

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

Comparación del método de respuestas máximas en el tiempo (RMT) para combinación de componentes horizontales en registros sísmicos con el método SRSS (ASCE 7) para diferentes valores de amortiguamiento

AUTOR:

Villao Maruri, Ángela María Gracia

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Hernández Barredo, Jaime Francisco

Guayaquil, Ecuador

14 de septiembre del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Villao Maruri, Ángela María Gracia** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Hernández Barredo, Jaime Francisco

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Villao Maruri, Ángela María Gracia**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Comparación del método de respuestas máximas en el tiempo (RMT) para combinación de componentes horizontales en registros sísmicos con el método SRSS (ASCE 7) para diferentes valores de amortiguamiento** previo a la obtención del título de **Ingeniero 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 2018

EL AUTOR

f. _____
Villao Maruri, Ángela María Gracia



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Villao Maruri, Ángela María Gracia**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Comparación del método de respuestas máximas en el tiempo (RMT) para combinación de componentes horizontales en registros sísmicos con el método SRSS (ASCE 7) para diferentes valores de amortiguamiento**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de septiembre del año 2018

EL AUTOR:

f. _____
Villao Maruri, Ángela María Gracia

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULO Ma Gracia Villao.pdf (D41078629)
Submitted: 8/31/2018 8:17:00 PM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<https://de.slideshare.net/alejandrogancedotoral/dinmica-de-estructuras-4ta-edicin-anil-k-croprafreelibrosorg>
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10125>

Instances where selected sources appear:

2

AGRADECIMIENTO

A Dios.

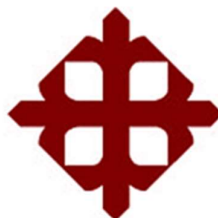
A mis padres.

A mi hermano Carlo.

A mi tutor.

DEDICATORIA

A todas las personas que han formado parte de mi vida y de alguna manera han contribuido con la mujer que soy ahora. Dedico este trabajo especialmente a mis padres, por formarme para ser un adulto que aporte a donde vaya, por enseñarme los valores que poseo y por estar presentes en mis pequeñas victorias y fracasos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA INGENIERIA CIVIL**

f. _____

JAIME FRANCISCO HERNÁNDEZ BARREDO

TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

XAVIER FEDERICO CASAL RODRÍGUEZ

OPONENTE

f. _____

LILIA VALAREZO MORENO DE PAREJA

DECANO

f. _____

CARLOS YLDEFONSO CHON DÍAZ

COORDINADOR DEL ÁREA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	2
1. Introducción	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
1.3. Alcance.....	4
CAPÍTULO 2	6
2. Marco teórico.....	6
2.1. Tesis Lascano – 2018	6
2.1.1. Registros sísmicos y espectros de respuesta.....	6
2.1.2. Cálculo de la Respuesta Dinámica de estructuras	7
2.1.3. Diferencias entre los métodos de combinación espectral SRSS (ASCE 7) y RMT (propuesto en Lascano, 2018)	7
2.1.2. Resultados.....	10
2.2. Amortiguamiento	17
2.2.1 Influencia del amortiguamiento en estructuras	21
2.4. Cálculo de la respuesta dinámica de estructuras - Método numérico de la aceleración lineal.....	22
CAPÍTULO 3	25
3. Metodología.....	25

CAPÍTULO 4	32
4. Programación	32
4.1. Entradas	33
4.2. Salidas.....	34
4.2. Ejemplos del uso del programa	37
CAPÍTULO 5.....	49
5. Resultados	49
5.1. Valores de F máximos para la respuesta de desplazamientos ($F_d \text{ máx}$)	49
5.2. Valores de F mínimos para la respuesta de desplazamientos ($F_d \text{ mín}$)	55
5.3. Valores de F promedio para la respuesta de desplazamientos (F_d)	59
5.4. Valores de F máximos para la respuesta de aceleraciones absolutas ($F_a \text{ máx}$)	63
5.5. Valores de F mínimos para la respuesta de aceleraciones absolutas ($F_a \text{ mín}$)	67
5.6. Valores de F promedio para la respuesta de aceleraciones absolutas (F_a).....	71
5.7 Influencia de la forma de la respuesta de los desplazamientos en los valores de F_d para distintos porcentajes de amortiguamiento	76
CAPÍTULO 6.....	89
6. Conclusiones y recomendaciones.....	89
6.1. Conclusiones.....	89
6.2. Recomendaciones.....	90
REFERENCIAS	91

ANEXOS..... 92

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Espectro de respuesta (desplazamientos). Tomado de Chopra, 2014.....	3
Gráfica 2. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=0.80$ seg para registro de estación ACH1.	9
Gráfica 3. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=2.10$ seg para registro de estación AIB1.....	16
Gráfica 4. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=1$ seg para registro de estación AMNT.....	17
Gráfica 5. Factores F correspondientes a los espectros de aceleraciones totales del registro de la estación PZPU.	75
Gráfica 6. Espectros de respuesta de aceleración absoluta para el registro de la estación PZPU.	76
Gráfica 7. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación AIB1.	77
Gráfica 8. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.10$ seg y $\xi=2\%$. Estación AIB1.....	77
Gráfica 9. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.10$ seg y $\xi=50\%$. Estación AIB1.....	78
Gráfica 10. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación PHPU.	79
Gráfica 11. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.30$ seg y $\xi=5\%$. Estación AIB1.....	79
Gráfica 12. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.30$ seg y $\xi=50\%$. Estación PHPU.....	80

Gráfica 13. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación ALJ1.....	81
Gráfica 14. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=2.50 seg y $\xi=2\%$. Estación ALJ1.....	81
Gráfica 15. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=2.50 seg y $\xi=50\%$. Estación ALJ1.....	82
Gráfica 16. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación XALA.....	83
Gráfica 17. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=1.70 seg y $\xi=2\%$. Estación XALA.....	84
Gráfica 18. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=1.70 seg y $\xi=50\%$. Estación XALA.....	85
Gráfica 19. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación SAPP.....	86
Gráfica 20. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=0.35 seg y $\xi=2\%$. Estación SAPP.....	86
Gráfica 21. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=0.35 seg y $\xi=10\%$. Estación SAPP.....	87
Gráfica 22. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=0.35 seg y $\xi=50\%$. Estación SAPP.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Colores correspondientes a cada grupo de clasificación.	10
Tabla 2. Valores de F correspondientes al PGA clasificados según el PGA.11	
Tabla 3. Valores de F correspondientes al PGA clasificados según la distancia a la falla.	11
Tabla 4. Máximos valores de F correspondientes a la respuesta de desplazamientos clasificados según el PGA.	12
Tabla 5. Máximos valores de F correspondientes a la respuesta de desplazamientos clasificados según la distancia a la falla.....	13
Tabla 6. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleración absoluta clasificados según el PGA.....	14
Tabla 7. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleración absoluta clasificados según la distancia a la falla.....	14
Tabla 8. Registros de Ecuador clasificados según su PGA.	27
Tabla 9. Registros de Ecuador clasificados según la distancia a la falla.	28
Tabla 10. Clasificación de los registros de México.	28
Tabla 11. Registros de México clasificados según su PGA.	29
Tabla 12. Registros de México clasificados según la distancia a la falla.	30
Tabla 13. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).	50
Tabla 14. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	51

Tabla 15. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).	52
Tabla 16. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	54
Tabla 17. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).	55
Tabla 18. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	56
Tabla 19. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (México).	57
Tabla 20. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	58
Tabla 21. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).	59
Tabla 22. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	60
Tabla 23. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (México).	61

Tabla 24. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	62
Tabla 25. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).	63
Tabla 26. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	64
Tabla 27. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).	65
Tabla 28. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	66
Tabla 29. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).	67
Tabla 30. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	68
Tabla 31. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).	69
Tabla 32. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	70

Tabla 33. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).	71
Tabla 34. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).	72
Tabla 35. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).	73
Tabla 36. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).	74

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se estudia la influencia del porcentaje de amortiguamiento crítico (ξ) en las diferencias entre los métodos de combinación de componentes horizontales SRSS y RMT.

El método SRSS es el propuesto por el ASCE7 para la combinación de componentes horizontales de registros sísmicos, y el método RMT es el propuesto por Lascano (2018) el cual considera la máxima respuesta real de la estructura.

Para evaluar las diferencias entre métodos se calculó el factor F definido por Lascano (2018) como el cociente de la respuesta obtenida mediante el método SRSS y la respuesta obtenida mediante el método RMT. Estos valores se obtuvieron por medio de un algoritmo en Matlab desarrollado en este estudio.

Se procesaron 62 pares de acelerogramas (29 registros del sismo de Pedernales 2016, y 33 registros del sismo de Chiapas 2017) considerando 11 valores diferentes de porcentaje de amortiguamiento (entre 2% y 50%).

Los parámetros de evaluación corresponden a los valores F máximo, mínimo y promedio de las respuestas de desplazamiento y aceleraciones absolutas.

Tal como lo hizo Lascano (2018), se clasificaron los registros según su PGA y distancia a la falla para evaluar la influencia de estos parámetros en los valores F.

Finalmente, se estudiaron casos específicos para identificar la razón de los cambios o similitud de los factores F al variar el porcentaje de amortiguamiento crítico de dichas estructuras.

Palabras Clave: Amortiguamiento, método de combinación espectral, acelerogramas, espectros de respuesta.

CAPÍTULO 1

1. Introducción

Esta investigación tiene como objetivo analizar las diferencias entre los métodos de combinación espectral en estructuras de distinto porcentaje de amortiguamiento. El amortiguamiento es un mecanismo de disipación de energía de los sistemas estructurales sometidos a vibración. Se trata de buscar la relación entre el amortiguamiento de las estructuras y la razón de respuestas mediante dos métodos de combinación espectral (SRSS y RMT).

1.1. Antecedentes

En ingeniería, el diseño de las estructuras requiere de la consideración de fuerzas externas que actúan sobre ellas. Los efectos de los terremotos forman parte de estas fuerzas, y son denominadas cargas sísmicas. La forma más apropiada para analizar la respuesta de los sistemas estructurales bajo la acción de las cargas sísmicas es mediante el uso de registros sísmicos. Los registros sísmicos son las aceleraciones medidas en el terreno mediante equipos llamados acelerógrafos. Estos equipos generalmente registran las aceleraciones en sus tres componentes: dos componentes horizontales (ortogonales entre sí), y una componente vertical.

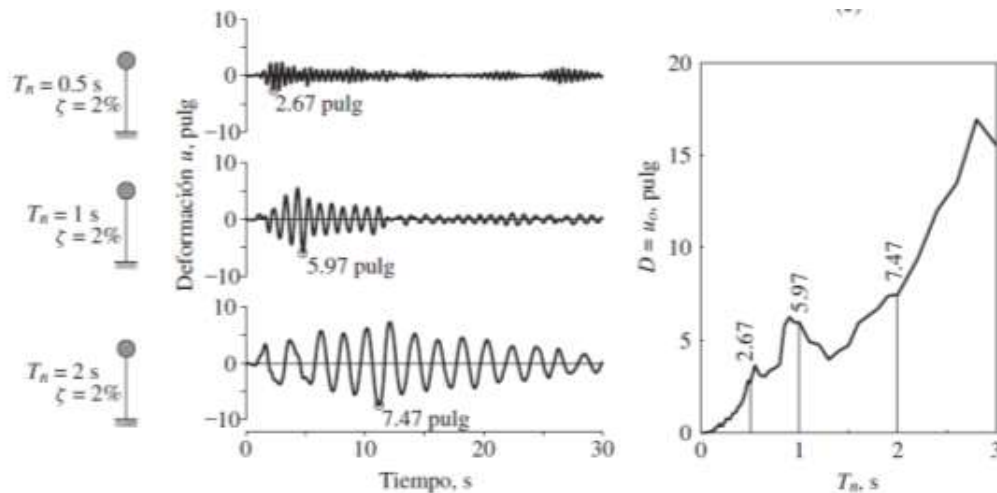
La respuesta de las estructuras a cargas sísmicas depende de la masa (m), rigidez lateral (k) y amortiguamiento (c) del sistema. Con base en estas se puede calcular el periodo natural de vibración (T). El período de vibración (T) de un sistema es el tiempo en que este completa una oscilación.

Los espectros de respuesta presentan las máximas respuestas de los sistemas estructurales para varios períodos de vibración sometidas a registros sísmicos (ver Gráfica 1). Cuando se desea estudiar los efectos de ambas componentes horizontales, estas requieren ser combinadas para obtener el espectro de respuesta.

El método de combinación de componentes horizontales especificado por la American Society of Civil Engineering (ASCE) se denomina Raíz Cuadrada

de la Suma de los Cuadrados, cuyas siglas en ingles son SRSS. Existen otros métodos de combinación de componentes horizontales; uno de ellos propuesto por Lascano (2018) denominado RMT (Respuesta Máxima en el Tiempo). Según el método de combinación usado el espectro de respuesta obtenido será diferente. Lascano 2018 definió la razón entre las respuestas obtenidas por el método SRSS y el método RMT por medio de un valor F.

$$F = \frac{\text{Respuesta de la combinación SRSS}}{\text{Respuesta de la combinación RMT}} \quad (1-1)$$



Gráfica 1. Espectro de respuesta (desplazamientos). Tomado de Chopra, 2014.

Las respuestas obtenidas por Lascano (2018) se calcularon considerando un valor de porcentaje de amortiguamiento de 5%, como comúnmente se hace en la práctica. Los registros sísmicos analizados por Lascano (2018) fueron aquellos obtenidos en el sismo de Pedernales del 16 de Abril de 2016 por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). Para estudiar la variación de los valores F, los registros sísmicos fueron categorizados con base en 2 parámetros: su PGA y la distancia de la estación a la falla.

En la presente investigación se estudian los valores F obtenidos usando diferentes valores de porcentaje de amortiguamiento (ξ). Además, se han considerado también los registros del sismo de Chiapas del 8 de septiembre de 2017 obtenidos por la base de datos del IINGEN de la UNAM.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la influencia del porcentaje de amortiguamiento crítico (ξ) en la diferencia entre los métodos de combinación de componentes horizontales de registros , SRSS y RMT.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Calcular espectros de respuesta por medio de la combinación de componentes horizontales SRSS para valores de porcentaje de amortiguamiento de 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%.
- Calcular espectros de respuesta por medio de la combinación de componentes horizontales RMT para valores de porcentaje de amortiguamiento de 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%.
- Determinar la diferencia de los métodos mediante el cálculo de factores F para los diferentes porcentajes de amortiguamiento estudiados.
- Desarrollar un algoritmo en Matlab que calcule los valores F de acuerdo con los párrafos anteriores.
- Comparar y analizar las diferencias encontradas al utilizar ambos métodos de combinación espectral con distintos porcentajes de amortiguamiento para hallar alguna correlación entre las diferencias halladas y el amortiguamiento.

1.3. Alcance

Se desarrollará un algoritmo en Matlab para calcular la respuesta de una estructura de 1 grado de libertad para diferentes porcentajes de amortiguamiento (ξ), sometida simultáneamente a las 2 componentes horizontales de los registros en estudio.

Se estudiarán 29 registros obtenidos en el sismo de Pedernales (2016) y 33 registros del sismo de Chiapas (2017).

Se combinarán las respuestas de las estructuras de 1 grado de libertad mediante los métodos SRSS y RMT, y se obtendrán espectros de respuesta

Se calcularán valores de F que relacionan los espectros de respuestas obtenidos por el método SRSS y RMT.

Se evaluarán los valores de F de acuerdo con los porcentajes de amortiguamiento utilizados. Se darán conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 2

2. Marco teórico

2.1. Tesis Lascano – 2018

Lascano (2018) estudió una nueva metodología para combinación de componentes horizontales de registros sísmicos a la cual denominó método de Respuestas Máximas en el Tiempo (RMT). Además, halló las diferencias entre el método que propuso (RMT) con el método del ASCE7 (SRSS).

2.1.1. Registros sísmicos y espectros de respuesta

Durante un sismo, parte de la energía es liberada en forma de ondas sísmicas. El tamaño y la forma de estas ondas depende del mecanismo de la fuente sísmica, tipo de suelo, geología, trayectoria, entre otras. Las ondas producen aceleraciones en el suelo, las mismas que son captadas mediante dispositivos llamados acelerógrafos (Wakabayashi, 1990). Los acelerógrafos comienzan a registrar aceleraciones en cuanto estas exceden un valor predeterminado. Los registros que proveen estos dispositivos son conocidos como acelerogramas y vienen dados en tres componentes de aceleraciones: dos componentes horizontales y perpendiculares entre sí, y una componente vertical.

Los registros sísmicos o acelerogramas son una representación de las aceleraciones del suelo en el tiempo de un determinado sismo, en el lugar donde fueron registradas. Estos, además de proporcionar datos cuantitativos sobre la magnitud de las aceleraciones durante el movimiento, son utilizados en el campo de la dinámica de estructuras para obtener las respuestas dinámicas (desplazamientos, velocidades, aceleraciones) que un sistema de 1 GDL (grado de libertad) experimentará durante la excitación (Lascano, 2018)

Los espectros de respuesta obtenidos son utilizados para definir la amenaza sísmica de un lugar, pues muestran las aceleraciones y desplazamientos máximos esperados para distintas estructuras para cierto período de retorno. Estos datos, a su vez, permiten el análisis de historia-tiempo de estructuras

mientras se encuentran en el rango elástico o inelástico. Los espectros de respuesta son gráficas que muestran las respuestas dinámicas máximas que sistemas de 1 GDL (grado de libertad) con su correspondiente período natural (T) y porcentaje de amortiguamiento (ξ) experimentará durante una excitación o sismo.

De esta manera, los registros sísmicos y los espectros obtenidos son utilizados en la ingeniería civil para el diseño de estructuras sismorresistentes.

En el trabajo de titulación de Lascano (2018), los registros utilizados pertenecen al sismo ocurrido el 16 de Abril de 2016 en la región litoral del Ecuador y fueron proporcionados por la Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC) del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN).

2.1.2. Cálculo de la Respuesta Dinámica de estructuras

Dadas las componentes de la ecuación de movimiento, lo que se busca es obtener las respuestas dinámicas del sistema (desplazamientos, velocidades, aceleraciones relativas y absolutas) para, posteriormente, encontrar las fuerzas y momentos internos de la estructura; datos que son indispensables para el cálculo estructural y diseño.

En el trabajo de Lascano (2018), el cálculo de las respuestas dinámicas de los sistemas estructurales se realizó mediante el método de Newmark, el cual considera una aceleración promedio constante.

2.1.3. Diferencias entre los métodos de combinación espectral SRSS (ASCE 7) y RMT (propuesto en Lascano, 2018)

Como se menciona en la tesis de Lascano (2018), en un análisis de historia de la respuesta en el tiempo, se debe considerar las dos componentes horizontales del registro obtenido de las estaciones sísmicas. Ambos acelerogramas deben ser combinados para tomar en cuenta el efecto

bidireccional del sismo sobre las estructuras. El espectro de respuesta obtenido incluye las respuestas dinámicas máximas de los sistemas, resultantes de ambas componentes horizontales de aceleraciones.

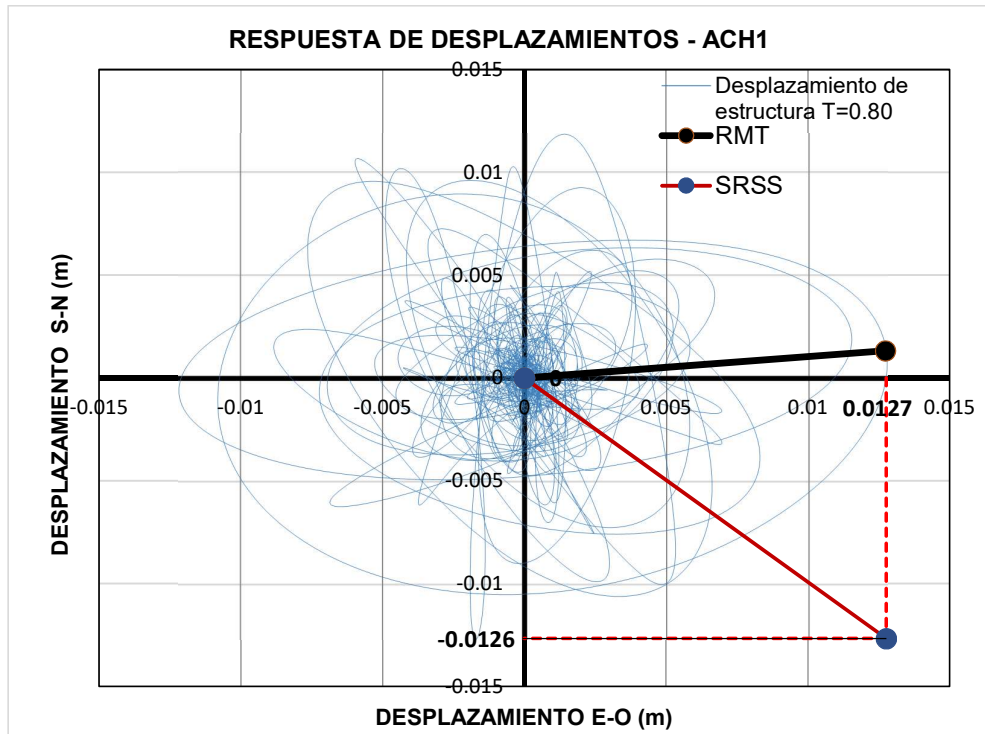
El método propuesto por la norma ASCE 7 (SRSS) combina las respuestas dinámicas máximas de cada componente horizontal mediante la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de dichas respuestas, es decir que no toma en cuenta que las respuestas máximas de cada componente horizontal normalmente ocurren en tiempos distintos y, por consiguiente, se estaría distorsionando el resultado bidireccional final. Esto resulta en la sobreestimación de la respuesta esperada.

$$R_{SRSS}(i) = \sqrt{R_{x\text{ máx}}(i)^2 + R_{y\text{ máx}}(i)^2} \quad (2-1)$$

En contraste, el método de combinación espectral de Respuestas Máximas en el Tiempo (RMT) toma en cuenta el tiempo en el que ocurren estas respuestas por lo que propone combinar las respuestas dinámicas de cada componente horizontal en cada instante de tiempo i por medio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de dichas respuestas para luego seleccionar la máxima combinación.

$$R_{RMT}(i) = \text{máx}[\sqrt{R_x(i)^2 + R_y(i)^2}] \quad (2-2)$$

Se presenta un ejemplo de la combinación mediante ambos métodos con el objeto de ilustrar las diferencias:



Gráfica 2. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=0.80$ seg para registro de estación ACH1.

En la gráfica 2 se muestra la respuesta de desplazamientos en el tiempo de una estructura de período $T = 0.80$ seg producida por el registro de la estación de Chone (ACHN1).

El método de combinación SRSS, toma la máxima respuesta de cada componente: en la componente E-O un desplazamiento máximo de 0.0127 m y en N-S un desplazamiento máximo de -0.0126 m. Su combinación da una resultante de 0.0179 m (se señala con un punto azul en la gráfica). Como se puede observar, los máximos en cada dirección no se producen simultáneamente.

El método RMT considera la máxima combinación de las dos componentes producida en cada instante de tiempo, la cual es de 0.0128 m para este caso (se encuentra señalada con un punto negro dentro de la gráfica).

Al comparar ambos resultados de la gráfica 2, se concluye que la diferencia entre la respuesta de desplazamiento bidireccional obtenida mediante el método SRSS y el método RMT es de un 40%.

$$F = \frac{R_{SRSS}}{R_{RMT}} = \frac{0.0179 \text{ m}}{0.0128 \text{ m}} = 1.40$$

2.1.2. Resultados

El trabajo de titulación de Lascano, (2018) tuvo como objetivo comparar los resultados de combinación espectral de respuestas obtenidos con los métodos mencionados en este capítulo (SRSS y RMT). Estos resultados son evaluados mediante el factor F que es la relación entre el resultado obtenido utilizando el método de la norma ASCE 7 (SRSS) y el resultado obtenido utilizando el método propuesto en dicha tesis (RMT).

Con el fin de hacer el análisis de los factores F, se utilizó 29 pares de acelerogramas correspondientes a los registros del sismo de Pedernales de 2016 proporcionados por las estaciones acelerográficas de la RENAC.

Los registros fueron clasificados en base al PGA de los registros combinados y de la distancia existente entre la estación y la falla para tres casos diferentes. Los parámetros F estudiados fueron los siguientes:

- Valores F correspondiente al PGA (F_{PGA}), $T=0$ seg.
- Máximos valores de F correspondiente a la respuesta de desplazamientos ($F_{d\text{ máx}}$).
- Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones absolutas (\bar{F}_a).

Como ayuda visual, se asignaron colores a cada rango definido para la clasificación de los registros sísmicos, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1. Colores correspondientes a cada grupo de clasificación.

GRUPO	PGA	DISTANCIA A LA FALLA	COLOR
1	0 a 0.20g	0 a 100 km	Verde
2	0.20g a 0.40g	100 km a 200 km	Naranja
3	>0.40g	>200 km	Melón

Para el primer caso (F_{PGA}) los resultados fueron:

Tabla 2. Valores de F correspondientes al PGA clasificados según el PGA.

CIUDAD	ESTACIÓN	$F_{PGA} = \frac{PGA_{SRSS}}{PGA_{RMT}}$
SAN LORENZO	ALOR	1.39
	APS4	1.36
GUAYAQUIL	AGY2	1.35
	APR2	1.34
LATACUNGA	ALAT	1.33
CUENCA	ACUE	1.30
IBARRA	AIB1	1.28
MILAGRO	AMIL	1.27
TULCÁN	ATUL	1.26
LOJA	ALJ1	1.26
	AV18	1.24
GUAYAQUIL	AGY1	1.24
	EPNL	1.24
AMBATO	AAM2	1.23
LIBERTAD	ALIB	1.23
ESMERALDAS	AES2	1.23
	PDNS	1.23
	AV21	1.22
MANTA	AMNT	1.21
GUAYAQUIL	AGYE	1.21
	AV11	1.19
IBARRA	AIB2	1.19
CHONE	ACHN	1.18
PORTOVIEJO	APO1	1.16
MACHALA	ACH1	1.16
PEDERNALES	APED	1.15
OTAVALO	AOTA	1.14
STO. DOMINGO	ASDO	1.12
	AMA1	1.11

Tabla 3. Valores de F correspondientes al PGA clasificados según la distancia a la falla.

CIUDAD	ESTACIÓN	$F_{PGA} = \frac{PGA_{SRSS}}{PGA_{RMT}}$
SAN LORENZO	ALOR	1.39
	APS4	1.36
GUAYAQUIL	AGY2	1.35
	APR2	1.34
LATACUNGA	ALAT	1.33
CUENCA	ACUE	1.30
IBARRA	AIB1	1.28
MILAGRO	AMIL	1.27
TULCÁN	ATUL	1.26

LOJA	ALJ1	1.26
	AV18	1.24
GUAYAQUIL	AGY1	1.24
	EPNL	1.24
AMBATO	AAM2	1.23
LIBERTAD	ALIB	1.23
ESMERALDAS	AES2	1.23
	PDNS	1.23
	AV21	1.22
MANTA	AMNT	1.21
GUAYAQUIL	AGYE	1.21
	AV11	1.19
IBARRA	AIB2	1.19
CHONE	ACHN	1.18
PORTOVIEJO	APO1	1.16
MACHALA	ACH1	1.16
PEDERNALES	APED	1.15
OTAVALO	AOTA	1.14
STO. DOMINGO	ASDO	1.12
	AMA1	1.11

Con respecto al segundo caso ($F_{d\text{ máx}}$) los resultados tabulados fueron:

Tabla 4. Máximos valores de F correspondientes a la respuesta de desplazamientos clasificados según el PGA.

CIUDAD	ESTACIÓN	$F_{D\text{ MÁX}} = \text{MÁX SRSS} / \text{RMT}$
IBARRA	AIB1	1.41
MACHALA	ACH1	1.40
GUAYAQUIL	AGY1	1.40
	APS4	1.40
SAN LORENZO	ALOR	1.39
IBARRA	AIB2	1.39
	AMA1	1.39
AMBATO	AAM2	1.39
	AV18	1.39
	AV21	1.39
PORTOVIEJO	APO1	1.39
MILAGRO	AMIL	1.39
OTAVALO	AOTA	1.39
LIBERTAD	ALIB	1.39
	EPNL	1.38
SANTO DOMINGO	ASDO	1.38
	AV11	1.38
TULCÁN	ATUL	1.37
LOJA	ALJ1	1.37

GUAYAQUIL	AGYE	1.37
CHONE	ACHN	1.37
ESMERALDAS	AES2	1.36
MANTA	AMNT	1.36
GUAYAQUIL	AGY2	1.36
LATACUNGA	ALAT	1.35
	PDNS	1.34
CUENCA	ACUE	1.34
	APR2	1.34
PEDERNALES	APED	1.31

Tabla 5. Máximos valores de F correspondientes a la respuesta de desplazamientos clasificados según la distancia a la falla.

CIUDAD	ESTACIÓN	$F_D \text{ MÁX} = \text{MAX ASCE} / \text{PROPUESTO}$
IBARRA	AIB1	1.41
MACHALA	ACH1	1.40
GUAYAQUIL	AGY1	1.40
	APS4	1.40
SAN LORENZO	ALOR	1.39
IBARRA	AIB2	1.39
	AMA1	1.39
AMBATO	AAM2	1.39
	AV18	1.39
	AV21	1.39
PORTOVIEJO	APO1	1.39
MILAGRO	AMIL	1.39
OTAVALO	AOTA	1.39
LIBERTAD	ALIB	1.39
	EPNL	1.38
SANTO DOMINGO	ASDO	1.38
	AV11	1.38
TULCÁN	ATUL	1.37
LOJA	ALJ1	1.37
GUAYAQUIL	AGYE	1.37
CHONE	ACHN	1.37
ESMERALDAS	AES2	1.36
MANTA	AMNT	1.36
GUAYAQUIL	AGY2	1.36
LATACUNGA	ALAT	1.35
	PDNS	1.34
CUENCA	ACUE	1.34
	APR2	1.34
PEDERNALES	APED	1.31

Finalmente, para el tercer caso (\bar{F}_a), los valores tabulados son:

Tabla 6. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleración absoluta clasificados según el PGA.

CIUDAD	ESTACIÓN	$\bar{F}_a = \text{PROMEDIO ASCE} / \text{PROPUESTO}$
OTAVALO	AOTA	1.25
MILAGRO	AMIL	1.23
GUAYAQUIL	AGY1	1.22
LIBERTAD	ALIB	1.22
SANTO DOMINGO	ASDO	1.22
	AMA1	1.21
	AV18	1.21
	APR2	1.20
TULCÁN	ATUL	1.20
	AV21	1.19
CUENCA	ACUE	1.19
SAN LORENZO	ALOR	1.19
AMBATO	AAM2	1.19
LOJA	ALJ1	1.18
GUAYAQUIL	AGY2	1.17
IBARRA	AIB1	1.17
	EPNL	1.17
ESMERALDAS	AES2	1.16
LATACUNGA	ALAT	1.16
IBARRA	AIB2	1.16
	AV11	1.16
MACHALA	ACH1	1.16
	APS4	1.15
CHONE	ACHN	1.15
PEDERNALES	APED	1.13
GUAYAQUIL	AGYE	1.12
PORTOVIEJO	APO1	1.10
	PDNS	1.10
MANTA	AMNT	1.06

Tabla 7. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleración absoluta clasificados según la distancia a la falla.

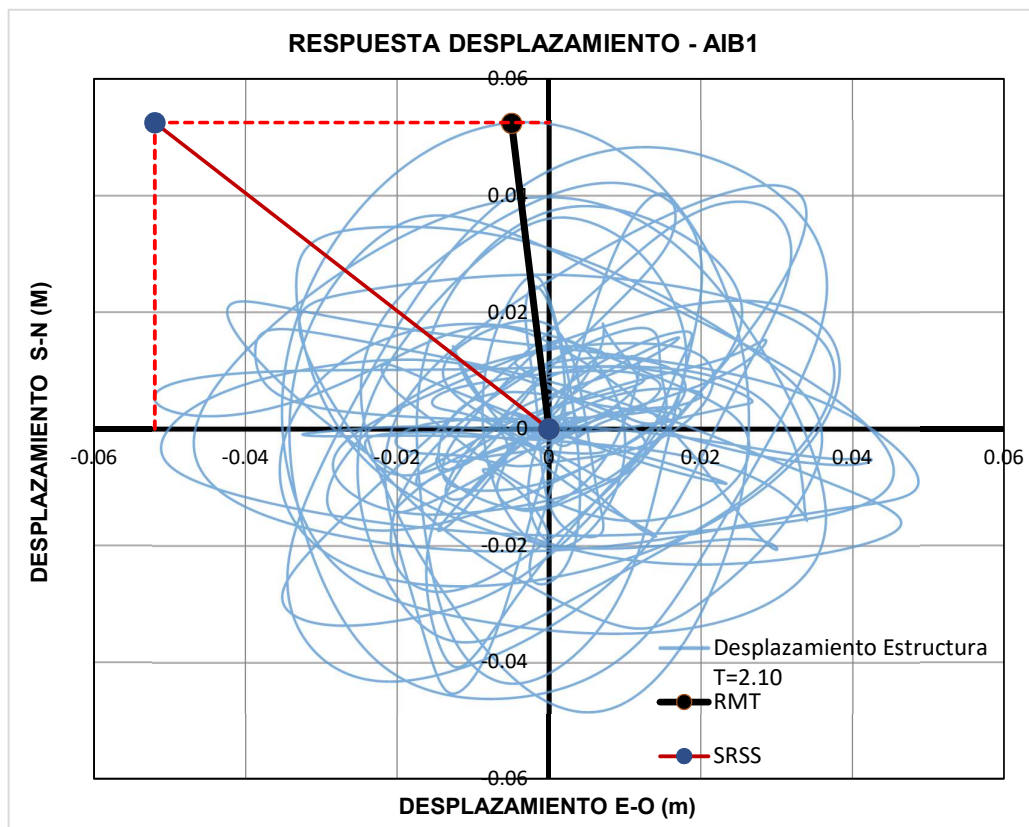
CIUDAD	ESTACIÓN	$\bar{F}_a = \text{PROMEDIO ASCE} / \text{PROPUESTO}$
OTAVALO	AOTA	1.25
MILAGRO	AMIL	1.23
GUAYAQUIL	AGY1	1.22
LIBERTAD	ALIB	1.22
SANTO DOMINGO	ASDO	1.22

	AMA1	1.21
	AV18	1.21
	APR2	1.20
TULCÁN	ATUL	1.20
	AV21	1.19
CUENCA	ACUE	1.19
SAN LORENZO	ALOR	1.19
AMBATO	AAM2	1.19
LOJA	ALJ1	1.18
GUAYAQUIL	AGY2	1.17
IBARRA	AIB1	1.17
	EPNL	1.17
ESMERALDAS	AES2	1.16
LATACUNGA	ALAT	1.16
IBARRA	AIB2	1.16
	AV11	1.16
MACHALA	ACH1	1.16
	APS4	1.15
CHONE	ACHN	1.15
PEDERNALES	APED	1.13
GUAYAQUIL	AGYE	1.12
PORTOVIEJO	APO1	1.10
	PDNS	1.10
MANTA	AMNT	1.06

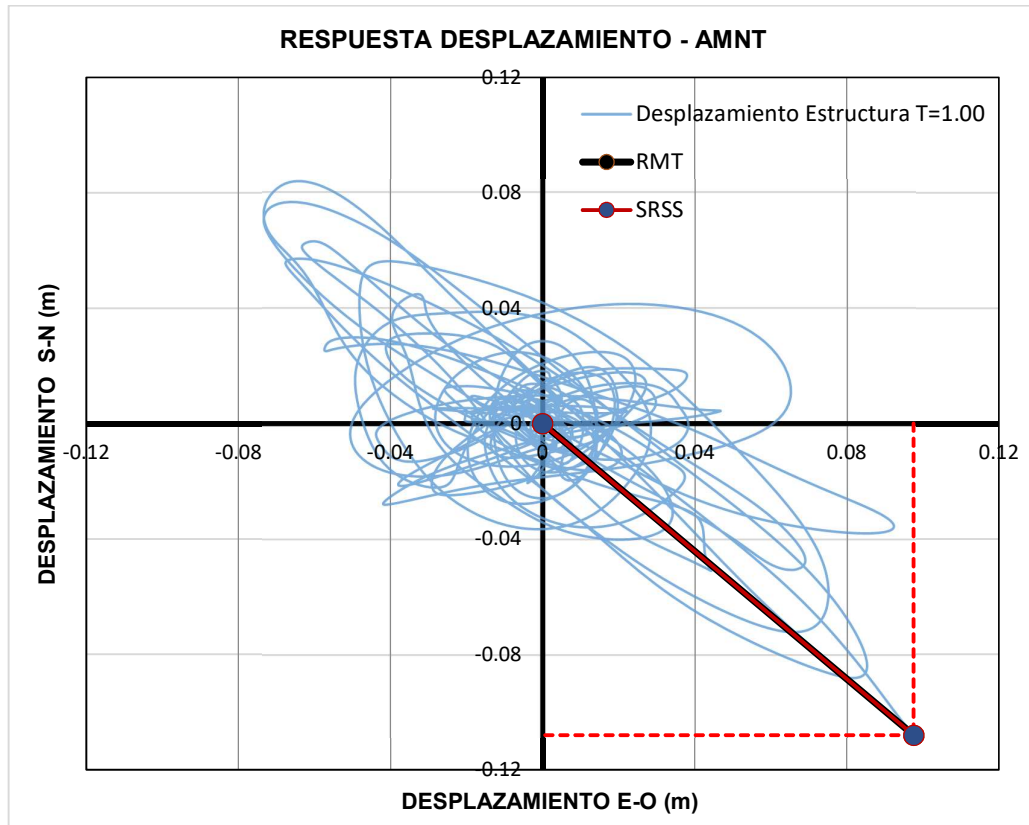
Como conclusiones, se obtuvo que el método RMT es más racional que el SRSS porque considera el tiempo en que las respuestas de cada componente suceden, por lo tanto, la resultante combinada se ajusta más a la realidad.

Como tendencia general, se pudo notar que las diferencias mayores de respuestas de ambos métodos se dan para registros con PGA menores y distancias mayores a la falla.

Adicionalmente, Lascano estudió los casos con mayores y menores valores de F , analizando las gráficas de las respuestas de desplazamientos, como se muestra a continuación: En la gráfica 10 se muestra la respuesta de desplazamientos de un sistema de periodo $T=2.10$ seg sometido al registro AIB1, y en la gráfica 11 la respuesta de desplazamientos de un sistema de periodo $T=1.0$ seg sometido al registro AMNT; en estos casos se obtuvo un factor F de 1.41 y 1.00 respectivamente, siendo estos los valores máximos y mínimos posibles de la diferencia entre ambos métodos.



Gráfica 3. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=2.10$ seg para registro de estación AIB1.



Gráfica 4. Respuesta de desplazamientos de sistema con $T=1$ seg para registro de estación AMNT.

Se descubrió que la forma de la respuesta de los desplazamientos influye en la magnitud de las diferencias entre los dos métodos (F): una respuesta en forma circular resulta en factores F mayores (hasta $F=1.41$), mientras que una respuesta en forma elíptica resulta en factores F cercanos a 1.

Finalmente, Lascano (2018) recomienda analizar la influencia del amortiguamiento de los sistemas en los factores F (diferencias entre el método de combinación espectral SRSS y el método RMT), lo cual es objeto de estudio del presente trabajo de titulación.

2.2. Amortiguamiento

Para sistemas de un grado de libertad, la ecuación de movimiento general es:

$$p(t) = f_s + f_D + f_I \quad (2-3)$$

El lado derecho de la ecuación (2-3) describe el movimiento de un sistema simple y consta de tres términos que representan fuerzas que se oponen a una fuerza externa dependiente del tiempo (lado izquierdo de la igualdad). Estas fuerzas consisten en una fuerza restauradora elástica f_s , una fuerza de amortiguamiento f_D y una fuerza inercial f_I . Esta igualdad obedece a principio de equilibrio dinámico de D' Alembert, el cual establece que un sistema está en equilibrio en cada instante de tiempo gracias a la existencia de una fuerza de inercia.

Para estructuras sometidas a una excitación sísmica, la ecuación de movimiento se presenta de la siguiente manera:

$$\mathbf{0} = \mathbf{f}_s + \mathbf{f}_D + \mathbf{f}_I \quad (2-4)$$

Entonces,

$$\mathbf{0} = \mathbf{k}\mathbf{u} + \mathbf{c}\dot{\mathbf{u}} + (\mathbf{m}\ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{m}\ddot{\mathbf{u}}_g(t)) \quad (2-5)$$

$$-\mathbf{m}\ddot{\mathbf{u}}_g(t) = \mathbf{k}\mathbf{u} + \mathbf{c}\dot{\mathbf{u}} + \mathbf{m}\ddot{\mathbf{u}} \quad (2-6)$$

Donde la fuerza externa está representada por la masa m del sistema multiplicada por la aceleración del suelo \ddot{u}_g , la fuerza restauradora f_s es igual a la rigidez lateral de sistema multiplicada por el desplazamiento en dirección del grado de libertad u , la fuerza de amortiguamiento f_D es igual a la constante de amortiguamiento c multiplicada por la velocidad \dot{u} y la fuerza inercial es igual a la masa m del sistema multiplicada por la aceleración de la estructura \ddot{u} .

Se puede notar que la fuerza externa o fuerza sísmica efectiva es proporcional a la masa de la estructura, por lo que, si esta aumenta, la fuerza sísmica también lo hará.

En la ecuación que describe el movimiento de un sistema de 1 GDL, interviene un término conocido como fuerza de amortiguamiento. La fuerza de amortiguamiento es una fuerza interna de un sistema en vibración que actúa en dirección opuesta a su velocidad \dot{u} .

El término amortiguamiento se refiere al proceso por el cual la amplitud de la vibración de un sistema en vibración libre decae de manera constante (Chopra, 2014). En el proceso intervienen una serie de mecanismos de disipación de energía cinética y de deformación que producen la disminución progresiva de la vibración.

En el campo de las estructuras, el amortiguamiento se da por la acción en conjunto de distintos mecanismos como fricción entre elementos de conexiones de acero, fisuras de elementos de concreto, etc. La pérdida de energía se traduce en efectos térmicos y de fricción.

En la realidad, los mecanismos que disipan la energía del sistema en vibración son complejos y numerosos, razón por la cual se haría difícil cuantificarlos y representar matemáticamente cada uno de ellos. Una forma más sencilla de cuantificar este efecto producido es idealizar el amortiguamiento proveniente de distintas fuentes aproximándolo a un modelo simplificado de amortiguador viscoso. El objetivo de este amortiguador viscoso es establecer una equivalencia entre la energía disipada por este modelo y la energía disipada por los diferentes mecanismos actuantes en la estructura real, concepto que se conoce como amortiguamiento equivalente (Chopra, 2014).

De manera matemática la fuerza amortiguadora es igual a una constante de amortiguamiento c multiplicada por la velocidad \dot{u} del sistema. El coeficiente c es una forma de medir la disipación de la energía en cada vibración. Sus unidades vienen dadas en términos de fuerza por tiempo entre longitud.

$$f_D = c \dot{u} \quad (2-7)$$

La constante de amortiguamiento se escoge de manera que represente de forma satisfactoria la disipación de energía del sistema elástico lineal. Dentro del rango elástico de una estructura, c puede variar con la amplitud de la deformación (Chopra 2014). Para considerar esta variación en los análisis dinámicos, se suele seleccionar el coeficiente c correspondiente a la máxima magnitud de la deformación esperada, o sea se escoge el c que corresponde a la deformación en el límite elástico del sistema.

Otro concepto que debe introducirse es el de la fracción o porcentaje de amortiguamiento. El porcentaje de amortiguamiento ξ es una propiedad del sistema dependiente del coeficiente de amortiguamiento c y del amortiguamiento crítico c_c , que produce el decaimiento de la amplitud de la vibración de este. Del mismo modo, el amortiguamiento crítico depende de la masa m , y la rigidez k de la estructura.

$$\xi = \frac{c}{c_c} = \frac{c}{2 m \omega_n} = \frac{c}{2 \sqrt{m k}} \quad (2-8)$$

Podríamos definir el amortiguamiento crítico como el valor mínimo de c para el cual un sistema vuelve a su posición equilibrada sin oscilar al ser excitado. Es decir, es el límite que divide el estado de oscilación y no oscilación de una estructura. Entonces, al hablar de fracción de amortiguamiento, se quiere hacer referencia a que la disipación de la energía puede ser tal que, se produzca el decaimiento gradual de la amplitud de la vibración o, que ni siquiera se produzca el movimiento vibratorio.

Si $c < c_c$, lo cual ocurre en las obras ingenieriles, la estructura excitada irá disminuyendo la amplitud de su vibración. Normalmente las estructuras poseen un ξ menor al 10%.

Si $c \geq c_c$, el sistema volverá a su posición de equilibrio sin hacer una oscilación.

La fracción de amortiguamiento tiene efectos en la vibración del sistema. Un efecto importante es la rapidez con la que la oscilación decae. Otro de los efectos, que no tiene mucha importancia para valores de $\xi < 20\%$ es su incidencia en el período del sistema. Un sistema amortiguado tendrá un período ligeramente mayor que el mismo sistema no amortiguado, es decir, su período amortiguado T_D es mayor que su período natural T_n .

$$T_D = \frac{T_n}{\sqrt{1-\xi^2}} \quad (2-9)$$

Para determinar ξ no se puede recurrir a cálculos basados en la geometría de las estructuras, sino obtenerla de forma experimental mediante modelos sometidos a vibración libre y forzada. Durante estas pruebas ξ puede

determinarse por medio de la siguiente relación en términos de magnitudes de desplazamientos:

$$\xi = \frac{1}{2\pi j} \ln \frac{u_i}{u_{i+j}} \quad (2-10)$$

En donde j representa el número de ciclos de movimientos en los cuales se evalúa el decaimiento del desplazamiento, u_i es el desplazamiento del primer ciclo y u_{i+j} el desplazamiento del último ciclo evaluado.

