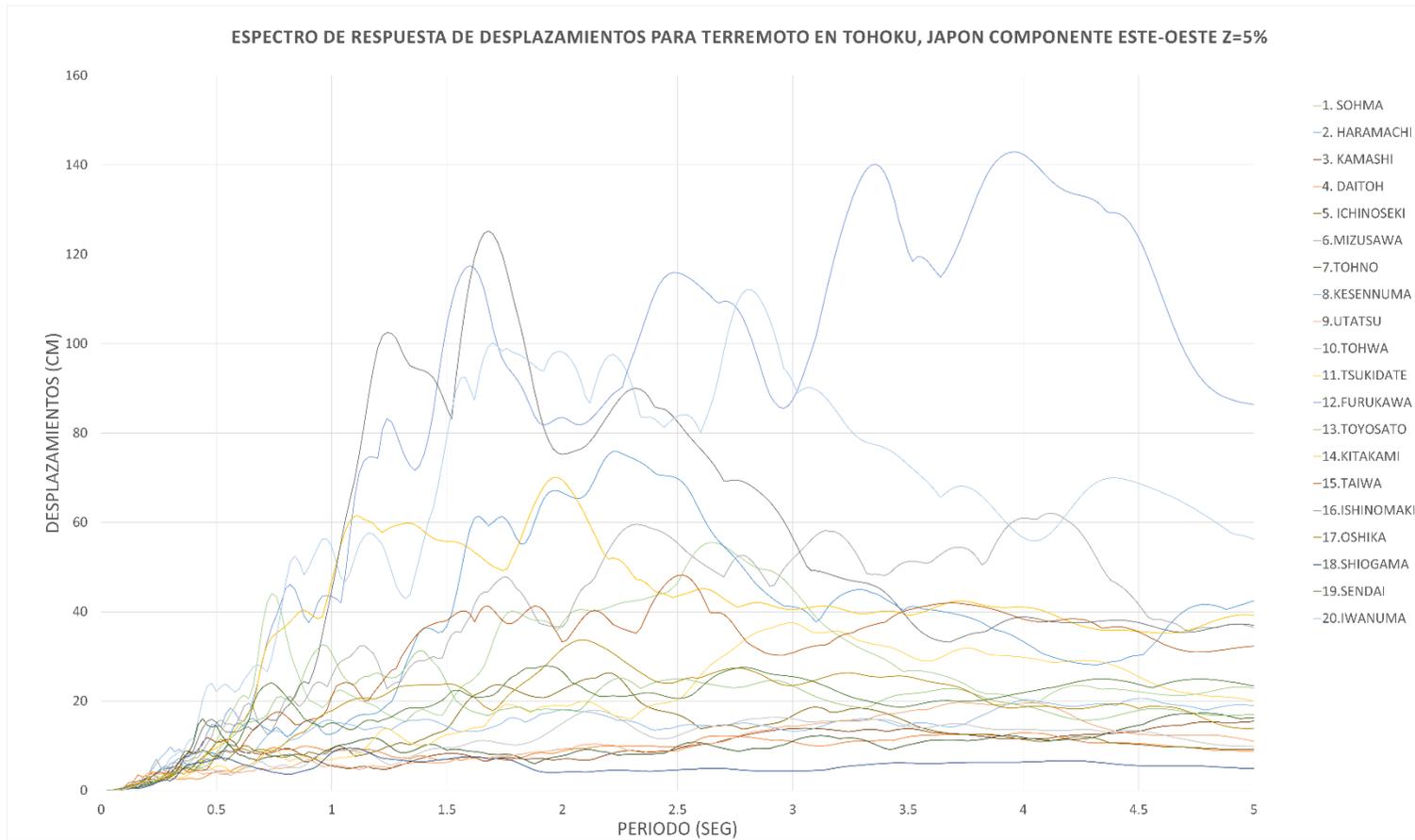


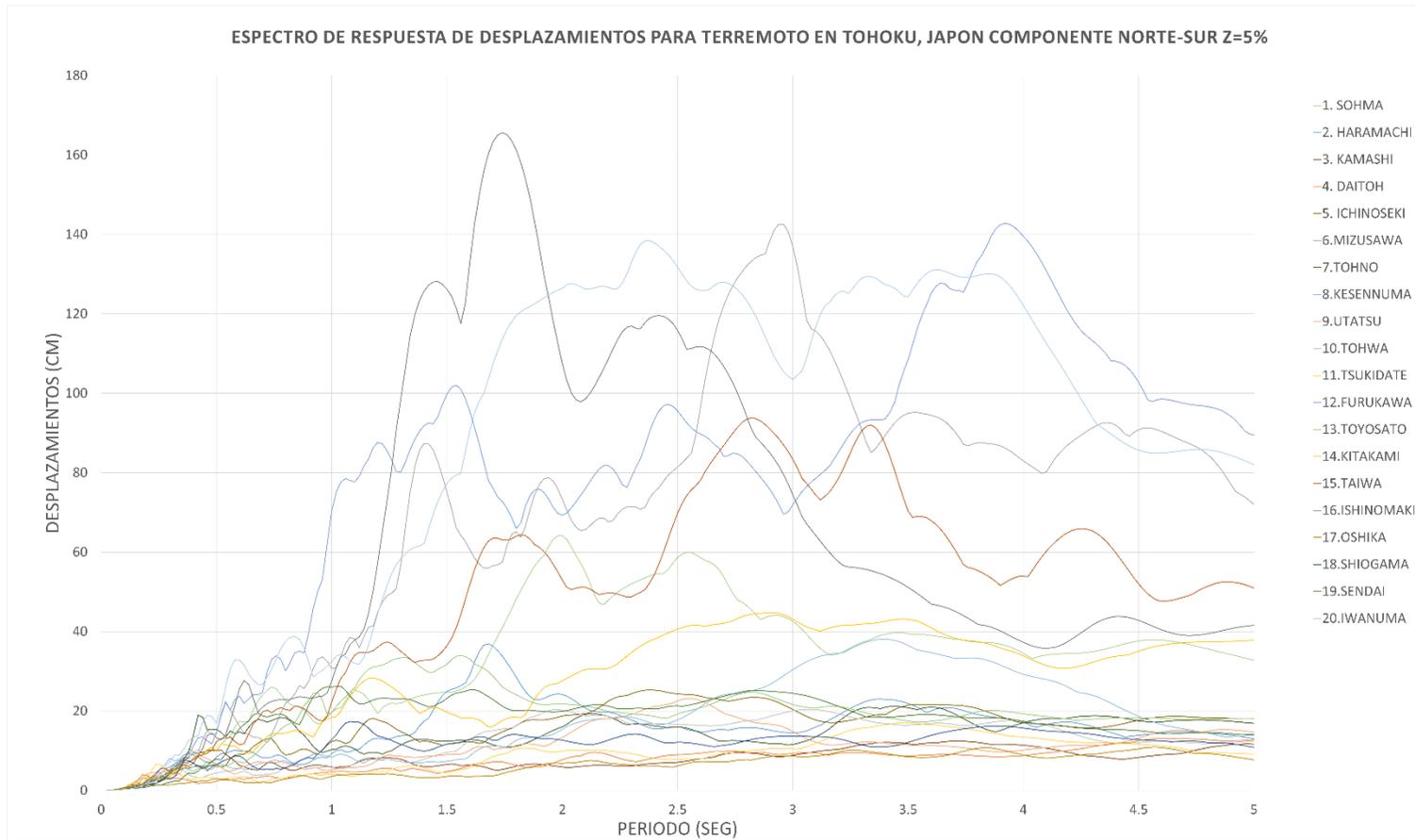


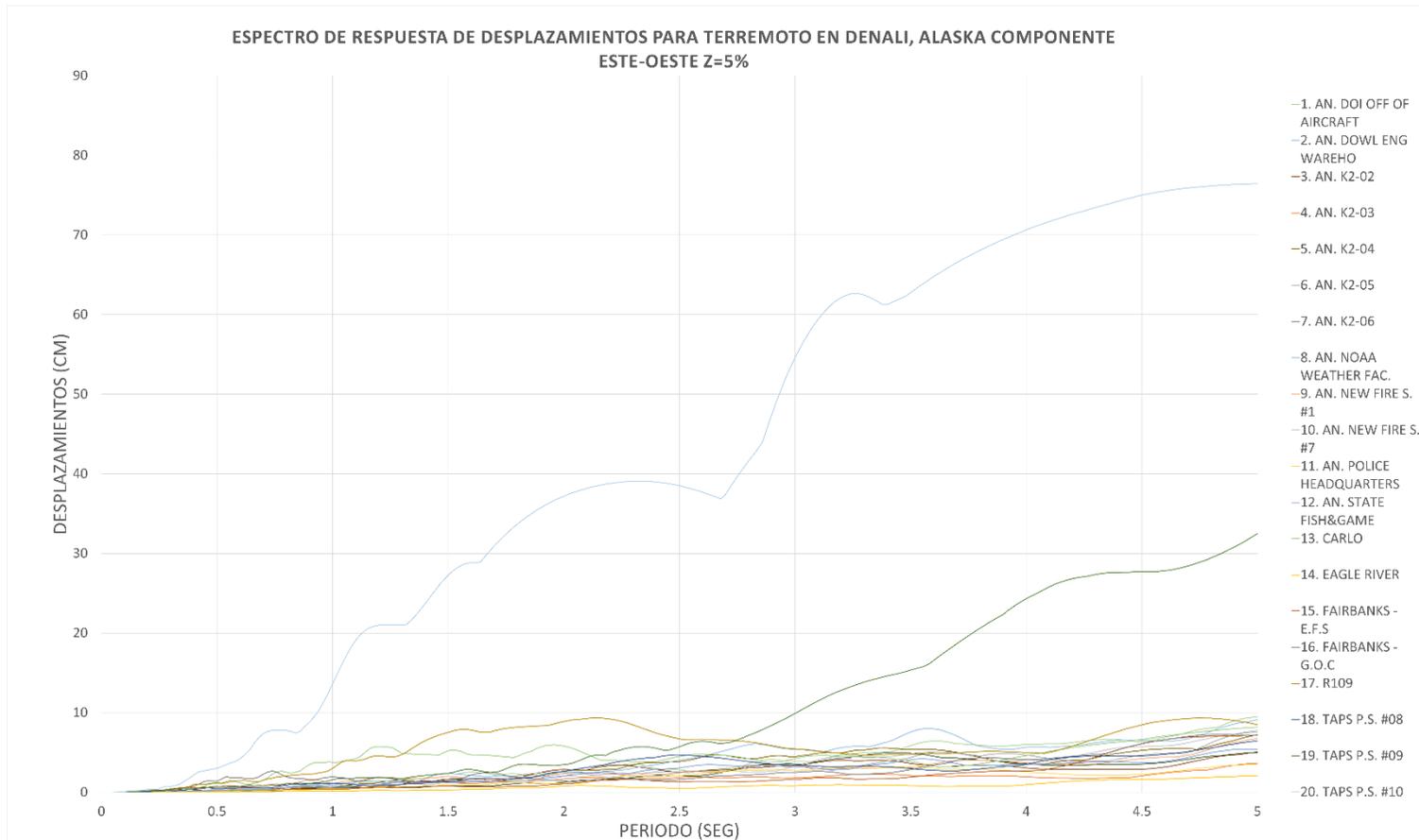


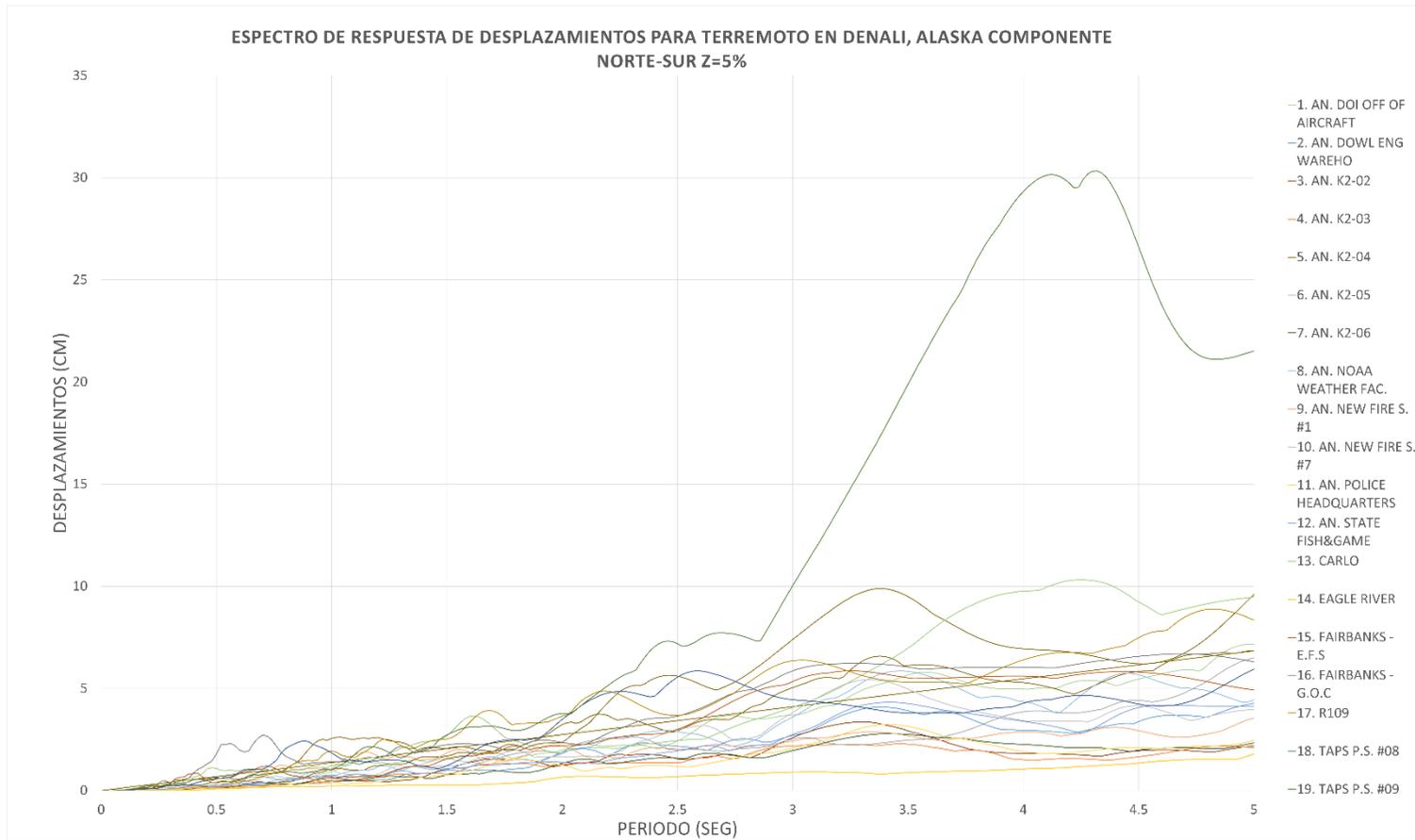


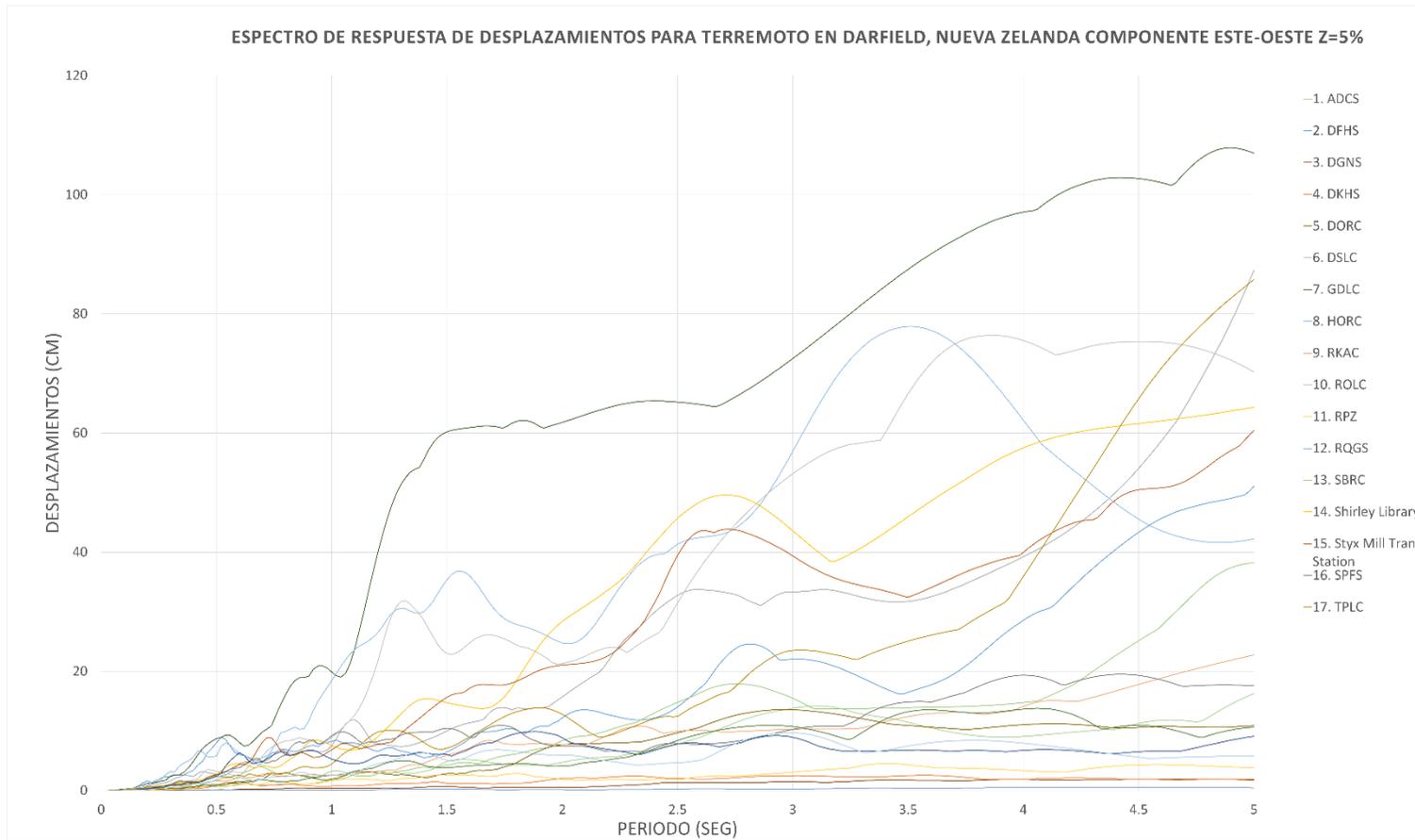


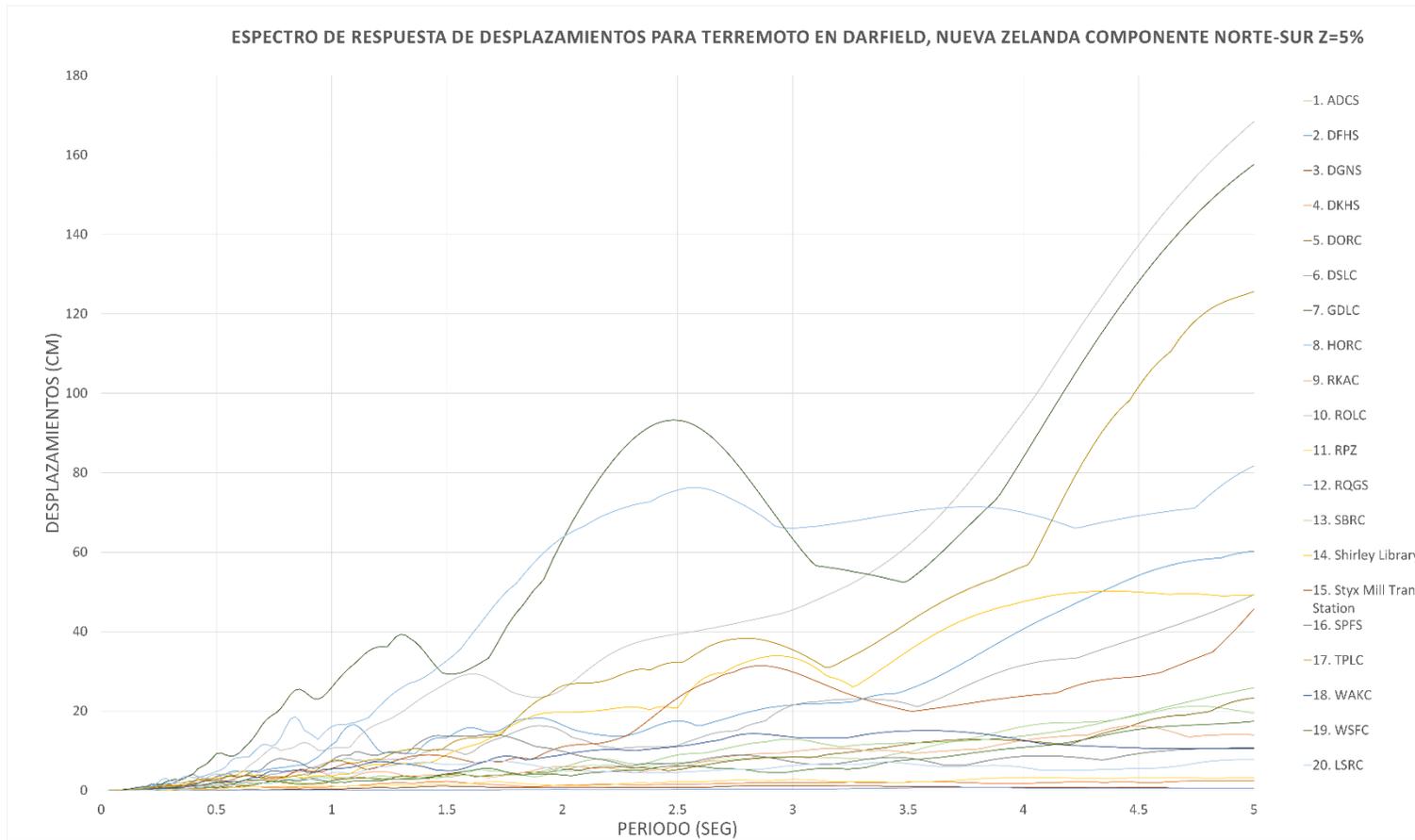


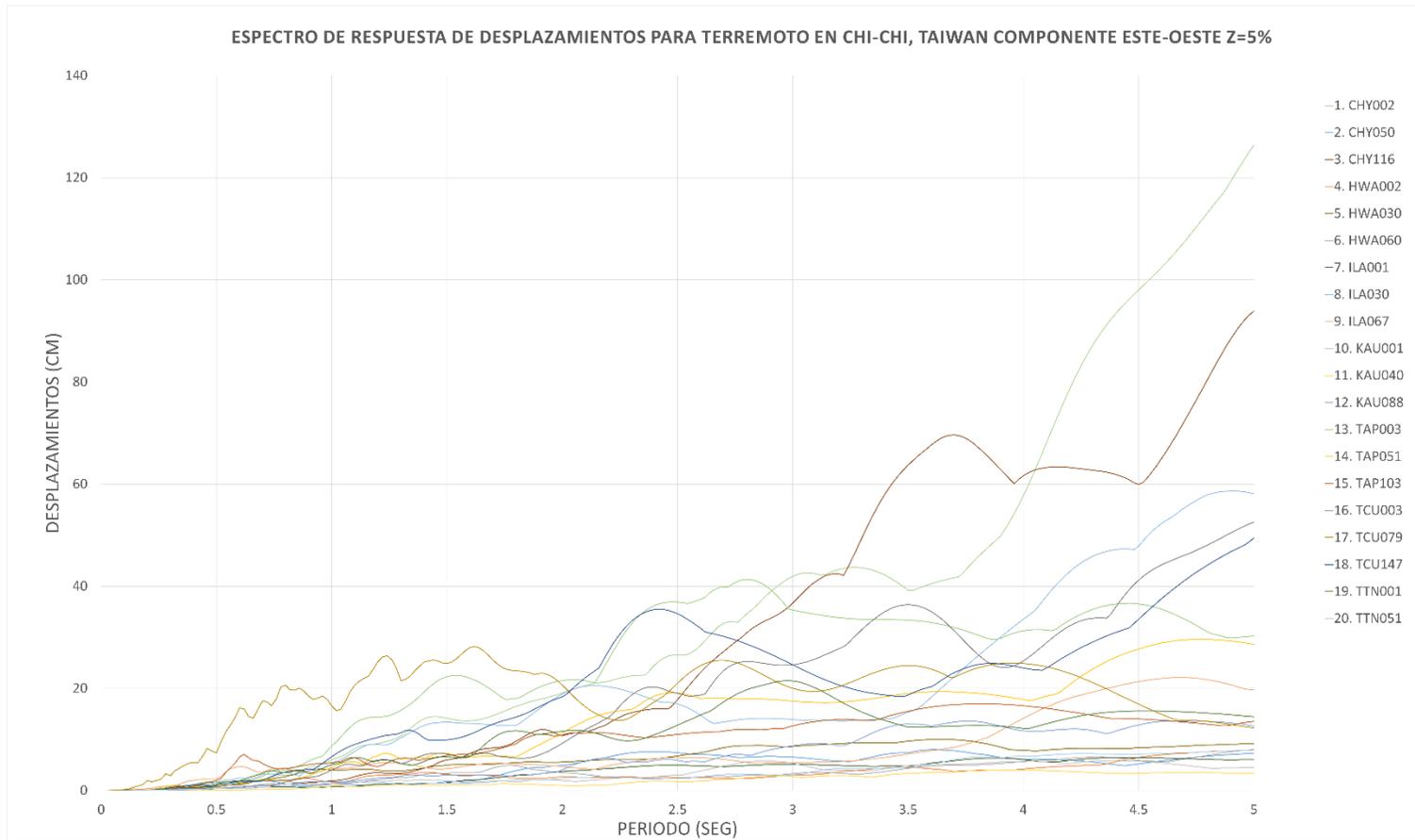


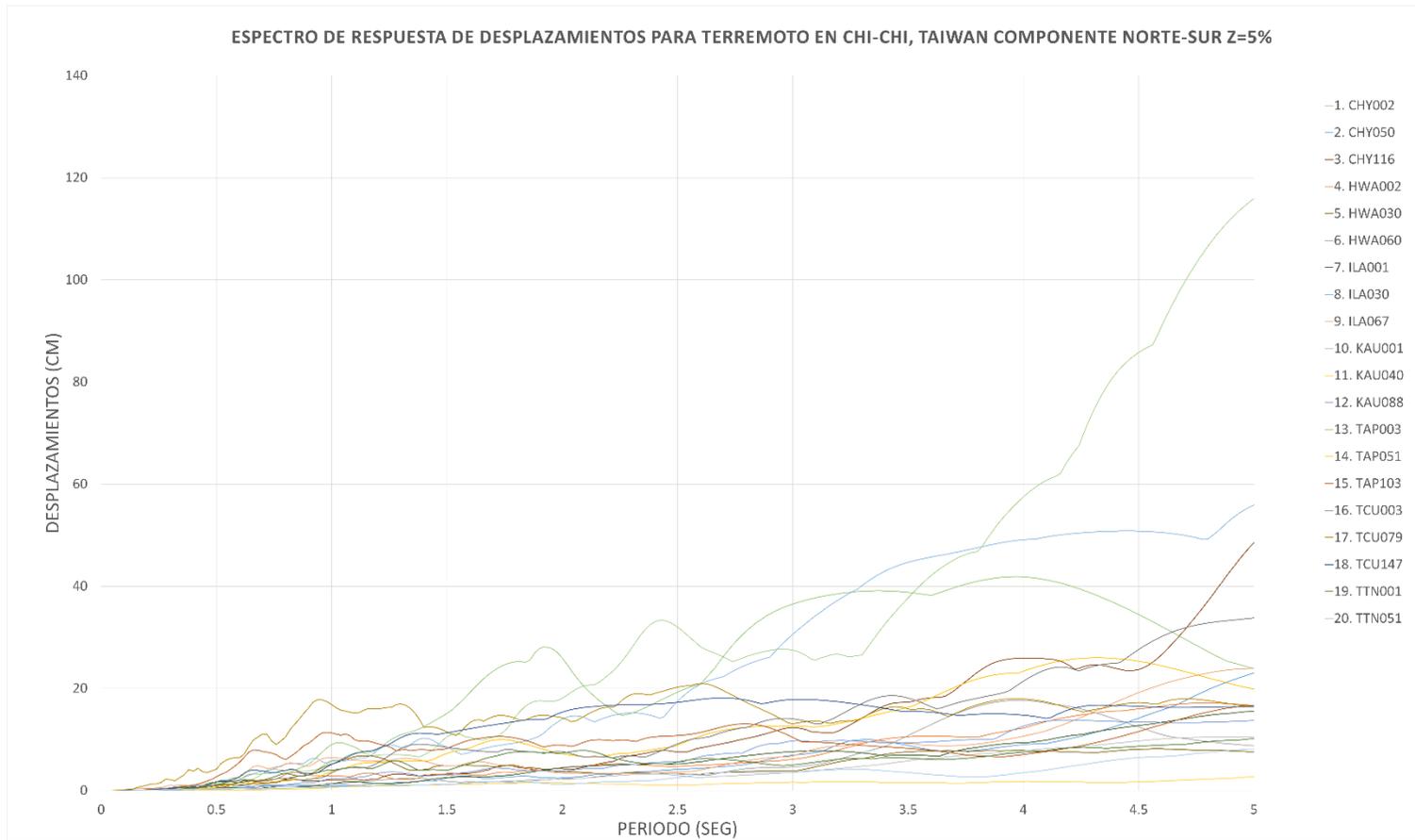


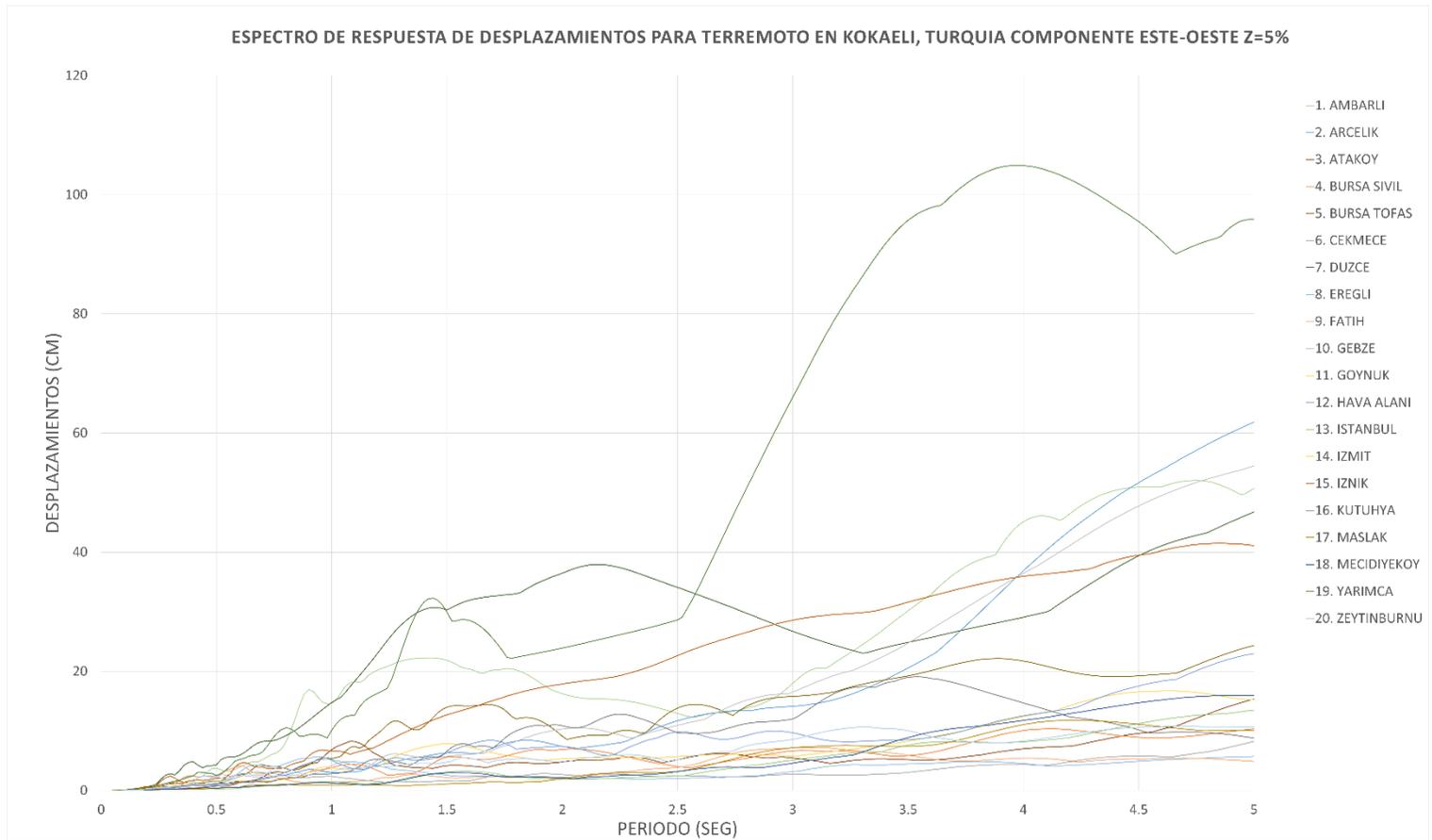


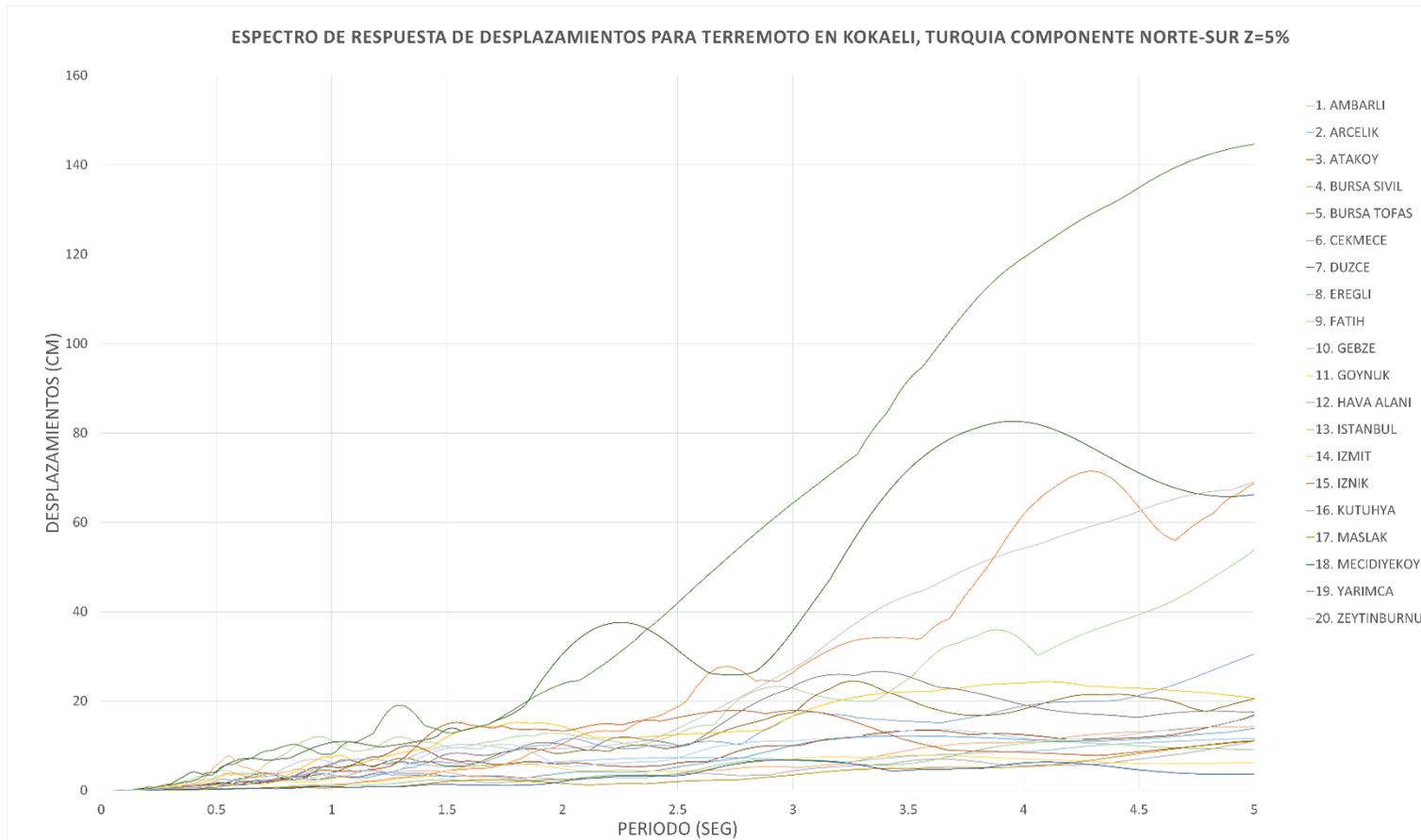














DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro**, con C.C: # **2300380942** autor del trabajo de titulación: **Revisión de los Espectros de Desplazamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en Base a los Registros Sísmicos de los Terremotos más Severos Capturados** previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre de 2021

f. _____

Nombre: **Samaniego Guerrero, Bryan Alejandro**

C.C: **2300380942**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Revisión de los Espectros de Desplazamientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) en Base a los Registros Sísmicos de los Terremotos más Severos Capturados		
AUTOR/A	Bryan Alejandro, Samaniego Guerrero		
REVISOR/TUTOR	Ing. Jaime Francisco Hernández Barredo, Ms. C.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de septiembre de 2021	No. DE PÁGINAS:	121
ÁREAS TEMÁTICAS:	Análisis de Espectros de Diseño de la NEC 15, Análisis de Espectros de Respuesta, Ingeniería Sísmica. Comparación y Análisis de Resultados.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sismos, Espectros de Respuesta de Desplazamiento, Espectros de Diseño de Desplazamiento, Periodo de Retorno, Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 15, Registros Sísmicos.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): Se realizó una investigación sobre los eventos sísmicos más severos que han ocurrido alrededor del mundo, clasificándolos por su magnitud, impacto y efectos que provocaron en sus respectivos lugares de aparición. Luego se buscó información sobre las estaciones y los registros sísmicos que se generan a partir de estas, posterior a este proceso se continuó con la generación de espectros de respuesta de desplazamientos por medio de la ayuda de un software de análisis de dato. Una vez con los datos correspondientes se realizaron gráficas en las que se unificaron todos los espectros de respuesta generados para las componentes Norte-Sur, Este-Oeste. Lo siguiente fue generar espectros de diseño de desplazamientos formulados y proporcionados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, los cuales fueron realizados para las diferentes zonas sísmicas, tipos de suelo, regiones y terremotos de periodo de retorno de 475 años y 2500 años. De lo mencionado anteriormente se unificaron espectros de respuesta de desplazamientos y espectros de diseño de desplazamientos en una sola gráfica para poder generar comparaciones y visualizar los cambios que había en los desplazamientos dependiendo de su periodo y las diferentes características que los componen.			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTORA:	Teléfono: +593-984198994	E-mail: bryanalejandros57@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Clara Catalina, Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4-2202763		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			