2.2.1 Influencia del amortiguamiento en estructuras

Como se vio en la sección anterior, en las estructuras simples, la disipación de energía no es producto de un único mecanismo. No obstante, en los análisis dinámicos se busca simplificar recurriendo a un modelo de amortiguador viscoso equivalente.

Los tipos de amortiguamientos que se presentan en la realidad son el amortiguamiento externo, el amortiguamiento interno, el amortiguamiento por fricción, el amortiguamiento por ciclos de histéresis, el amortiguamiento por radiación y el amortiguamiento histerético alrededor de la cimentación (Wakabayashi, 1990).

El amortiguamiento externo se refiere a la acción de factores ajenos que rodean a la estructura, por ejemplo, el viento. Normalmente la acción de estos agentes aporta muy poco como para ser tomada en cuenta.

El amortiguamiento interno se relaciona con la viscosidad del material por lo que la velocidad del sistema toma participación en la acción de este tipo de amortiguamiento.

El amortiguamiento por fricción se da por el contacto entre los elementos en las conexiones o por fricción de fisuras en la mampostería. Es constante e independiente de la velocidad y desplazamiento.

El amortiguamiento histerético se da a grandes desplazamientos cuando la estructura entra en el rango inelástico por grandes deformaciones. Ante la

acción de fuerzas cíclicas se forma un ciclo de histéresis. La energía disipada está dada por el área de la gráfica que representa este ciclo. Cuando las deformaciones son muy grandes, el porcentaje de amortiguamiento puede llegar a ser tan grande como un 20% (para deflexiones ≈ 2 veces mayores a las de fluencia), en cuyo caso el sistema simplificado de amortiguamiento equivalente ya no es muy razonable.

El amortiguamiento por radiación tiene que ver con las ondas emitidas por la vibración del edificio y que son propagadas a través del suelo de cimentación.

Por último, el amortiguamiento histerético alrededor de la cimentación se produce por el comportamiento inelástico del suelo en derredor.

En la práctica, para el diseño de edificaciones se utilizan porcentajes de amortiguamiento ξ ya establecidos en función del tipo de estructura. Para estructuras mixtas (de acero y concreto reforzado) o compuestas de acero se utiliza fracciones de amortiguamiento del 2%, y para estructuras de concreto reforzado fracciones de amortiguamiento entre 3 y 5%. Además, los espectros de diseño están estandarizados para estructuras con un ξ de 5%.

2.4. Cálculo de la respuesta dinámica de estructuras - Método numérico de la aceleración lineal

Como los impulsos sísmicos son arbitrarios, no se puede definir una función que los describa. Por esta razón, se hace uso de métodos numéricos paso a paso que nos proveen soluciones aproximadas.

En el presente trabajo de titulación se usa una variación del método de Newmark (método utilizado en la tesis de Lascano, 2018) en el cálculo de la respuesta dinámica los sistemas estructurales. El nuevo método considera una aceleración que varía linealmente.

Se parte de la ecuación de movimiento para sistemas bajo excitación sísmica:

$$-m\ddot{u}_g(t) = ku + c\dot{u} + m\ddot{u} \quad (2-11)$$

Dividiendo para la masa

$$-\frac{m\ddot{u}_g(t)}{m} = \frac{m\omega_n^2 u(t)}{m} + \frac{2m\xi\omega_n \dot{u}(t)}{m} + \frac{m\ddot{u}(t)}{m} \quad (2-12)$$

$$-\ddot{u}_g(t) = \omega_n^2 u(t) + 2\xi\omega_n \dot{u}(t) + \ddot{u}(t) \quad (2-13)$$

Un instante después, la ecuación será:

$$-\ddot{u}_g(t + \Delta t) = \omega_n^2 u(t + \Delta t) + 2\xi\omega_n \dot{u}(t + \Delta t) + \ddot{u}(t + \Delta t) \quad (2-14)$$

Con base en la serie de Taylor, en donde:

$$f(a) = \sum_{n=0}^N \frac{f^{(n)}(x)}{n!} (a - x)^n \quad (2-15)$$

Aplicando, se tiene:

$$f(x + h) = f(x) + f'(x) \cdot h + \frac{f''(x)}{2!} \cdot h^2 + \frac{f'''(x)}{3!} \cdot h^3 + \dots + f^{(N)}(x) \cdot \frac{(x+h-x)^N}{N!} \quad (2-16)$$

Como el método supone una aceleración que varía linealmente, entonces la derivada de la aceleración es:

$$\ddot{u}(t + \Delta t) = \frac{\dot{u}(t) + \dot{u}(t + \Delta t)}{\Delta t} \quad (2-17)$$

Y si se deriva esa constante:

$$\dddot{u}(t) = 0 \quad (2-18)$$

Reemplazando se obtiene:

$$u(t + \Delta t) = u(t) + \dot{u}(t) \cdot \Delta t + \ddot{u}(t) \cdot \frac{\Delta t^2}{3} + \ddot{u}(t + \Delta t) \cdot \frac{\Delta t^2}{6} \quad (2-19)$$

$$\dot{u}(t + \Delta t) = \dot{u}(t) + \ddot{u}(t) \cdot \frac{\Delta t}{2} + \ddot{u}(t + \Delta t) \cdot \frac{\Delta t}{2} \quad (2-20)$$

Sustituyendo las dos ecuaciones anteriores en la ecuación de movimiento:

$$\begin{aligned} \ddot{u}(t + \Delta t) + 2\xi\omega_n \left[\dot{u}(t) + \ddot{u}(t) \cdot \frac{\Delta t}{2} + \ddot{u}(t + \Delta t) \cdot \frac{\Delta t}{2} \right] + \omega_n^2 \left[u(t) + \dot{u}(t) \cdot \Delta t + \right. \\ \left. \ddot{u}(t) \cdot \frac{\Delta t^2}{3} + \ddot{u}(t + \Delta t) \cdot \frac{\Delta t^2}{6} \right] = -\ddot{u}_g(t + \Delta t) \end{aligned} \quad (2-21)$$

Al final, se tiene:

$$\ddot{u}(t + \Delta t) = -\frac{1}{A}[\ddot{u}_g(t + \Delta t) + B \cdot u(t) + C \cdot \dot{u}(t) + D \cdot \ddot{u}(t)] \quad (2-22)$$

Donde,

$$A = 1 + \xi\omega \cdot \Delta t + \frac{\omega^2}{6} \cdot \Delta t^2 \quad (2-23)$$

$$B = \omega^2 \quad (2-24)$$

$$C = 2\xi\omega + \omega^2 \cdot \Delta t \quad (2-25)$$

$$D = \xi\omega \cdot \Delta t + \frac{\omega^2}{3} \cdot \Delta t^2 \quad (2-26)$$

Las ecuaciones (2-19), (2-20) y (2-22) se usan para resolver el sistema.

CAPÍTULO 3

3. Metodología

El presente trabajo se desarrolló de manera similar al realizado por Lascano (2018) con ciertas variables importantes como se describe a continuación:

3.1. Selección de Registros

Además de los 29 pares de acelerogramas obtenidos del sismo de Pedernales del 2016 estudiados por Lascano (2018), se utilizaron 33 pares de acelerogramas obtenidos por el IINGEN de la UNAM del sismo de Chiapas del 2017. La Red Acelerográfica mexicana cuenta con 48 registros del sismo de Chiapas en su catálogo de acelerogramas de los cuales, para propósitos de esta investigación, se han utilizado 33. Fueron excluidos 15 registros: 2 por ser considerados no confiables (de acuerdo con la base de datos de la red sísmica mexicana) y 13 por tener valores de PGA muy pequeños (menores a 0.01g).

3.2. Respuesta Dinámica

Para el cálculo de la respuesta dinámica de estructuras de 1 grado de libertad, se utilizó el método de Newmark de aceleración lineal. Se calcularon respuestas de desplazamiento, velocidad, aceleración relativa, y aceleración absoluta para 11 diferentes valores de porcentaje de amortiguamiento crítico: 2%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%.

3.3. Espectros de combinación de componentes horizontales

Al igual que Lascano (2018) se obtuvieron los espectros de desplazamiento, velocidad, aceleraciones relativas, y aceleraciones absolutas mediante el método SRSS y RMT.

Se calcularon los valores F (Espectro SRSS/Espectro RMT) para cada uno de los espectros.

3.4. Parámetros de estudio

Dado que el valor de PGA de los registros no dependen del amortiguamiento, no se calcularon los valores F correspondientes al PGA como lo hizo Lascano (2018). Sin embargo, se calcularon los valores F máximos, mínimos y promedios de la respuesta de desplazamiento y aceleraciones absolutas para cada registro.

Por fines comparativos, se decidió clasificar los registros sísmicos del Sismo de Pedernales de igual forma a la realizada por Lascano (2018): según su PGA y según la distancia a la falla de la estación acelerográfica. A continuación, se muestran las distintas categorías:

GRUPO	PGA	DISTANCIA A LA FALLA	COLOR
1	0 a 0.20g	0 a 100 km	Verde
2	0.20g a 0.40g	100 km a 200 km	Naranja
3	>0.40g	>200 km	Melón

En la tabla 8 se muestran los registros clasificados según su PGA.

Tabla 8. Registros de Ecuador clasificados según su PGA.

CIUDAD	ESTACIÓN	PGA ASCE [%g]	PGA RMT [%g]
	APS4	0.01	0.01
LOJA	ALJ1	0.02	0.02
TULCAN	ATUL	0.03	0.02
GUAYAQUIL	AGYE	0.03	0.02
	EPNL	0.03	0.03
MACHALA	ACH1	0.04	0.03
SAN LORENZO	ALOR	0.04	0.03
IBARRA	AIB2	0.04	0.03
LATACUNGA	ALAT	0.04	0.03
AMBATO	AAM2	0.04	0.04
CUENCA	ACUE	0.05	0.04
	AV11	0.05	0.04
OTAVALO	AOTA	0.06	0.05
LIBERTAD	ALIB	0.06	0.05
MILAGRO	AMIL	0.07	0.05
IBARRA	AIB1	0.08	0.06
GUAYAQUIL	AGY1	0.09	0.07
GUAYAQUIL	AGY2	0.14	0.10
	APR2	0.14	0.11
ESMERALDAS	AES2	0.19	0.15
	AV18	0.19	0.15
	AV21	0.22	0.18
STO.DOMINGO	ASDO	0.23	0.21
	AMA1	0.46	0.41
PORTOVIEJO	APO1	0.50	0.43
CHONE	ACHN	0.50	0.42
MANTA	AMNT	0.66	0.55
	PDNS	1.40	1.14
PEDERNALES	APED	1.63	1.42

Se puede notar que en la Tabla 8 se reportan dos valores de PGA ya que estos resultan distintos según la combinación utilizada. Sin embargo, eso no afectó a la categorización de los registros.

En la tabla 9 se muestran los registros clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 9. Registros de Ecuador clasificados según la distancia a la falla.

CIUDAD	ESTACIÓN	DISTANCIA [KM]
	PDNS	29
PEDERNALES	APED	36
	AV18	52
	AV21	54
	AMA1	67
ESMERALDAS	AES2	76
	APR2	113
SANTO DOMINGO	ASDO	115
CHONE	ACHN	120
SAN LORENZO	ALOR	159
PORTOVIEJO	APO1	167
MANTA	AMNT	171
	EPNL	174
	AV11	181
OTAVALO	AOTA	188
IBARRA	AIB1	202
IBARRA	AIB2	204
LATACUNGA	ALAT	206
	APS4	220
AMBATO	AAM2	235
TULCAN	ATUL	251
GUAYAQUIL	AGYE	270
GUAYAQUIL	AGY1	270
GUAYAQUIL	AGY2	270
MILAGRO	AMIL	288
LIBERTAD	ALIB	308
CUENCA	ACUE	381
MACHALA	ACH1	407
LOJA	ALJ1	492

Se decidió definir diferentes rangos de clasificación para los registros del Sismo de Chiapas de México ya que en promedio tienen valores de PGA más bajos y mayores distancias a la falla. Los registros de México se clasificaron según los siguientes rangos:

Tabla 10. Clasificación de los registros de México.

GRUPO	PGA	DISTANCIA A LA FALLA	COLOR
1	0 a 0.10g	0 a 300 km	Verde
2	0.10g a 0.20g	300 km a 600 km	Naranja
3	>0.20g	>600 km	Melón

En la tabla 11 se muestran los registros clasificados según su PGA.

Tabla 11. Registros de México clasificados según su PGA.

LUGAR	ESTACIÓN	PGA ASCE [%g]	PGA RMT [%g]
CHILA DE LAS FLORES	CHFL	0.02	0.01
RABOSO	RABO	0.02	0.01
XALAPA	XALA	0.02	0.02
HUAMUXTITLÁN	HMTT	0.02	0.02
CERRO LA PAZ, PUEBLA	PZPU	0.03	0.02
PASEO NICOLAS BRAVO PUEBLA. S-2	PBP2	0.03	0.02
ACAPULCO CENTRO CULTURAL	ACAC	0.03	0.02
PARQUE HABANA, PUEBLA	PHPU	0.03	0.03
RIO SAN FRANCISCO, PUEBLA	RFPP	0.03	0.02
SCT B-2.	SCT2	0.03	0.03
TEHUACAN ESCUELA PRIMARIA EMILIANO ZAPATA	THEZ	0.04	0.03
ORIZABA ESCUELA SECUNDARIA TÉCNICA NÚM. 84	OZST	0.05	0.04
SAN ALEJANDRO, PUEBLA	SAPP	0.05	0.05
LAS NEGRAS	LANE	0.07	0.05
JAMILTEPEC	JAMI	0.07	0.06
MINATITLAN ESCUELA HIJAS DE LERDO	MIHL	0.08	0.06
ESCUELA PRIMARIA BENITO JUÁREZ	OXBJ	0.08	0.07
SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS CB 11	SCCB	0.09	0.08
TAMAZULAPAN	TAMA	0.11	0.09
LAS CANTERAS	OXLC	0.12	0.11
ALAMEDA DE LEON	OXAL	0.15	0.11
SAN MARTIN LOS CANSECO	SMLC	0.17	0.14
OAXACA AEROPUERTO	OXAE	0.20	0.18
OAXACA PROTECCIÓN CIVIL	OXPC	0.23	0.18
OAXACA CIUDAD UNIVERSITARIA	OXCU	0.25	0.22
ESCUELA PRIMARIA MUGICA	OXPM	0.26	0.23
PUERTO ANGEL	PANG	0.26	0.23
INSTITUTO TECNOLOGICO DE OAXACA	OXTO	0.27	0.23
HUAMELULA	HUAM	0.30	0.26
XOXOCOTLÁN	OXXO	0.31	0.24
OAXACA FACULTAD DE MEDICINA	OAXM	0.31	0.28
SALINA CRUZ	SCRU	0.36	0.27
JALAPA DEL MARQUES	OXJM	0.38	0.32

Se puede notar que en la Tabla 11 se reportan dos valores de PGA ya que estos resultan distintos según la combinación utilizada. Sin embargo, eso no afectó a la categorización de los registros.

En la tabla 12 se muestran los registros clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 12. Registros de México clasificados según la distancia a la falla.

LUGAR	ESTACIÓN	DISTANCIA [KM]
SALINA CRUZ	SCRU	189
HUAMELULA	HUAM	212
JALAPA DEL MARQUES	OXJM	227
SAN CRISTOBAL DE LAS CASAS CB 11	SCCB	259
PUERTO ANGEL	PANG	271
TAMAZULAPAN	TAMA	307
SAN MARTIN LOS CANSECO	SMLC	344
MINATITLAN ESCUELA HIJAS DE LERDO	MIHL	350
LAS NEGRAS	LANE	351
OAXACA AEROPUERTO	OXAE	367
XOXOCOTLÁN	OXXO	369
OAXACA CIUDAD UNIVERSITARIA	OXCU	369
OAXACA PROTECCIÓN CIVIL	OXPC	370
LAS CANTERAS	OXLC	370
ESCUELA PRIMARIA MUGICA	OXPM	371
ALAMEDA DE LEON	OXAL	371
ESCUELA PRIMARIA BENITO JUÁREZ	OXBJ	372
OAXACA FACULTAD DE MEDICINA	OAXM	372
INSTITUTO TECNOLOGICO DE OAXACA	OXTO	374
JAMILTEPEC	JAMI	428
CHILA DE LAS FLORES	CHFL	529
TEHUACAN ESCUELA PRIMARIA EMILIANO ZAPATA	THEZ	532
ORIZABA ESCUELA SECUNDARIA TÉCNICA NÚM. 84	OZST	546
HUAMUXTITLÁN	HMTT	576
XALAPA	XALA	597
RABOSO	RABO	619
PARQUE HABANA, PUEBLA	PHPU	634
RIO SAN FRANCISCO, PUEBLA	RFPP	635
PASEO NICOLAS BRAVO PUEBLA. S-2	PBP2	637
SAN ALEJANDRO, PUEBLA	SAPP	638
CERRO LA PAZ, PUEBLA	PZPU	639
ACAPULCO CENTRO CULTURAL	ACAC	653
SCT B-2.	SCT2	735

Además, se estudió los casos en donde las diferencias (F) se mantienen bajas y similares entre sí para los distintos amortiguamientos, y se hizo un contraste con los casos en donde (F) cambia significativamente en los diferentes porcentajes de amortiguamiento.

3.5. Casos específicos

Se escogieron 4 casos específicos de estudio para analizar la influencia del porcentaje de amortiguamiento en la respuesta dinámica de las estructuras y el método de combinación de componentes horizontales

Una vez ingresados cada par de acelerogramas de componentes horizontales en forma de matrices numéricas dentro del espacio de trabajo de Matlab, el programa se ejecutó, pidió información inicial importante (entradas) y comenzó el procesamiento de información con la consiguiente salida de resultados. Como se menciona en el capítulo posterior (capítulo 4), los resultados se mostraron en forma de matrices y gráficas, en donde se pudo interpretar las respuestas concernientes a la investigación.

Luego, las matrices de resultados fueron organizadas y resumidas buscando que sean de comprensión sencilla para el lector y que estos reflejen de manera directa lo que se desea demostrar. Se hizo uso del programa Excel para ordenar la información y armar las tablas de resultados (capítulo 5).

Finalmente, se escribió las conclusiones con base en las respuestas obtenidas y presentadas mediante tablas. Además, se añaden recomendaciones para el análisis de más sismos.

CAPÍTULO 4

4. Programación

El algoritmo desarrollado con Matlab en el presente trabajo es una herramienta que busca agilizar el procesamiento de datos de registros sísmicos para la obtención de los resultados de interés de esta investigación.

Los resultados finales son:

- Los acelerogramas correspondientes a cada par de registro sísmico dado (componentes horizontales ortogonales).
- Las respuestas dinámicas de estructuras de un grado de libertad de distintos períodos (T) y amortiguamientos (ξ) con el método numérico de la aceleración lineal para respuesta de un sistema a cargas sísmicas (programa adicional).
- Los espectros de respuestas dinámicas resultantes correspondientes a los pares de registros ingresados utilizando los dos métodos de combinación espectral de componentes horizontales (SRSS y RMT) para distintos amortiguamientos (ξ).
- Gráficas de comparación de los dos métodos de combinación (SRSS y RMT) de los espectros de desplazamientos y aceleraciones absolutas para cada porcentaje de amortiguamiento (ξ), relacionándolos mediante un factor F .
- Archivos con extensión .xls de matrices de las máximas respuestas (espectros) y de matrices de factores F para cada amortiguamiento deseado.

Con el fin de utilizar de manera adecuada el programa, se debe proporcionar cada par de acelerogramas provisto por las estaciones sísmicas. Como en este trabajo se analizan 2 sismos (uno de Ecuador y uno de México) (cada uno con distinto formato y extensión), se incluye una breve explicación de las diferencias en el uso del programa para cada caso. Además, se añadirá un ejemplo de ambos casos al final del capítulo.

Los archivos de registros sísmicos de Ecuador fueron provistos por el IG-EPN con la extensión .AT2. Los registros sísmicos de México fueron

proporcionados por la UNAM en formato ASA2.0 con extensión .ASCII. Ambos formatos son soportados por Matlab.

Aunque el algoritmo principal es básicamente el mismo, para el procesamiento de los archivos del sismo de México, el programa tiene como input o entrada adicional el ingreso del número de columna que corresponde a las aceleraciones registradas por cada componente horizontal. Esto es porque los datos de las tres componentes vienen en el mismo archivo y conforman, cada componente, una de tres columnas, a diferencia de los registros de Ecuador, en donde para cada registro sísmico se proveen tres archivos separados que corresponden a cada componente.

Otra diferencia está en que los registros de México están proporcionados en unidades de aceleraciones de cm/seg^2 o Gal. Por otro lado, los archivos de Ecuador están dados en unidades de porcentaje de la gravedad %g. Entonces, cada algoritmo está programado para el ingreso de datos en esas unidades específicas. Hay que tener en cuenta las unidades de los datos al utilizar cualquiera de los dos algoritmos para procesar otros registros sísmicos.

Además, todos los archivos vienen con una plantilla en donde se incluyen datos importantes del registro, por ejemplo, datos de la estación, datos del acelerógrafo, datos del sismo, datos propios del registro, etc. Esta plantilla debe ser excluida de los datos numéricos de las aceleraciones. La forma de hacer esto es llevar los archivos al espacio de trabajo de Matlab con su respectivo nombre de identificación y, a continuación, importarlos como una matriz numérica. Al ejecutar el programa, aparecen mensajes en donde se requiere los nombres del archivo y el número de identificación de las columnas (para el sismo de México), o archivos (para el sismo de Ecuador). En adición, se solicitan otros datos importantes para el procesamiento de los acelerogramas.

4.1. Entradas

- EO: Variable que contiene los datos del registro componente E-O (caso de los registros de Ecuador).

- NS: Variable que contiene los datos del registro componente N-S (caso de los registros de Ecuador).
- Registro: Variable que contiene los datos del registro (caso de los registros de México).
- col_EO: Variable que contiene el número de columna que corresponde a la componente E-O en el registro (caso de los registros de México).
- col_NS: Variable que contiene el número de columna que corresponde a la componente N-S en el registro (caso de los registros de México).
- dt: Delta tiempo de muestreo de registros (ambos casos).
- Tf: Período final de espectros (ambos casos).
- Paso: Delta período de espectros (ambos casos).
- vAmortiguamiento: Vector amortiguamiento (ambos casos).

4.2. Salidas

Como se mencionó en el inicio del capítulo, el programa está diseñado para generar matrices con respuestas dinámicas de estructuras y factores de comparación de los métodos de combinación espectral, además de mostrar sus gráficas correspondientes para cada fracción de amortiguamiento especificado en la entrada *vAmortiguamiento* (lo cual es el objetivo principal de esta investigación). A continuación, se detalla cada una de las salidas.

Matrices

- aR_SRSS: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de aceleraciones relativas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación SRSS en unidades de m/seg^2 . El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *aceleraciónRelativa_SRSS*.
- v_SRSS: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de velocidades relativas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de

combinación SRSS en unidades de m/seg. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *velocidad_SRSS*.

- *d_SRSS*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de desplazamientos relativos de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación SRSS en unidades de metros. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *desplazamiento_SRSS*.
- *aT_SRSS*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de aceleraciones absolutas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación SRSS en unidades de %g. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *aceleracionTotal_SRSS*.
- *aR_RMT*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de aceleraciones relativas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación RMT en unidades de m/seg². El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *aceleraciónRelativa_RMT*.
- *v_RMT*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de velocidades relativas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación RMT en unidades de m/seg. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *velocidad_RMT*.
- *d_RMT*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de desplazamientos relativos de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación RMT en unidades de metros. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *desplazamiento_RMT*.
- *aT_RMT*: Matriz que contiene las respuestas máximas (espectro) de aceleraciones absolutas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante el método de combinación RMT en unidades de %g. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de *aceleracionTotal_RMT*.

- F_{aR} : Matriz de valores F correspondientes a las respuestas máximas (comparación de espectros) de aceleraciones relativas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante los métodos de combinación SRSS y RMT en unidades de m/seg^2 .
- F_v : Matriz de valores F correspondientes a las respuestas máximas (comparación de espectros) de velocidades de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante los métodos de combinación SRSS y RMT en unidades de m/seg .
- F_d : Matriz de valores F correspondientes a las respuestas máximas (comparación de espectros) de desplazamientos de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante los métodos de combinación SRSS y RMT en unidades de m . El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de $F_{desplazamiento}$.
- F_{aT} : Matriz de valores F correspondientes a las respuestas máximas (comparación de espectros) de aceleraciones absolutas de estructuras de período T (filas) y porcentaje de amortiguamiento ξ (columnas) obtenidas mediante los métodos de combinación SRSS y RMT en unidades de $\%g$. El programa exporta esta matriz a Excel con el nombre de $F_{aceleraciónTotal}$.

Gráficas

Como adicional, el programa grafica:

- Los acelerogramas de ambas componentes horizontales ortogonales de los registros en unidades de $\%g$.
- Los cuatro espectros de respuestas dinámicas (aceleraciones relativas, velocidades, desplazamientos, aceleraciones totales) de las estructuras con su período T para cada fracción de amortiguamiento ξ especificada obtenidos mediante ambos métodos de combinación espectral (SRSS y RMT).
- Los espectros de respuestas de desplazamientos y aceleraciones totales de las estructuras con su período T para todas las fracciones o

porcentajes de amortiguamiento ξ especificados (en una misma gráfica) obtenidos mediante ambos métodos de combinación espectral (SRSS y RMT).

- Los factores F de comparación de ambos métodos de combinación (SRSS y RMT) correspondientes a los desplazamientos y aceleraciones totales para los amortiguamientos especificados.

4.2. Ejemplos del uso del programa

En primera instancia se incluirá un ejemplo del uso del algoritmo para los registros del sismo del 16 de abril de 2016 (sismo de Pedernales) provistos por la RENAC de Ecuador.

Se ha seleccionado los registros de la estación de Guayaquil (GYE1). El par de registros tiene un intervalo de tiempo de muestreo de 0.01 segundos. Los archivos terminan con las letras E y N para diferenciar las componentes E-O y N-S, respectivamente. Se quiere obtener los acelerogramas graficados, los espectros de respuesta dinámica para estructuras de período (T) de 0 a 5 segundos con intervalos de 0.05 y amortiguamientos ξ de 2% y de 5% a 50% con intervalos de 5%, y los factores F de comparación para desplazamientos y aceleraciones totales.

El primer paso es arrastrar los registros al espacio de trabajo de Matlab e importarlos como matrices numéricas. Cada registro posee cinco columnas con datos de aceleraciones. Esto no es un problema, puesto que una subrutina dentro del programa principal se encarga de pasar esos datos a una sola columna. Tomar en cuenta el campo de *fixed width, range e imported data*.

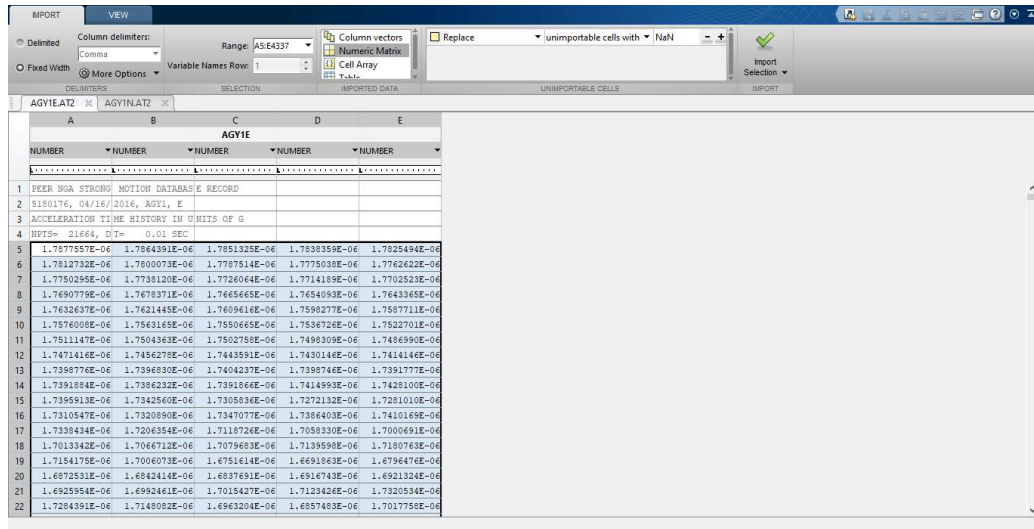


Ilustración 1. Ventana de asistente para importar los datos del archivo AGY1E de Matlab.

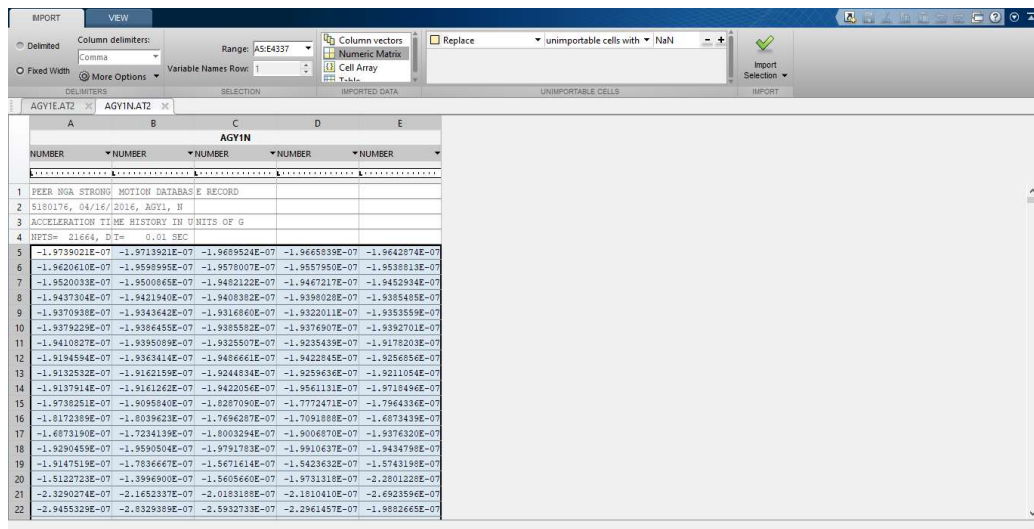


Ilustración 2. Ventana de asistente para importar los datos del archivo AGY1N de Matlab.

Una vez importadas las matrices en el espacio de trabajo, se puede ejecutar el programa. Inmediatamente, en la ventana de comandos aparecerá un mensaje requiriendo el nombre del registro de cada componente. En este caso los nombres son *GYE1E* y *GYE1N* para la componente E-O y N-S, respectivamente. A continuación, se requiere el ingreso de otros datos, los mismos que forman parte de las entradas.

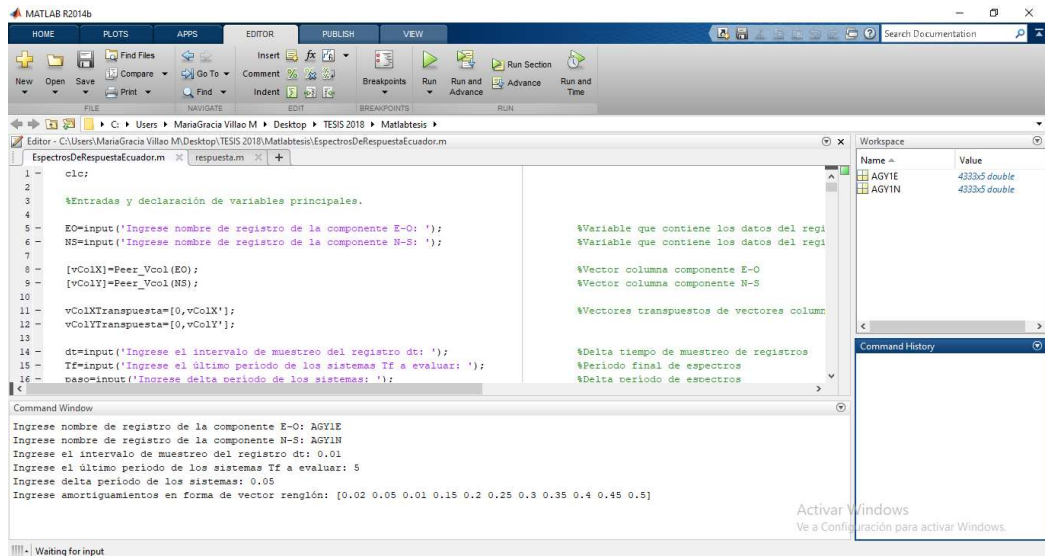


Ilustración 3. Ventana principal de Matlab. En la ventana de comandos se muestran las entradas requeridas para la ejecución del algoritmo.

El programa muestra los siguientes resultados:

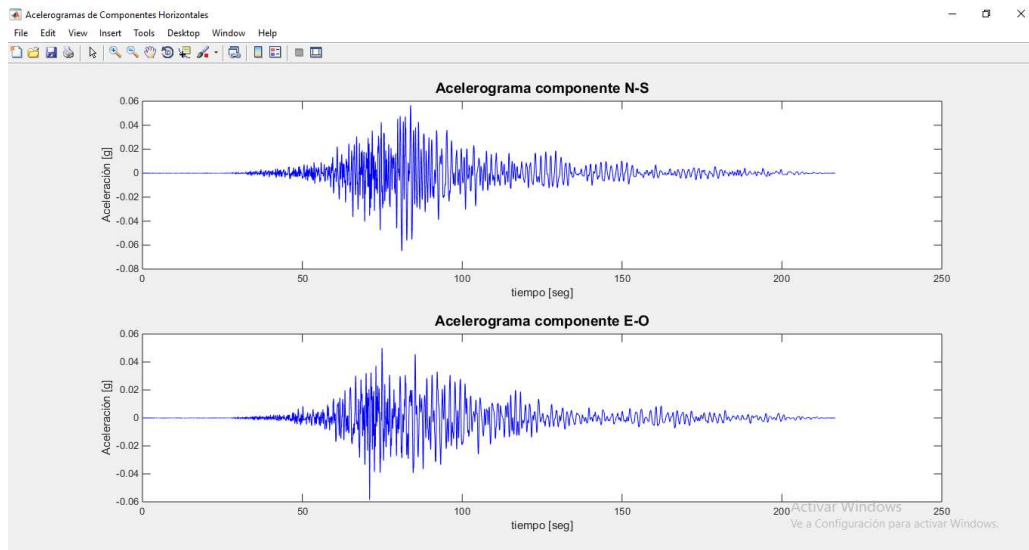


Ilustración 4. Par de acelerogramas provistos por la estación sismográfica de Guayaquil.

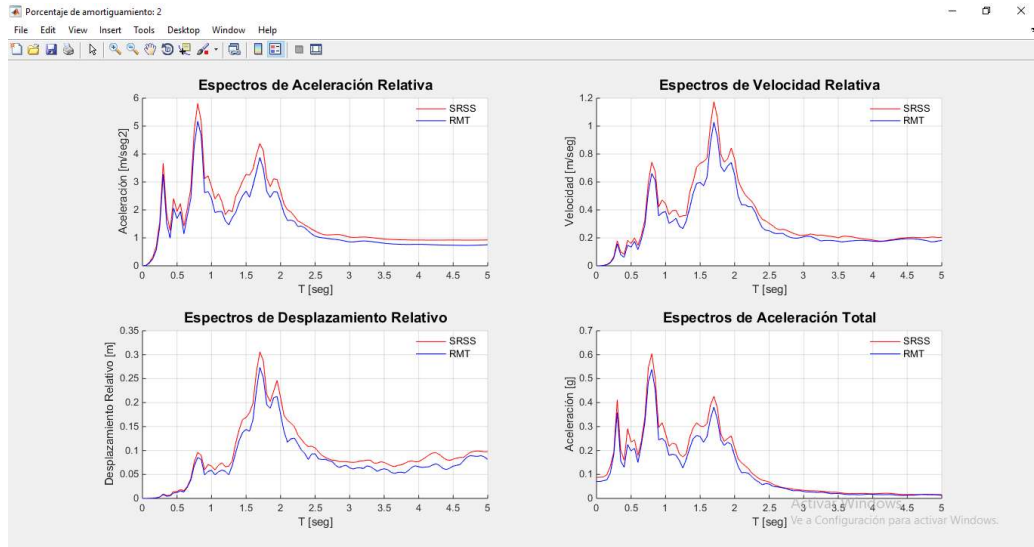


Ilustración 5. Espectros de respuestas dinámicas para estructuras de porcentaje de amortiguamiento del 2%.

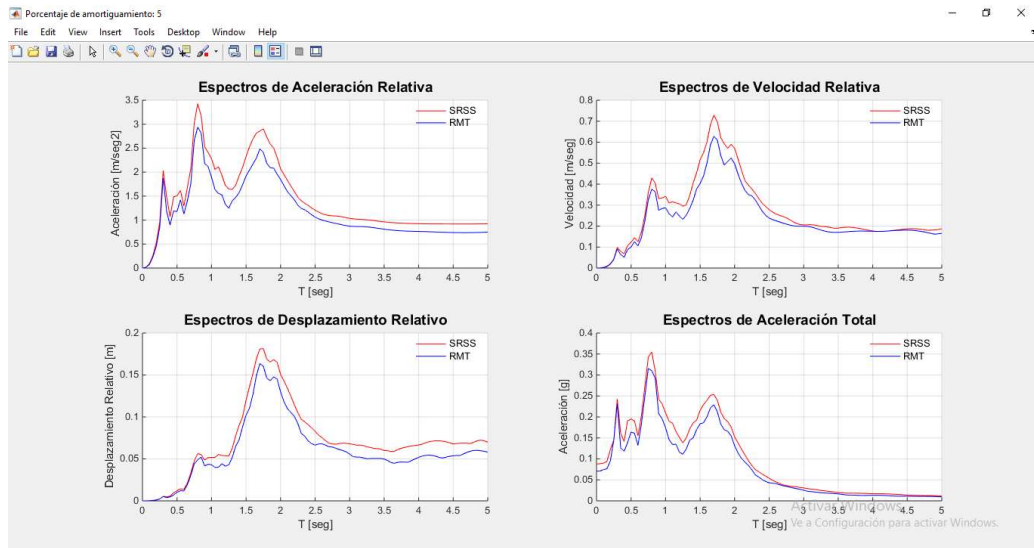


Ilustración 6. Espectros de respuestas dinámicas para estructuras de porcentaje de amortiguamiento del 5%.

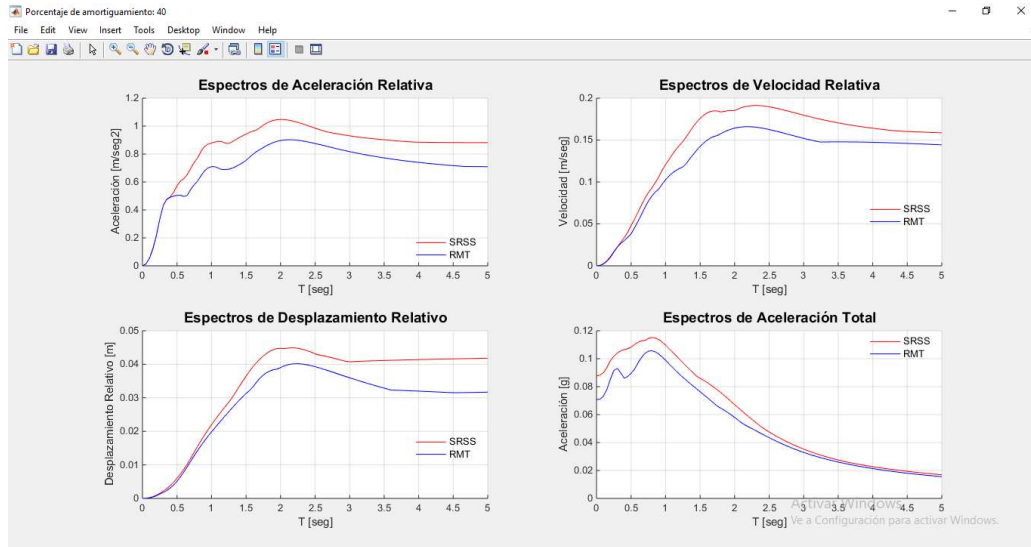


Ilustración 7. Espectros de respuestas dinámicas para estructuras de porcentaje de amortiguamiento del 40%.

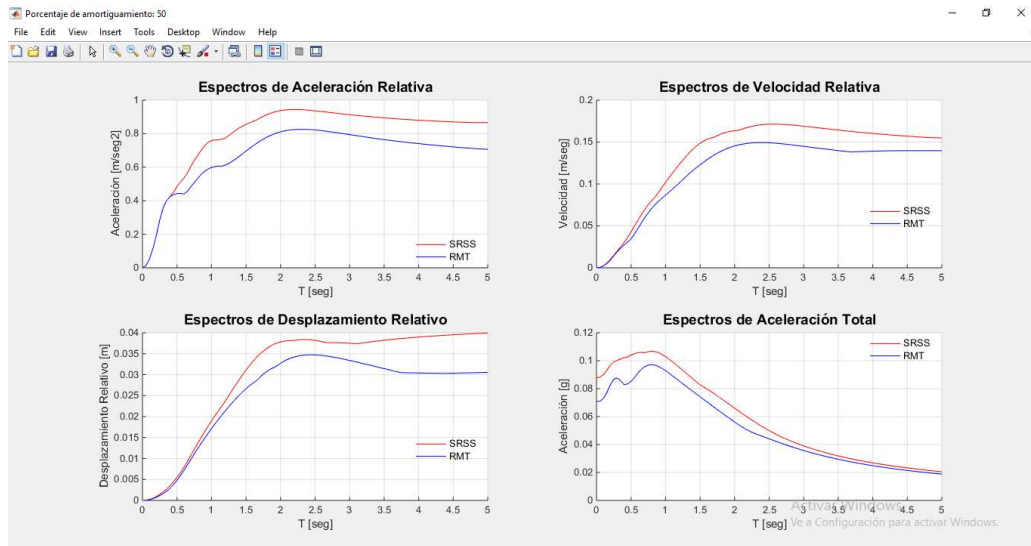


Ilustración 8. Espectros de respuestas dinámicas para estructuras de porcentaje de amortiguamiento del 50%.

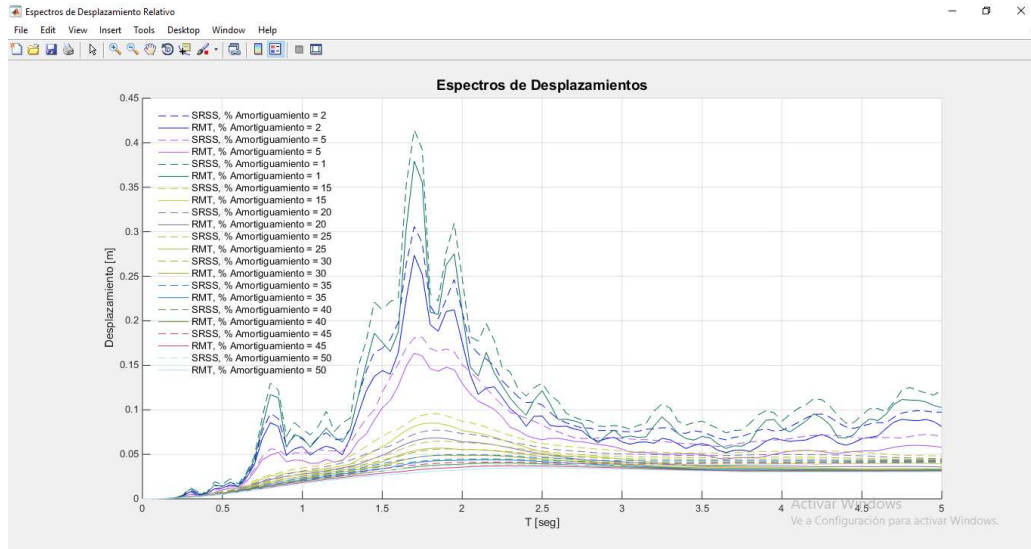


Ilustración 9. Espectros de respuesta de desplazamientos para todos los porcentajes de amortiguamientos ingresados en la entrada.

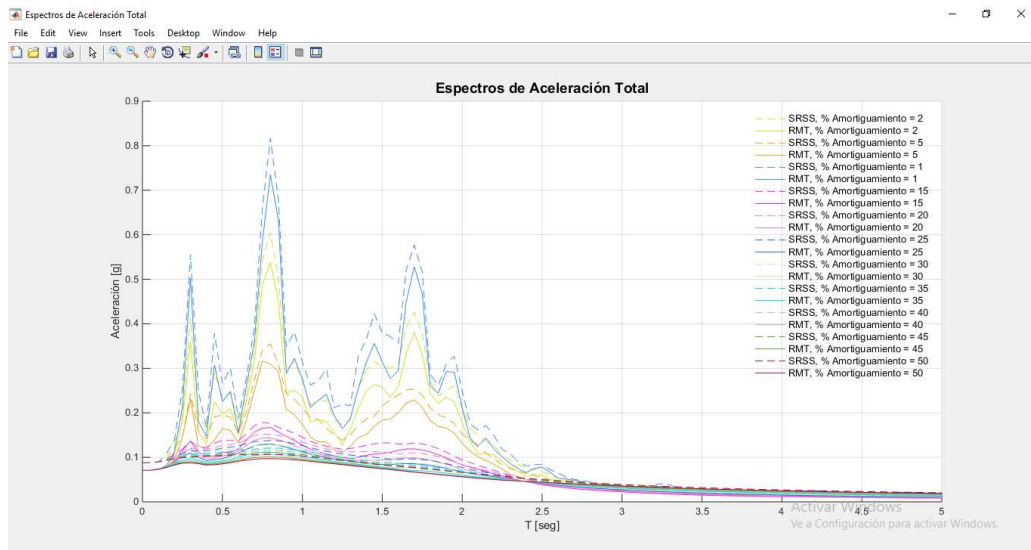


Ilustración 10. Espectros de respuesta de aceleraciones totales para todos los porcentajes de amortiguamientos ingresados en la entrada.

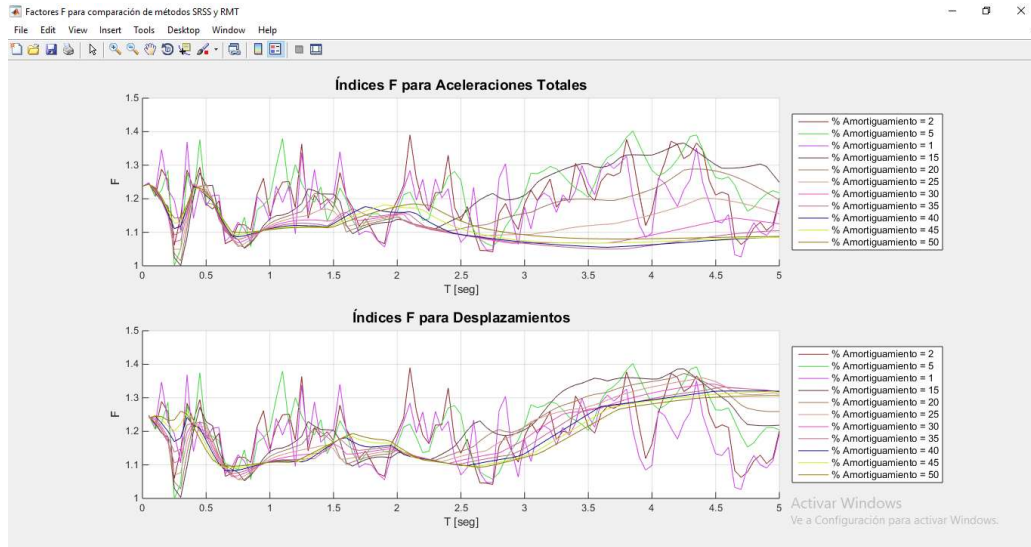


Ilustración 11. Factores de comparación F para los espectros de desplazamientos y aceleraciones totales, para cada porcentaje de amortiguamiento requerido.

Además, exporta las matrices de respuestas dinámicas y factores de comparación F a Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.01576841	0.01453642	0.0104005	0.01375755	0.01357135	0.01339845	0.01322926	0.01306229	0.01289757	0.01273522	0.01259266					
3	0.09402069	0.07140357	0.06311102	0.06000594	0.0579418	0.05623686	0.05474071	0.05349965	0.05254654	0.05158855	0.05062846					
4	0.25398878	0.22942101	0.18630106	0.15909311	0.14223921	0.12871127	0.12357637	0.12092547	0.11794849	0.11475998	0.11144084					
5	0.56558338	0.45447475	0.35119322	0.28966712	0.25659653	0.24547157	0.23472078	0.22342669	0.21307868	0.20314177	0.19335788					
6	1.39584128	0.84863543	0.64495465	0.53491401	0.48202306	0.4360777	0.394752	0.36126463	0.33225124	0.30673501	0.2843261					
7	3.27758981	1.87816223	1.22602035	0.9230019	0.7449498	0.62733392	0.54355543	0.48053227	0.43112335	0.39113677	0.35796603					
8	1.51334281	1.17987161	0.95337688	0.83381341	0.73007813	0.64829199	0.58013844	0.52201805	0.47433021	0.43528605	0.40124406					
9	0.98861384	0.89555855	0.80742302	0.69993888	0.66306825	0.61637511	0.57363794	0.5305341	0.48953697	0.45547297	0.42419094					
10	2.06213788	1.19245372	0.82069098	0.71767832	0.66433896	0.61867613	0.57617998	0.53562911	0.49870193	0.46691979	0.43702622					
11	1.69297307	1.17795095	0.89011044	0.76472019	0.68375892	0.62778629	0.58064286	0.53873535	0.50464237	0.47276672	0.44297309					
12	1.94375856	1.42306749	1.05626821	0.85714751	0.72267596	0.62381285	0.57543995	0.5388129	0.50429654	0.47196276	0.44398037					
13	1.13950815	1.12762793	1.03050469	0.89252821	0.76612875	0.66291538	0.57941503	0.53228204	0.49644595	0.46742058	0.44061242					
14	1.79710629	1.40071631	1.11828233	0.92777617	0.78243357	0.67300321	0.60645647	0.55077424	0.50412063	0.47409898	0.45612075					
15	2.40323622	1.75708196	1.20327298	0.96426441	0.84417801	0.74323055	0.66580388	0.60159378	0.54825298	0.50430671	0.48338237					
16	4.3023007	2.66311022	1.66628549	1.248538	0.98348329	0.81721303	0.70833723	0.6377882	0.57972016	0.53151513	0.50802686					
17	5.17559906	2.93940453	1.84831675	1.33704639	1.04093708	0.8536191	0.74084892	0.6619625	0.60827426	0.56846389	0.53323288					
18	4.67062656	2.81337727	1.80729121	1.35910837	1.11188104	0.93982426	0.8149592	0.72064262	0.64683942	0.59394342	0.55715345					
19	2.61739857	2.18316796	1.74791522	1.41001347	1.16740686	0.99228713	0.86139239	0.76052152	0.68078822	0.61621414	0.57490949					
20	2.65889426	2.11614464	1.68338808	1.38951474	1.17337273	1.00866175	0.88228388	0.78209933	0.70103203	0.63583523	0.58944642					
21	2.41063405	1.8933991	1.34939966	1.20627178	1.14216648	0.99877229	0.88271715	0.78777537	0.71012086	0.6461226	0.59818969					
22	1.90524247	1.63966642	1.37065872	1.23126644	1.0919604	0.97048545	0.86805757	0.78078661	0.70909442	0.6473843	0.6040747					
23	1.94054015	1.55763069	1.34639657	1.16896877	1.03445181	0.93151747	0.84250432	0.76565139	0.69908574	0.64289794	0.60652264					
24	1.94163584	1.52744572	1.29918318	1.14887199	1.01900196	0.9069	0.80997816	0.7426238	0.68893859	0.64128801	0.60624644					
25	1.61034358	1.32997055	1.24178984	1.12525332	1.00837601	0.90359314	0.81169531	0.74195751	0.68958879	0.64319264	0.6122655					
26	1.4636916	1.24751331	1.21615281	1.10765724	0.99579002	0.89565346	0.81207624	0.74714403	0.6908045	0.6444481	0.62223935					
27	1.72316809	1.40268748	1.23059292	1.09667099	0.98166678	0.89659621	0.82324425	0.75734168	0.69857132	0.65093992	0.63526887					
28	1.90643545	1.4726004	1.2446374	1.08462454	0.99104356	0.91212493	0.83803466	0.77033996	0.70969865	0.66660525	0.64912375					

Ilustración 12. Matriz de respuesta de aceleraciones por el método de combinación RMT, cuyas filas corresponden a los periodos T de los sistemas y cuyas columnas corresponden a los porcentajes de amortiguamiento ingresado.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a grid of numerical data. The columns are labeled A through P, and the rows are numbered 1 through 28. The data is organized into a matrix where each cell contains a numerical value. The values are generally small, ranging from approximately 1.0 to 1.25. The spreadsheet interface includes a menu bar at the top with options like 'ARCHIVO', 'INICIO', 'INSERTAR', 'DISEÑO DE PÁGINA', 'FÓRMULAS', 'DATOS', 'REVISAR', and 'VISTA'. There is also a search bar and a status bar at the bottom.

Ilustración 13. Matriz de factores F de comparación de métodos para aceleraciones, cuyas filas corresponden a los periodos T de los sistemas y cuyas columnas corresponden a los porcentajes de amortiguamiento ingresado.

A continuación, se mostrará un ejemplo para el procesamiento de los registros del sismo del 8 de septiembre de 2017 (sismo de Chiapas) provistos por el IINGEN de México.

Se ha seleccionado el registro de la estación de Jamiltepec (Jami) para propósitos de esta demostración. El registro tiene un intervalo de tiempo de muestreo de 0.005 segundos y las componentes horizontales corresponden a las columnas uno y tres del archivo. Se quiere obtener los acelerogramas graficados, los espectros de respuesta dinámica para estructuras de período (T) de 0 a 5 segundos con intervalos de 0.05 y amortiguamientos (ξ) de 2% y de 5% a 50% con intervalos de 5%, y los factores F de comparación para desplazamientos y aceleraciones totales.

Al igual que el caso anterior, lo primero es guardar el registro en el espacio de trabajo de Matlab e importarlo como matriz numérica, cuidando que la matriz resultante contenga tres columnas (las cuales corresponden a los datos de las tres componentes). Notar los campos de *fixed width*, *range* e *imported data*.

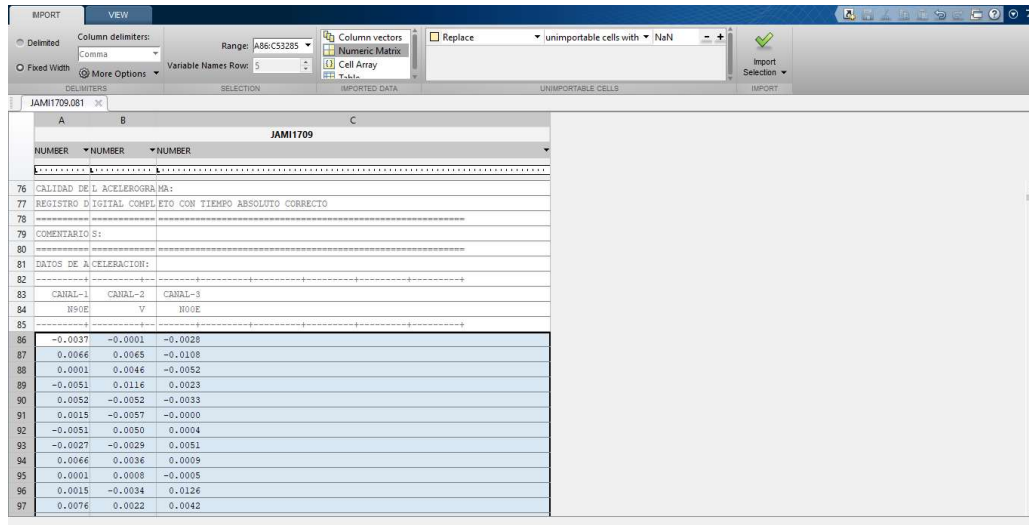


Ilustración 14. Ventana de asistente para importar los datos del archivo JAMI1709 de Matlab.

Una vez importados los datos en el espacio de trabajo, se puede proceder a correr el programa. Inmediatamente, en la ventana de comandos aparecerá un mensaje requiriendo el nombre del registro (o matriz numérica). En este caso el nombre es *JAMI1709*. Luego, se pedirá el número de identificación de las columnas de las componentes horizontales de la matriz, las cuales corresponden a la columna 1 (componente E-O) y columna 3 (componente N-S) de este registro. A continuación, se requiere el ingreso de otros datos, los mismos que forman parte de las entradas.

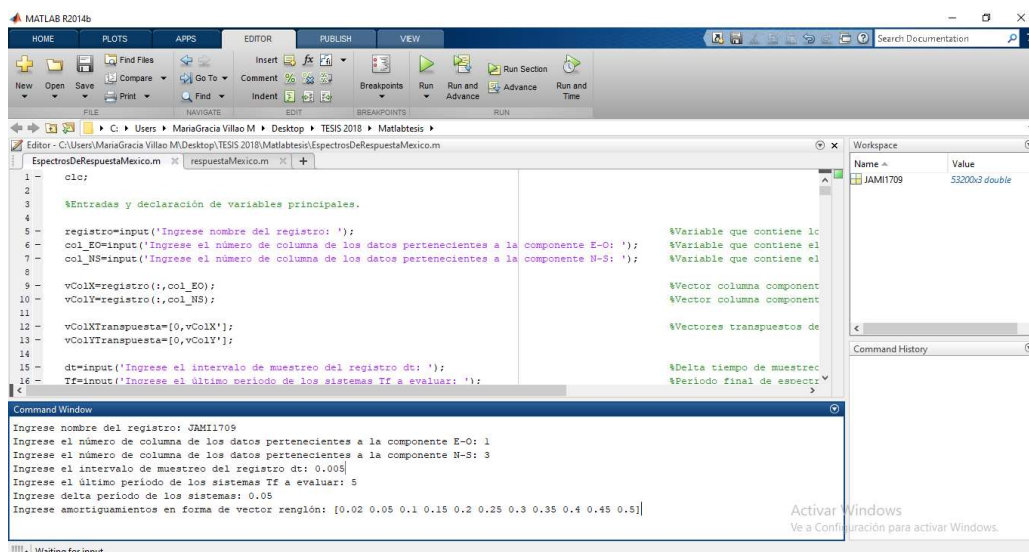


Ilustración 15. Ventana principal de Matlab. En la ventana de comandos se muestran las entradas requeridas para la ejecución del algoritmo.

El programa arroja los siguientes resultados:

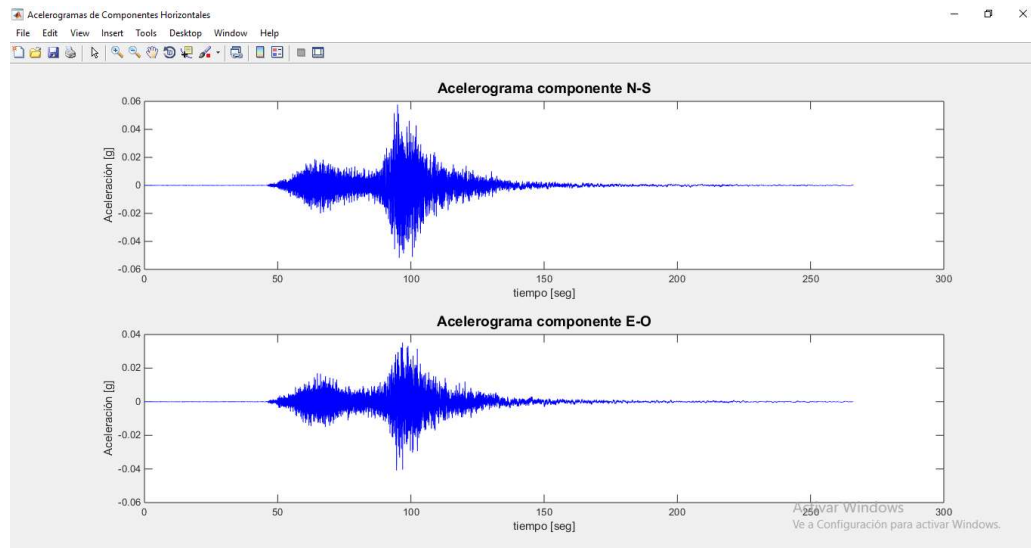


Ilustración 16. Par de acelerogramas provistos por la estación sismográfica de Jamiltepec.

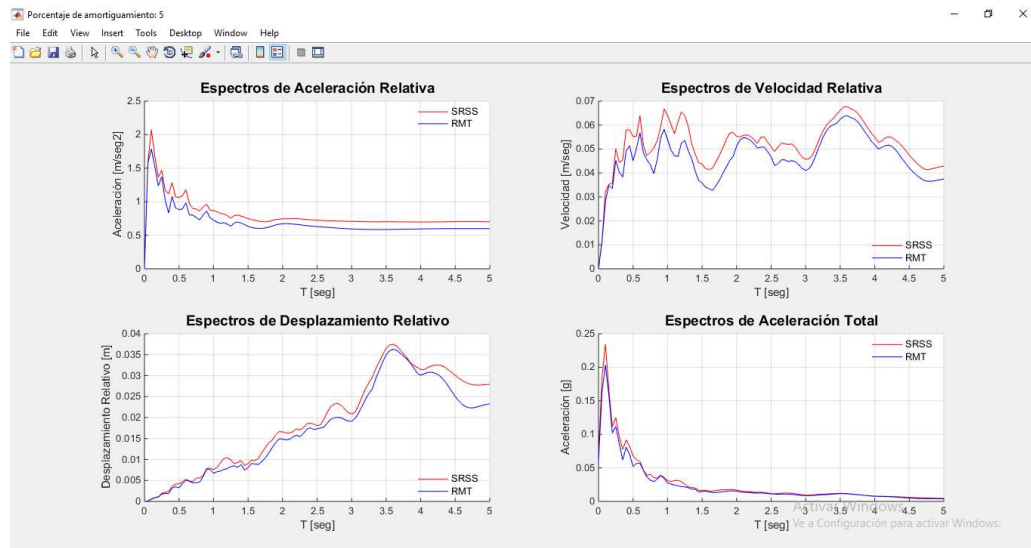


Ilustración 17. Espectros de respuestas dinámicas para estructuras de porcentaje de amortiguamiento del 5%.

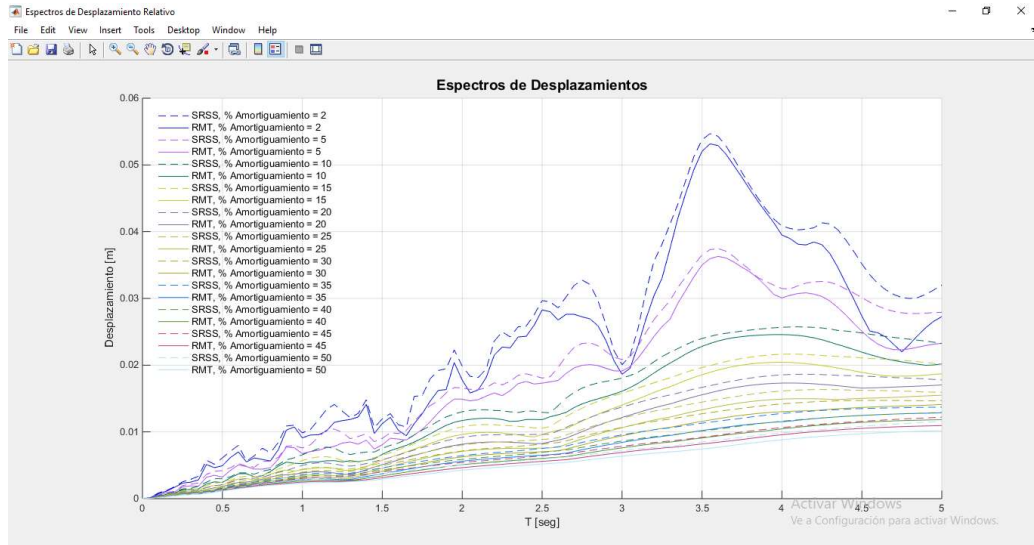


Ilustración 18. Espectros de respuesta de desplazamientos para todos los porcentajes de amortiguamientos ingresados en la entrada.

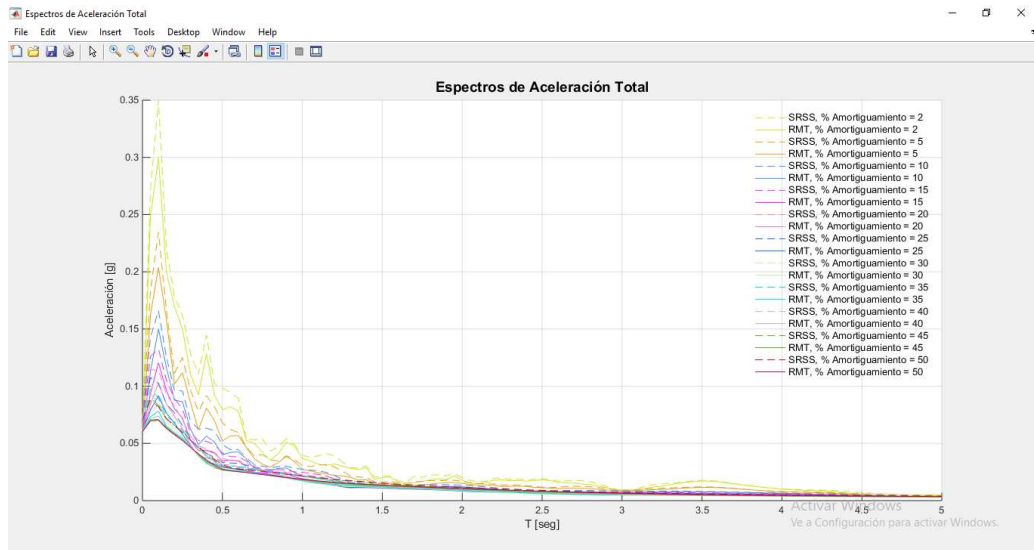


Ilustración 19. Espectros de respuesta de aceleraciones para todos los porcentajes de amortiguamientos ingresados en la entrada.

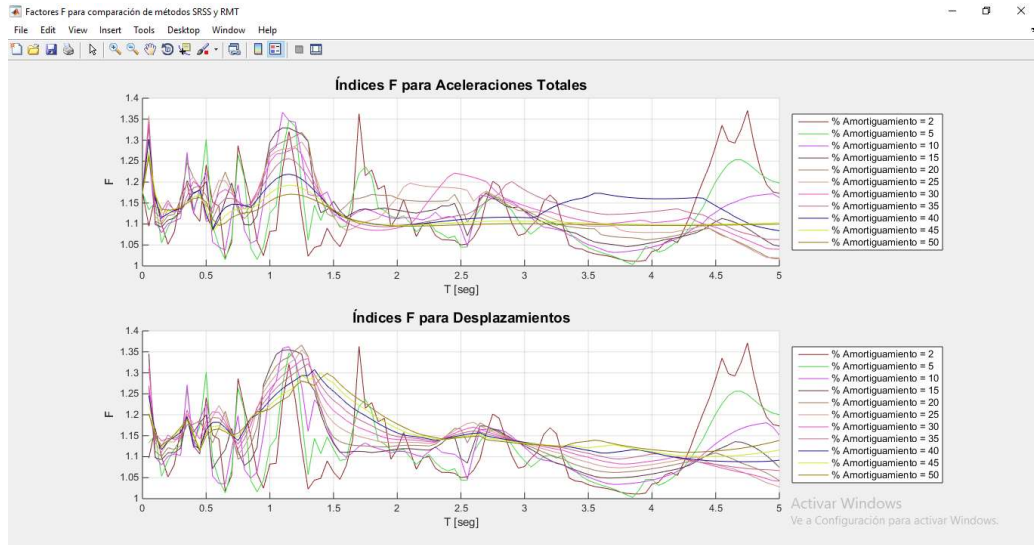


Ilustración 20. Factores de comparación F para los espectros de desplazamientos y aceleraciones totales, para cada porcentaje de amortiguamiento requerido.

Además, se obtienen las matrices de espectros de respuestas y las matrices de factores F, al igual que en el caso anterior.

CAPÍTULO 5

5. Resultados

En este capítulo se mostrarán varias tablas con los valores F obtenidos del análisis de los 62 registros considerados en este trabajo de grado.

Las tablas se han agrupado de acuerdo al evento sísmico considerado (Sismo de Pedernales o Sismo de Chiapas) y de acuerdo a la clasificación considerada (según el PGA o según la distancia a la falla)

Además, como se indicó en la sección 3.4 del capítulo de Metodología, el estudio se enfocó en los valores F máximos, mínimos y promedios de las respuestas de desplazamiento y de aceleraciones absolutas. Estos parámetros se definieron con la siguiente simbología:

$F_{d\ máx}$ = F máximo de la respuesta de desplazamientos.

\bar{F}_d = F promedio de la respuesta de desplazamientos.

$F_{d\ mín}$ = F mínimo de la respuesta de desplazamientos.

$F_{a\ máx}$ = F máximo de la respuesta de aceleraciones absolutas.

\bar{F}_a = F promedio de la respuesta de aceleraciones absolutas.

$F_{a\ mín}$ = F mínimo de la respuesta de aceleraciones absolutas.

Con el fin de apreciar las diferencias entre los valores F de los casos estudiados, se presentan las tablas con un gradiente de color que va desde un café pálido (valor mínimo $F=1.00$) hasta un café oscuro (valor máximo $F=1.41$).

5.1. Valores de F máximos para la respuesta de desplazamientos

($F_{d\ máx}$)

En la tabla 13 se muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_{d\ máx}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según su PGA.

Tabla 13. Valores de F_d máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).

EST.	$F_d máx$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.36	1.40	1.39	1.38	1.40	1.38	1.39	1.39	1.39	1.39	1.40
ALJ1	1.39	1.37	1.40	1.41	1.40	1.40	1.39	1.38	1.39	1.40	1.40
ATUL	1.39	1.38	1.36	1.38	1.38	1.35	1.36	1.37	1.37	1.36	1.35
AGYE	1.39	1.38	1.39	1.40	1.40	1.40	1.39	1.38	1.36	1.31	1.28
EPNL	1.38	1.38	1.34	1.33	1.33	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.38
ACH1	1.36	1.41	1.34	1.32	1.30	1.27	1.26	1.25	1.26	1.26	1.26
ALOR	1.40	1.40	1.39	1.41	1.40	1.41	1.41	1.40	1.40	1.41	1.40
AIB2	1.38	1.39	1.40	1.39	1.36	1.28	1.25	1.25	1.26	1.26	1.27
ALAT	1.37	1.36	1.35	1.37	1.36	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37	1.37
AAM2	1.35	1.39	1.39	1.36	1.37	1.41	1.36	1.36	1.37	1.37	1.35
ACUE	1.40	1.34	1.37	1.36	1.37	1.37	1.36	1.34	1.33	1.34	1.34
AV11	1.37	1.38	1.38	1.35	1.30	1.27	1.28	1.29	1.29	1.29	1.28
AOTA	1.38	1.39	1.40	1.40	1.38	1.34	1.38	1.39	1.40	1.40	1.40
ALIB	1.38	1.39	1.38	1.39	1.34	1.33	1.31	1.32	1.34	1.36	1.37
AMIL	1.38	1.39	1.40	1.37	1.37	1.39	1.37	1.36	1.36	1.37	1.37
AIB1	1.40	1.40	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.41	1.41	1.40	1.39
AGY1	1.39	1.40	1.40	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.32	1.31
AGY2	1.36	1.36	1.35	1.38	1.36	1.36	1.36	1.37	1.36	1.36	1.37
APR2	1.38	1.33	1.33	1.38	1.40	1.37	1.35	1.34	1.34	1.34	1.36
AES2	1.34	1.37	1.36	1.36	1.29	1.24	1.24	1.23	1.23	1.24	1.24
AV18	1.35	1.39	1.37	1.40	1.32	1.31	1.30	1.31	1.32	1.32	1.31
AV21	1.38	1.39	1.40	1.38	1.40	1.41	1.40	1.37	1.34	1.33	1.31
ASDO	1.37	1.37	1.39	1.38	1.33	1.31	1.29	1.29	1.28	1.27	1.27
AMA1	1.40	1.38	1.41	1.33	1.26	1.22	1.19	1.21	1.21	1.20	1.20
APO1	1.38	1.39	1.31	1.32	1.32	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25
ACHN	1.40	1.36	1.37	1.33	1.29	1.34	1.31	1.26	1.24	1.24	1.25
AMNT	1.30	1.32	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.31	1.29	1.28
PDNS	1.34	1.35	1.29	1.30	1.32	1.30	1.28	1.26	1.27	1.27	1.27
APED	1.30	1.31	1.28	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.26	1.27	1.28

En general, las mayores diferencias entre los métodos parecen presentarse en registros con PGA menores sin importar cuál sea la fracción de amortiguamiento, es decir que este no influiría en los $F_d máx$. Para registros con PGA mayores a 0.40g, las mayores diferencias entre los métodos aparentemente se presentan para fracciones de amortiguamiento menores.

En la tabla 14 se muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_d máx$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 14. Valores de F_d máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	$F_d máx$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.34	1.35	1.29	1.30	1.32	1.30	1.28	1.26	1.27	1.27	1.27
APED	1.30	1.31	1.28	1.29	1.28	1.27	1.26	1.26	1.26	1.27	1.28
AV18	1.35	1.39	1.37	1.40	1.32	1.31	1.30	1.31	1.32	1.32	1.31
AV21	1.38	1.39	1.40	1.38	1.40	1.41	1.40	1.37	1.34	1.33	1.31
AMA1	1.40	1.38	1.41	1.33	1.26	1.22	1.19	1.21	1.21	1.20	1.20
AES2	1.34	1.37	1.36	1.36	1.29	1.24	1.24	1.23	1.23	1.24	1.24
APR2	1.38	1.33	1.33	1.38	1.40	1.37	1.35	1.34	1.34	1.34	1.36
ASDO	1.37	1.37	1.39	1.38	1.33	1.31	1.29	1.29	1.28	1.27	1.27
ACHN	1.40	1.36	1.37	1.33	1.29	1.34	1.31	1.26	1.24	1.24	1.25
ALOR	1.40	1.40	1.39	1.41	1.40	1.41	1.41	1.40	1.40	1.41	1.40
APO1	1.38	1.39	1.31	1.32	1.32	1.29	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25
AMNT	1.30	1.32	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.31	1.29	1.28
EPNL	1.38	1.38	1.34	1.33	1.33	1.32	1.34	1.35	1.36	1.36	1.38
AV11	1.37	1.38	1.38	1.35	1.30	1.27	1.28	1.29	1.29	1.29	1.28
AOTA	1.38	1.39	1.40	1.40	1.38	1.34	1.38	1.39	1.40	1.40	1.40
AIB1	1.40	1.40	1.39	1.40	1.40	1.40	1.40	1.41	1.41	1.40	1.39
AIB2	1.38	1.39	1.40	1.39	1.36	1.28	1.25	1.25	1.26	1.26	1.27
ALAT	1.37	1.36	1.35	1.37	1.36	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37	1.37
APS4	1.36	1.40	1.39	1.38	1.40	1.38	1.39	1.39	1.39	1.39	1.40
AAM2	1.35	1.39	1.39	1.36	1.37	1.41	1.36	1.36	1.37	1.37	1.35
ATUL	1.39	1.38	1.36	1.38	1.38	1.35	1.36	1.37	1.37	1.36	1.35
AGYE	1.39	1.38	1.39	1.40	1.40	1.40	1.39	1.38	1.36	1.31	1.28
AGY1	1.39	1.40	1.40	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.32	1.31
AGY2	1.36	1.36	1.35	1.38	1.36	1.36	1.36	1.37	1.36	1.36	1.37
AMIL	1.38	1.39	1.40	1.37	1.37	1.39	1.37	1.36	1.36	1.37	1.37
ALIB	1.38	1.39	1.38	1.39	1.34	1.33	1.31	1.32	1.34	1.36	1.37
ACUE	1.40	1.34	1.37	1.36	1.37	1.37	1.36	1.34	1.33	1.34	1.34
ACH1	1.36	1.41	1.34	1.32	1.30	1.27	1.26	1.25	1.26	1.26	1.26
ALJ1	1.39	1.37	1.40	1.41	1.40	1.40	1.39	1.38	1.39	1.40	1.40

Se puede observar que las celdas con valores $F_d máx$ altos (color café fuerte) están dispersas de manera que la distancia de la estación a la falla no parece tener influencia en los resultados. No obstante, los factores $F_d máx$ tienen la tendencia de disminuir mientras más alto sea el porcentaje de amortiguamiento en registros más cercanos a la falla.

La tabla 15 muestra los registros de México con su respectivo valor de $F_d máx$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA.

Tabla 15. Valores de F_d máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).

EST.	$F_{d\text{ máx}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.38	1.38	1.33	1.34	1.32	1.32	1.31	1.29	1.28	1.28	1.28
RABO	1.40	1.38	1.36	1.39	1.39	1.37	1.36	1.37	1.38	1.39	1.38
XALA	1.38	1.38	1.33	1.33	1.32	1.31	1.32	1.31	1.31	1.32	1.32
HMTT	1.32	1.38	1.40	1.33	1.36	1.33	1.28	1.28	1.29	1.26	1.20
PZPU	1.37	1.34	1.19	1.23	1.22	1.25	1.26	1.24	1.21	1.17	1.14
PBP2	1.33	1.35	1.33	1.34	1.33	1.31	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28
ACAC	1.35	1.35	1.36	1.41	1.39	1.33	1.31	1.33	1.32	1.33	1.33
PHPU	1.22	1.31	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.17	1.16	1.15
RFPP	1.37	1.38	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
SCT2	1.33	1.33	1.30	1.27	1.26	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27	1.26
THEZ	1.37	1.36	1.39	1.32	1.31	1.36	1.35	1.35	1.37	1.37	1.38
OZST	1.35	1.38	1.38	1.35	1.35	1.34	1.34	1.35	1.35	1.35	1.36
SAPP	1.39	1.37	1.37	1.28	1.19	1.14	1.14	1.16	1.14	1.11	1.10
LANE	1.34	1.39	1.37	1.39	1.41	1.40	1.39	1.35	1.34	1.34	1.32
JAMI	1.37	1.35	1.36	1.35	1.37	1.36	1.33	1.32	1.31	1.30	1.30
MIHL	1.40	1.38	1.38	1.38	1.40	1.40	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37
OXBJ	1.28	1.35	1.33	1.30	1.33	1.34	1.35	1.35	1.36	1.36	1.36
SCCB	1.40	1.37	1.38	1.40	1.40	1.39	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37
TAMA	1.33	1.35	1.35	1.36	1.36	1.34	1.32	1.30	1.30	1.31	1.31
OXLC	1.39	1.39	1.37	1.37	1.36	1.37	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34
OXAL	1.39	1.38	1.37	1.34	1.34	1.37	1.39	1.40	1.39	1.39	1.39
SMLC	1.37	1.35	1.28	1.31	1.30	1.29	1.30	1.31	1.30	1.29	1.29
OXAE	1.33	1.33	1.34	1.31	1.35	1.34	1.31	1.29	1.29	1.28	1.27
OXPC	1.39	1.38	1.38	1.39	1.40	1.41	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39
OXCU	1.41	1.37	1.39	1.39	1.37	1.39	1.38	1.36	1.36	1.35	1.34
OXPM	1.35	1.35	1.36	1.35	1.37	1.39	1.39	1.38	1.36	1.34	1.34
PANG	1.35	1.33	1.35	1.27	1.27	1.26	1.26	1.25	1.28	1.28	1.26
OXTO	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.40	1.41	1.41	1.41	1.37	1.35
HUAM	1.34	1.25	1.25	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
OXXO	1.31	1.30	1.33	1.34	1.36	1.34	1.33	1.33	1.32	1.32	1.31
OAXM	1.37	1.33	1.29	1.32	1.37	1.36	1.37	1.38	1.38	1.37	1.37
SCRU	1.39	1.36	1.37	1.38	1.36	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
OXJM	1.30	1.37	1.32	1.31	1.28	1.28	1.25	1.25	1.26	1.27	1.27

Se puede observar que los valores de $F_{d\text{ máx}}$ altos se dan tanto para valores de amortiguamiento bajos como altos. Además, la tendencia de $F_{d\text{ máx}}$ es disminuir en relación al valor para un amortiguamiento de 2% conforme el porcentaje de amortiguamiento aumenta. Además, se observa que para las estaciones PHPU y SAPP, los $F_{d\text{ máx}}$ son relativamente bajos en

comparación a los de las demás estaciones. Por esa razón se decidió estudiar las respuestas de desplazamientos de una estructura de período T de 2.3 seg (en PHPU) con distintos amortiguamientos y de período T de 0.35 seg (en SAPP) con distintos amortiguamientos. Se encontró que la forma de estas gráficas de respuesta no son muy similares entre sí y se obtuvo algunas conclusiones (ver sección 5.7).

La tabla 16 muestra los registros de México con su respectivo valor de $F_{d\text{ máx}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 16. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

$F_{d\text{máx}}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.39	1.36	1.37	1.38	1.36	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
HUAM	1.34	1.25	1.25	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
OXJM	1.30	1.37	1.32	1.31	1.28	1.28	1.25	1.25	1.26	1.27	1.27
SCCB	1.40	1.37	1.38	1.40	1.40	1.39	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37
PANG	1.35	1.33	1.35	1.27	1.27	1.26	1.26	1.25	1.28	1.28	1.26
TAMA	1.33	1.35	1.35	1.36	1.36	1.34	1.32	1.30	1.30	1.31	1.31
SMLC	1.37	1.35	1.28	1.31	1.30	1.29	1.30	1.31	1.30	1.29	1.29
MIHL	1.40	1.38	1.38	1.38	1.40	1.40	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37
LANE	1.34	1.39	1.37	1.39	1.41	1.40	1.39	1.35	1.34	1.34	1.32
OXAE	1.33	1.33	1.34	1.31	1.35	1.34	1.31	1.29	1.29	1.28	1.27
OXCU	1.41	1.37	1.39	1.39	1.37	1.39	1.38	1.36	1.36	1.35	1.34
OX XO	1.31	1.30	1.33	1.34	1.36	1.34	1.33	1.33	1.32	1.32	1.31
OXLC	1.39	1.39	1.37	1.37	1.36	1.37	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34
OXPC	1.39	1.38	1.38	1.39	1.40	1.41	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39
OXAL	1.39	1.38	1.37	1.34	1.34	1.37	1.39	1.40	1.39	1.39	1.39
OXPM	1.35	1.35	1.36	1.35	1.37	1.39	1.39	1.38	1.36	1.34	1.34
OXBJ	1.28	1.35	1.33	1.30	1.33	1.34	1.35	1.35	1.36	1.36	1.36
OAXM	1.37	1.33	1.29	1.32	1.37	1.36	1.37	1.38	1.38	1.37	1.37
OXTO	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.40	1.41	1.41	1.41	1.37	1.35
JAMI	1.37	1.35	1.36	1.35	1.37	1.36	1.33	1.32	1.31	1.30	1.30
CHFL	1.38	1.38	1.33	1.34	1.32	1.32	1.31	1.29	1.28	1.28	1.28
THEZ	1.37	1.36	1.39	1.32	1.31	1.36	1.35	1.35	1.37	1.37	1.38
OZST	1.35	1.38	1.38	1.35	1.35	1.34	1.34	1.35	1.35	1.35	1.36
HMTT	1.32	1.38	1.40	1.33	1.36	1.33	1.28	1.28	1.29	1.26	1.20
XALA	1.38	1.38	1.33	1.33	1.32	1.31	1.32	1.31	1.31	1.32	1.32
RABO	1.40	1.38	1.36	1.39	1.39	1.37	1.36	1.37	1.38	1.39	1.38
PHPU	1.22	1.31	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.17	1.16	1.15
RFPP	1.37	1.38	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
PBP2	1.33	1.35	1.33	1.34	1.33	1.31	1.29	1.29	1.28	1.28	1.28
SAPP	1.39	1.37	1.37	1.28	1.19	1.14	1.14	1.16	1.14	1.11	1.10
PZPU	1.37	1.34	1.19	1.23	1.22	1.25	1.26	1.24	1.21	1.17	1.14
ACAC	1.35	1.35	1.36	1.41	1.39	1.33	1.31	1.33	1.32	1.33	1.33
SCT2	1.33	1.33	1.30	1.27	1.26	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27	1.26

Los valores más altos de $F_{d\text{máx}}$ parecen presentarse en todos los registros independientemente de su distancia a la falla y de las distintas fracciones de amortiguamiento.

5.2. Valores de $F_{d\text{mín}}$ para la respuesta de desplazamientos ($F_{d\text{mín}}$)

La tabla 17 muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_{d\text{mín}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA.

Tabla 17. Valores de $F_{d\text{mín}}$ correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).

EST.	$F_{d\text{mín}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
ALJ1	1.00	1.00	1.07	1.10	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21
ATUL	1.05	1.06	1.09	1.15	1.16	1.17	1.18	1.17	1.18	1.19	1.18
AGYE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.11
EPNL	1.00	1.00	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07	1.10	1.14	1.15
ACH1	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04
ALOR	1.01	1.01	1.07	1.11	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12
AIB2	1.01	1.04	1.03	1.03	1.02	1.04	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11
ALAT	1.02	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.13	1.16	1.16	1.16
AAM2	1.00	1.00	1.05	1.04	1.05	1.09	1.12	1.14	1.16	1.18	1.19
ACUE	1.00	1.01	1.04	1.07	1.09	1.08	1.09	1.11	1.12	1.12	1.11
AV11	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08
AOTA	1.02	1.08	1.09	1.10	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.10	1.10
ALIB	1.04	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12	1.12
AMIL	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07	1.12	1.17	1.21	1.23
AIB1	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.02	1.10	1.15	1.16	1.19	1.20
AGY1	1.04	1.00	1.00	1.00	1.03	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09
AGY2	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
APR2	1.03	1.09	1.06	1.02	1.04	1.07	1.07	1.10	1.13	1.15	1.16
AES2	1.00	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13
AV18	1.01	1.03	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.09	1.11
AV21	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02
ASDO	1.05	1.07	1.09	1.09	1.10	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09	1.08
AMA1	1.01	1.04	1.06	1.08	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04
APO1	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.03	1.01	1.01	1.01
ACHN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09
AMNT	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03
PDNS	1.00	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03
APED	1.00	1.00	1.05	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.09	1.10

La tabla 18 muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_{d\text{mín}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 18. Valores de $F_{d\text{mín}}$ correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	$F_{d\text{mín}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.00	1.00	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03
APED	1.00	1.00	1.05	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.08	1.09	1.10
AV18	1.01	1.03	1.02	1.03	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.09	1.11
AV21	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02
AMA1	1.01	1.04	1.06	1.08	1.07	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04
AES2	1.00	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13
APR2	1.03	1.09	1.06	1.02	1.04	1.07	1.07	1.10	1.13	1.15	1.16
ASDO	1.05	1.07	1.09	1.09	1.10	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09	1.08
ACHN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.04	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09
ALOR	1.01	1.01	1.07	1.11	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12
APO1	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.03	1.01	1.01	1.01
AMNT	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03
EPNL	1.00	1.00	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07	1.07	1.10	1.14	1.15
AV11	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	1.05	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08
AOTA	1.02	1.08	1.09	1.10	1.14	1.13	1.12	1.11	1.10	1.10	1.10
AIB1	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.02	1.10	1.15	1.16	1.19	1.20
AIB2	1.01	1.04	1.03	1.03	1.02	1.04	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11
ALAT	1.02	1.01	1.03	1.05	1.07	1.08	1.09	1.13	1.16	1.16	1.16
APS4	1.01	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
AAM2	1.00	1.00	1.05	1.04	1.05	1.09	1.12	1.14	1.16	1.18	1.19
ATUL	1.05	1.06	1.09	1.15	1.16	1.17	1.18	1.17	1.18	1.19	1.18
AGYE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.11
AGY1	1.04	1.00	1.00	1.00	1.03	1.06	1.06	1.07	1.08	1.09	1.09
AGY2	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
AMIL	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07	1.12	1.17	1.21	1.23
ALIB	1.04	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.08	1.10	1.11	1.12	1.12
ACUE	1.00	1.01	1.04	1.07	1.09	1.08	1.09	1.11	1.12	1.12	1.11
ACH1	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.04	1.04	1.04
ALJ1	1.00	1.00	1.07	1.10	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21

De la tabla 17 y 18 se extrae que para este caso, el $F_{d\text{mín}}$ parece ser independiente de los parámetros de clasificación, es decir, no existe ningún patrón en los resultados. Se añade que el $F_{d\text{mín}}$ tiende a aumentar conforme el porcentaje de amortiguamiento crece.

Las tablas 19 y 20 muestran los registros de México con su respectivo valor de $F_{d\text{mín}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla.

Tabla 19. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (México).

$F_{d\min}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.10
RABO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.07	1.08
XALA	1.05	1.04	1.07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HMTT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PZPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01
PBP2	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ACAC	1.00	1.00	1.01	1.07	1.06	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.08
PHPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
RFPP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SCT2	1.05	1.05	1.07	1.10	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14
THEZ	1.03	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OZST	1.04	1.04	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
SAPP	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LANE	1.01	1.01	1.01	1.05	1.09	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14
JAMI	1.01	1.00	1.03	1.05	1.04	1.03	1.04	1.07	1.09	1.10	1.11
MIHL	1.03	1.05	1.07	1.07	1.08	1.01	1.00	1.00	1.02	1.05	1.08
OXBJ	1.00	1.00	1.01	1.02	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01
SCCB	1.01	1.04	1.07	1.06	1.09	1.10	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17
TAMA	1.00	1.02	1.04	1.10	1.12	1.11	1.13	1.13	1.13	1.12	1.10
OXLC	1.00	1.05	1.05	1.07	1.11	1.10	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11
OXAL	1.05	1.04	1.06	1.10	1.09	1.09	1.09	1.11	1.13	1.16	1.19
SMLC	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00
OXAE	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03
OXPC	1.01	1.05	1.12	1.12	1.09	1.10	1.12	1.14	1.16	1.16	1.17
OXCU	1.00	1.00	1.03	1.05	1.10	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
OXPM	1.04	1.03	1.04	1.06	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.07	1.07
PANG	1.01	1.00	1.00	1.02	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03
OXTO	1.00	1.00	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.11	1.11	1.11
HUAM	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02
OXXO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
OAXM	1.00	1.03	1.05	1.07	1.08	1.07	1.06	1.05	1.06	1.07	1.08
SCRU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
OXJM	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04

Tabla 20. Valores de $F_{d\min}$ correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

EST.	$F_{d\min}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
HUAM	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.03	1.03	1.02	1.03	1.02
OXJM	1.02	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04
SCCB	1.01	1.04	1.07	1.06	1.09	1.10	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17
PANG	1.01	1.00	1.00	1.02	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03
TAMA	1.00	1.02	1.04	1.10	1.12	1.11	1.13	1.13	1.13	1.12	1.10
SMLC	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00
MIHL	1.03	1.05	1.07	1.07	1.08	1.01	1.00	1.00	1.02	1.05	1.08
LANE	1.01	1.01	1.01	1.05	1.09	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14
OXAE	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03
OXCU	1.00	1.00	1.03	1.05	1.10	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
OXOX	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
OXLC	1.00	1.05	1.05	1.07	1.11	1.10	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11
OXPC	1.01	1.05	1.12	1.12	1.09	1.10	1.12	1.14	1.16	1.16	1.17
OXAL	1.05	1.04	1.06	1.10	1.09	1.09	1.09	1.11	1.13	1.16	1.19
OXPM	1.04	1.03	1.04	1.06	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.07	1.07
OXBJ	1.00	1.00	1.01	1.02	1.00	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01
OAXM	1.00	1.03	1.05	1.07	1.08	1.07	1.06	1.05	1.06	1.07	1.08
OXTO	1.00	1.00	1.00	1.02	1.05	1.07	1.09	1.11	1.11	1.11	1.11
JAMI	1.01	1.00	1.03	1.05	1.04	1.03	1.04	1.07	1.09	1.10	1.11
CHFL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.10
THEZ	1.03	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
OZST	1.04	1.04	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
HMTT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XALA	1.05	1.04	1.07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
RABO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.03	1.07	1.08
PHPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
RFPP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PBP2	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SAPP	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PZPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01
ACAC	1.00	1.00	1.01	1.07	1.06	1.05	1.05	1.06	1.06	1.08	1.08
SCT2	1.05	1.05	1.07	1.10	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14

En las tablas 19 y 20 se observa que no parece existir influencia de los parámetros de clasificación en los resultados. No obstante, los valores de $F_{d\min}$ tienden a aumentar cuando el amortiguamiento aumenta.

5.3. Valores de F promedio para la respuesta de desplazamientos (\bar{F}_d)

Las tablas 21 y 22 muestran los registros de Ecuador con su respectivo valor de \bar{F}_d para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla.

Tabla 21. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (Ecuador).

EST.	\bar{F}_d										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.14	1.15	1.17	1.18	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22
ALJ1	1.17	1.18	1.22	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28
ATUL	1.18	1.19	1.21	1.24	1.26	1.27	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26
AGYE	1.13	1.11	1.11	1.13	1.15	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18
EPNL	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21
ACH1	1.16	1.16	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
ALOR	1.18	1.18	1.21	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
AIB2	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.16	1.16	1.16	1.17
ALAT	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.21	1.21	1.22	1.22	1.21
AAM2	1.16	1.18	1.20	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.29	1.29	1.28
ACUE	1.18	1.19	1.21	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.23
AV11	1.15	1.16	1.15	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
AOTA	1.23	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.24	1.24	1.25	1.24	1.23
ALIB	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25
AMIL	1.21	1.23	1.24	1.24	1.22	1.22	1.22	1.23	1.24	1.26	1.27
AIB1	1.18	1.17	1.16	1.17	1.19	1.22	1.25	1.27	1.30	1.32	1.33
AGY1	1.20	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19
AGY2	1.19	1.17	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.14	1.14
APR2	1.19	1.20	1.19	1.17	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.24
AES2	1.17	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
AV18	1.18	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
AV21	1.19	1.19	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
ASDO	1.18	1.21	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21
AMA1	1.19	1.21	1.25	1.22	1.18	1.15	1.13	1.12	1.11	1.10	1.10
APO1	1.11	1.10	1.09	1.08	1.07	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09
ACHN	1.15	1.15	1.14	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17	1.16	1.16
AMNT	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
PDNS	1.10	1.10	1.10	1.09	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07
APED	1.12	1.13	1.14	1.16	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.16

Tabla 22. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	\bar{F}_d										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.10	1.10	1.10	1.09	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.07
APED	1.12	1.13	1.14	1.16	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.16
AV18	1.18	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21
AV21	1.19	1.19	1.20	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
AMA1	1.19	1.21	1.25	1.22	1.18	1.15	1.13	1.12	1.11	1.10	1.10
AES2	1.17	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
APR2	1.19	1.20	1.19	1.17	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.24
ASDO	1.18	1.21	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21
ACHN	1.15	1.15	1.14	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17	1.16	1.16
ALOR	1.18	1.18	1.21	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
APO1	1.11	1.10	1.09	1.08	1.07	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09
AMNT	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
EPNL	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21
AV11	1.15	1.16	1.15	1.14	1.14	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
AOTA	1.23	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24	1.24	1.24	1.25	1.24	1.23
AIB1	1.18	1.17	1.16	1.17	1.19	1.22	1.25	1.27	1.30	1.32	1.33
AIB2	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17	1.16	1.16	1.16	1.17
ALAT	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.21	1.21	1.22	1.22	1.21
APS4	1.14	1.15	1.17	1.18	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22
AAM2	1.16	1.18	1.20	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.29	1.29	1.28
ATUL	1.18	1.19	1.21	1.24	1.26	1.27	1.27	1.27	1.27	1.26	1.26
AGYE	1.13	1.11	1.11	1.13	1.15	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18
AGY1	1.20	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19
AGY2	1.19	1.17	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.14	1.14
AMIL	1.21	1.23	1.24	1.24	1.22	1.22	1.22	1.23	1.24	1.26	1.27
ALIB	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25
ACUE	1.18	1.19	1.21	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.23
ACH1	1.16	1.16	1.14	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
ALJ1	1.17	1.18	1.22	1.25	1.26	1.27	1.28	1.28	1.28	1.28	1.28

En la tabla 21 y 22 no se observa algún patrón en los factores \bar{F}_d bajo ninguno de los parámetros de clasificación. En adición, los porcentajes de amortiguamiento no parecen influenciar de alguna manera los resultados.

Las tablas 23 y 24 muestran los registros de México con su respectivo valor de \bar{F}_d para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla.

Tabla 23. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según su PGA (México).

\bar{F}_d											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.17	1.18	1.18	1.21	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21
RABO	1.12	1.10	1.10	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
XALA	1.21	1.20	1.19	1.18	1.16	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13
HMTT	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.11	1.09	1.08	1.07	1.07	1.06
PZPU	1.14	1.12	1.08	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
PBP2	1.13	1.13	1.12	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.14
ACAC	1.15	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19
PHPU	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05
RFPP	1.13	1.15	1.16	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17
SCT2	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18
THEZ	1.16	1.15	1.17	1.16	1.15	1.13	1.11	1.10	1.09	1.09	1.09
OZST	1.17	1.18	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22
SAPP	1.15	1.15	1.11	1.08	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.04
LANE	1.16	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.27	1.26	1.26
JAMI	1.13	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16
MIHL	1.19	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.18	1.19	1.19	1.19
OXBJ	1.15	1.16	1.17	1.19	1.21	1.22	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
SCCB	1.18	1.19	1.22	1.23	1.24	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25	1.26
TAMA	1.14	1.15	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17
OXLC	1.17	1.19	1.20	1.21	1.23	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.24
OXAL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27	1.28	1.29
SMLC	1.11	1.12	1.11	1.08	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
OXAE	1.11	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
OXPC	1.19	1.20	1.20	1.21	1.22	1.22	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25
OXCU	1.18	1.20	1.20	1.19	1.20	1.23	1.26	1.26	1.27	1.27	1.28
OXPM	1.16	1.18	1.20	1.21	1.23	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20
PANG	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12
OXTO	1.19	1.22	1.25	1.27	1.27	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24
HUAM	1.09	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
OXXO	1.15	1.15	1.13	1.12	1.12	1.11	1.11	1.10	1.10	1.11	1.11
OAXM	1.16	1.16	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.20	1.21	1.21
SCRU	1.11	1.10	1.09	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17
OXJM	1.12	1.13	1.11	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12

Tabla 24. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de desplazamientos para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

\bar{F}_d											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.11	1.10	1.09	1.09	1.11	1.12	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17
HUAM	1.09	1.09	1.11	1.12	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
OXJM	1.12	1.13	1.11	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12
SCCB	1.18	1.19	1.22	1.23	1.24	1.24	1.24	1.25	1.25	1.25	1.26
PANG	1.15	1.14	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.12	1.12
TAMA	1.14	1.15	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.20	1.19	1.18	1.17
SMLC	1.11	1.12	1.11	1.08	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
MIHL	1.19	1.20	1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.18	1.19	1.19	1.19
LANE	1.16	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24	1.26	1.27	1.27	1.26	1.26
OXAE	1.11	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
OXCU	1.18	1.20	1.20	1.19	1.20	1.23	1.26	1.26	1.27	1.27	1.28
OX XO	1.15	1.15	1.13	1.12	1.12	1.11	1.11	1.10	1.10	1.11	1.11
OXLC	1.17	1.19	1.20	1.21	1.23	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.24
OXPC	1.19	1.20	1.20	1.21	1.22	1.22	1.22	1.23	1.24	1.25	1.25
OXAL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.24	1.25	1.26	1.27	1.27	1.28	1.29
OXPM	1.16	1.18	1.20	1.21	1.23	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.20
OXBJ	1.15	1.16	1.17	1.19	1.21	1.22	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
OAXM	1.16	1.16	1.18	1.18	1.19	1.19	1.20	1.20	1.20	1.21	1.21
OXTO	1.19	1.22	1.25	1.27	1.27	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.24
JAMI	1.13	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16
CHFL	1.17	1.18	1.18	1.21	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21
THEZ	1.16	1.15	1.17	1.16	1.15	1.13	1.11	1.10	1.09	1.09	1.09
OZST	1.17	1.18	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.21	1.21	1.22	1.22
HMTT	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.11	1.09	1.08	1.07	1.07	1.06
XALA	1.21	1.20	1.19	1.18	1.16	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13
RABO	1.12	1.10	1.10	1.10	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
PHPU	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.05
RFPP	1.13	1.15	1.16	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.17
PBP2	1.13	1.13	1.12	1.11	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13	1.13	1.14
SAPP	1.15	1.15	1.11	1.08	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.04
PZPU	1.14	1.12	1.08	1.06	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
ACAC	1.15	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19
SCT2	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.18

De acuerdo con las tablas 23 y 24, el PGA y la distancia de la estación a la falla no modifican los valores de \bar{F}_d .

5.4. Valores de F máximos para la respuesta de aceleraciones absolutas ($F_{a\text{máx}}$)

Las tablas 25 y 26 muestran los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_{a\text{máx}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla, respectivamente.

Tabla 25. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).

EST.	$F_{a\text{máx}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.36	1.40	1.40	1.38	1.40	1.38	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
ALJ1	1.39	1.37	1.40	1.41	1.38	1.37	1.38	1.39	1.35	1.30	1.28
ATUL	1.39	1.37	1.35	1.37	1.38	1.35	1.36	1.37	1.37	1.36	1.35
AGYE	1.39	1.38	1.40	1.41	1.41	1.39	1.38	1.35	1.35	1.35	1.32
EPNL	1.38	1.38	1.34	1.33	1.34	1.36	1.36	1.38	1.39	1.39	1.38
ACH1	1.36	1.41	1.34	1.33	1.30	1.26	1.24	1.23	1.23	1.23	1.24
ALOR	1.40	1.40	1.39	1.41	1.40	1.40	1.41	1.41	1.41	1.40	1.41
AIB2	1.38	1.39	1.39	1.38	1.32	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.27
ALAT	1.37	1.36	1.35	1.38	1.36	1.35	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37
AAM2	1.35	1.39	1.39	1.36	1.37	1.39	1.40	1.37	1.36	1.35	1.33
ACUE	1.40	1.34	1.37	1.37	1.36	1.38	1.40	1.38	1.38	1.36	1.35
AV11	1.37	1.38	1.38	1.32	1.31	1.30	1.30	1.30	1.31	1.31	1.29
AOTA	1.38	1.39	1.39	1.37	1.39	1.37	1.33	1.30	1.28	1.27	1.25
ALIB	1.38	1.39	1.37	1.35	1.33	1.33	1.34	1.32	1.32	1.32	1.31
AMIL	1.38	1.39	1.39	1.37	1.37	1.38	1.36	1.36	1.38	1.37	1.37
AIB1	1.40	1.41	1.40	1.40	1.37	1.40	1.41	1.40	1.38	1.35	1.35
AGY1	1.39	1.40	1.39	1.37	1.29	1.25	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
AGY2	1.36	1.36	1.35	1.38	1.36	1.35	1.37	1.36	1.37	1.37	1.36
APR2	1.38	1.34	1.34	1.37	1.40	1.39	1.38	1.36	1.34	1.34	1.34
AES2	1.34	1.37	1.36	1.35	1.31	1.26	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
AV18	1.35	1.39	1.37	1.39	1.33	1.31	1.32	1.31	1.30	1.30	1.28
AV21	1.38	1.39	1.40	1.38	1.35	1.36	1.37	1.35	1.34	1.33	1.33
ASDO	1.37	1.38	1.38	1.30	1.24	1.27	1.25	1.22	1.20	1.17	1.16
AMA1	1.40	1.39	1.38	1.24	1.21	1.21	1.19	1.18	1.17	1.16	1.15
APO1	1.38	1.39	1.31	1.32	1.32	1.30	1.29	1.28	1.28	1.27	1.27
ACHN	1.40	1.37	1.37	1.33	1.29	1.33	1.31	1.26	1.23	1.25	1.25
AMNT	1.29	1.32	1.38	1.38	1.35	1.33	1.34	1.33	1.30	1.28	1.26
PDNS	1.34	1.35	1.29	1.30	1.31	1.31	1.30	1.29	1.29	1.28	1.28
APED	1.30	1.31	1.29	1.28	1.26	1.25	1.27	1.27	1.26	1.25	1.26

Tabla 26. Valores de $F_{a\text{m}\acute{a}x}$ correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados segun la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	$F_{a\text{m}\acute{a}x}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.34	1.35	1.29	1.30	1.31	1.31	1.30	1.29	1.29	1.28	1.28
APED	1.30	1.31	1.29	1.28	1.26	1.25	1.27	1.27	1.26	1.25	1.26
AV18	1.35	1.39	1.37	1.39	1.33	1.31	1.32	1.31	1.30	1.30	1.28
AV21	1.38	1.39	1.40	1.38	1.35	1.36	1.37	1.35	1.34	1.33	1.33
AMA1	1.40	1.39	1.38	1.24	1.21	1.21	1.19	1.18	1.17	1.16	1.15
AES2	1.34	1.37	1.36	1.35	1.31	1.26	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
APR2	1.38	1.34	1.34	1.37	1.40	1.39	1.38	1.36	1.34	1.34	1.34
ASDO	1.37	1.38	1.38	1.30	1.24	1.27	1.25	1.22	1.20	1.17	1.16
ACHN	1.40	1.37	1.37	1.33	1.29	1.33	1.31	1.26	1.23	1.25	1.25
ALOR	1.40	1.40	1.39	1.41	1.40	1.40	1.41	1.41	1.41	1.40	1.41
APO1	1.38	1.39	1.31	1.32	1.32	1.30	1.29	1.28	1.28	1.27	1.27
AMNT	1.29	1.32	1.38	1.38	1.35	1.33	1.34	1.33	1.30	1.28	1.26
EPNL	1.38	1.38	1.34	1.33	1.34	1.36	1.36	1.38	1.39	1.39	1.38
AV11	1.37	1.38	1.38	1.32	1.31	1.30	1.30	1.30	1.31	1.31	1.29
AOTA	1.38	1.39	1.39	1.37	1.39	1.37	1.33	1.30	1.28	1.27	1.25
AIB1	1.40	1.41	1.40	1.40	1.37	1.40	1.41	1.40	1.38	1.35	1.35
AIB2	1.38	1.39	1.39	1.38	1.32	1.27	1.27	1.26	1.26	1.26	1.27
ALAT	1.37	1.36	1.35	1.38	1.36	1.35	1.34	1.35	1.36	1.37	1.37
APS4	1.36	1.40	1.40	1.38	1.40	1.38	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37
AAM2	1.35	1.39	1.39	1.36	1.37	1.39	1.40	1.37	1.36	1.35	1.33
ATUL	1.39	1.37	1.35	1.37	1.38	1.35	1.36	1.37	1.37	1.36	1.35
AGYE	1.39	1.38	1.40	1.41	1.41	1.39	1.38	1.35	1.35	1.35	1.32
AGY1	1.39	1.40	1.39	1.37	1.29	1.25	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
AGY2	1.36	1.36	1.35	1.38	1.36	1.35	1.37	1.36	1.37	1.37	1.36
AMIL	1.38	1.39	1.39	1.37	1.37	1.38	1.36	1.36	1.38	1.37	1.37
ALIB	1.38	1.39	1.37	1.35	1.33	1.33	1.34	1.32	1.32	1.32	1.31
ACUE	1.40	1.34	1.37	1.37	1.36	1.38	1.40	1.38	1.38	1.36	1.35
ACH1	1.36	1.41	1.34	1.33	1.30	1.26	1.24	1.23	1.23	1.23	1.24
ALJ1	1.39	1.37	1.40	1.41	1.38	1.37	1.38	1.39	1.35	1.30	1.28

En el par de tablas anteriores (tablas 25 y 26), se puede observar que no existe una influencia clara del PGA o la distancia a la falla del registro en los resultados. No obstante el $F_{a\text{m}\acute{a}x}$ parece tender a disminuir conforme el porcentaje de amortiguamiento aumenta.

Las tablas 27 y 28 muestran los registros de México con su respectivo valor de $F_{a\text{m}\acute{a}x}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados segun el PGA y la distancia a la falla, respectivamente.

Tabla 27. Valores de F máximos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).

$F_{a\text{máx}}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.38	1.38	1.34	1.34	1.31	1.32	1.32	1.31	1.30	1.29	1.29
RABO	1.40	1.39	1.36	1.38	1.39	1.36	1.35	1.35	1.35	1.34	1.33
XALA	1.38	1.38	1.34	1.31	1.32	1.32	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32
HMTT	1.32	1.38	1.40	1.34	1.35	1.31	1.30	1.29	1.30	1.29	1.27
PZPU	1.37	1.35	1.20	1.24	1.25	1.24	1.25	1.26	1.25	1.24	1.22
PBP2	1.33	1.35	1.33	1.34	1.33	1.32	1.30	1.28	1.28	1.28	1.28
ACAC	1.35	1.35	1.35	1.40	1.37	1.34	1.31	1.32	1.33	1.33	1.33
PHPU	1.22	1.31	1.21	1.19	1.22	1.20	1.20	1.21	1.21	1.19	1.18
RFPP	1.37	1.38	1.40	1.39	1.40	1.39	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37
SCT2	1.33	1.33	1.30	1.28	1.28	1.28	1.24	1.22	1.22	1.23	1.23
THEZ	1.37	1.36	1.38	1.32	1.31	1.33	1.34	1.36	1.38	1.39	1.38
OZST	1.35	1.38	1.38	1.36	1.36	1.34	1.34	1.34	1.33	1.29	1.27
SAPP	1.39	1.37	1.37	1.28	1.20	1.17	1.18	1.18	1.15	1.11	1.08
LANE	1.34	1.39	1.39	1.39	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.38
JAMI	1.37	1.35	1.37	1.35	1.36	1.36	1.34	1.33	1.30	1.27	1.26
MIHL	1.40	1.38	1.38	1.37	1.38	1.40	1.40	1.41	1.40	1.40	1.40
OXBJ	1.28	1.35	1.33	1.31	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.27	1.28
SCCB	1.40	1.37	1.37	1.39	1.36	1.34	1.33	1.33	1.33	1.31	1.30
TAMA	1.33	1.35	1.35	1.33	1.36	1.33	1.31	1.31	1.32	1.33	1.34
OXLC	1.39	1.39	1.38	1.36	1.39	1.38	1.35	1.30	1.26	1.23	1.21
OXAL	1.39	1.38	1.37	1.34	1.36	1.38	1.37	1.36	1.36	1.36	1.38
SMLC	1.36	1.34	1.28	1.30	1.31	1.30	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29
OXAE	1.34	1.33	1.34	1.35	1.31	1.32	1.34	1.39	1.39	1.38	1.36
OXPC	1.39	1.38	1.38	1.39	1.39	1.39	1.40	1.39	1.38	1.35	1.33
OXCU	1.41	1.38	1.39	1.39	1.37	1.35	1.32	1.30	1.25	1.24	1.23
OXPM	1.35	1.35	1.37	1.33	1.30	1.29	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36
PANG	1.35	1.33	1.37	1.29	1.33	1.29	1.26	1.26	1.24	1.22	1.22
OXTO	1.40	1.39	1.39	1.37	1.36	1.30	1.26	1.25	1.24	1.24	1.24
HUAM	1.34	1.24	1.24	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.19	1.18	1.17
OX XO	1.31	1.30	1.34	1.35	1.35	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.33
OAXM	1.37	1.32	1.36	1.35	1.36	1.39	1.40	1.39	1.34	1.30	1.27
SCRU	1.39	1.36	1.36	1.38	1.41	1.40	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38
OXJM	1.30	1.37	1.32	1.32	1.28	1.32	1.34	1.37	1.38	1.38	1.37

Tabla 28. Valores de $F_{a\text{máx}}$ correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

$F_{a\text{máx}}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.39	1.36	1.36	1.38	1.41	1.40	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38
HUAM	1.34	1.24	1.24	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.19	1.18	1.17
OXJM	1.30	1.37	1.32	1.32	1.28	1.32	1.34	1.37	1.38	1.38	1.37
SCCB	1.40	1.37	1.37	1.39	1.36	1.34	1.33	1.33	1.33	1.31	1.30
PANG	1.35	1.33	1.37	1.29	1.33	1.29	1.26	1.26	1.24	1.22	1.22
TAMA	1.33	1.35	1.35	1.33	1.36	1.33	1.31	1.31	1.32	1.33	1.34
SMLC	1.36	1.34	1.28	1.30	1.31	1.30	1.30	1.30	1.30	1.29	1.29
MIHL	1.40	1.38	1.38	1.37	1.38	1.40	1.40	1.41	1.40	1.40	1.40
LANE	1.34	1.39	1.39	1.39	1.40	1.40	1.39	1.39	1.39	1.39	1.38
OXAE	1.34	1.33	1.34	1.35	1.31	1.32	1.34	1.39	1.39	1.38	1.36
OXCU	1.41	1.38	1.39	1.39	1.37	1.35	1.32	1.30	1.25	1.24	1.23
OX XO	1.31	1.30	1.34	1.35	1.35	1.34	1.34	1.34	1.34	1.34	1.33
OXLC	1.39	1.39	1.38	1.36	1.39	1.38	1.35	1.30	1.26	1.23	1.21
OXPC	1.39	1.38	1.38	1.39	1.39	1.39	1.40	1.39	1.38	1.35	1.33
OXAL	1.39	1.38	1.37	1.34	1.36	1.38	1.37	1.36	1.36	1.36	1.38
OXPM	1.35	1.35	1.37	1.33	1.30	1.29	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36
OXBJ	1.28	1.35	1.33	1.31	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.27	1.28
OAXM	1.37	1.32	1.36	1.35	1.36	1.39	1.40	1.39	1.34	1.30	1.27
OXTO	1.40	1.39	1.39	1.37	1.36	1.30	1.26	1.25	1.24	1.24	1.24
JAMI	1.37	1.35	1.37	1.35	1.36	1.36	1.34	1.33	1.30	1.27	1.26
CHFL	1.38	1.38	1.34	1.34	1.31	1.32	1.32	1.31	1.30	1.29	1.29
THEZ	1.37	1.36	1.38	1.32	1.31	1.33	1.34	1.36	1.38	1.39	1.38
OZST	1.35	1.38	1.38	1.36	1.36	1.34	1.34	1.34	1.33	1.29	1.27
HMTT	1.32	1.38	1.40	1.34	1.35	1.31	1.30	1.29	1.30	1.29	1.27
XALA	1.38	1.38	1.34	1.31	1.32	1.32	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32
RABO	1.40	1.39	1.36	1.38	1.39	1.36	1.35	1.35	1.35	1.34	1.33
PHPU	1.22	1.31	1.21	1.19	1.22	1.20	1.20	1.21	1.21	1.19	1.18
RFPP	1.37	1.38	1.40	1.39	1.40	1.39	1.39	1.39	1.38	1.37	1.37
PBP2	1.33	1.35	1.33	1.34	1.33	1.32	1.30	1.28	1.28	1.28	1.28
SAPP	1.39	1.37	1.37	1.28	1.20	1.17	1.18	1.18	1.15	1.11	1.08
PZPU	1.37	1.35	1.20	1.24	1.25	1.24	1.25	1.26	1.25	1.24	1.22
ACAC	1.35	1.35	1.35	1.40	1.37	1.34	1.31	1.32	1.33	1.33	1.33
SCT2	1.33	1.33	1.30	1.28	1.28	1.28	1.24	1.22	1.22	1.23	1.23

En las tablas 27 y 28 tampoco se observa una relación entre los parámetros de clasificación y los valores de $F_{a\text{máx}}$. Al igual que en los registros de Ecuador, conforme aumenta el amortiguamiento, $F_{a\text{máx}}$ disminuye.

5.5. Valores de F mínimos para la respuesta de aceleraciones absolutas

($F_{a\text{mín}}$)

Las tablas 29 y 30 muestran los registros de Ecuador con su respectivo valor de $F_{a\text{mín}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla, respectivamente.

Tabla 29. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).

EST.	$F_{a\text{mín}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	1.11	1.13	1.15	1.17	1.20
ALJ1	1.00	1.00	1.07	1.10	1.11	1.13	1.16	1.18	1.19	1.21	1.21
ATUL	1.05	1.05	1.10	1.15	1.13	1.12	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14
AGYE	1.00	1.00	1.01	1.01	1.03	1.04	1.08	1.12	1.13	1.14	1.14
EPNL	1.00	1.00	1.06	1.08	1.08	1.09	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
ACH1	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08
ALOR	1.01	1.01	1.07	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13
AIB2	1.01	1.04	1.03	1.02	1.07	1.11	1.14	1.16	1.17	1.17	1.17
ALAT	1.02	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12	1.17	1.16	1.15	1.14	1.13
AAM2	1.00	1.00	1.05	1.04	1.06	1.09	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15
ACUE	1.00	1.01	1.03	1.06	1.08	1.09	1.10	1.09	1.09	1.08	1.09
AV11	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	1.05	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08
AOTA	1.02	1.08	1.09	1.09	1.13	1.10	1.08	1.07	1.07	1.06	1.07
ALIB	1.04	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15
AMIL	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.06	1.09	1.15	1.20	1.24	1.24
AIB1	1.03	1.02	1.03	1.08	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21
AGY1	1.04	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05	1.07	1.05	1.06	1.07	1.08
AGY2	1.02	1.02	1.02	1.03	1.04	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12
APR2	1.03	1.09	1.01	1.05	1.10	1.13	1.17	1.18	1.19	1.21	1.20
AES2	1.00	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
AV18	1.01	1.03	1.02	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.09	1.10	1.11
AV21	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.04	1.04	1.03	1.02
ASDO	1.05	1.07	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09
AMA1	1.01	1.04	1.06	1.06	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05
APO1	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.02	1.01	1.00
ACHN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.10	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14
AMNT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.06	1.11	1.15	1.16
PDNS	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.04	1.06	1.09	1.09	1.08	1.08
APED	1.00	1.00	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09	1.10	1.10

Tabla 30. Valores de $F_{a\text{mín}}$ correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	$F_{a\text{mín}}$										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.00	1.00	1.01	1.02	1.02	1.04	1.06	1.09	1.09	1.08	1.08
APED	1.00	1.00	1.06	1.07	1.08	1.08	1.09	1.09	1.09	1.10	1.10
AV18	1.01	1.03	1.02	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.09	1.10	1.11
AV21	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.04	1.04	1.03	1.02
AMA1	1.01	1.04	1.06	1.06	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.05	1.05
AES2	1.00	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
APR2	1.03	1.09	1.01	1.05	1.10	1.13	1.17	1.18	1.19	1.21	1.20
ASDO	1.05	1.07	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09
ACHN	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02	1.10	1.13	1.13	1.13	1.14	1.14
ALOR	1.01	1.01	1.07	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13	1.13
APO1	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.02	1.01	1.00
AMNT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.06	1.11	1.15	1.16
EPNL	1.00	1.00	1.06	1.08	1.08	1.09	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18
AV11	1.01	1.00	1.00	1.01	1.02	1.05	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08
AOTA	1.02	1.08	1.09	1.09	1.13	1.10	1.08	1.07	1.07	1.06	1.07
AIB1	1.03	1.02	1.03	1.08	1.11	1.14	1.16	1.18	1.20	1.21	1.21
AIB2	1.01	1.04	1.03	1.02	1.07	1.11	1.14	1.16	1.17	1.17	1.17
ALAT	1.02	1.01	1.03	1.06	1.09	1.12	1.17	1.16	1.15	1.14	1.13
APS4	1.01	1.02	1.03	1.04	1.06	1.07	1.11	1.13	1.15	1.17	1.20
AAM2	1.00	1.00	1.05	1.04	1.06	1.09	1.12	1.14	1.15	1.15	1.15
ATUL	1.05	1.05	1.10	1.15	1.13	1.12	1.11	1.12	1.12	1.13	1.14
AGYE	1.00	1.00	1.01	1.01	1.03	1.04	1.08	1.12	1.13	1.14	1.14
AGY1	1.04	1.00	1.00	1.00	1.01	1.05	1.07	1.05	1.06	1.07	1.08
AGY2	1.02	1.02	1.02	1.03	1.04	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12
AMIL	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.06	1.09	1.15	1.20	1.24	1.24
ALIB	1.04	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.09	1.11	1.13	1.14	1.15
ACUE	1.00	1.01	1.03	1.06	1.08	1.09	1.10	1.09	1.09	1.08	1.09
ACH1	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03	1.04	1.05	1.05	1.06	1.07	1.08
ALJ1	1.00	1.00	1.07	1.10	1.11	1.13	1.16	1.18	1.19	1.21	1.21

Como se puede observar en el las tablas 29 y 30, el PGA del registro y la distancia de la estación a la falla no influye en los resultados. Sin embargo, los valores de $F_{a\text{mín}}$ tienden a aumentar para amortiguamientos mayores.

Las tablas 31 y 32 muestran los registros de México con su respectivo valor de $F_{a\text{mín}}$ para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA y la distancia a la falla, respectivamente.

Tabla 31. Valores de F mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).

$F_{a\text{mín}}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10	1.11
RABO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.04	1.09	1.13	1.14	1.15
XALA	1.05	1.04	1.07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01
HMTT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PZPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00
PBP2	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08
ACAC	1.00	1.00	1.03	1.08	1.06	1.05	1.05	1.06	1.08	1.08	1.08
PHPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
RFPP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07
SCT2	1.05	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15
THEZ	1.03	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
OZST	1.04	1.04	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
SAPP	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
LANE	1.01	1.02	1.05	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
JAMI	1.01	1.00	1.03	1.05	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.08	1.09
MIHL	1.03	1.05	1.08	1.09	1.07	1.05	1.03	1.03	1.05	1.06	1.08
OXBJ	1.00	1.00	1.01	1.03	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03
SCCB	1.01	1.03	1.07	1.08	1.11	1.11	1.11	1.12	1.14	1.14	1.15
TAMA	1.00	1.02	1.04	1.09	1.13	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13
OXLC	1.00	1.05	1.05	1.11	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11
OXAL	1.05	1.04	1.06	1.10	1.09	1.11	1.09	1.05	1.03	1.03	1.03
SMLC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03
OXAE	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.03	1.06	1.09	1.13	1.13	1.12
OXPC	1.01	1.06	1.05	1.05	1.01	1.05	1.12	1.18	1.21	1.21	1.20
OXCU	1.00	1.00	1.03	1.07	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13
OXPM	1.03	1.02	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06
PANG	1.01	1.00	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.09	1.09
OXTO	1.00	1.00	1.00	1.03	1.07	1.12	1.14	1.12	1.10	1.09	1.10
HUAM	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01
OXXO	1.00	1.01	1.02	1.03	1.07	1.06	1.05	1.05	1.05	1.06	1.07
OAXM	1.00	1.03	1.03	1.04	1.05	1.08	1.08	1.08	1.08	1.09	1.09
SCRU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.04
OXJM	1.02	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.05	1.08	1.08

Tabla 32. Valores de $F_{a\text{mín}}$ mínimos correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

$F_{a\text{mín}}$											
EST.	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.04
HUAM	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01
OXJM	1.02	1.00	1.01	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.05	1.08	1.08
SCCB	1.01	1.03	1.07	1.08	1.11	1.11	1.11	1.12	1.14	1.14	1.15
PANG	1.01	1.00	1.00	1.02	1.04	1.06	1.07	1.09	1.10	1.09	1.09
TAMA	1.00	1.02	1.04	1.09	1.13	1.14	1.14	1.14	1.13	1.13	1.13
SMLC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.03
MIHL	1.03	1.05	1.08	1.09	1.07	1.05	1.03	1.03	1.05	1.06	1.08
LANE	1.01	1.02	1.05	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15
OXAE	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.03	1.06	1.09	1.13	1.13	1.12
OXCU	1.00	1.00	1.03	1.07	1.11	1.11	1.12	1.12	1.12	1.12	1.13
OX XO	1.00	1.01	1.02	1.03	1.07	1.06	1.05	1.05	1.05	1.06	1.07
OXLC	1.00	1.05	1.05	1.11	1.11	1.11	1.10	1.11	1.11	1.11	1.11
OXPC	1.01	1.06	1.05	1.05	1.01	1.05	1.12	1.18	1.21	1.21	1.20
OXAL	1.05	1.04	1.06	1.10	1.09	1.11	1.09	1.05	1.03	1.03	1.03
OXPM	1.03	1.02	1.06	1.05	1.05	1.04	1.04	1.05	1.05	1.06	1.06
OXBJ	1.00	1.00	1.01	1.03	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.03
OAXM	1.00	1.03	1.03	1.04	1.05	1.08	1.08	1.08	1.08	1.09	1.09
OXTO	1.00	1.00	1.00	1.03	1.07	1.12	1.14	1.12	1.10	1.09	1.10
JAMI	1.01	1.00	1.03	1.05	1.02	1.02	1.04	1.06	1.08	1.08	1.09
CHFL	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.03	1.05	1.07	1.09	1.10	1.11
THEZ	1.03	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
OZST	1.04	1.04	1.01	1.01	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02	1.02
HMTT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
XALA	1.05	1.04	1.07	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01
RABO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.02	1.04	1.09	1.13	1.14	1.15
PHPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
RFPP	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.02	1.03	1.05	1.07
PBP2	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.02	1.04	1.06	1.07	1.08
SAPP	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
PZPU	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00
ACAC	1.00	1.00	1.03	1.08	1.06	1.05	1.05	1.06	1.08	1.08	1.08
SCT2	1.05	1.05	1.07	1.10	1.11	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.15

De las tablas 31 y 32 se obtiene que los valores de $F_{a\text{mín}}$ no están relacionados con los parámetros de clasificación. AL igual que en el caso de Ecuador, los $F_{a\text{mín}}$ aumentan conforme el porcentaje de amortiguamiento crece.

5.6. Valores de F promedio para la respuesta de aceleraciones absolutas (\bar{F}_a)

En la tabla 33 se muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de \bar{F}_a para cada amortiguamiento dado. Los registros están clasificados según su PGA.

Tabla 33. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (Ecuador).

EST.	\bar{F}_a										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
APS4	1.14	1.15	1.17	1.19	1.20	1.23	1.24	1.26	1.27	1.27	1.26
ALJ1	1.17	1.18	1.23	1.25	1.27	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25
ATUL	1.18	1.20	1.21	1.25	1.27	1.26	1.25	1.23	1.22	1.21	1.21
AGYE	1.14	1.12	1.12	1.14	1.16	1.17	1.19	1.22	1.22	1.22	1.22
EPNL	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24
ACH1	1.16	1.16	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.16	1.15
ALOR	1.18	1.19	1.22	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25	1.26	1.27
AIB2	1.15	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.21	1.22
ALAT	1.16	1.16	1.17	1.18	1.20	1.22	1.23	1.24	1.23	1.21	1.21
AAM2	1.16	1.19	1.20	1.21	1.24	1.26	1.27	1.27	1.28	1.28	1.27
ACUE	1.18	1.19	1.21	1.21	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.24	1.26
AV11	1.15	1.16	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.18	1.19	1.18	1.17
AOTA	1.23	1.25	1.25	1.24	1.23	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12
ALIB	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.23
AMIL	1.21	1.23	1.24	1.24	1.22	1.22	1.24	1.26	1.30	1.32	1.33
AIB1	1.18	1.17	1.17	1.20	1.26	1.28	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27
AGY1	1.20	1.22	1.22	1.21	1.17	1.14	1.12	1.11	1.11	1.11	1.12
AGY2	1.19	1.17	1.13	1.13	1.14	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.21
APR2	1.19	1.20	1.19	1.18	1.20	1.22	1.25	1.27	1.27	1.26	1.24
AES2	1.17	1.16	1.16	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19
AV18	1.18	1.21	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.21
AV21	1.19	1.19	1.21	1.21	1.20	1.18	1.17	1.16	1.16	1.15	1.16
ASDO	1.18	1.22	1.24	1.20	1.18	1.17	1.16	1.15	1.14	1.14	1.13
AMA1	1.19	1.21	1.23	1.16	1.12	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09	1.10
APO1	1.11	1.10	1.09	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11	1.10
ACHN	1.15	1.15	1.14	1.15	1.16	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
AMNT	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.13	1.16	1.18	1.19
PDNS	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16
APED	1.12	1.13	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.20	1.20	1.20	1.20

De acuerdo con la tabla 33, las mayores diferencias entre los métodos se parecen darse a valores de porcentaje de amortiguamiento mayores en

registros con PGA menores. Se puede notar, también, que la tendencia de los valores \bar{F}_a es de aumentar a mayor porcentaje de amortiguamiento.

En la tabla 34 se muestra los registros de Ecuador con su respectivo valor de \bar{F}_a para cada amortiguamiento. Los registros están clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 34. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (Ecuador).

EST.	\bar{F}_a										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
PDNS	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16
APED	1.12	1.13	1.15	1.16	1.16	1.17	1.18	1.20	1.20	1.20	1.20
AV18	1.18	1.21	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	1.22	1.22	1.22	1.21
AV21	1.19	1.19	1.21	1.21	1.20	1.18	1.17	1.16	1.16	1.15	1.16
AMA1	1.19	1.21	1.23	1.16	1.12	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09	1.10
AES2	1.17	1.16	1.16	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.19
APR2	1.19	1.20	1.19	1.18	1.20	1.22	1.25	1.27	1.27	1.26	1.24
ASDO	1.18	1.22	1.24	1.20	1.18	1.17	1.16	1.15	1.14	1.14	1.13
ACHN	1.15	1.15	1.14	1.15	1.16	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19
ALOR	1.18	1.19	1.22	1.23	1.23	1.23	1.24	1.24	1.25	1.26	1.27
APO1	1.11	1.10	1.09	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.11	1.11	1.10
AMNT	1.06	1.06	1.08	1.08	1.09	1.09	1.10	1.13	1.16	1.18	1.19
EPNL	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18	1.19	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24
AV11	1.15	1.16	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.18	1.19	1.18	1.17
AOTA	1.23	1.25	1.25	1.24	1.23	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12
AIB1	1.18	1.17	1.17	1.20	1.26	1.28	1.28	1.28	1.27	1.27	1.27
AIB2	1.15	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.20	1.21	1.21	1.22
ALAT	1.16	1.16	1.17	1.18	1.20	1.22	1.23	1.24	1.23	1.21	1.21
APS4	1.14	1.15	1.17	1.19	1.20	1.23	1.24	1.26	1.27	1.27	1.26
AAM2	1.16	1.19	1.20	1.21	1.24	1.26	1.27	1.27	1.28	1.28	1.27
ATUL	1.18	1.20	1.21	1.25	1.27	1.26	1.25	1.23	1.22	1.21	1.21
AGYE	1.14	1.12	1.12	1.14	1.16	1.17	1.19	1.22	1.22	1.22	1.22
AGY1	1.20	1.22	1.22	1.21	1.17	1.14	1.12	1.11	1.11	1.11	1.12
AGY2	1.19	1.17	1.13	1.13	1.14	1.15	1.17	1.19	1.20	1.21	1.21
AMIL	1.21	1.23	1.24	1.24	1.22	1.22	1.24	1.26	1.30	1.32	1.33
ALIB	1.21	1.22	1.22	1.23	1.23	1.24	1.25	1.25	1.25	1.25	1.23
ACUE	1.18	1.19	1.21	1.21	1.21	1.21	1.22	1.22	1.23	1.24	1.26
ACH1	1.16	1.16	1.14	1.15	1.16	1.16	1.17	1.17	1.17	1.16	1.15
ALJ1	1.17	1.18	1.23	1.25	1.27	1.28	1.28	1.27	1.26	1.25	1.25

Para los registros de Ecuador, clasificados según la distancia a la falla, no se observa un patrón evidente, es decir, la distancia no parece ser de influencia para los valores de \bar{F}_a .

La tabla 35 muestra los registros de México con su respectivo valor de \bar{F}_a para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según el PGA.

Tabla 35. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según el PGA (México).

EST.	\bar{F}_a										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
CHFL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
RABO	1.12	1.11	1.10	1.11	1.13	1.15	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24
XALA	1.21	1.20	1.19	1.17	1.15	1.14	1.14	1.14	1.12	1.12	1.12
HMTT	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	1.06
PZPU	1.14	1.12	1.08	1.06	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09
PBP2	1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17
ACAC	1.15	1.18	1.19	1.18	1.17	1.17	1.17	1.17	1.16	1.15	1.15
PHPU	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07	1.08
RFPP	1.14	1.15	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.21	1.23	1.24
SCT2	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18
THEZ	1.16	1.15	1.17	1.16	1.15	1.13	1.11	1.10	1.10	1.11	1.11
OZST	1.17	1.18	1.21	1.21	1.21	1.22	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21
SAPP	1.15	1.14	1.11	1.09	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09	1.07	1.06
LANE	1.16	1.17	1.20	1.22	1.25	1.26	1.27	1.27	1.27	1.27	1.25
JAMI	1.13	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.11
MIHL	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.21	1.21	1.21	1.22
OXBJ	1.15	1.16	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.21
SCCB	1.18	1.19	1.22	1.24	1.24	1.23	1.23	1.21	1.21	1.22	1.23
TAMA	1.14	1.16	1.18	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21
OXLC	1.17	1.18	1.21	1.23	1.24	1.22	1.20	1.19	1.18	1.18	1.17
OXAL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.23	1.23	1.21	1.19	1.17	1.17	1.17
SMLC	1.11	1.12	1.10	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15
OXAE	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.21	1.24	1.27	1.28	1.28	1.27
OXPC	1.19	1.20	1.19	1.19	1.17	1.18	1.20	1.24	1.27	1.29	1.31
OXCU	1.18	1.20	1.20	1.22	1.22	1.23	1.22	1.22	1.20	1.19	1.18
OXPM	1.16	1.17	1.19	1.19	1.18	1.16	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18
PANG	1.15	1.14	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.18	1.17
OXT0	1.19	1.23	1.27	1.25	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.19
HUAM	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.14	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11
OXXO	1.15	1.16	1.13	1.14	1.15	1.17	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17
OAXM	1.16	1.16	1.17	1.16	1.19	1.24	1.25	1.25	1.25	1.24	1.23
SCRU	1.11	1.11	1.09	1.10	1.11	1.13	1.15	1.18	1.20	1.22	1.24
OXJM	1.12	1.13	1.12	1.13	1.13	1.14	1.16	1.17	1.18	1.18	1.18

Los valores de \bar{F}_a más altos se obtienen para amortiguamientos mayores, cualquiera que sea su PGA.

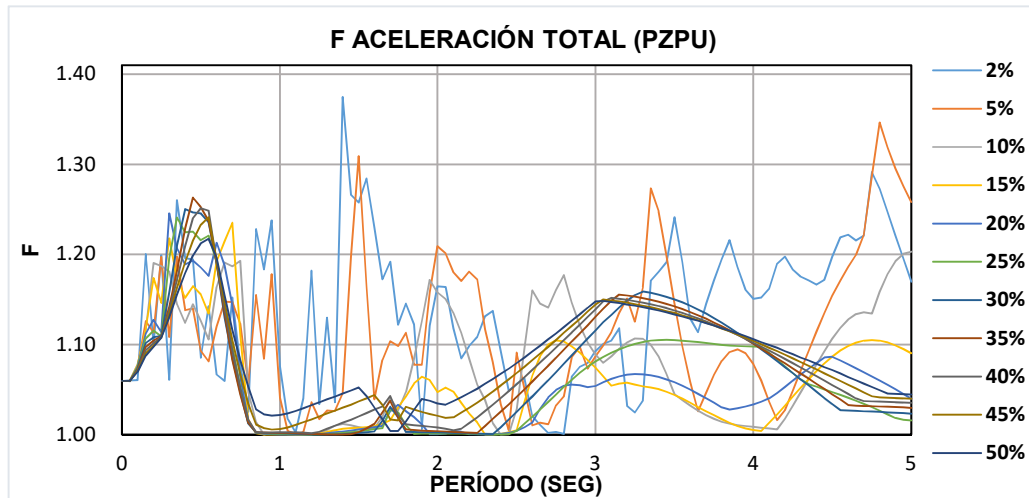
La tabla 36 muestra los registros de México con su respectivo valor de \bar{F}_a para cada amortiguamiento estudiado. Los registros están clasificados según la distancia a la falla.

Tabla 36. Valores de F promedio correspondientes a la respuesta de aceleraciones para distintos porcentajes de amortiguamiento, clasificados según la distancia a la falla (México).

EST.	\bar{F}_a										
	2%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
SCRU	1.11	1.11	1.09	1.10	1.11	1.13	1.15	1.18	1.20	1.22	1.24
HUAM	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.14	1.13	1.12	1.11	1.11	1.11
OXJM	1.12	1.13	1.12	1.13	1.13	1.14	1.16	1.17	1.18	1.18	1.18
SCCB	1.18	1.19	1.22	1.24	1.24	1.23	1.23	1.21	1.21	1.22	1.23
PANG	1.15	1.14	1.14	1.14	1.15	1.16	1.17	1.18	1.19	1.18	1.17
TAMA	1.14	1.16	1.18	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.20	1.21
SMLC	1.11	1.12	1.10	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15
MIHL	1.19	1.20	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.21	1.21	1.21	1.22
LANE	1.16	1.17	1.20	1.22	1.25	1.26	1.27	1.27	1.27	1.27	1.25
OXAE	1.11	1.13	1.15	1.17	1.18	1.21	1.24	1.27	1.28	1.28	1.27
OXCUC	1.18	1.20	1.20	1.22	1.22	1.23	1.22	1.22	1.20	1.19	1.18
OXOX	1.15	1.16	1.13	1.14	1.15	1.17	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17
OXLC	1.17	1.18	1.21	1.23	1.24	1.22	1.20	1.19	1.18	1.18	1.17
OXPC	1.19	1.20	1.19	1.19	1.17	1.18	1.20	1.24	1.27	1.29	1.31
OXAL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.23	1.23	1.21	1.19	1.17	1.17	1.17
OXPM	1.16	1.17	1.19	1.19	1.18	1.16	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18
OXBJ	1.15	1.16	1.18	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.21
OAXM	1.16	1.16	1.17	1.16	1.19	1.24	1.25	1.25	1.25	1.24	1.23
OXTO	1.19	1.23	1.27	1.25	1.24	1.23	1.22	1.21	1.20	1.19	1.19
JAMI	1.13	1.12	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.11
CHFL	1.17	1.18	1.19	1.22	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24	1.24
THEZ	1.16	1.15	1.17	1.16	1.15	1.13	1.11	1.10	1.10	1.11	1.11
OZST	1.17	1.18	1.21	1.21	1.21	1.22	1.23	1.23	1.22	1.22	1.21
HMTT	1.14	1.14	1.14	1.14	1.12	1.10	1.09	1.08	1.07	1.06	1.06
XALA	1.21	1.20	1.19	1.17	1.15	1.14	1.14	1.14	1.12	1.12	1.12
RABO	1.12	1.11	1.10	1.11	1.13	1.15	1.16	1.19	1.21	1.23	1.24
PHPU	1.08	1.08	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.07	1.07	1.07	1.08
RFPP	1.14	1.15	1.16	1.16	1.16	1.17	1.18	1.19	1.21	1.23	1.24
PBP2	1.13	1.13	1.12	1.12	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.17	1.17
SAPP	1.15	1.14	1.11	1.09	1.07	1.08	1.09	1.09	1.09	1.07	1.06
PZPU	1.14	1.12	1.08	1.06	1.05	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.09
ACAC	1.15	1.18	1.19	1.18	1.17	1.17	1.17	1.17	1.16	1.15	1.15
SCT2	1.16	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.18	1.18

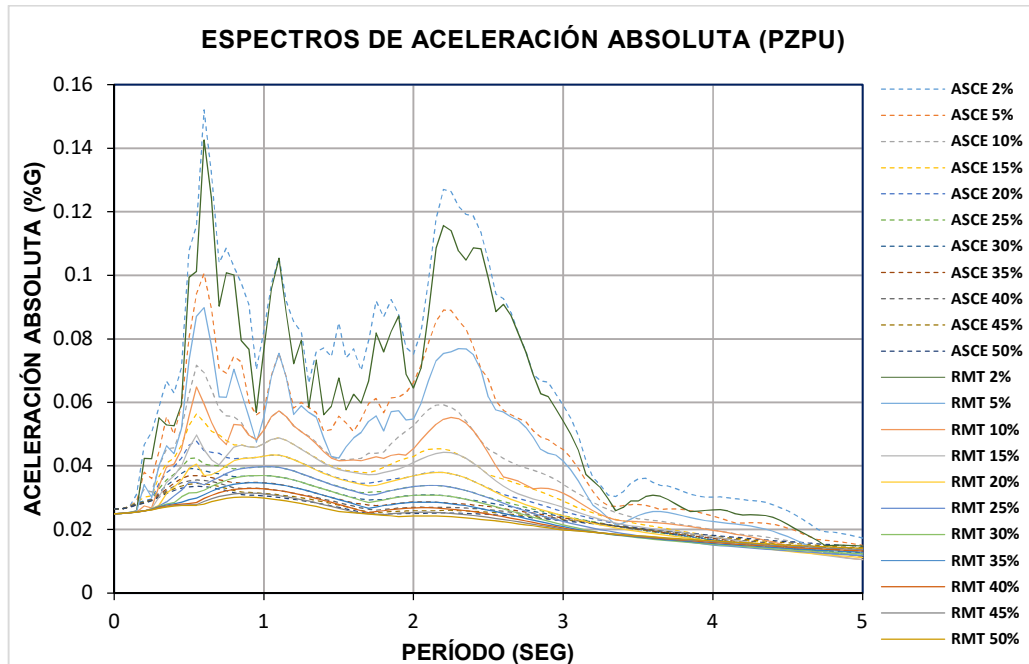
Los valores de \bar{F}_a más altos se obtienen para amortiguamientos mayores, indiferentemente de la distancia del registro a la falla.

Como se mencionó previamente, a mayor amortiguamiento el rango de variación de valores F es menor. Esto puede observarse en las gráficas de valores F correspondientes a los espectros de desplazamientos o aceleraciones. Como ejemplo se muestra la gráfica de F_a de la estación PZPU de México.



Gráfica 5. Factores F correspondientes a los espectros de aceleraciones totales del registro de la estación PZPU.

En la gráfica 5 se puede notar que la variación de los valores de F_a es menor para amortiguamientos altos (20% - 50%). De la gráfica 6, correspondiente a los espectros de aceleraciones absolutas de la estación PZPU, se puede observar que la respuesta de aceleraciones para amortiguamientos altos son similares. Cuando el amortiguamiento es alto, las respuestas máximas de aceleraciones esperadas son menores y el espectro comienza a tomar una forma más uniforme. En ese momento, las magnitudes de aceleraciones para cada período empiezan a variar en menor rango, es decir que la forma de la respuesta de aceleraciones se torna similar. Como la forma de la respuesta nos da la idea de la diferencia entre los métodos SRSS y RMT, se deduce que, al tener formas similares, el factor F_a es también similar.

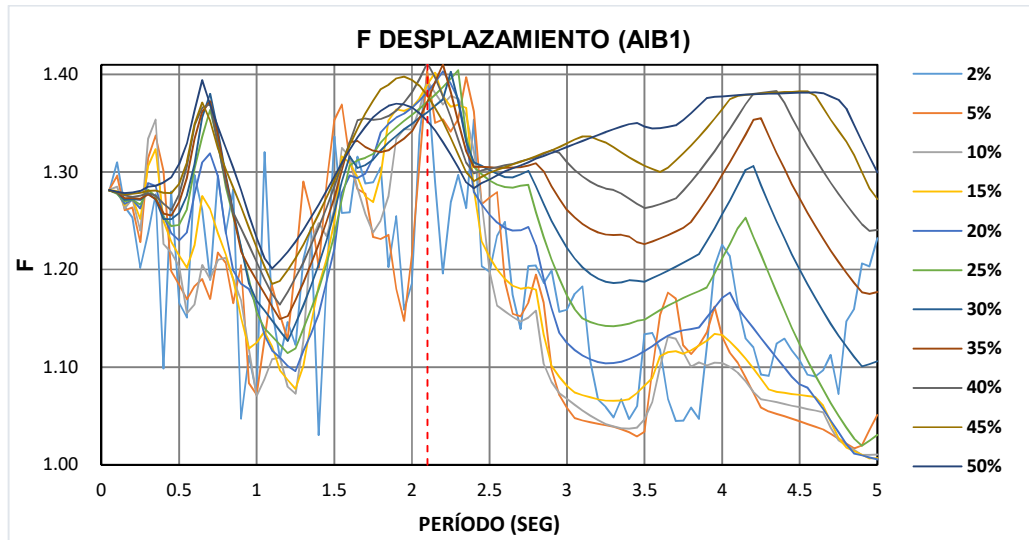


Gráfica 6. Espectros de respuesta de aceleración absoluta para el registro de la estación PZPU.

5.7. Influencia de la forma de la respuesta en los valores de F_d para distintos porcentajes de amortiguamiento

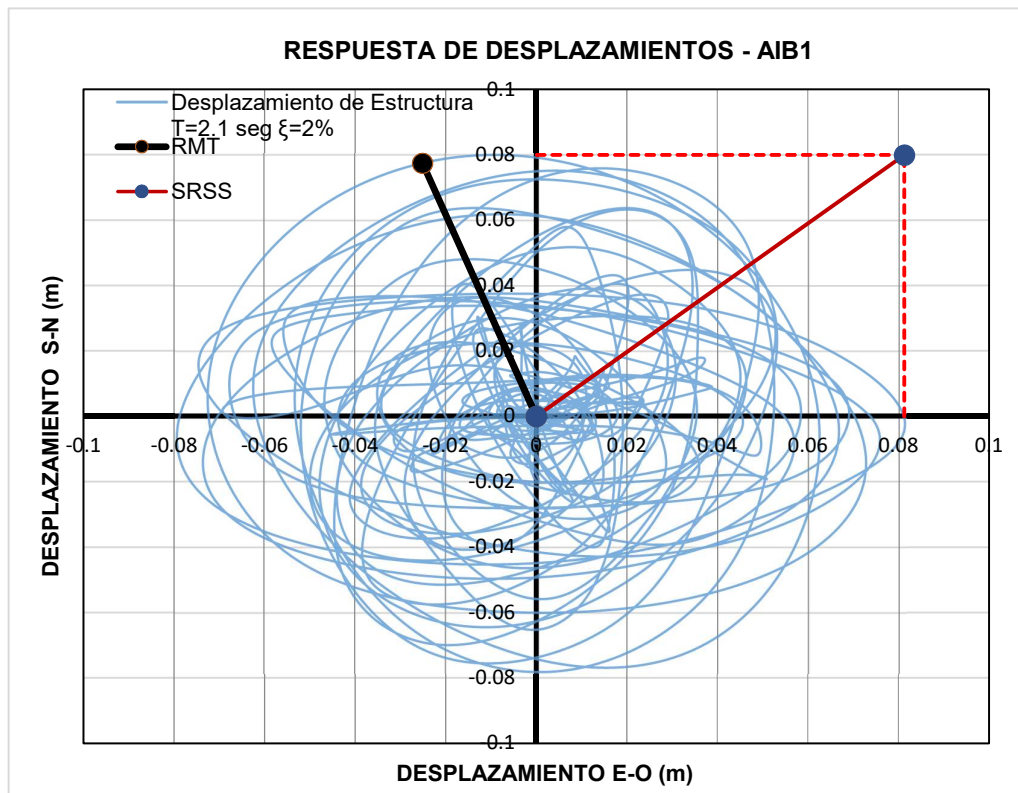
En esta sección se estudia de manera más detallada la respuesta de desplazamientos en casos en donde los factores de F_d presentan ciertas particularidades como:

- a) F_d se mantiene similar para una estructura de un período T determinado con distintos amortiguamientos.
- b) F_d crece a medida que el porcentaje de amortiguamiento aumenta para una estructura de un período T determinado.
- c) F_d decrece a medida que el porcentaje de amortiguamiento aumenta para una estructura de un período T determinado.
- d) F_d varía sin importar el porcentaje de amortiguamiento para una estructura de un período T determinado.

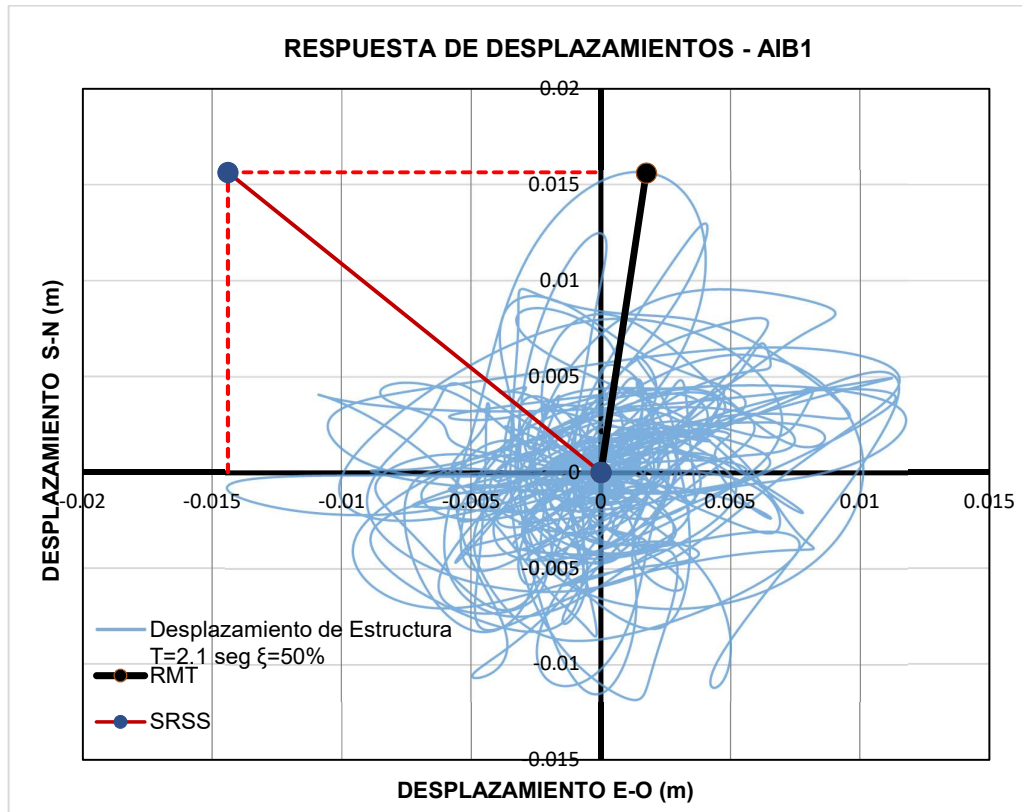


Gráfica 7. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación AIB1.

En el gráfico 7 se puede notar que para un período de $T=2.10$ seg, los valores de F_d son altos para todos los amortiguamientos analizados. Por esta razón se decidió estudiar la respuesta de desplazamientos para los porcentajes de amortiguamientos de 2%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% (ver anexos 3).



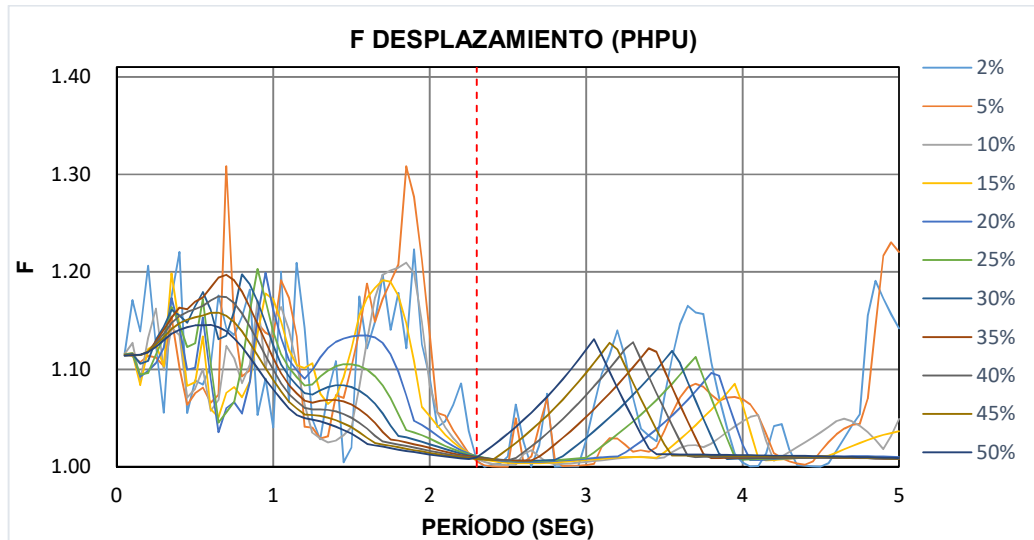
Gráfica 8. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.10$ seg y $\xi=2\%$. Estación AIB1.



Gráfica 9. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.10$ seg y $\xi= 50\%$. Estación AIB1.

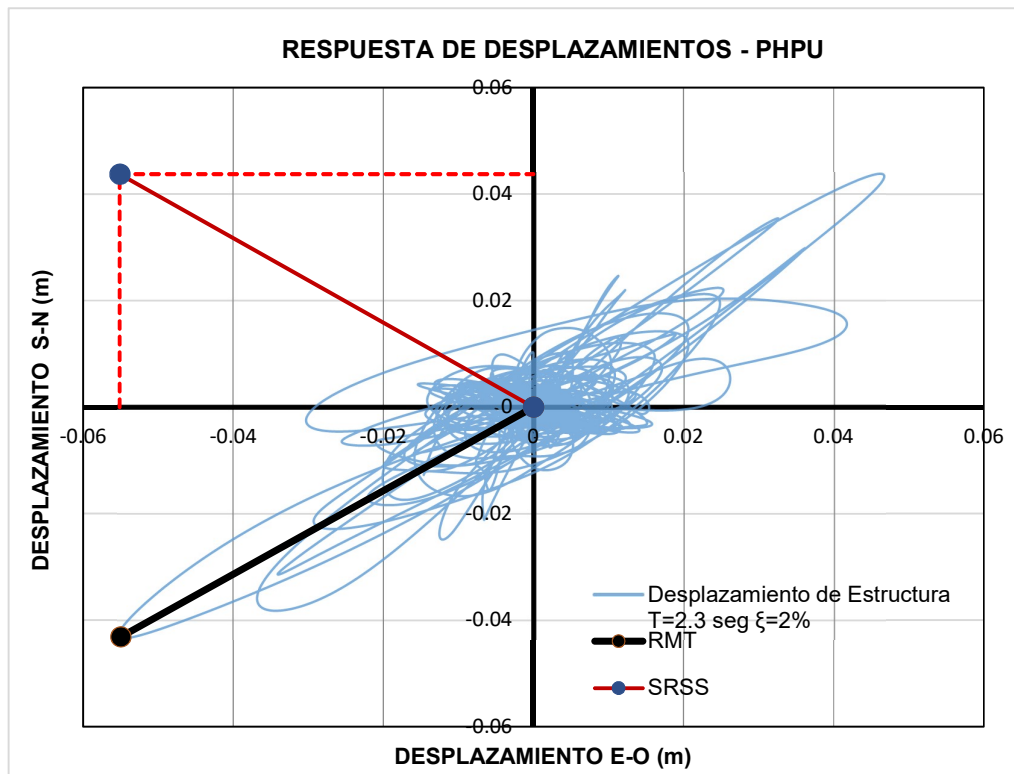
Como se puede notar en la gráfica 8, la respuesta tiene forma circular lo que resulta en que los valores máximos de desplazamiento de cada componente (N-S y E-O) no se produzcan simultáneamente y el F_d sea mayor. En la gráfica 9 se observa que la forma de la respuesta se mantiene, y por ende el F_d se mantiene alto. Además, como es de esperarse, a medida que el porcentaje de amortiguamiento aumenta, las magnitudes de los desplazamientos en el tiempo van decreciendo (notar que las escalas de las gráficas mencionadas son diferentes).

En contraste, se tiene los factores F_d del registro de la estación PHPU, en donde para un período T de 2.30 seg, todos estos son aproximadamente 1 (gráfica 10).

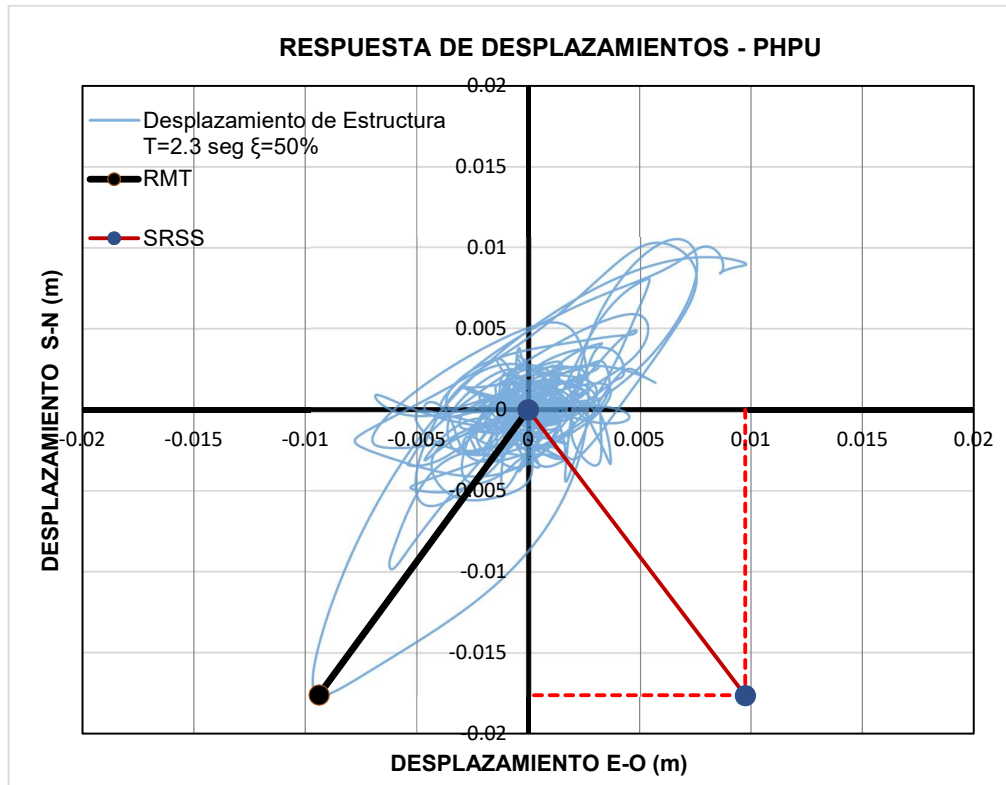


Gráfica 10. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación PHPU.

Al igual que en el caso anterior, se analizan las respuestas de desplazamientos de varios porcentajes de amortiguamiento. Las gráficas correspondientes se encuentran en los anexos 3. En esta sección solo se muestran dos ejemplos (por fines demostrativos).



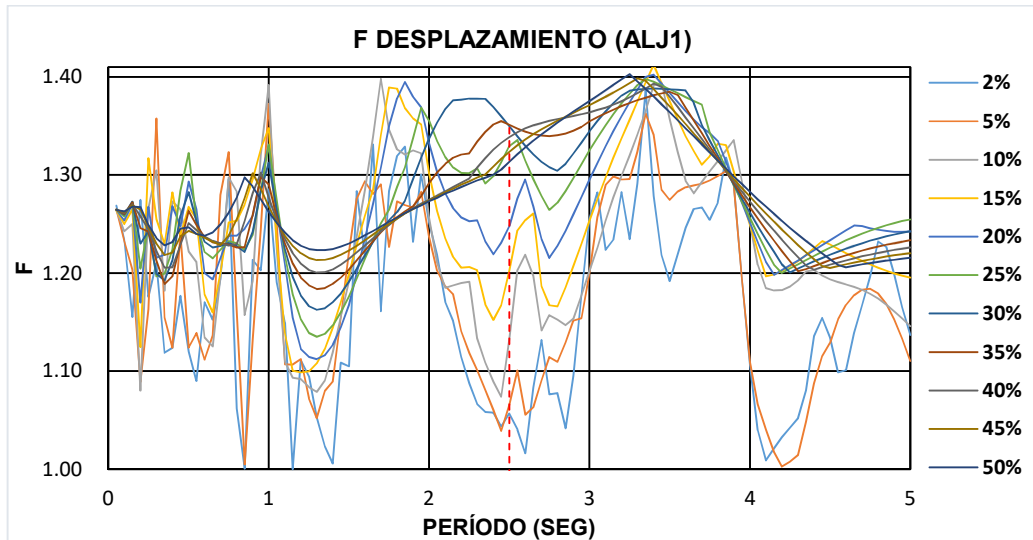
Gráfica 11. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.30$ seg y $\xi=5\%$. Estación AIB1.



Gráfica 12. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.30$ seg y $\xi=50\%$. Estación PHPU.

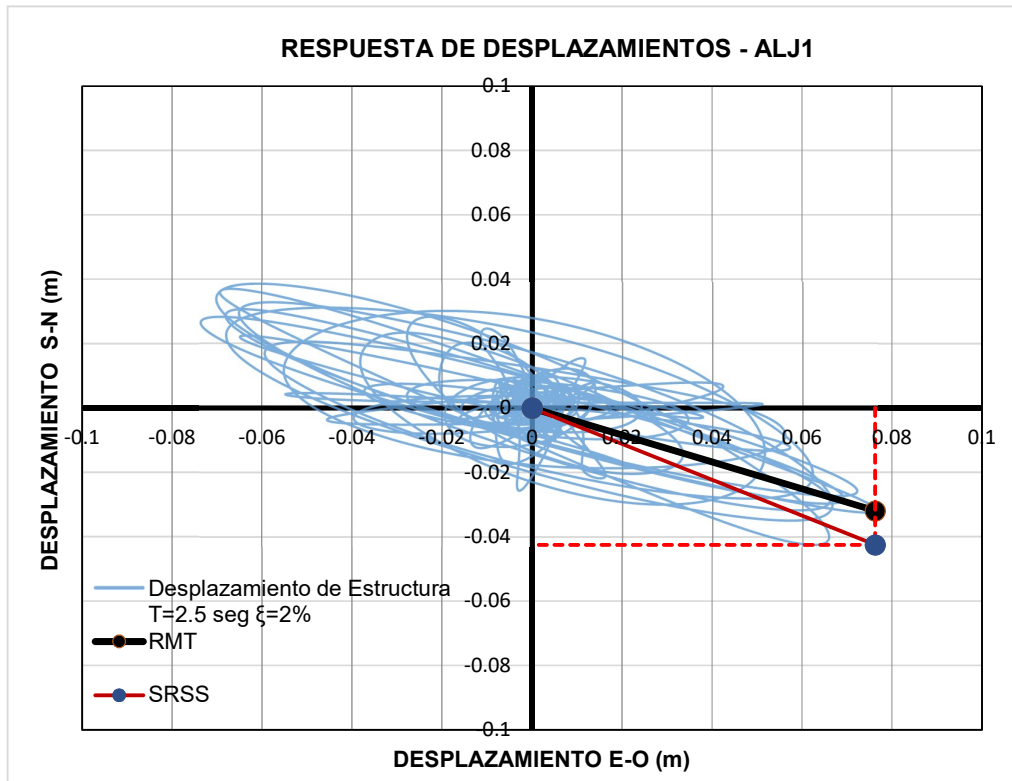
En Lascano (2018) se concluyó que los valores de F tenían relación con la forma de la respuesta, siendo $F=1$ para formas elípticas y $F=1.41$ para formas circulares. Esta hipótesis se puede observar en las gráficas 11 y 12 para amortiguamientos diferentes al 5%. En las gráficas se puede ver que, en este caso el amortiguamiento reduce los desplazamientos, sin modificar la forma de la respuesta.

A diferencia del caso anterior, a continuación se analizará una estructura de un período T cuyos valores F_d difieran para diferentes valores de amortiguamiento.

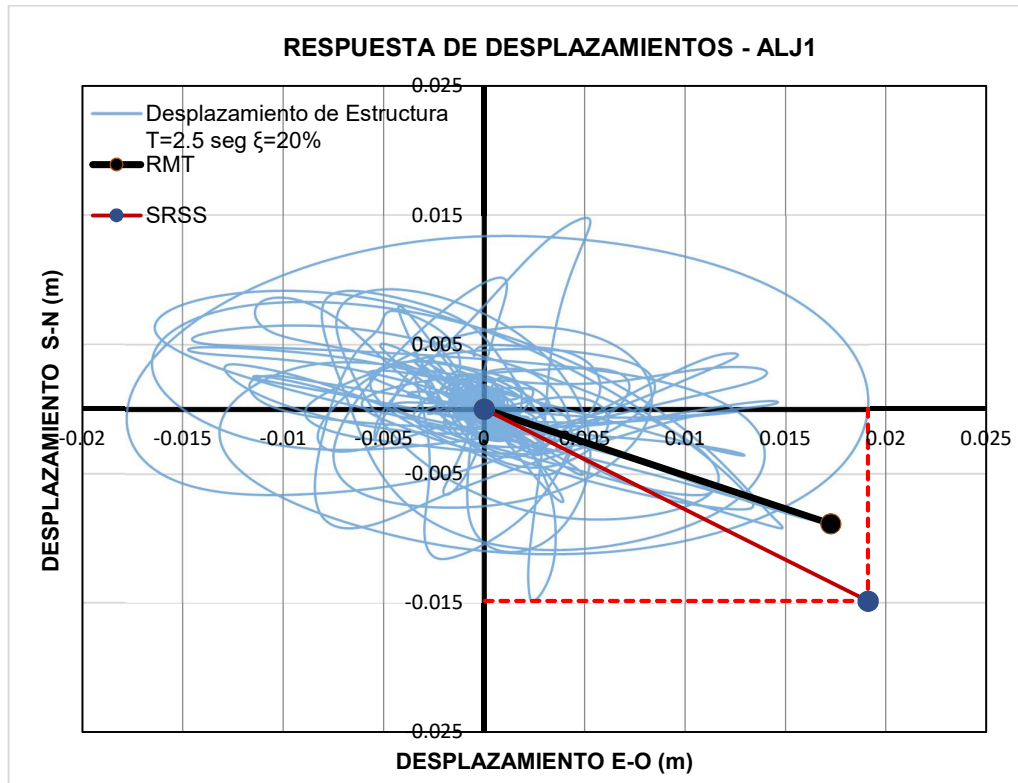


Gráfica 13. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación ALJ1.

En la gráfica 13 se puede notar que para una estructura de período $T=2.50$ seg sometida al registro ALJ1, los valores de F_d van creciendo conforme el porcentaje de amortiguamiento aumenta.



Gráfica 14. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.50$ seg y $\xi= 2\%$. Estación ALJ1.



Gráfica 15. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=2.50$ seg y $\xi= 50\%$. Estación ALJ1.

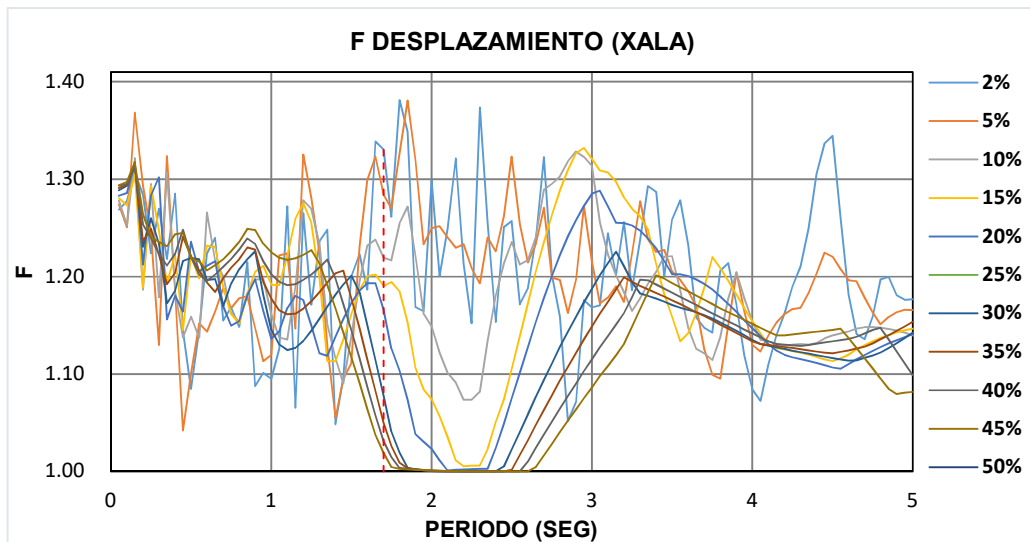
En la gráfica 14, correspondiente a un amortiguamiento de 2%, se puede notar que las mayores respuestas de cada componente horizontal (en la dirección N-S y E-O) son similares en magnitud a las componentes de la respuesta máxima en el tiempo (marcado con línea negra en la gráfica). Como consecuencia el valor de F_d es 1.06. Es decir, en este caso, las respuestas máximas de cada componente no se dan en el mismo instante de tiempo, por lo que F_d no es exactamente 1.

Por otro lado, se puede observar que la forma elíptica está relacionada con factores F_d bajos.

En la gráfica 15 se puede observar que para un amortiguamiento de 20%, la forma de la respuesta sigue siendo elíptica; sin embargo el valor de F_d de 1.31, el cual es un valor de F alto esperado para respuestas circulares. Esto se debe a que la respuesta elíptica está dada por todas las combinaciones de desplazamientos en el tiempo. Pero su máximo se encuentra fuera de

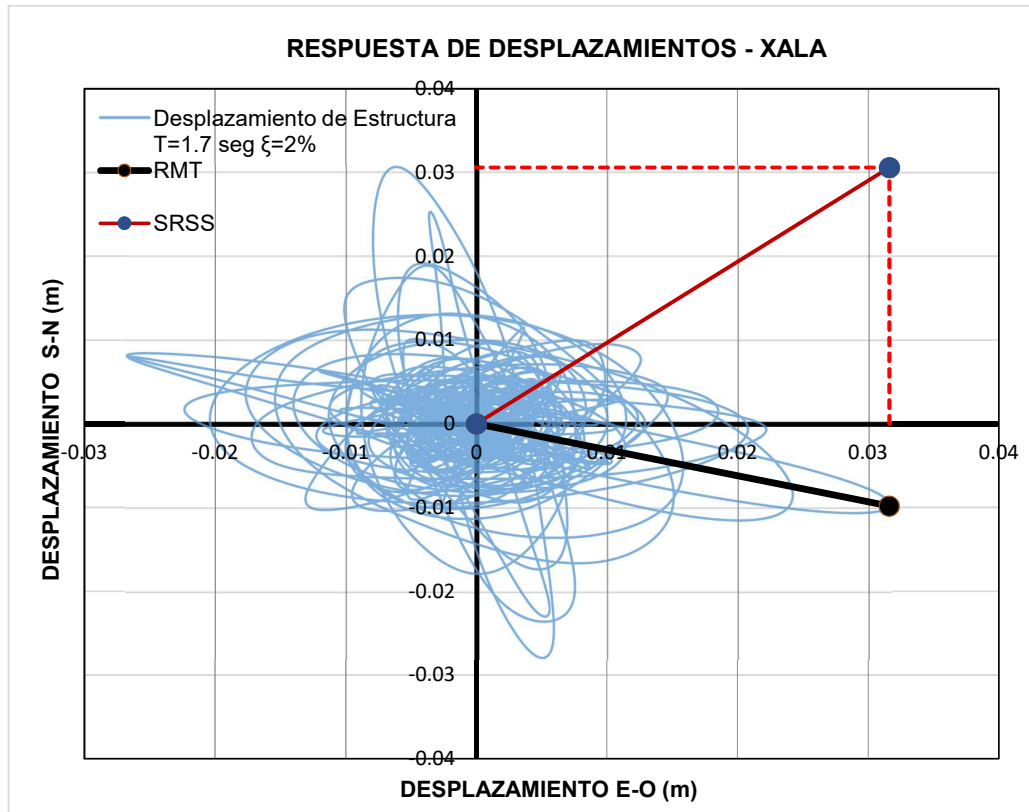
esta forma. De este caso se puede extraer que lo que influye en el valor de F_d no es la forma global de las respuestas, sino la similitud de las respuestas que producen la combinación máxima con las magnitudes de los máximos de cada componente. En este caso, las respuestas que producen el desplazamiento bidireccional máximo (RMT) no son cercanas a los máximos de cada componente.

También, se analizó un caso en donde los F_d disminuyen al disminuir el amortiguamiento.



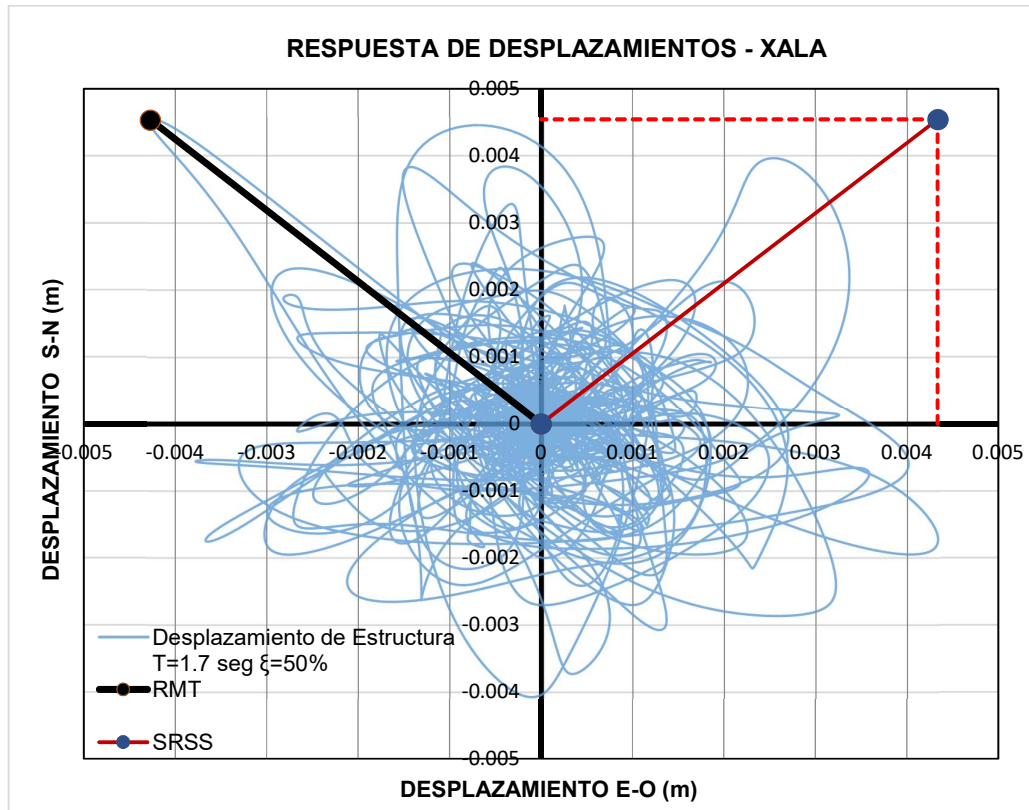
Gráfica 16. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación XALA.

La gráfica 16 muestra que, para periodos T de 1.7 seg, los factores F_d además de decrecer con en amortiguamiento, varían en un rango amplio.



Gráfica 17. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=1.70$ seg y $\xi= 2\%$. Estación XALA.

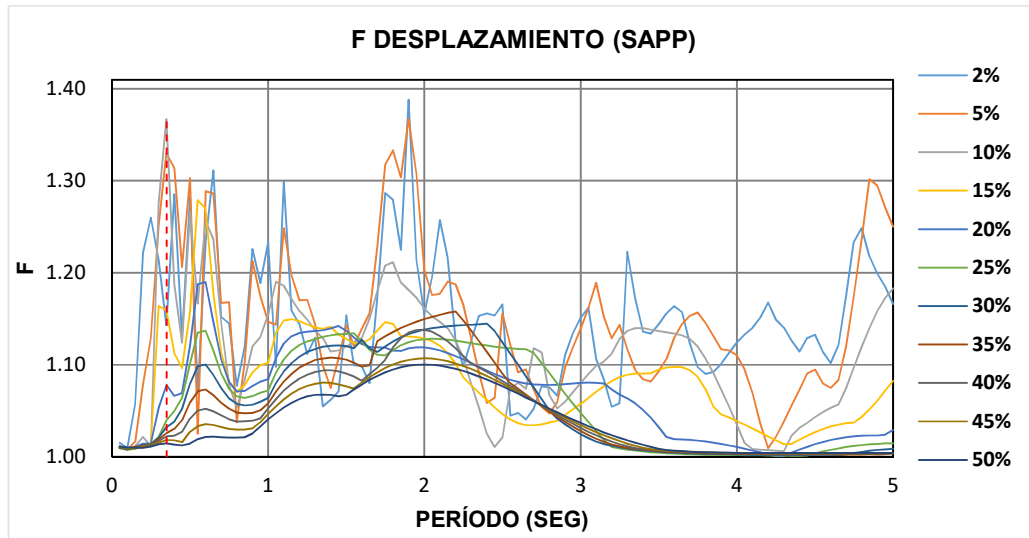
La gráfica 17 corresponde a un F_d de 1.33, lo que da la idea de una respuesta de forma más circular. Como se puede observar las respuestas se asemejan a elipses que cambian de inclinación en el tiempo, lo que en este caso deriva en que cada componente presentó sus valores máximos de desplazamientos en tiempos diferentes.



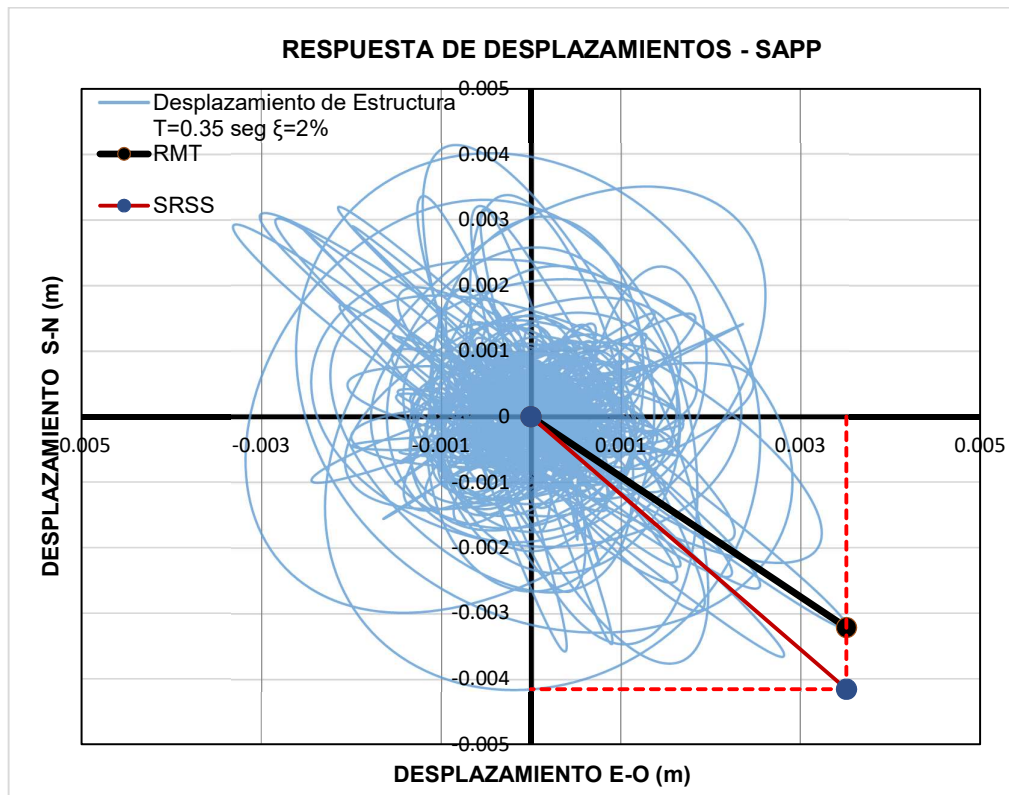
Gráfica 18. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=1.70$ seg y $\xi= 50\%$. Estación XALA.

La gráfica 18 corresponde a un F_d de 1.01. Tampoco se observa una forma elíptica muy definida, como se esperaría. Otra vez, se extrae que la forma general no es lo único que determina la magnitud del valor de F_d . El desplazamiento bidireccional máximo se encuentra en el segundo cuadrante de la gráfica 18 y posee una inclinación con respecto a los ejes. Además, se observa que el desplazamiento bidireccional máximo (RMT) es la resultante de las componentes de desplazamiento que actúan en el mismo instante. En este caso, los valores máximos de cada componente por separado, son muy similares en magnitud a las componentes simultáneas que producen la combinación máxima por eso se obtiene un valor de F cercano a 1.

Por último, se analiza un ejemplo en donde el factor F_d varía independientemente de la tendencia del porcentaje de amortiguamiento (gráfica 19). Las respuestas de desplazamientos se obtuvieron del registro acelerográfico de la estación SAPP para una estructura de $T=0.35$ seg y amortiguamientos ξ de 2%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% (ver anexos).



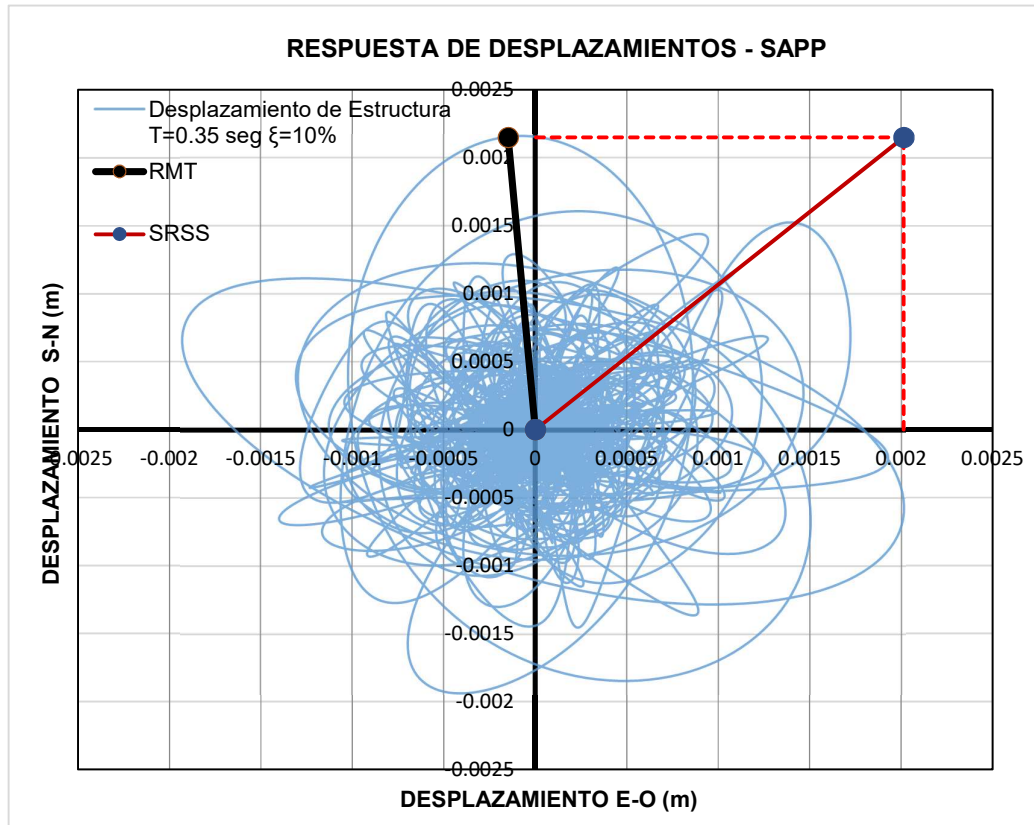
Gráfica 19. Factores F correspondientes a los espectros de desplazamientos del registro de la estación SAPP.



Gráfica 20. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=0.35$ seg y $\xi=2\%$. Estación SAPP.

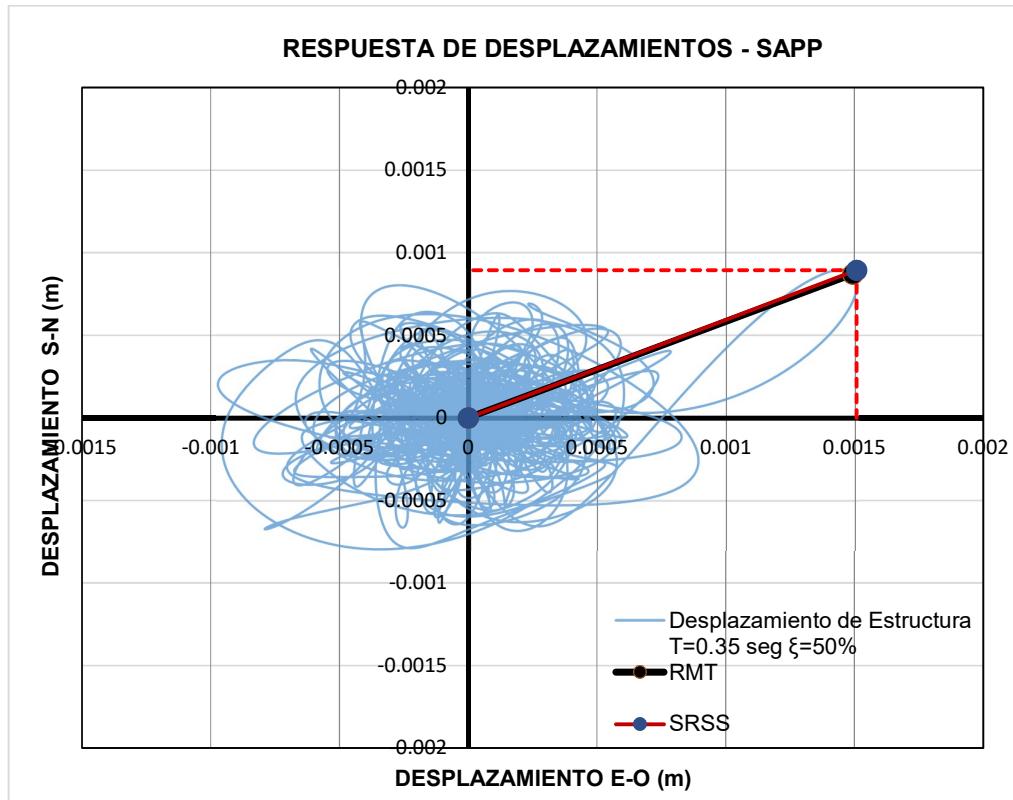
La gráfica 20 corresponde a un F_d de 1.14. La forma de la gráfica tiene una forma combinada entre circular y elíptica. Se deduce que los máximos valores de desplazamiento de cada componente no se dan al mismo tiempo. No obstante, los desplazamientos que producen la máxima combinación

(RMT) son cercanos en magnitud a las máximas respuestas de cada componente de desplazamiento.



Gráfica 21. Respuesta de desplazamientos para una estructura de T=0.35 seg y $\xi=10\%$. Estación SAPP.

En la gráfica 21 se tiene que la forma general de la respuesta de desplazamientos se conserva. La forma nos dice que las máximas respuestas de desplazamiento de cada componente no ocurren en el mismo instante: la componente N-S tiene un máximo de 0.0021 m y la componente E-O tiene un máximo de 0.0020 m, entonces su combinación SRSS es de 0.0029 m. Por otro lado, el máximo desplazamiento bidireccional (RMT) es de 0.0021 m. Entonces, los métodos de combinación espectral (SRSS y RMT) difieren en gran magnitud ($F_d = 1.37$).



Gráfica 22. Respuesta de desplazamientos para una estructura de $T=0.35$ seg y $\xi=50\%$. Estación SAPP.

La gráfica 22 corresponde a un $F_d = 1.01$, aun cuando la forma global de la respuesta de desplazamientos es circular. Se observa que la respuesta bidireccional máxima (en el primer cuadrante) tiene una forma elíptica y está inclinada, lo que se traduce en que las componentes llegan a su máximo desplazamiento casi al mismo tiempo. Además, se puede notar que el porcentaje de amortiguamiento no influye en las formas generales de las gráficas de respuestas de desplazamientos, pero sí en la disminución de la amplitud de las vibraciones.

CAPÍTULO 6

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- En general, para porcentajes de amortiguamiento mayores, los valores de $F_d máx$ y $F_a máx$ tienen la tendencia a disminuir. Además, los valores de $F_d mín$ y $F_a mín$ tienden a aumentar. Entonces, el rango de valores F es menor conforme el amortiguamiento crece. Cuando se analizan las gráficas de factores F, se puede observar que conforme el amortiguamiento es menor, los valores F varían bruscamente a partir de ciertos períodos. En contraste, para amortiguamientos más grandes, los valores F cambian más suavemente a partir de ciertos períodos.
- Para distintos porcentajes de amortiguamiento, el PGA de los registros no parece tener influencia en la magnitud de los valores de F estudiados.
- Para distintos porcentajes de amortiguamiento, la distancia de las estaciones acelerográficas a la falla, no influye en los valores F analizados.
- La forma general de la respuesta de desplazamientos para un sistema de un período T determinado nos puede dar una idea de la magnitud del factor F_d siempre y cuando la resultante máxima de la respuesta en el tiempo (RMT) esté dentro de la forma. Cuando la resultante máxima se encuentra fuera de la forma global de la gráfica, el valor de F_d es independiente de esta forma.
- El porcentaje de amortiguamiento no parece influir en la forma general de la gráfica de respuesta de desplazamientos. No obstante, el amortiguamiento sí influye en la disminución de la magnitud de los desplazamientos.
- Finalmente, el porcentaje de amortiguamiento no influye en la magnitud de los valores de F. Es decir que, para distintos porcentajes de amortiguamiento, las discrepancias entre los dos métodos de combinación de componentes horizontales siguen siendo impredecibles.

6.2. Recomendaciones

- Estudiar la influencia del porcentaje de amortiguamiento (ξ) en las diferencias del método SRSS con el método RMT para registros de otros sismos.
- Investigar más detalladamente la respuesta de desplazamientos para registros con valores $F_{d\ máx}$ bajos. Enfocarse en la respuesta de las estructuras con períodos y amortiguamientos en los que se producen cambios bruscos en los factores $F_{d\ máx}$ y encontrar alguna razón significativa por la que haya cambios en la forma de la respuesta de los desplazamientos para dichos sistemas estructurales.
- Estudiar la respuesta de desplazamientos de estructuras de distinto período T con un mismo porcentaje de amortiguamiento con el fin de observar la variación de la forma de la respuesta conforme el período cambia.

REFERENCIAS

- ASCE 7. (2010). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*.
- Base de datos de Registros Acelerográficos de la Red Sísmica Mexicana. (n.d.). Retrieved from <http://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM/>
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras*. México: Pearson.
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (n.d.). Retrieved from <http://www.igepn.edu.ec/informes-sismicos/sismicos-especiales/sisme-2016/14805-informe-sismico-especial-n-18-2016/file>
- Lascano, G. (2018). *Combinación de componentes horizontales de registros sísmicos considerando la dirección y tiempo donde se producen las aceleraciones máximas. Comparación con el método de combinación espectral SRSS (ASCE 7)* (info:eu-repo/semantics/bachelorThesis). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10125>
- Wakabayashi, M. (1990). *Diseño de estructuras sismorresistentes*. México, D.F: McGraw-Hill.

ANEXOS

A continuación, se anexa el código del programa desarrollado en Matlab para dos casos: el sismo de Ecuador y el sismo de México (Anexo 1).

Además, se anexa las gráficas de espectros de desplazamiento, espectros de aceleración total, factores F correspondientes a los desplazamientos y factores F correspondientes a aceleraciones absolutas para cada estación estudiada (Anexo 2).

Por último, se incluye las gráficas de respuestas de desplazamiento de los 5 casos analizados en la sección 5.7 para amortiguamientos ξ de 2%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50% (Anexo 3).

Anexo 1

Código para formato en registros sísmicos de Ecuador

Programa principal

```
clc;

%Entradas y declaración de variables principales.

EO=input('Ingrese nombre de registro de la componente E-O: ');
NS=input('Ingrese nombre de registro de la componente N-S: ');

[vColX]=Peer_Vcol(EO);
[vColY]=Peer_Vcol(NS);

vColXTranspuesta=[0,vColX'];
vColYTranspuesta=[0,vColY'];

dt=input('Ingrese el intervalo de muestreo del registro dt: ');
Tf=input('Ingrese el último período de los sistemas Tf a evaluar: ');
paso=input('Ingrese delta período de los sistemas: ');
vAmortiguamiento=input('Ingrese amortiguamientos en forma de vector renglón: ');
dPeriodo=Tf/paso;
dAmortiguamiento=length(vAmortiguamiento);
r=length(vColX');
tiempo=0:dt:r*dt;
periodo=0:paso:Tf;

%Obtención de matrices de respuestas dinámicas (aR_RMT....aT_SRSS)
%Declaración de matrices
aR_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
v_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
d_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);

%Variable que contiene los datos del registro componente E-O
%Variable que contiene los datos del registro componente N-S

%Vector columna componente E-O
%Vector columna componente N-S

%Vectores transpuestos de vectores columna

%Delta tiempo de muestreo de registros
%Período final de espectros
%Delta período de espectros
%Vector amortiguamiento
%Número de períodos en la gráfica de espectros
%Longitud del vector amortiguamiento
%Longitud del vector columna
%Vector tiempo para acelerogramas
%vector períodos para gráficas de respuesta

%Alocación de memoria matriz aceleración relativa SRSS
%Alocación de memoria matriz velocidad relativa SRSS
%Alocación de memoria matriz desplazamiento SRSS
```

```

aT_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
%Alocación de memoria matriz aceleración absoluta SRSS

aR_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
v_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
d_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
aT_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
%Alocación de memoria matriz aceleración relativa RMT
%Alocación de memoria matriz velocidad relativa RMT
%Alocación de memoria matriz desplazamiento RMT
%Alocación de memoria matriz aceleración absoluta RMT

%Bloque de algoritmo para sistema de distintos amortiguamientos.
o=1;
%Variable que define la columna de la matriz de respuesta que
corresponde a cadaamortiguamiento
while(o<=dAmortiguamiento)
%Ciclo para cada amortiguamiento
    i=vAmortiguamiento(o);
%Variable que define el % de amortiguamiento que corresponde
al lugar "o" en el vector amortiguamiento
    p=1;
%Variable que define la fila de la matriz de respuesta que
corresponde a distintos períodos
    for j=0:paso:Tf
%Ciclo para cada período

        [aRX,vX,dX,aTX]=respuesta(vCo1X,j,i,dt);
%Función que calcula las respuestas dinámicas del registro
        componente E-0 del período y amortiguamiento especificado por "j" e "i"
        [aRY,vY,dY,aTY]=respuesta(vCo1Y,j,i,dt);
%Función que calcula las respuestas dinámicas del registro
        componente N-S del período y amortiguamiento especificado por "j" e "i"

        %Combinación SRSS
        if(p==1)

            aRXmax=max(abs(aRX));
%Aceleración relativa máx del vector aceleraciones relativas
            componente E-0
            vXmax=max(abs(vX));
%velocidad relativa máx del vector velocidades componente E-0
            dXmax=max(abs(dX));
%desplazamiento relativo máx del vector desplazamientos
            componente E-0
            aTXmax=max(abs(vCo1X));
%Aceleración total máx del vector aceleraciones totales
            componente E-0
            aRYmax=max(abs(aRY));
%Aceleración relativa máx del vector aceleraciones relativas

```

```

componente N-S
    vYmax=max(abs(vY));
    dYmax=max(abs(dY));
componente N-S
    aTYmax=max(abs(vCo1Y));
componente N-S

ASCE7 de...
    aR_SRSS(p,o)=sqrt(aRXmax.^2+aRYmax.^2);
    v_SRSS(p,o)=sqrt(vXmax.^2+vYmax.^2);
aceleración total...
    d_SRSS(p,o)=sqrt(dXmax.^2+dYmax.^2);
y cuyas...
    aT_SRSS(p,o)=sqrt(aTXmax.^2+aTYmax.^2);

else
aRXmax=max(abs(aRX));
vXmax=max(abs(vX));
dXmax=max(abs(dX));
aTXmax=max(abs(aTX));

aRYmax=max(abs(aRY));
vYmax=max(abs(vY));
dYmax=max(abs(dY));
aTYmax=max(abs(aTY));

aR_SRSS(p,o)=sqrt(aRXmax.^2+aRYmax.^2);
v_SRSS(p,o)=sqrt(vXmax.^2+vYmax.^2);
d_SRSS(p,o)=sqrt(dXmax.^2+dYmax.^2);
aT_SRSS(p,o)=sqrt(aTXmax.^2+aTYmax.^2);
end

%Combinación RMT

```

%velocidad relativa máx del vector velocidades componente N-S
 %desplazamiento relativo máx del vector desplazamientos
 %Aceleración total máx del vector aceleraciones totales
 %Matrices de respuestas combinadas mediante el método del
 %...aceleración relativa, velocidad, desplazamiento y
 %...cuyas columnas representan cada amortiguamiento ingresado
 %...filas representan cada período requerido en las entradas

```

if(p==1)
aR_comb=sqrt(aRX.^2+aRY.^2);
v_comb=sqrt(vX.^2+vY.^2);
%Vectores de respuestas máximas combinadas en el tiempo....
%...de aceleración relativa, velocidad, desplazamiento,
aceleración total...
d_comb=sqrt(dX.^2+dY.^2);
aT_comb=sqrt(vCo1X.^2+vCo1Y.^2);

aR_RMT(p,o)=max(aR_comb);
v_RMT(p,o)=max(v_comb);
d_RMT(p,o)=max(d_comb);
aT_RMT(p,o)=max(aT_comb);
p=p+1;
%Matrices de respuestas máximas combinadas en el tiempo.

else
aR_comb=sqrt(aRX.^2+aRY.^2);
v_comb=sqrt(vX.^2+vY.^2);
d_comb=sqrt(dX.^2+dY.^2);
aT_comb=sqrt(aTX.^2+aTY.^2);

aR_RMT(p,o)=max(aR_comb);
v_RMT(p,o)=max(v_comb);
d_RMT(p,o)=max(d_comb);
aT_RMT(p,o)=max(aT_comb);
p=p+1;
end
end
o=o+1;
end

%Obtención matrices de índices F.
F_aR=(aR_SRSS./aR_RMT);
%Factores F para cada respuesta dinámica de los sistemas de
1GDL
F_v=(v_SRSS./v_RMT);
F_d=(d_SRSS./d_RMT);

```

```

F_aT=(aT_SRSS./aT_RMT);

%Creación de gráficas.
%Gráficas acelerogramas: aceleración vs. tiempo
figure('Name','Acelerogramas de Componentes Horizontales','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);
subplot(2,1,1);
plot(tiempo,vCoLYTranspuesta,'-b')
title('Acelerograma componente N-S','FontSize',14);
xlabel('tiempo [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');

subplot(2,1,2);
plot(tiempo,vCoLXTranspuesta,'-b')
title('Acelerograma componente E-O','FontSize',14);
xlabel('tiempo [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');

%Gráficas de respuestas (aR, v, d, aT) para cada amortiguamiento.

for t=1:dAmortiguamiento %variable que define el número de ciclos a ejecutar
correspondiente a la cantidad de amortiguamientos ingresados

    figure('Name',sprintf('Porcentaje de amortiguamiento: %d',vAmortiguamiento(t)*100),'NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);
    subplot(2,2,1); %Primera gráfica de la ventana de gráficas de respuestas
    hold on
    grid on;
    plot(periodo,aR_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
    plot(periodo,aR_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
    title('Espectros de Aceleración Relativa','FontSize',14);
    xlabel('T [seg]');
    ylabel('Aceleración [m/seg2]');
    legend({'SRSS','RMT'],'Location','best','FontSize',10);
    legend('boxoff');

```

```

subplot(2,2,2);
hold on
grid on;
plot(periodo,v_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
plot(periodo,v_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
title('Espectros de Velocidad Relativa','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Velocidad [m/seg]');
legend({'SRSS','RMT'},'Location','best','FontSize',10);
legend('boxoff');

```

%Segunda gráfica de la ventana de gráficas de respuestas

```

subplot(2,2,3);
hold on
grid on;
plot(periodo,d_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
plot(periodo,d_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
title('Espectros de Desplazamiento Relativo','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Desplazamiento Relativo [m]');
legend({'SRSS','RMT'},'Location','best','FontSize',10);
legend('boxoff');

```

%Tercera gráfica de la ventana de gráficas de respuestas

```

subplot(2,2,4);
hold on
grid on;
plot(periodo,aT_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
plot(periodo,aT_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
title('Espectros de Aceleración Total','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');
legend({'SRSS','RMT'},'Location','best','FontSize',10);
legend('boxoff');

```

%Cuarta gráfica de la ventana de gráficas de respuestas


```

end

%Gráficas de respuestas con diferentes amortiguamientos.
%Gráfica de aceleraciones totales método SRSS y RMT.

figure('Name','Espectros de Aceleración Total','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);

t=1; %Variable que define el número de ciclos a ejecutar
correspondientes al número de amortiguamientos ingresados
z=0; %Variable que corresponde al lugar que la leyenda ocupa
dentro de la celda de leyendas para las gráficas
infoLeyenda=cell(1,length(dAmortiguamiento)*2); %Alocación de memoria para la celda de leyendas
while t<=dAmortiguamiento
    hold on
    grid on
    random=round(rand(1,3),2); %Vector random de 1x3 para definir colores de
    funciones graficadas
    if (sum(sum(random))<3) %Condición para eliminar vector [1 1 1] que corresponde al
    color blanco
        plot(periodo,aT_SRSS(:,t),'--','color',random,'linewidth',0.05)
        plot(periodo,aT_RMT(:,t),'-','color',random,'linewidth',0.1)
        for i=1:2 %Variable creada para asignar un lugar par o impar dentro de
        la celda de leyendas
            if i==1
                z=z+1;
                infoLeyenda{z}=sprintf('%s = %d','SRSS, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            else
                z=t*2;
                infoLeyenda{z}=sprintf('%s = %d','RMT, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            end
        end
    end
    t=t+1;
end

```

```

else

end

end

title('Espectros de Aceleración Total','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');
legend(infoLeyenda,'location','northeast','FontSize',10);
legend('boxoff');
clear infoLeyenda;

%Gráfica de desplazamientos método SRSS y RMT.
figure('Name','Espectros de Desplazamiento Relativo','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);

t=1;
z=0;
infoLeyenda2=cell(1,length(dAmortiguamiento)*2);
while t<=dAmortiguamiento
    hold on
    grid on
    random1=round(rand(1,3),2);
    if (sum(sum(random))<3)
        plot(periodo,d_SRSS(:,t),'--','color',random1,'linewidth',0.05)
        plot(periodo,d_RMT(:,t),'-','color',random1,'linewidth',0.1)
        for i=1:2
            if i==1
                z=z+1;
                infoLeyenda2{z}=sprintf('%s = %d','SRSS, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            else
                z=t*2;
                infoLeyenda2{z}=sprintf('%s = %d','RMT, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            end
        end
    end
end

```

```

        end
        t=t+1;
    else
    end
end

title('Espectros de Desplazamientos','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Desplazamiento [m]');
legend(infoLeyenda2,'Location','northwest','FontSize',10)
legend('boxoff');
clear infoLeyenda2;

%Gráfica de índices F para aceleración total y desplazamientos de respuesta.
figure('Name','Factores F para comparación de métodos SRSS y RMT','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);

t=1;
infoLeyenda3=cell(1,length(dAmortiguamiento));

while t<=dAmortiguamiento

    random2=round(rand(1,3),2);
    if (sum(sum(random2))<3)
        subplot(2,1,1);
        hold on
        grid on;
        plot(periodo,F_aT(:,t),'-','color',random2,'linewidth',0.05)
        infoLeyenda3{t}=sprintf('%s = %d','% Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
        title('Índices F para Aceleraciones Totales','FontSize',14);
        xlabel('T [seg]');
        ylabel('F');
        legend(infoLeyenda3,'Location','eastoutside','FontSize',10);
    end
end

```

```

subplot(2,1,2);
hold on
grid on;
plot(periodo,F_d(:,t),'-','color',random2,'linewidth',0.05)
title('Índices F para Desplazamientos','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('F');
legend(infoLeyenda3,'Location','eastoutside','FontSize',10);

t=t+1;
else
end
end
clear infoLeyenda3;

%Exportación de resultados a Excel.
xlswrite('aceleraciónRelativa_SRSS',aR_SRSS)
xlswrite('aceleraciónRelativa_RMT',aR_RMT)
xlswrite('desplazamiento_SRSS',d_SRSS)
xlswrite('desplazamiento_RMT',d_RMT)
xlswrite('velocidad_SRSS',v_SRSS)
xlswrite('velocidad_RMT',v_RMT)
xlswrite('aceleraciónTotal_SRSS',aT_SRSS)
xlswrite('aceleraciónTotal_RMT',aT_RMT)
xlswrite('F_desplazamiento',F_d)
xlswrite('F_aceleraciónTotal',F_aT)

%Descripción del output

disp('Los resultados se muestran en gráficas. Además se generan archivos en excel con las matrices de respuestas de')
disp('aceleraciones relativas [m/s2], velocidades [m/s], desplazamientos [m], aceleraciones absolutas [%G] y factores F')
disp('Los datos de los registros sísmicos deben ser proporcionados en unidades de %G.')

```

Subrutina

```
function[aR,v,d,aT]=respuesta( vCol,T,amortiguamiento,dt )
%Este programa obtiene la respuesta dinámica de un sistema de 1GDL para un T y un amortiguamiento específico.

%Asignación de variables a las dimensiones de la matriz vCol y declaración de las matrices aR, v, d, aT.
[m,~]=size(vCol);
aR=zeros(m+1,1);
v=zeros(m+1,1);
d=zeros(m+1,1);
aT=zeros(m+1,1);
format shortG

%Declaración de variables A, B, C, D de método.
A=1+(amortiguamiento*(2*pi/T)*dt)+(((2*pi/T)^2)*(dt^2)/6);
B=(2*pi/T)^2;
C=(2*amortiguamiento*2*pi/T)+(((2*pi/T)^2)*dt);
D=(amortiguamiento*(2*pi/T)*dt)+(((2*pi/T)^2)*(dt^2)/3);

%Uso de ciclos for e if para iterar las ecuaciones de aceleración, velocidad y desplazamiento.
for i=0:m
    if(i==0)
        aR(i+1,1)=0;
        v(i+1,1)=0;
        d(i+1,1)=0;
        aT(i+1,1)=0;
    else
        aR(i+1,1)=-1*((vCol(i,1)*9.81)+(B*d(i,1))+(C*v(i,1))+(D*aR(i,1)))/A;
        v(i+1,1)=(v(i,1))+(aR(i,1)*dt/2)+(aR(i+1,1)*dt/2);
        d(i+1,1)=(d(i,1))+(v(i,1)*dt)+(aR(i,1)*(dt^2)/3)+(aR(i+1,1)*(dt^2)/6);
        aT(i+1,1)=((vCol(i,1)*9.81)+(aR(i+1,1)))/9.81;
    end
end
```

end

end

Published with MATLAB® R2014b

Código para formato de registros sísmicos de México

Programa principal

```
clc;

%Entradas y declaración de variables principales.

registro=input('Ingrese nombre del registro: '); %Variable que contiene los datos del registro
col_E0=input('Ingrese el número de columna de los datos pertenecientes a la componente E-0: '); %Variable que contiene el número de columna
que corresponde a la componente E-0
col_NS=input('Ingrese el número de columna de los datos pertenecientes a la componente N-S: '); %Variable que contiene el número de columna
que corresponde a la componente N-S

vColX=registro(:,col_E0); %Vector columna componente E-0
vColY=registro(:,col_NS); %Vector columna componente N-S

vColXTranspuesta=[0,vColX']; %Vectores transpuestos de vectores columna
vColYTranspuesta=[0,vColY'];

dt=input('Ingrese el intervalo de muestreo del registro dt: '); %Delta tiempo de muestreo de registros
Tf=input('Ingrese el último período de los sistemas Tf a evaluar: '); %Período final de espectros
paso=input('Ingrese delta período de los sistemas: '); %Delta período de espectros
vAmortiguamiento=input('Ingrese amortiguamientos en forma de vector renglón: '); %Vector amortiguamiento
dPeriodo=Tf/paso; %Número de períodos en la gráfica de
espectros
dAmortiguamiento=length(vAmortiguamiento); %Longitud del vector amortiguamiento
r=length(vColX'); %Longitud del vector columna
tiempo=0:dt:r*dt; %vector tiempo para acelerogramas
periodo=0:paso:Tf; %vector períodos para gráficas de respuesta

%Obtención de matrices de respuestas dinámicas (aR_RMT...aT_SRSS)
```

```

%Declaración de matrices
aR_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
relativa SRSS
v_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
relativa SRSS
d_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
SRSS
aT_RMT=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
absoluta SRSS

aR_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
relativa RMT
v_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
relativa RMT
d_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
RMT
aT_SRSS=zeros(dPeriodo+1,dAmortiguamiento);
absoluta RMT

%Bloque de algoritmo para sistema de distintos amortiguamientos.
o=1;
de respuesta que corresponde a cadaamortiguamiento
while(o<=dAmortiguamiento)
    i=vAmortiguamiento(o);
que corresponde al lugar "o" en el vector amortiguamiento
    p=1;
respuesta que corresponde a distintos períodos
        for j=0:paso:Tf

                [aRX,vX,dX,aTX]=respuestaMexico(vCo1X,j,i,dt);
del registro componente E-O del período y amortiguamiento especificado por "j" e "i"
                [aRY,vY,dY,aTY]=respuestaMexico(vCo1Y,j,i,dt);
del registro componente N-S del período y amortiguamiento especificado por "j" e "i"

```

```

%Alocación de memoria matriz aceleración
%Alocación de memoria matriz velocidad
%Alocación de memoria matriz desplazamiento
%Alocación de memoria matriz aceleración
%Alocación de memoria matriz aceleración
%Alocación de memoria matriz velocidad
%Alocación de memoria matriz desplazamiento
%Alocación de memoria matriz aceleración
%Variable que define la columna de la matriz
%Ciclo para cada amortiguamiento
%Variable que define el % de amortiguamiento
%Variable que define la fila de la matriz de
%Ciclo para cada período
%Función que calcula las respuestas dinámicas
%Función que calcula las respuestas dinámicas

```



```

%Combinación SRSS
if(p==1)

    aRXmax=max(abs(aRX));
    aceleraciones relativas componente E-O
    vXmax=max(abs(vX));
    velocidades componente E-O
    dXmax=max(abs(dX));
    desplazamientos componente E-O
    aTXmax=max(abs(vCo1X))/981;
    aceleraciones totales componente E-O

    aRYmax=max(abs(aRY));
    aceleraciones relativas componente N-S
    vYmax=max(abs(vY));
    velocidades componente N-S
    dYmax=max(abs(dY));
    desplazamientos componente N-S
    aTYmax=max(abs(vCo1Y))/981;
    aceleraciones totales componente N-S

    aR_SRSS(p,o)=sqrt(aRXmax.^2+aRYmax.^2);
    el método del ASCE7 de...
    v_SRSS(p,o)=sqrt(vXmax.^2+vYmax.^2);
    desplazamiento y aceleración total...
    d_SRSS(p,o)=sqrt(dXmax.^2+dYmax.^2);
    amortiguamiento ingresado y cuyas...
    aT_SRSS(p,o)=sqrt(aTXmax.^2+aTYmax.^2);
    en las entradas

else
    aRXmax=max(abs(aRX));
    vXmax=max(abs(vX));
    dXmax=max(abs(dX));

```

%Aceleración relativa máx del vector
 %Velocidad relativa máx del vector
 %Desplazamiento relativo máx del vector
 %Aceleración total máx del vector
 %Aceleración relativa máx del vector
 %Velocidad relativa máx del vector
 %Desplazamiento relativo máx del vector
 %Aceleración total máx del vector
 %Matrices de respuestas combinadas mediante
 %...aceleración relativa, velocidad,
 %...cuyas columnas representan cada
 %...filas representan cada período requerido

```

aTXmax=max(abs(aTX));

aRYmax=max(abs(aRY));
vYmax=max(abs(vY));
dYmax=max(abs(dY));
aTYmax=max(abs(aTY));

aR_SRSS(p,o)=sqrt(aRXmax.^2+aRYmax.^2);
v_SRSS(p,o)=sqrt(vXmax.^2+vYmax.^2);
d_SRSS(p,o)=sqrt(dXmax.^2+dYmax.^2);
aT_SRSS(p,o)=sqrt(aTXmax.^2+aTYmax.^2);
end

%Combinación RMT

if(p==1)
aR_comb=sqrt(aRX.^2+aRY.^2);
el tiempo...
v_comb=sqrt(vX.^2+vY.^2);
desplazamiento, aceleración total...
d_comb=sqrt(dX.^2+dY.^2);
aT_comb=sqrt(vCo1X.^2+vCo1Y.^2)./981;

el tiempo.
aR_RMT(p,o)=max(aR_comb);
v_RMT(p,o)=max(v_comb);
d_RMT(p,o)=max(d_comb);
aT_RMT(p,o)=max(aT_comb);
p=p+1;

else
aR_comb=sqrt(aRX.^2+aRY.^2);
v_comb=sqrt(vX.^2+vY.^2);
d_comb=sqrt(dX.^2+dY.^2);

```

%Vectores de respuestas máximas combinadas en
%...de aceleración relativa, velocidad,

%Matrices de respuestas máximas combinadas en

```

aT_comb=sqrt(aTX.^2+aTY.^2);

aR_RMT(p,o)=max(aR_comb);
v_RMT(p,o)=max(v_comb);
d_RMT(p,o)=max(d_comb);
aT_RMT(p,o)=max(aT_comb);
p=p+1;
end
end
o=o+1;
end

%Obtención matrices de índices F.
F_aR=(aR_SRSS./aR_RMT);
F_v=(v_SRSS./v_RMT);
F_d=(d_SRSS./d_RMT);
F_aT=(aT_SRSS./aT_RMT);

%Factores F para cada respuesta dinámica de
los sistemas de 1GDL

%Creación de gráficas.
%Gráficas acelerogramas: aceleración vs. tiempo
figure('Name','Acelerogramas de Componentes Horizontales','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);
subplot(2,1,1);
plot(tiempo,vCo1YTranspuesta./981,'-b')
title('Acelerograma componente N-S','FontSize',14);
xlabel('tiempo [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');

subplot(2,1,2);
plot(tiempo,vCo1XTranspuesta./981,'-b')
title('Acelerograma componente E-O','FontSize',14);
xlabel('tiempo [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');

```

```

%Gráficas de respuestas (aR, v, d, aT) para cada amortiguamiento.

for t=1:dAmortiguamiento %Variable que define el número de ciclos a
ejecutar correspondiente a la cantidad de amortiguamientos ingresados

    figure('Name',sprintf('Porcentaje de amortiguamiento: %d',vAmortiguamiento(t)*100),'NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);
    subplot(2,2,1); %Primera gráfica de la ventana de gráficas de
    respuestas
    hold on
    grid on;
    plot(periodo,aR_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
    plot(periodo,aR_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
    title('Espectros de Aceleración Relativa','FontSize',14);
    xlabel('T [seg]');
    ylabel('Aceleración [m/seg2]');
    legend({'SRSS','RMT'],'Location','best','FontSize',10);
    legend('boxoff');

    subplot(2,2,2); %Segunda gráfica de la ventana de gráficas de
    respuestas
    hold on
    grid on;
    plot(periodo,v_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
    plot(periodo,v_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
    title('Espectros de Velocidad Relativa','FontSize',14);
    xlabel('T [seg]');
    ylabel('Velocidad [m/seg]');
    legend({'SRSS','RMT'],'Location','best','FontSize',10);
    legend('boxoff');

    subplot(2,2,3); %Tercera gráfica de la ventana de gráficas de
    respuestas
    hold on

```

```

grid on;
plot(periodo,d_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
plot(periodo,d_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
title('Espectros de Desplazamiento Relativo','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Desplazamiento Relativo [m]');
legend({'SRSS','RMT'},'Location','best','FontSize',10);
legend('boxoff');

```

%Cuarta gráfica de la ventana de gráficas de

respuestas

```

hold on
grid on;
plot(periodo,aT_SRSS(:,t),'-r','linewidth',0.05)
plot(periodo,aT_RMT(:,t),'-b','linewidth',0.1)
title('Espectros de Aceleración Total','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');
legend({'SRSS','RMT'},'Location','best','FontSize',10);
legend('boxoff');

```

end

%Gráficas de respuestas con diferentes amortiguamientos.

%Gráfica de aceleraciones totales método SRSS y RMT.

```
figure('Name','Espectros de Aceleración Total','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);
```

```
t=1;
```

%Variable que define el número de ciclos a

```
ejecutar correspondientes al número de amortiguamientos ingresados
```

```
z=0;
```

%Variable que corresponde al lugar que la

```
leyenda ocupa dentro de la celda de leyendas para las gráficas
```

```
infoLeyenda=cell(1,length(dAmortiguamiento)*2);
```

%Alocación de memoria para la celda de

```
leyendas
```

```

while t<=dAmortiguamiento
    hold on
    grid on
    random=round(rand(1,3),2);
funciones graficadas
    if (sum(sum(random))<3)
corresponde al color blanco

        plot(periodo,aT_SRSS(:,t),'--','color',random,'linewidth',0.05)
        plot(periodo,aT_RMT(:,t),'-','color',random,'linewidth',0.1)
        for i=1:2
impar dentro de la celda de leyendas
            if i==1
                z=z+1;
                infoLeyenda{z}=sprintf('%s = %d','SRSS, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            else
                z=t*2;
                infoLeyenda{z}=sprintf('%s = %d','RMT, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            end
        end
        t=t+1;

    else

    end

end
title('Espectros de Aceleración Total','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Aceleración [g]');
legend(infoLeyenda, 'location', 'northeast', 'FontSize', 10);
legend('boxoff');
clear infoLeyenda;

```

%vector random de 1x3 para definir colores de

%Condición para eliminar vector [1 1 1] que

%variable creada para asignar un lugar par o

```

%Gráfica de desplazamientos método SRSS y RMT.
figure('Name','Espectros de Desplazamiento Relativo','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);

t=1;
z=0;
infoLeyenda2=cell(1,length(dAmortiguamiento)*2);
while t<=dAmortiguamiento
    hold on
    grid on
    random1=round(rand(1,3),2);
    if (sum(sum(random))<3)
        plot(periodo,d_SRSS(:,t),'--','color',random1,'linewidth',0.05)
        plot(periodo,d_RMT(:,t),'-','color',random1,'linewidth',0.1)
        for i=1:2
            if i==1
                z=z+1;
                infoLeyenda2{z}=sprintf('%s = %d','SRSS, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            else
                z=t*2;
                infoLeyenda2{z}=sprintf('%s = %d','RMT, % Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
            end
        end
        end
        t=t+1;
    else
        end
end

title('Espectros de Desplazamientos','FontSize',14);
xlabel('T [seg]');
ylabel('Desplazamiento [m]');
legend(infoLeyenda2,'Location','northwest','FontSize',10)
legend('boxoff');
clear infoLeyenda2;

```

```

%Gráfica de índices F para aceleración total y desplazamientos de respuesta.
figure('Name','Factores F para comparación de métodos SRSS y RMT','NumberTitle','off','Position',[40 50 1300 600]);

t=1;
infoLeyenda3=cell(1,length(dAmortiguamiento));

while t<=dAmortiguamiento

    random2=round(rand(1,3),2);
    if (sum(sum(random2))<3)
        subplot(2,1,1);
        hold on
        grid on;
        plot(periodo,F_aT(:,t),'-','color',random2,'linewidth',0.05)
        infoLeyenda3{t}=sprintf('%s = %d','% Amortiguamiento',vAmortiguamiento(t)*100);
        title('Índices F para Aceleraciones Totales','FontSize',14);
        xlabel('T [seg]');
        ylabel('F');
        legend(infoLeyenda3,'Location','eastoutside','FontSize',10);

        subplot(2,1,2);
        hold on
        grid on;
        plot(periodo,F_d(:,t),'-','color',random2,'linewidth',0.05)
        title('Índices F para Desplazamientos','FontSize',14);
        xlabel('T [seg]');
        ylabel('F');
        legend(infoLeyenda3,'Location','eastoutside','FontSize',10);

        t=t+1;
    else
end

```



```

end
clear infoLeyenda3;

%Exportación de resultados a Excel.
xlswrite('aceleraciónRelativa_SRSS',aR_SRSS)
xlswrite('aceleraciónRelativa_RMT',aR_RMT)
xlswrite('desplazamiento_SRSS',d_SRSS)
xlswrite('desplazamiento_RMT',d_RMT)
xlswrite('velocidad_SRSS',v_SRSS)
xlswrite('velocidad_RMT',v_RMT)
xlswrite('aceleraciónTotal_SRSS',aT_SRSS)
xlswrite('aceleraciónTotal_RMT',aT_RMT)
xlswrite('F_desplazamiento',F_d)
xlswrite('F_aceleraciónTotal',F_aT)

%Descripción del output

disp('Los resultados se muestran en gráficas. Además se generan archivos en excel con las matrices de respuestas de')
disp('aceleraciones relativas [m/s2], velocidades [m/s], desplazamientos [m], aceleraciones absolutas [%G] y factores F')
disp('Los datos de los registros sísmicos deben ser proporcionados en unidades de Gal.')
```

[Published with MATLAB® R2014b](#)

Subrutina

```

function[aR,v,d,aT]=respuestaMexico( vCol,T,amortiguamiento,dt )
%Este programa obtiene la respuesta dinámica de un sistema de 1GDL para un T y un amortiguamiento específico.
```

%Asignación de variables a las dimensiones de la matriz vCol y declaración de las matrices aR, v, d, aT.

```
[m,~]=size(vCol);  
aR=zeros(m+1,1);  
v=zeros(m+1,1);  
d=zeros(m+1,1);  
aT=zeros(m+1,1);  
format shortG
```

%Declaración de variables A, B, C, D de método.

```
A=1+(amortiguamiento*(2*pi/T)*dt)+(((2*pi/T)^2)*(dt^2)/6);  
B=(2*pi/T)^2;  
C=(2*amortiguamiento*2*pi/T)+(((2*pi/T)^2)*dt);  
D=(amortiguamiento*(2*pi/T)*dt)+(((2*pi/T)^2)*(dt^2)/3);
```

%Uso de ciclos for e if para iterar las ecuaciones de aceleración, velocidad y desplazamiento.

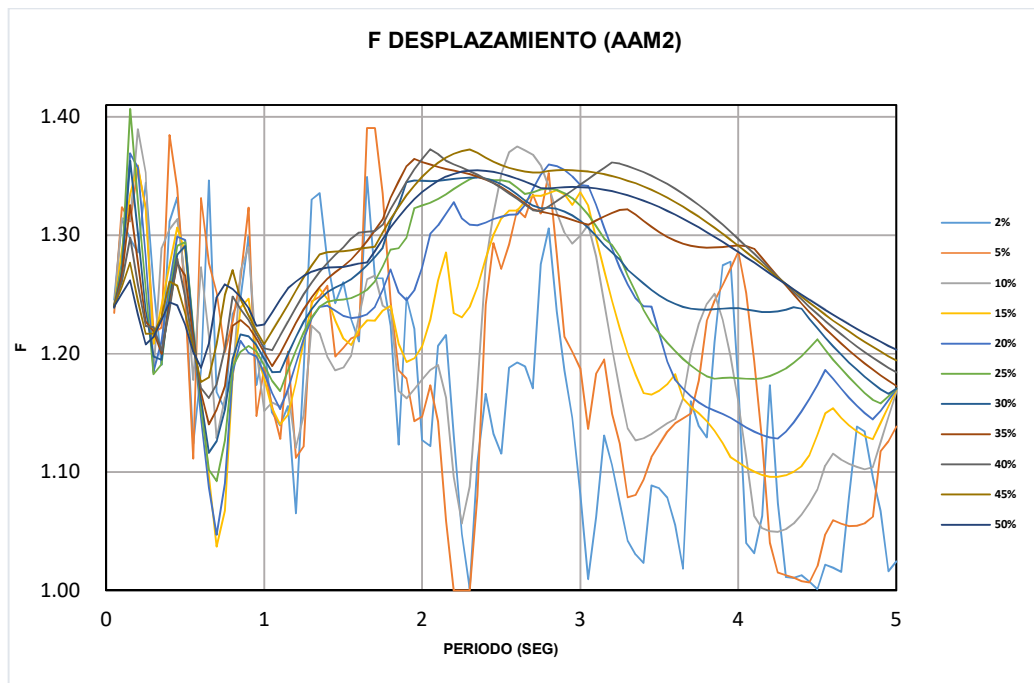
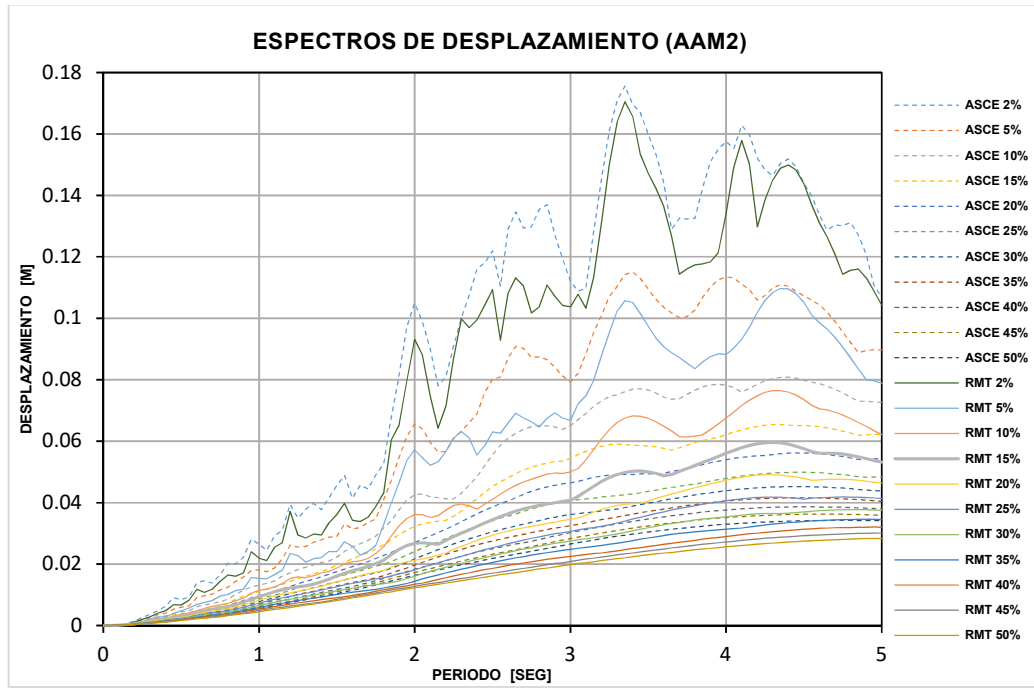
```
for i=0:m  
    if(i==0)  
        aR(i+1,1)=0;  
        v(i+1,1)=0;  
        d(i+1,1)=0;  
        aT(i+1,1)=0;  
    else  
        aR(i+1,1)=-1*((vCol(i,1)/100)+(B*d(i,1))+(C*v(i,1))+(D*aR(i,1)))/A;  
        v(i+1,1)=(v(i,1))+(aR(i,1)*dt/2)+(aR(i+1,1)*dt/2);  
        d(i+1,1)=(d(i,1))+(v(i,1)*dt)+(aR(i,1)*(dt^2)/3)+(aR(i+1,1)*(dt^2)/6);  
        aT(i+1,1)=((vCol(i,1)/100)+(aR(i+1,1)))/9.81;  
    end  
end  
end
```

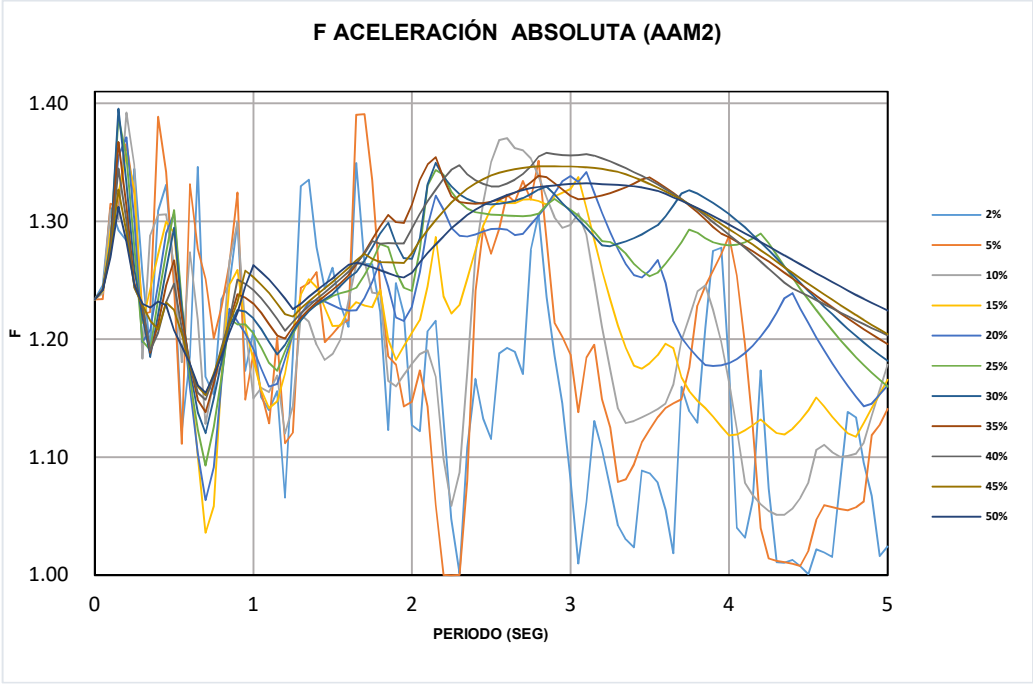
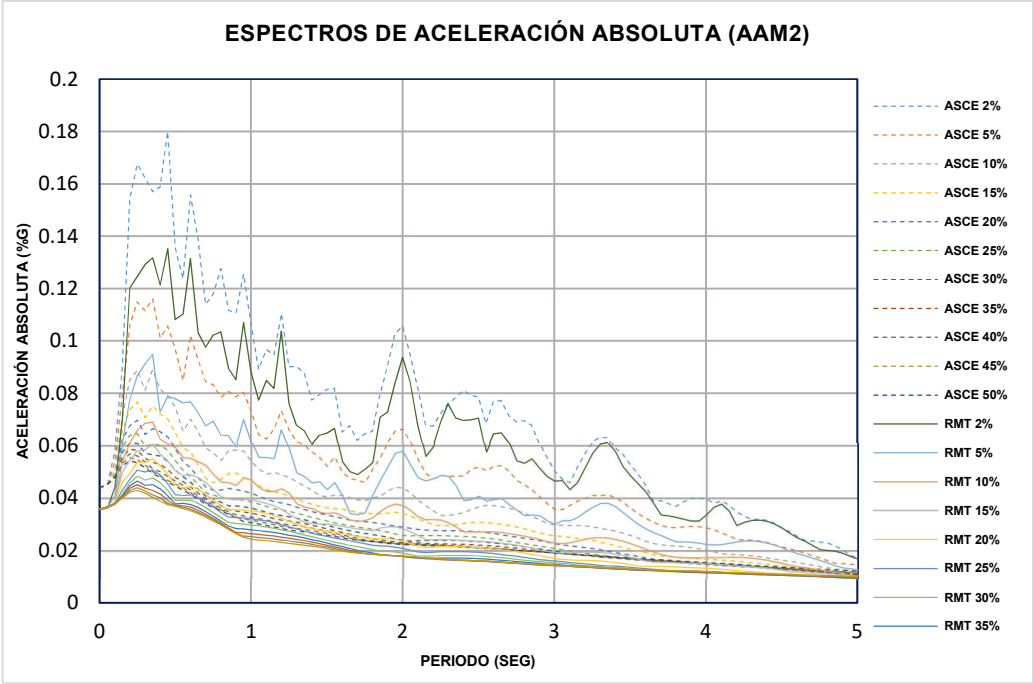
Published with MATLAB® R2014b

Anexo 2

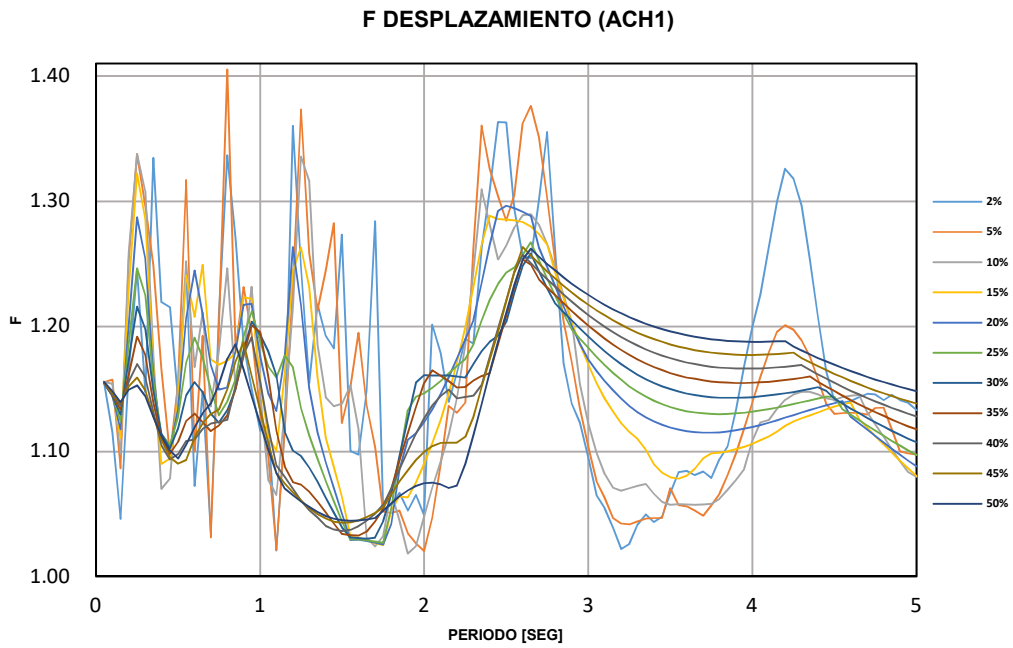
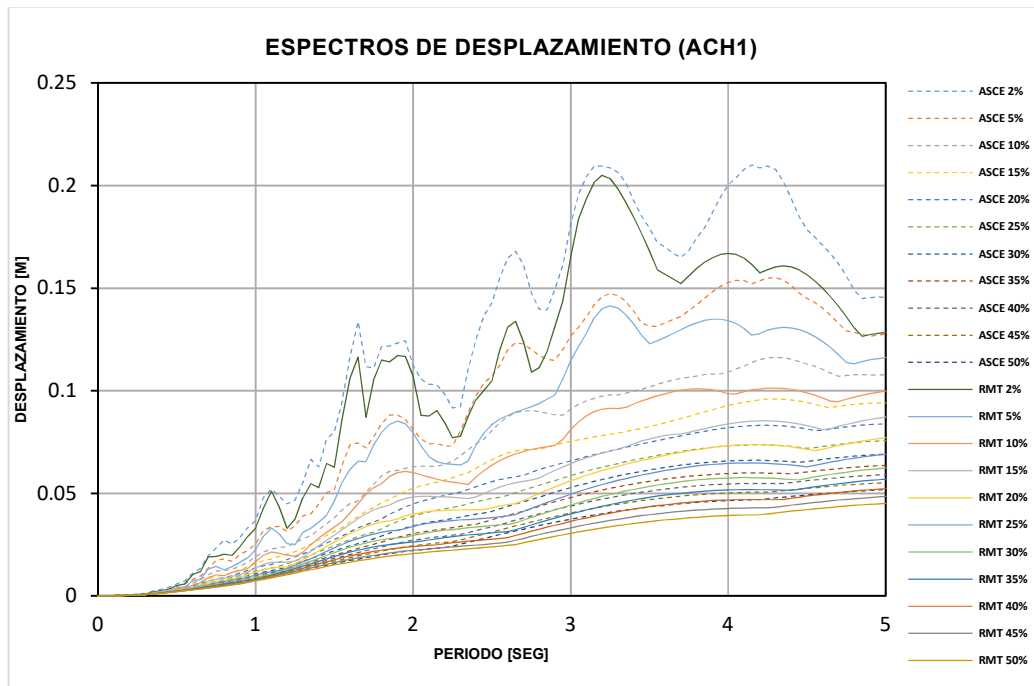
Registros de Ecuador

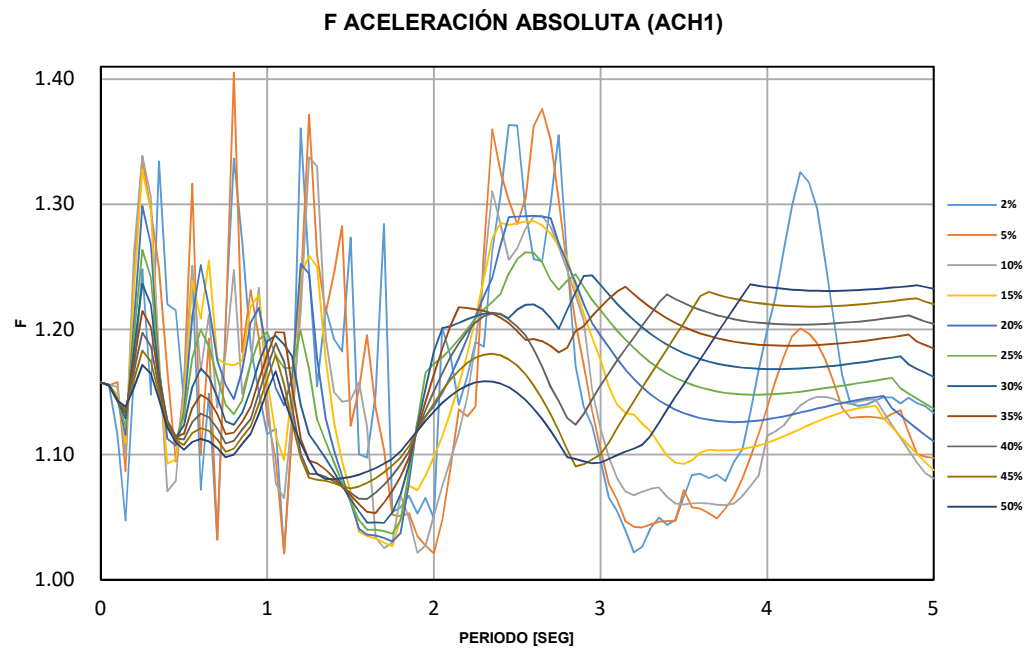
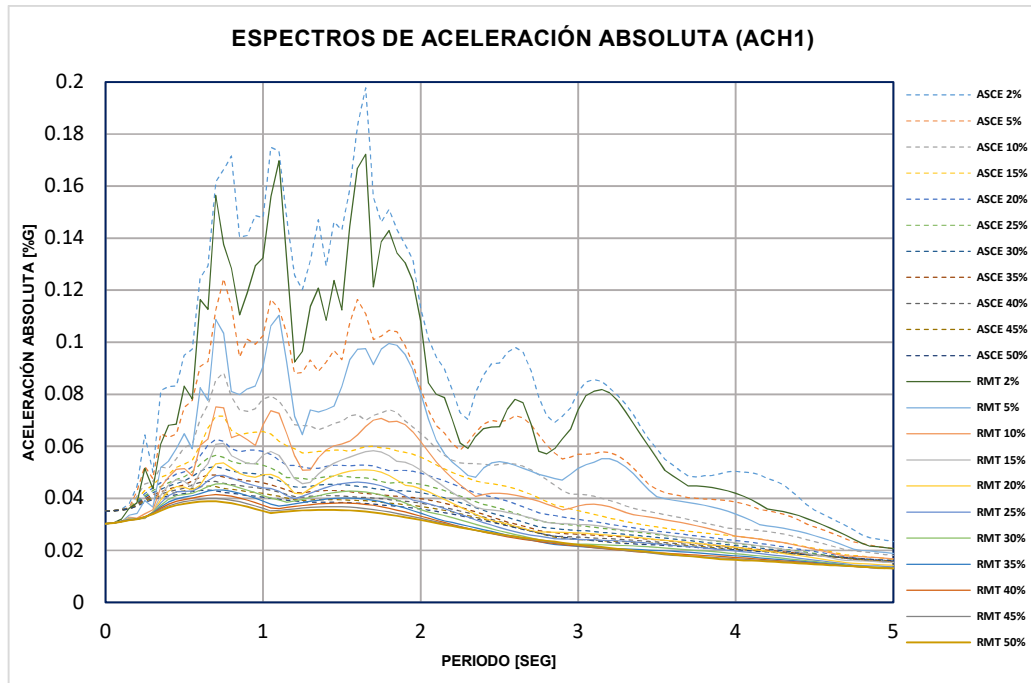
ESTACIÓN AAM2



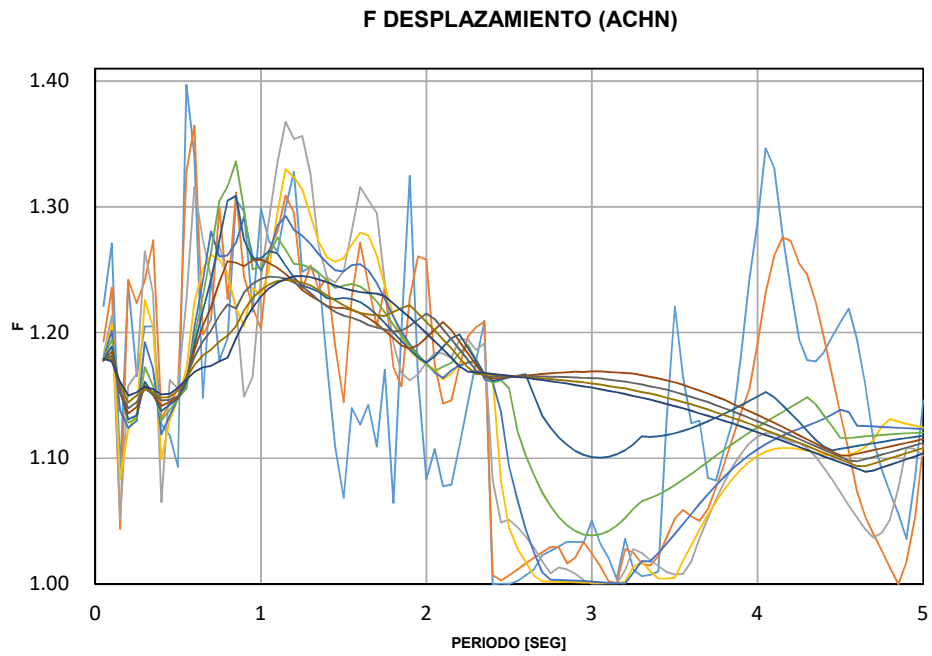
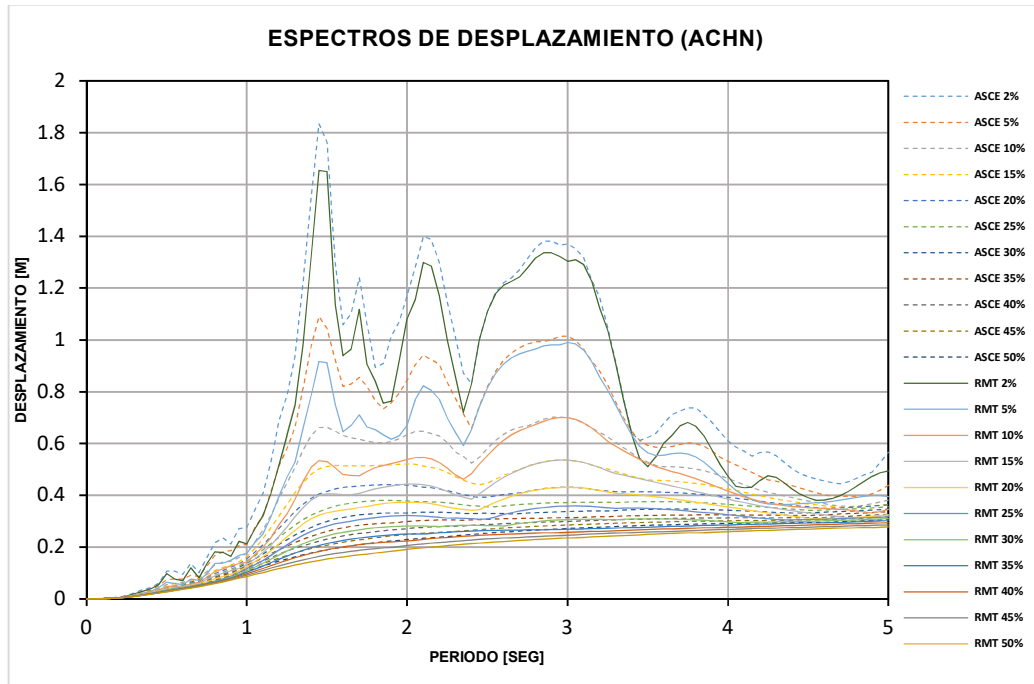


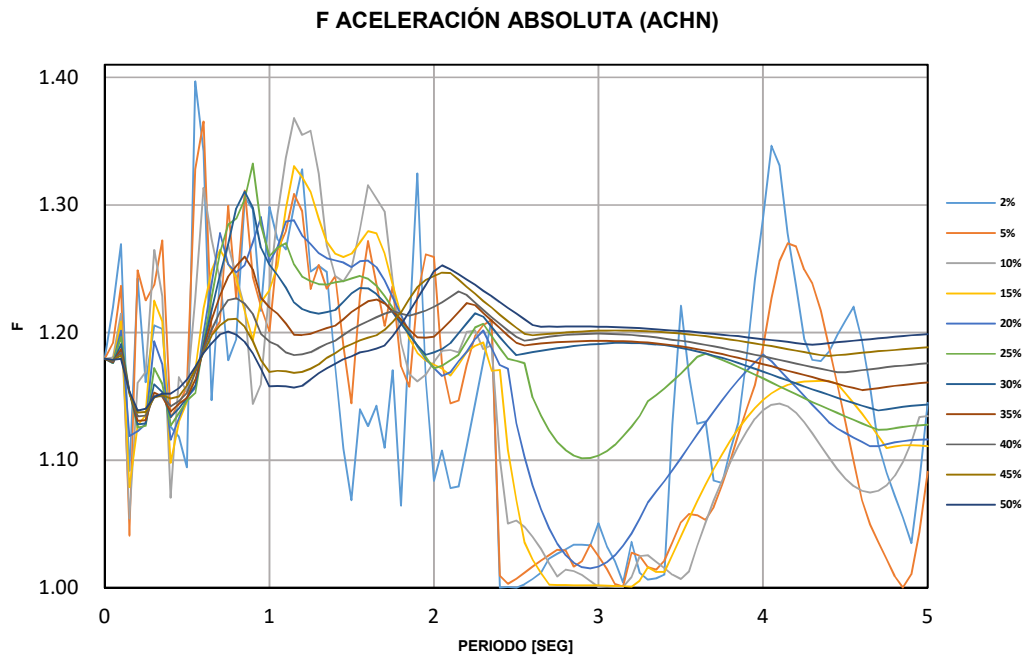
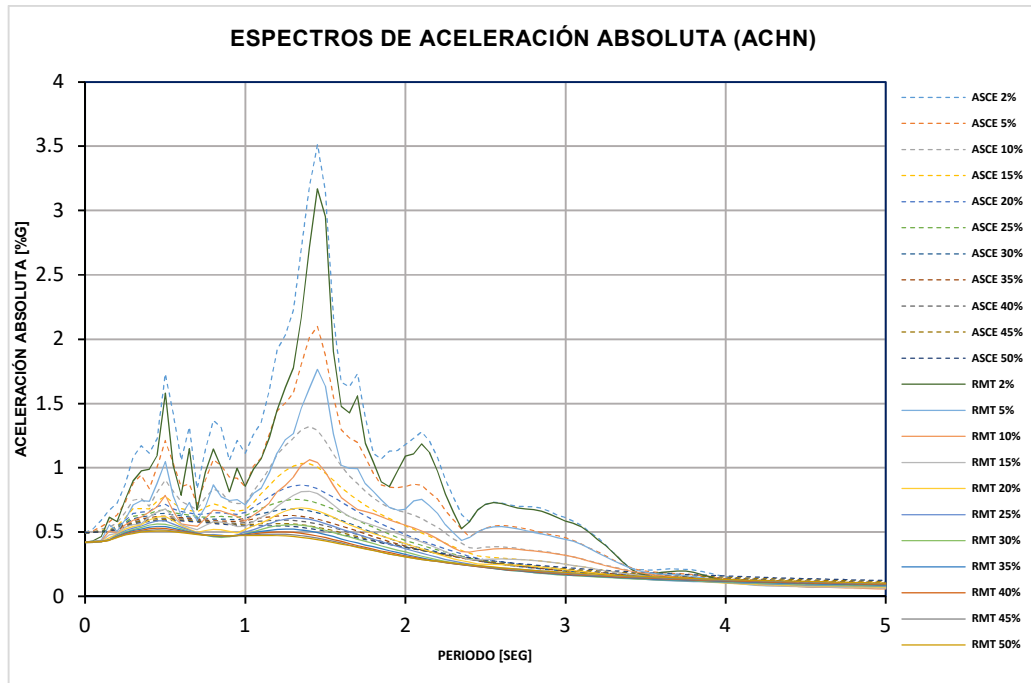
ESTACIÓN ACH1



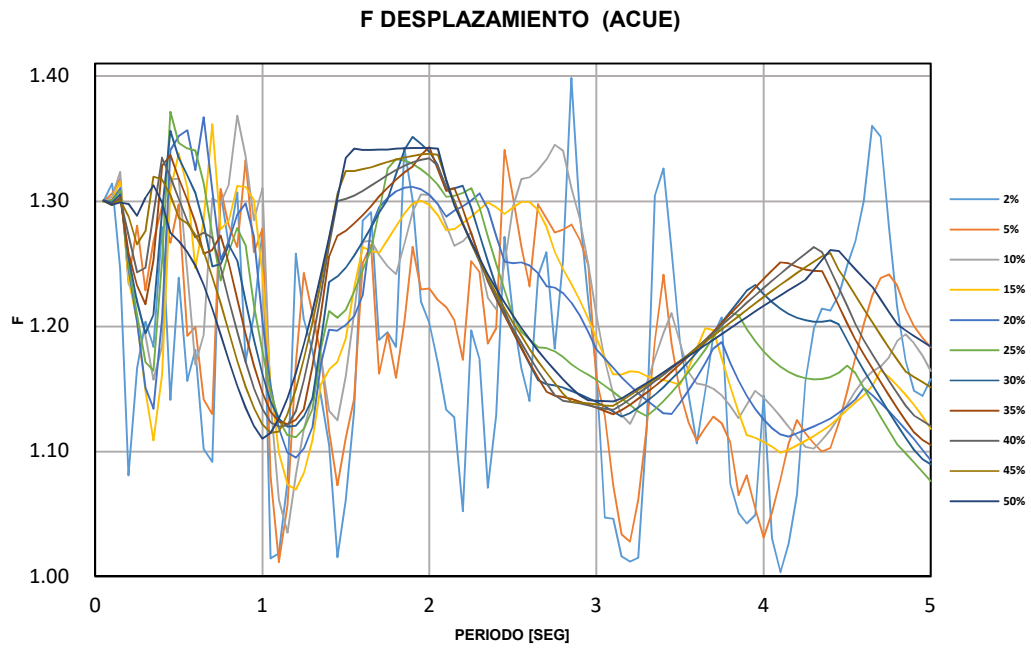
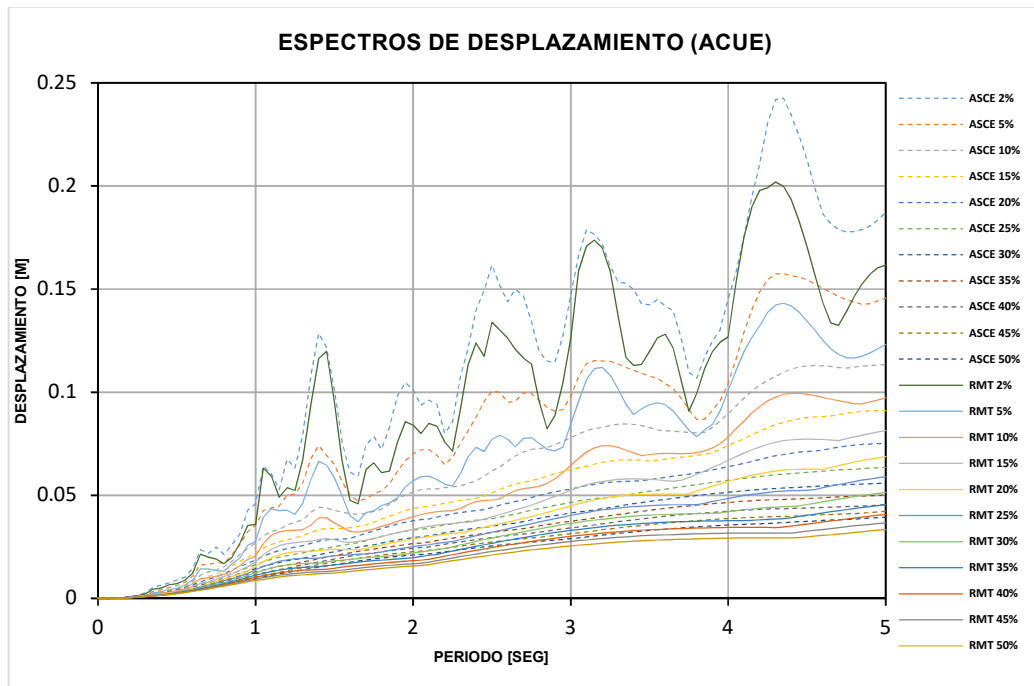


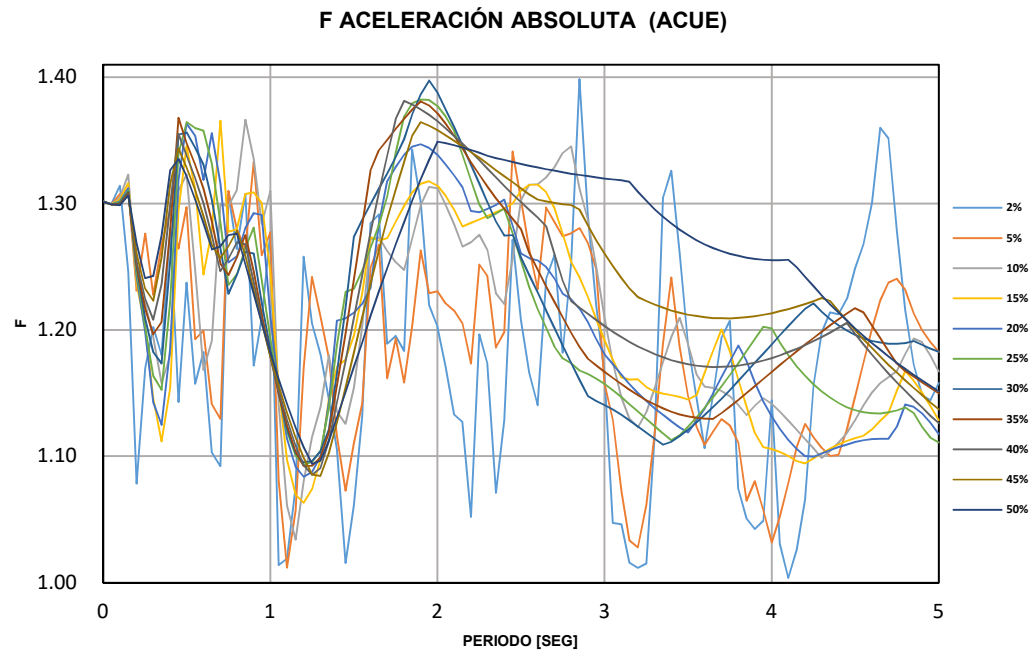
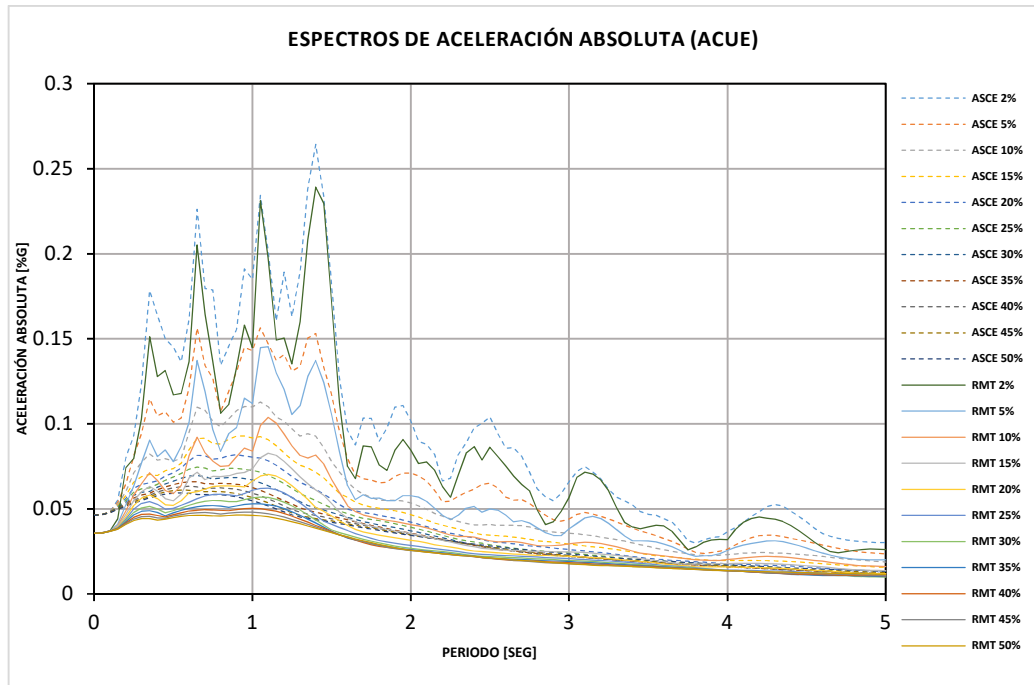
ESTACIÓN ACHN



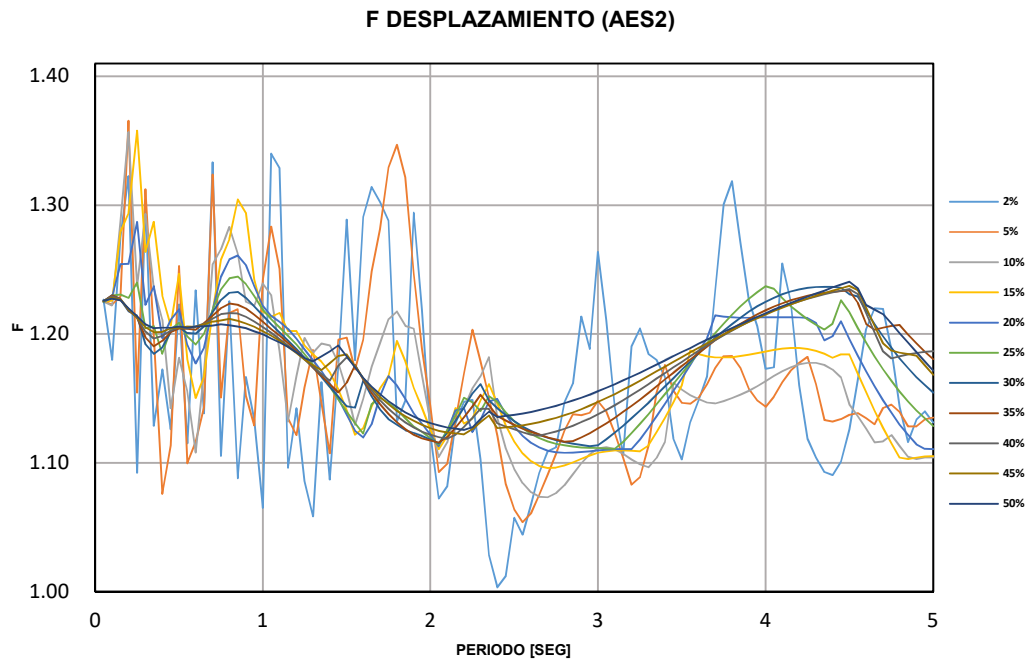
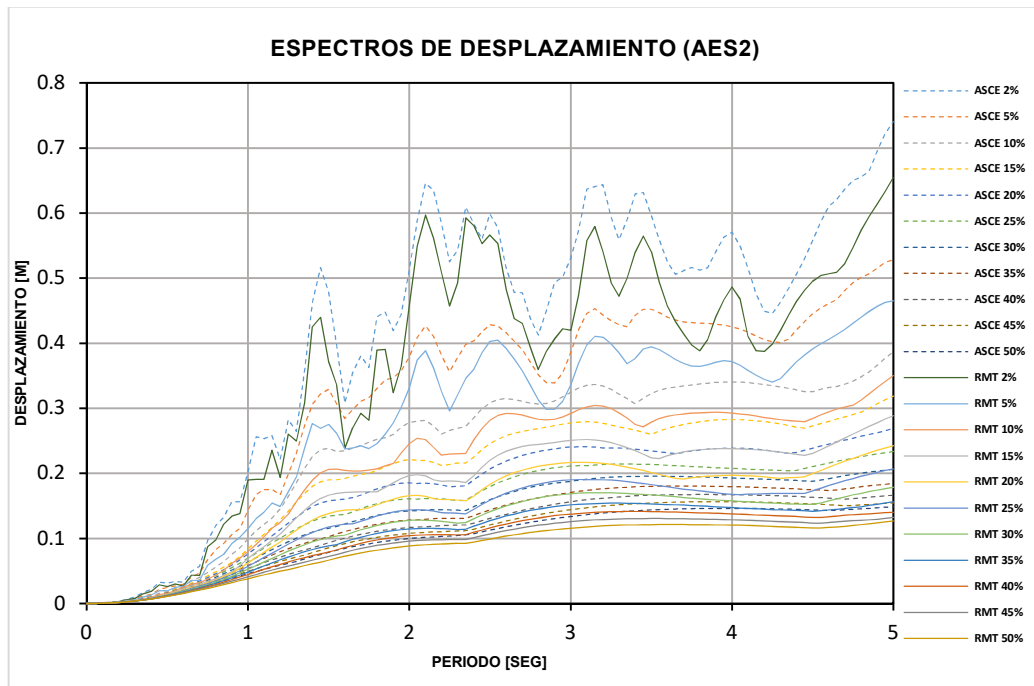


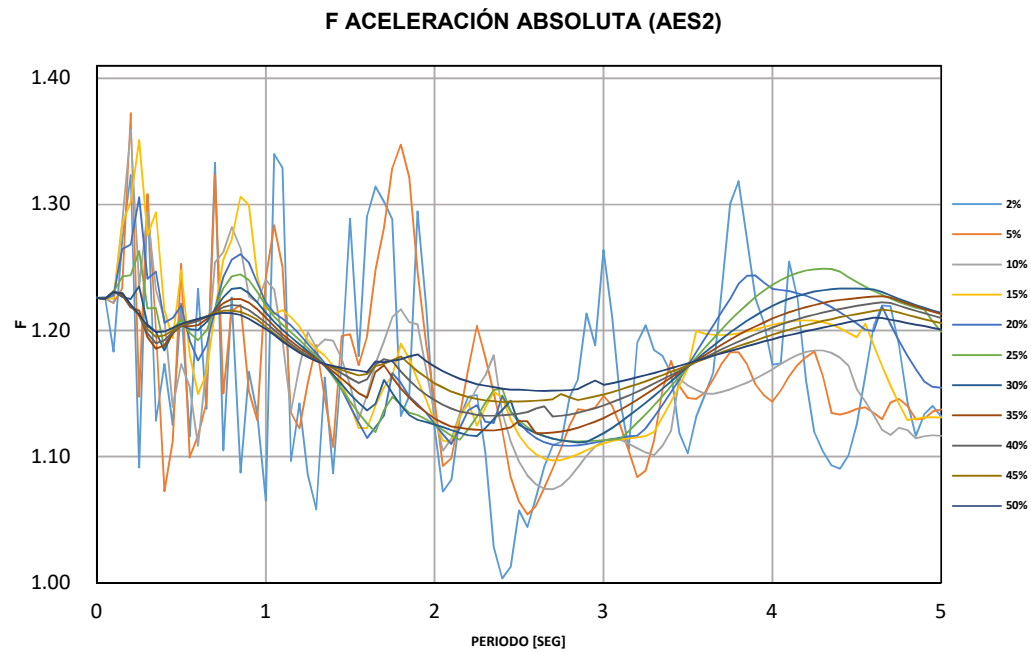
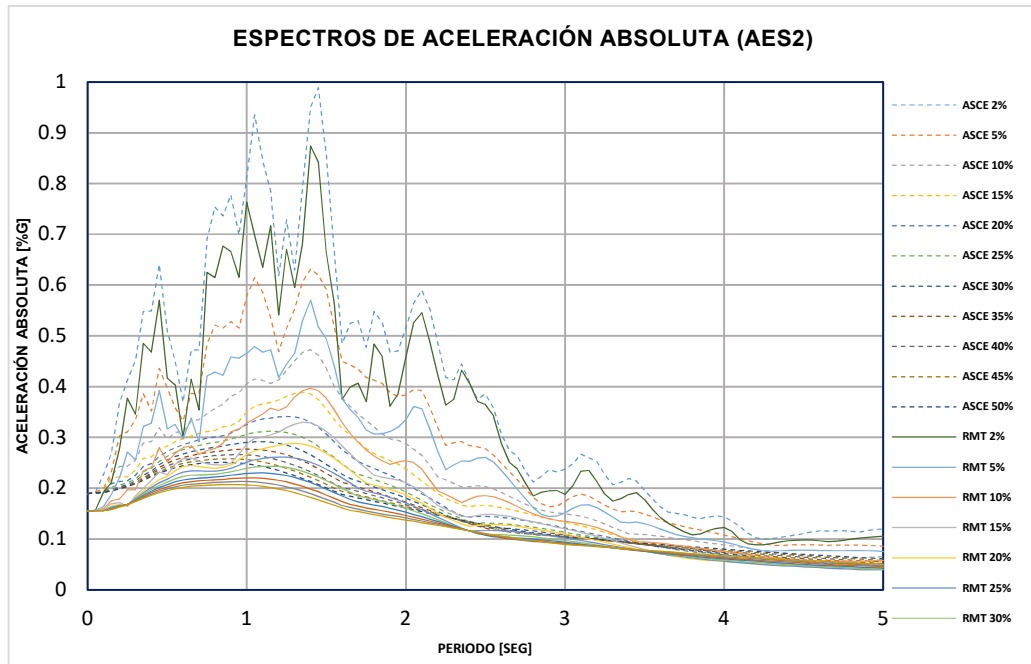
ESTACIÓN ACUE



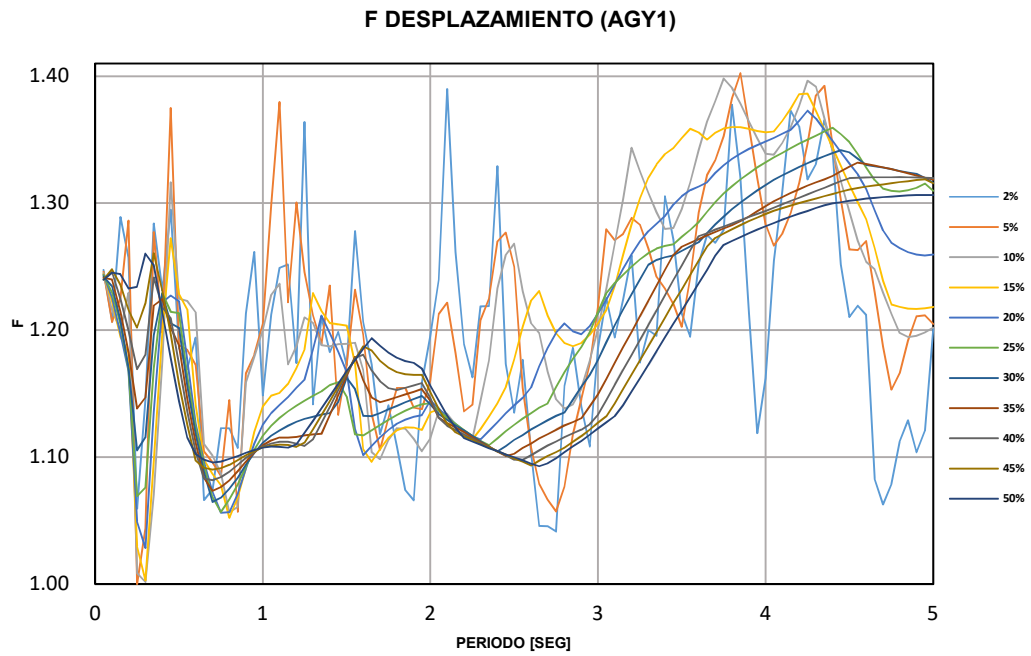
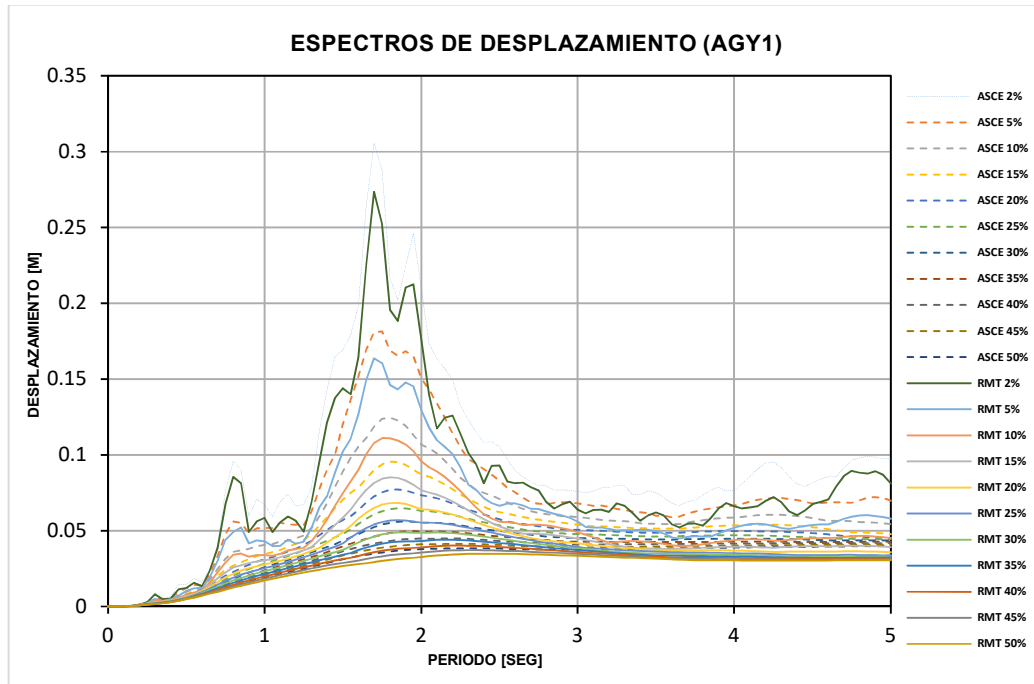


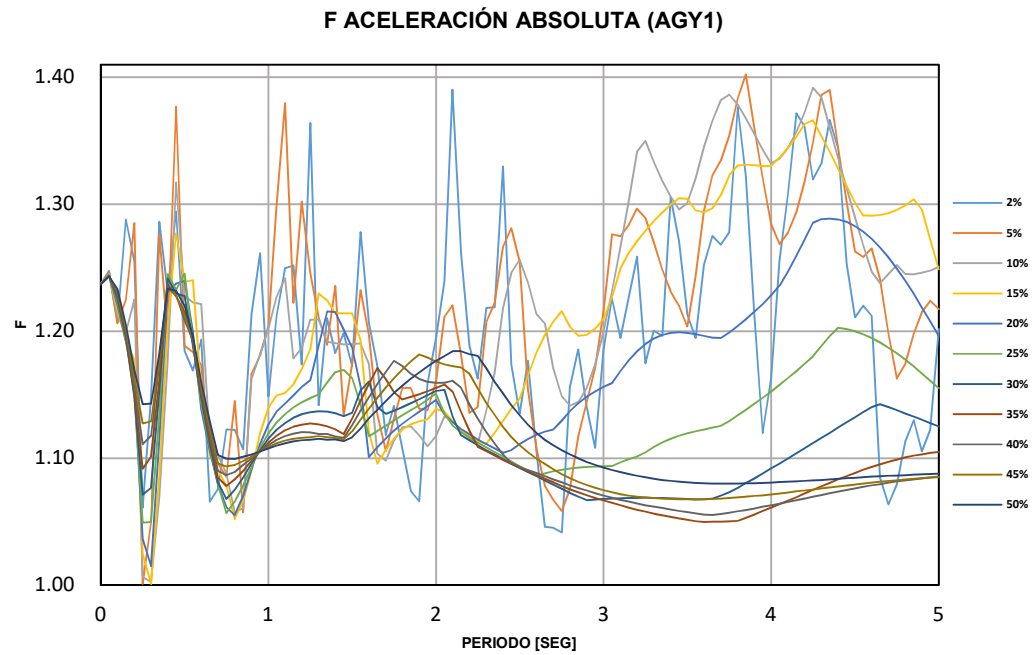
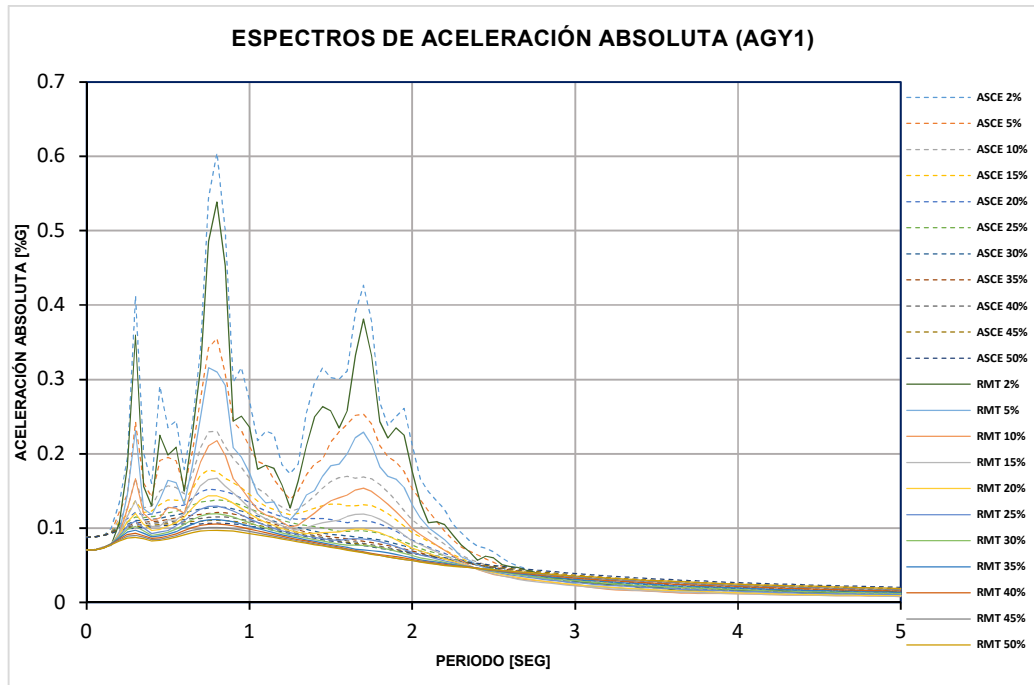
ESTACIÓN AES2



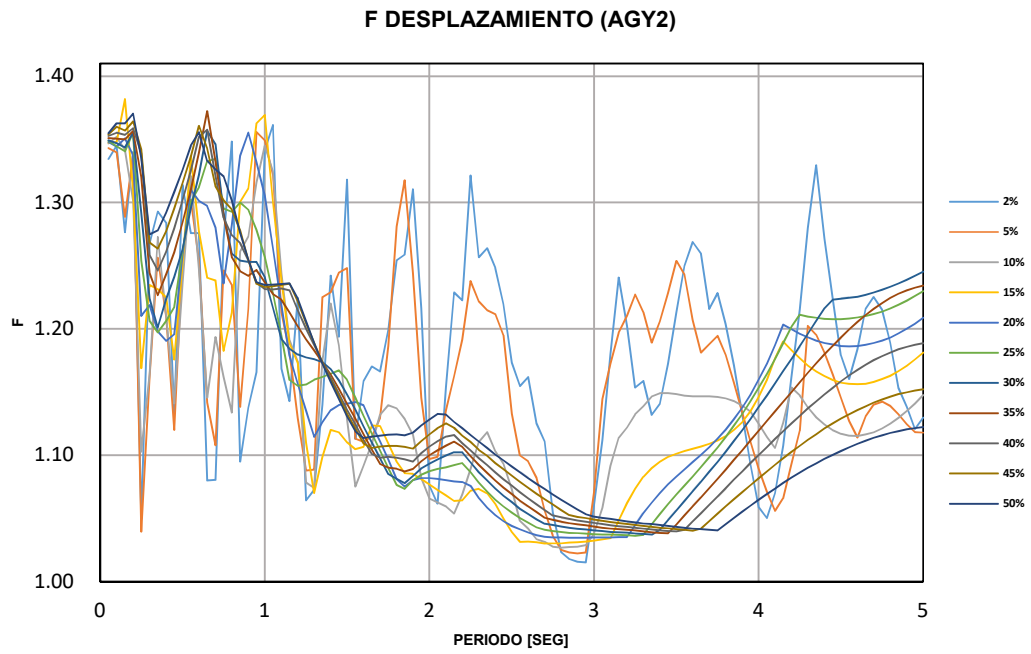
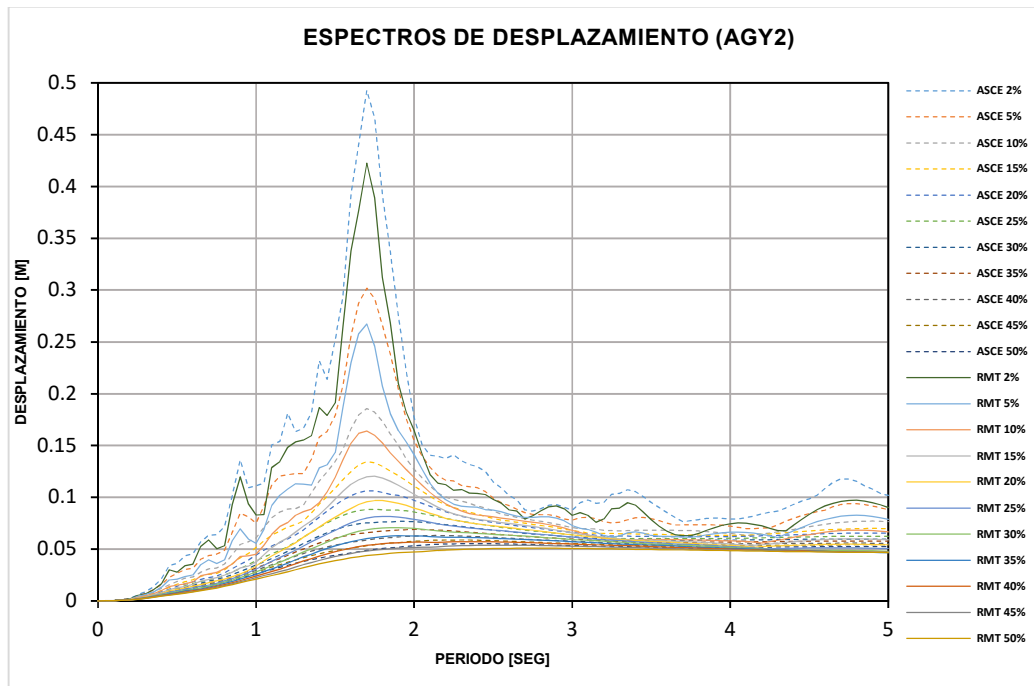


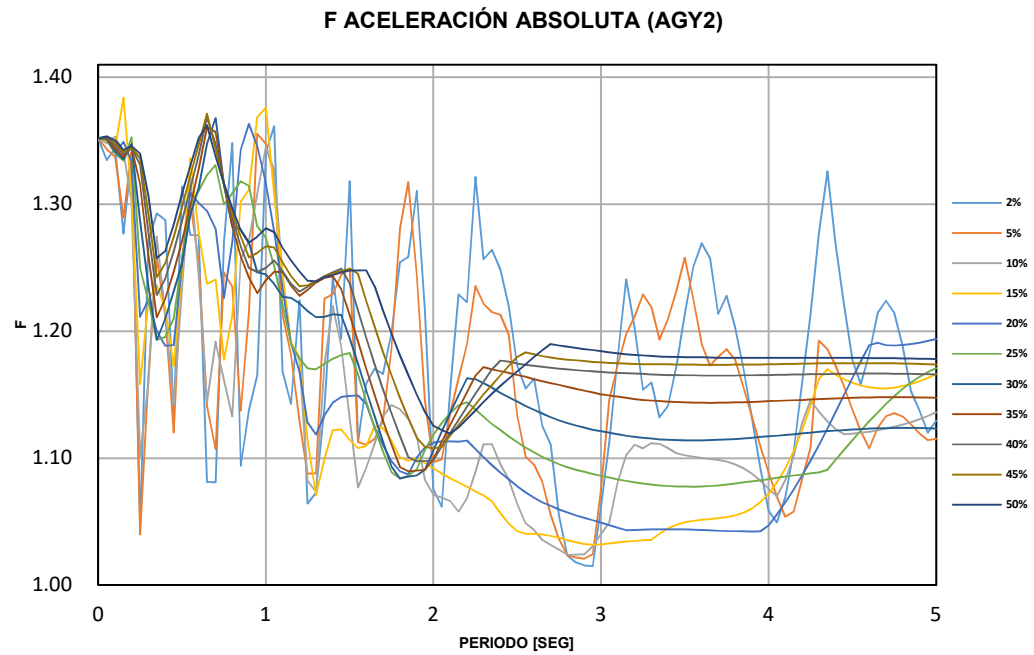
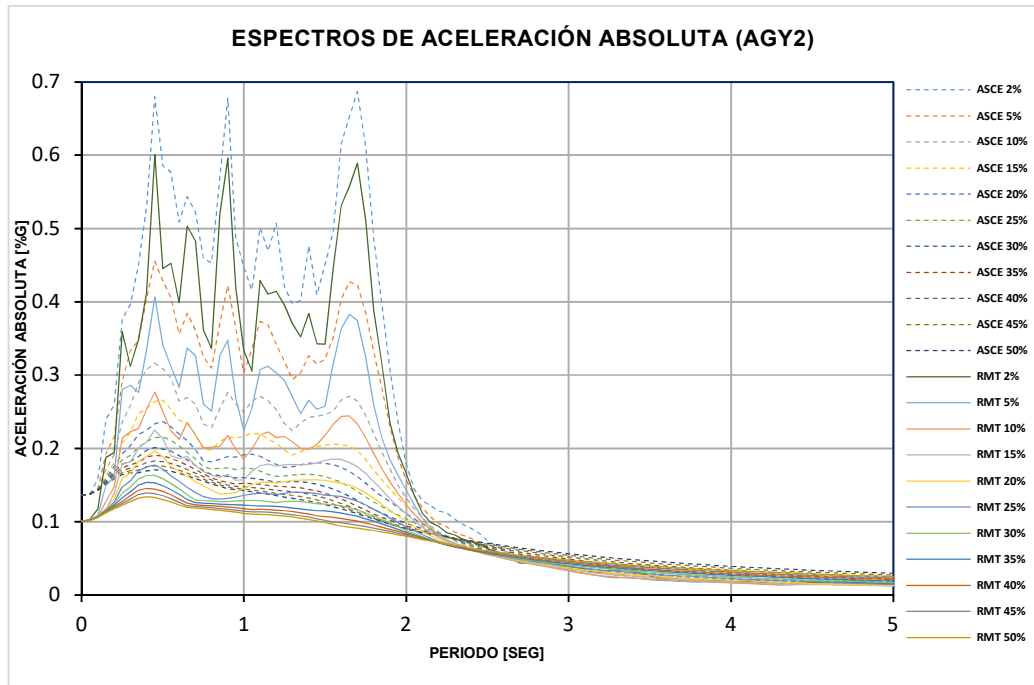
ESTACIÓN AGY1



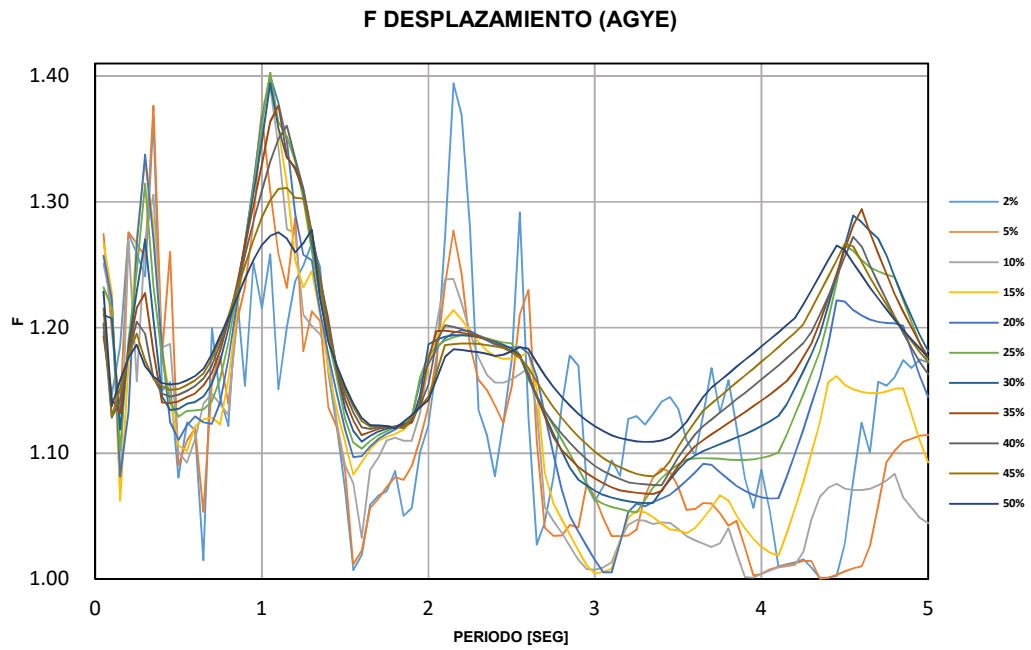
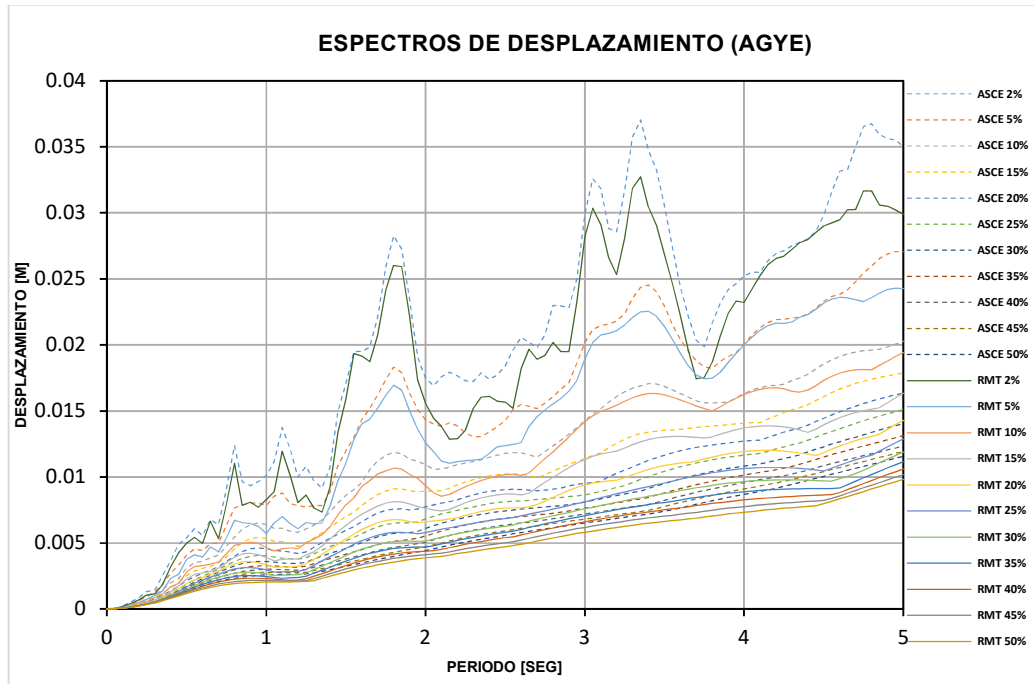


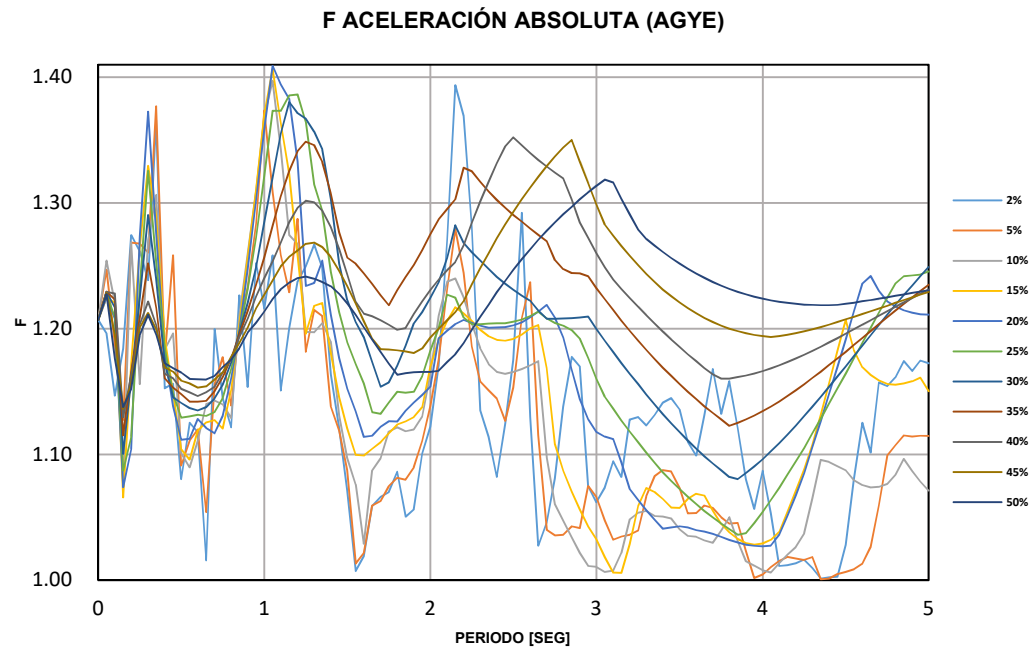
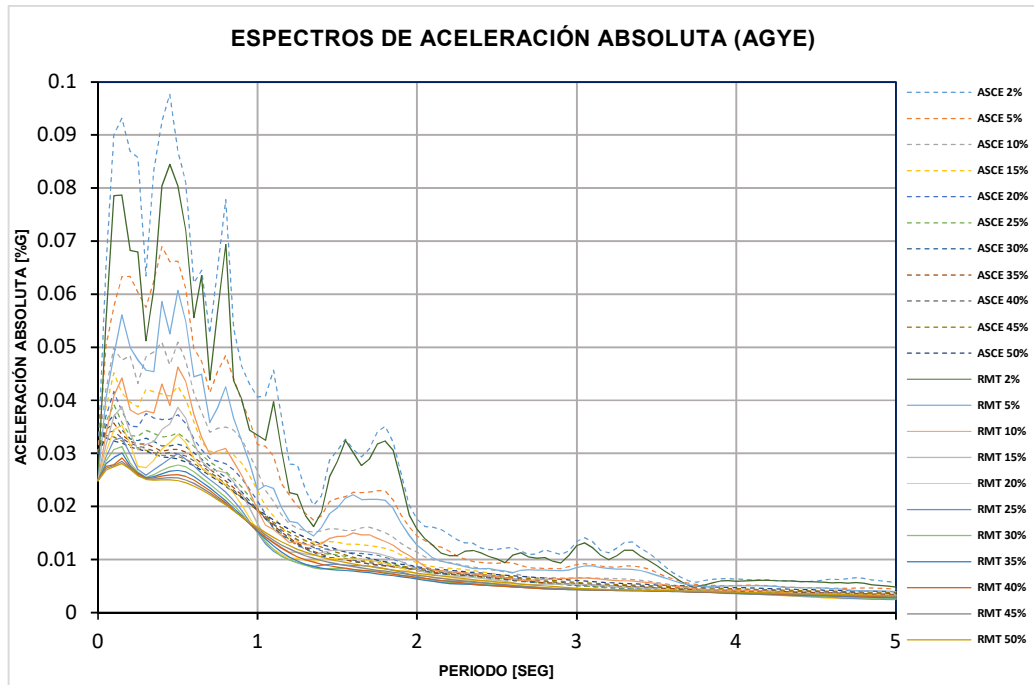
ESTACIÓN AGY2



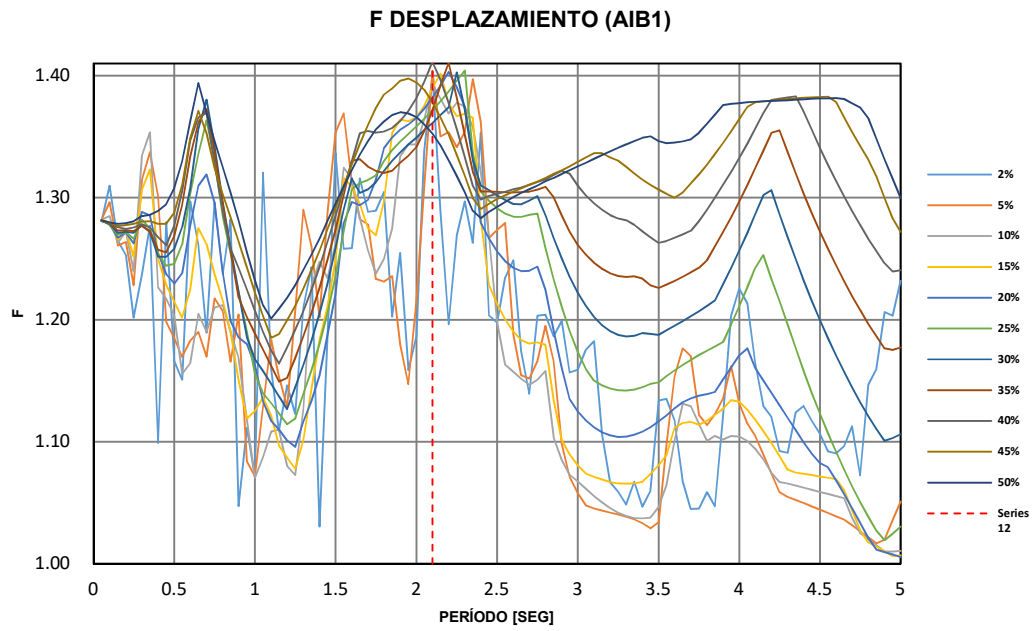
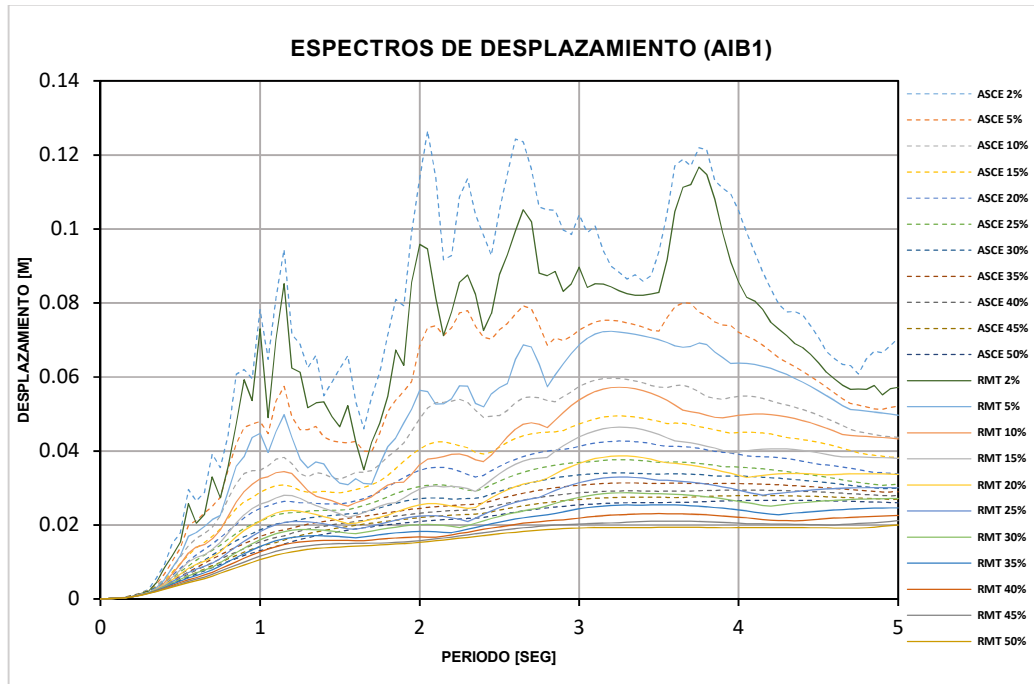


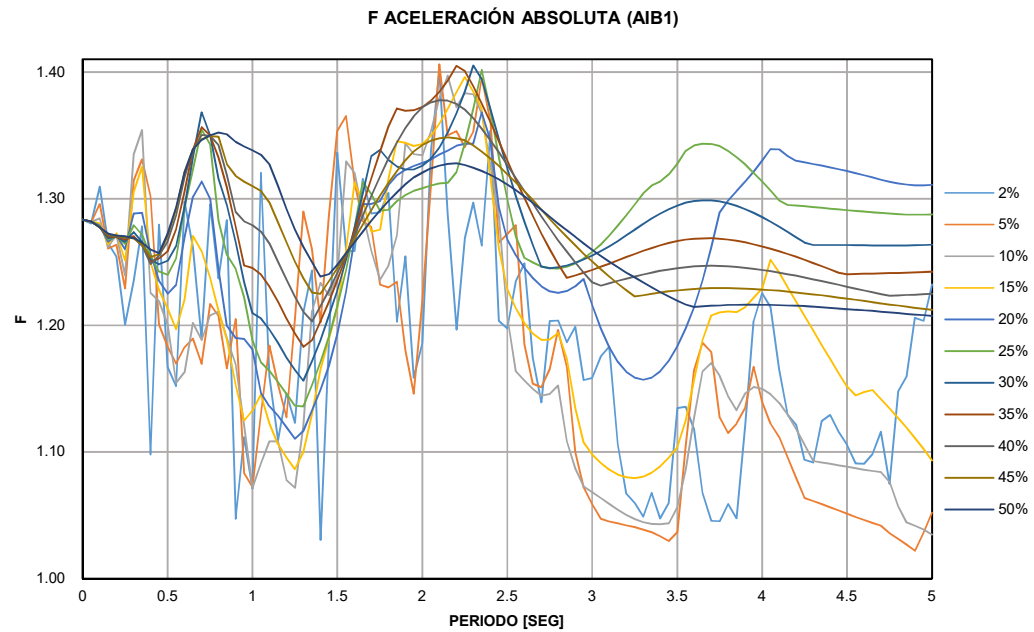
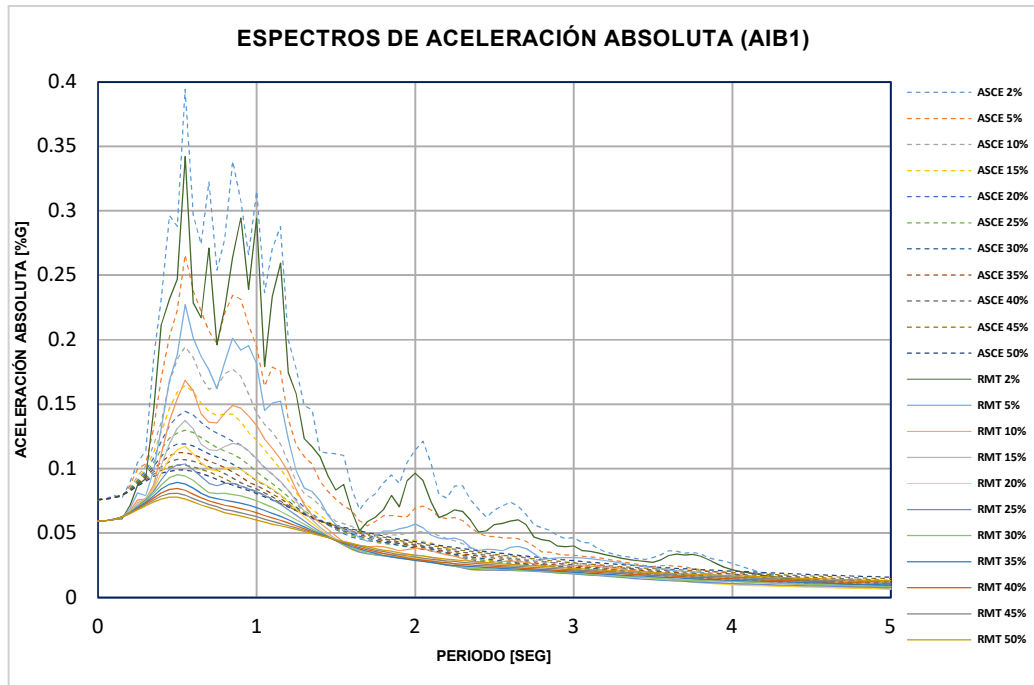
ESTACIÓN AGYE



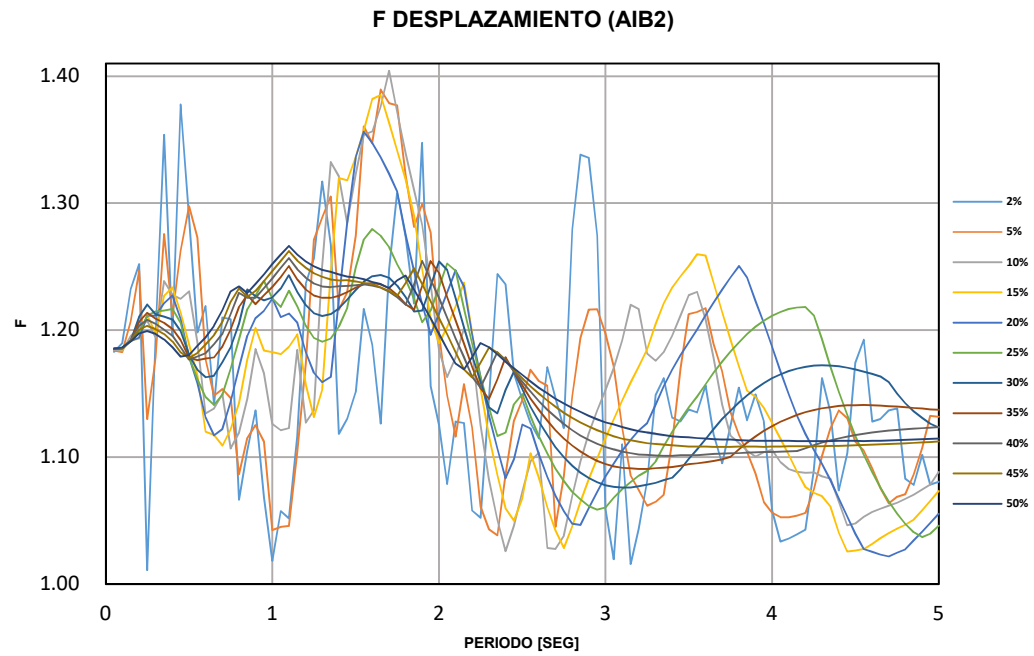
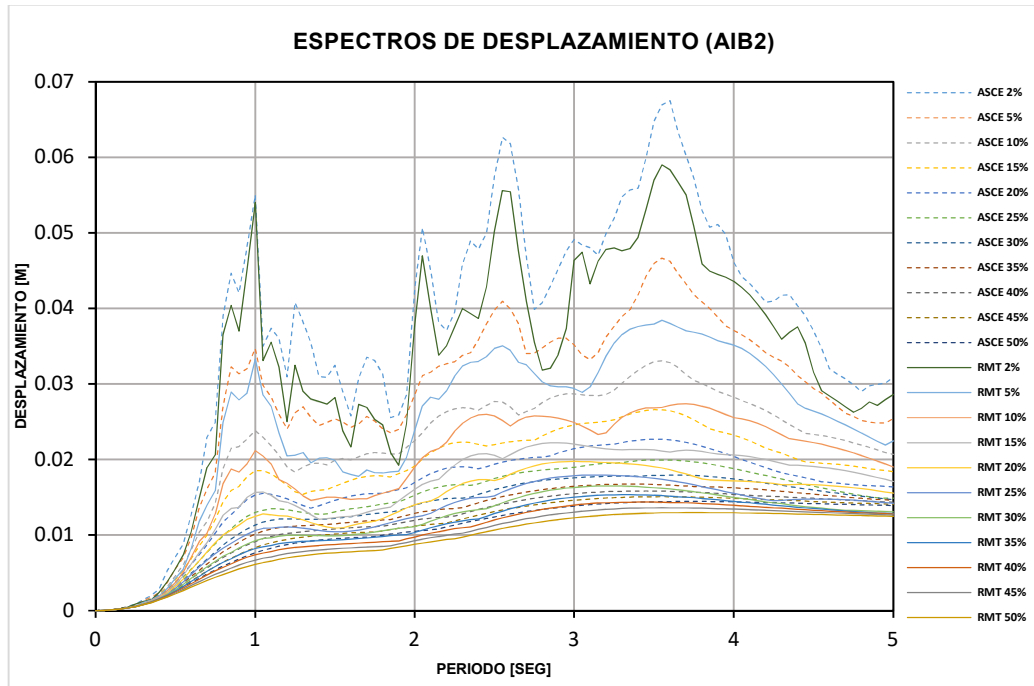


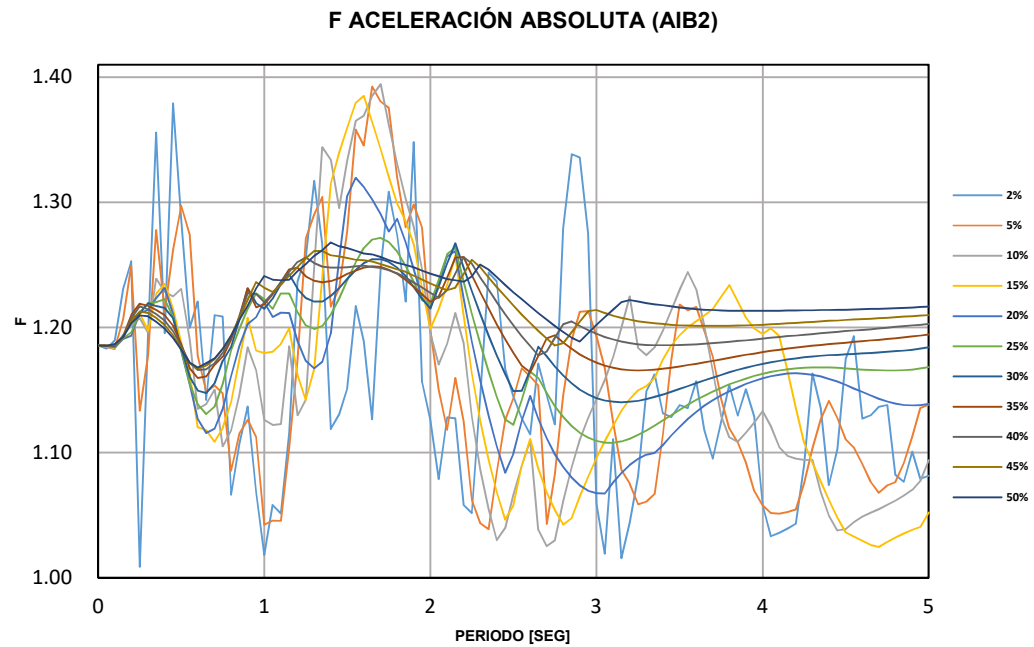
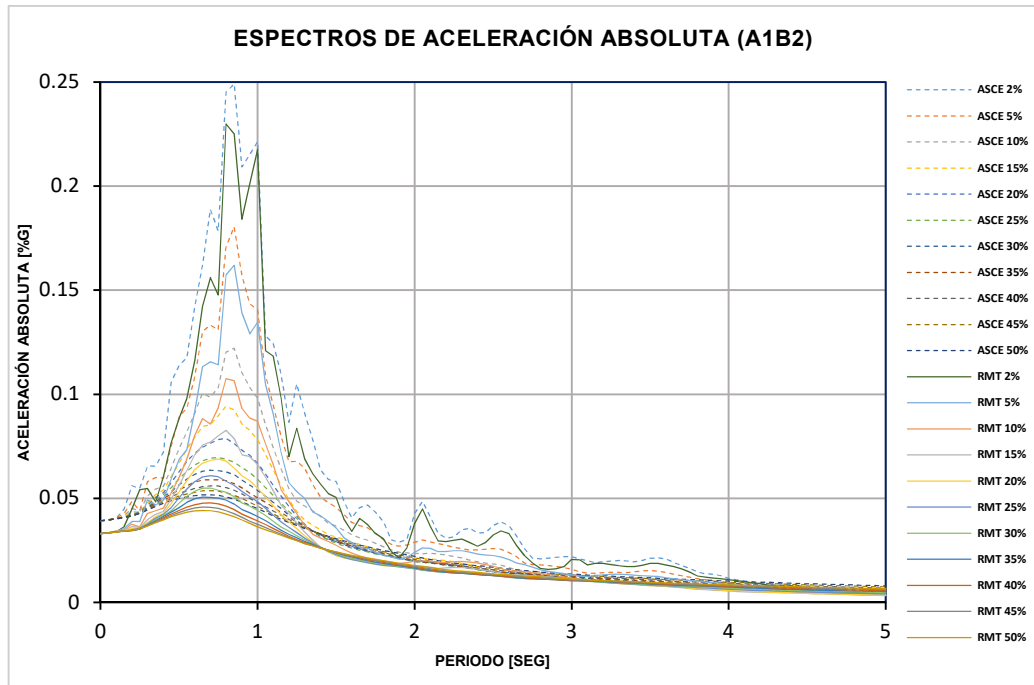
ESTACIÓN AIB1



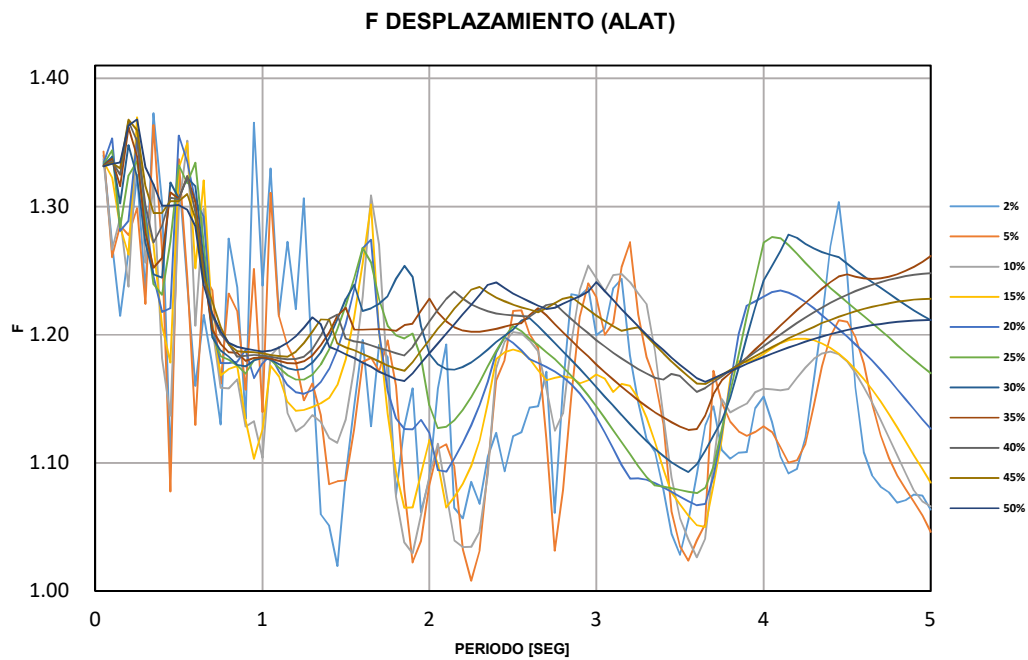
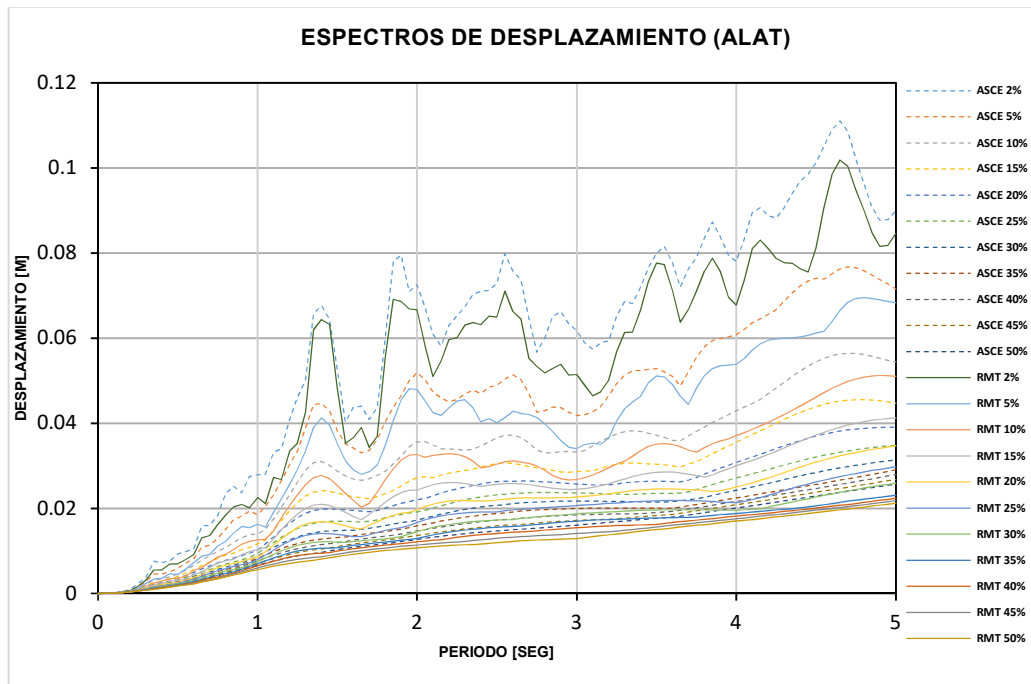


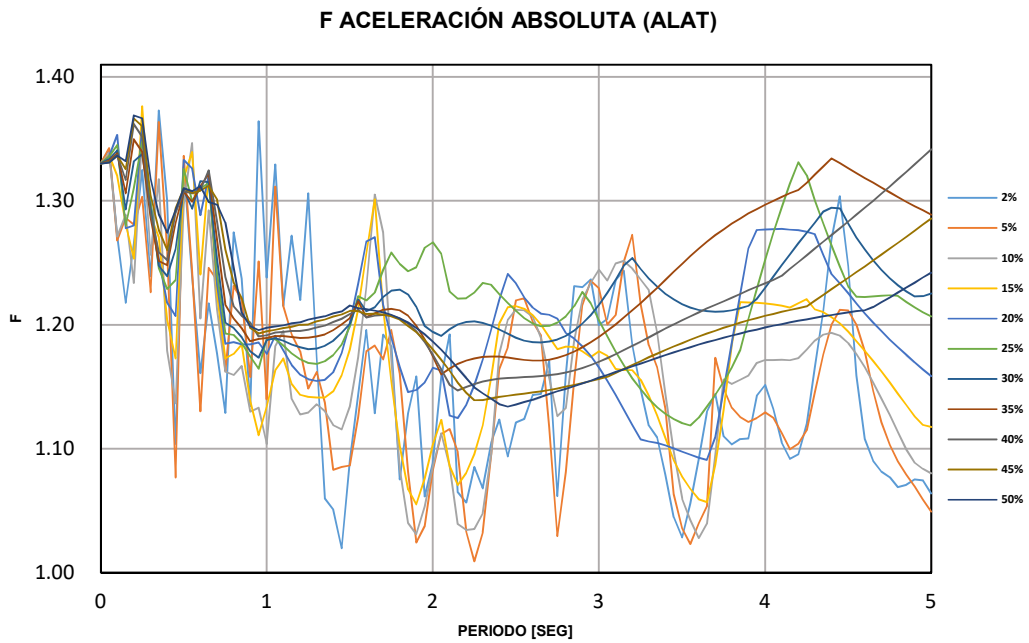
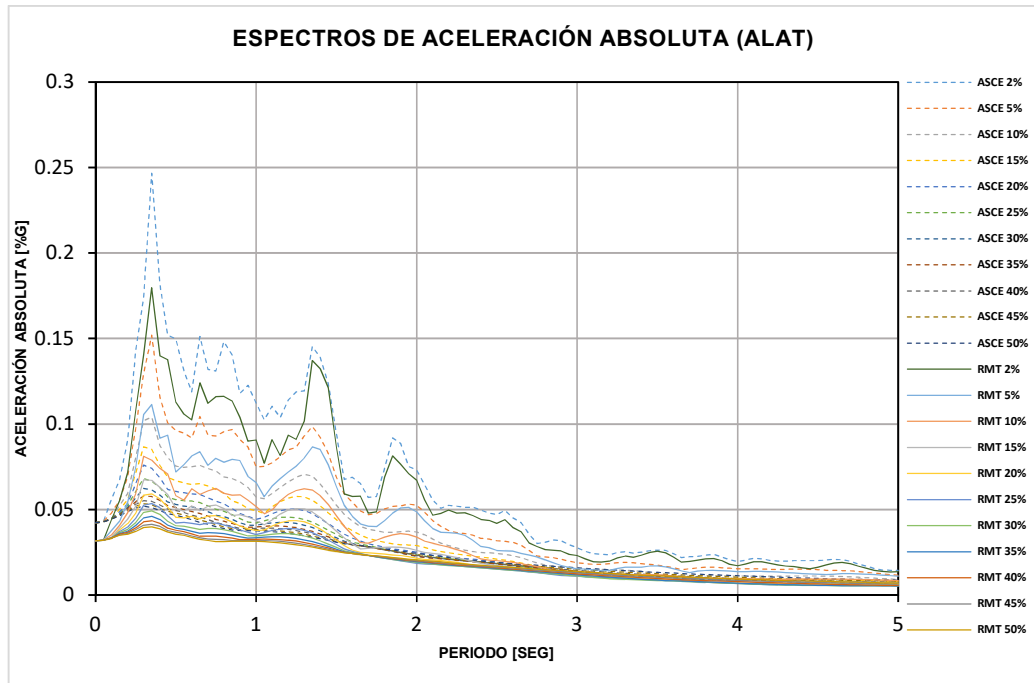
ESTACIÓN AIB2



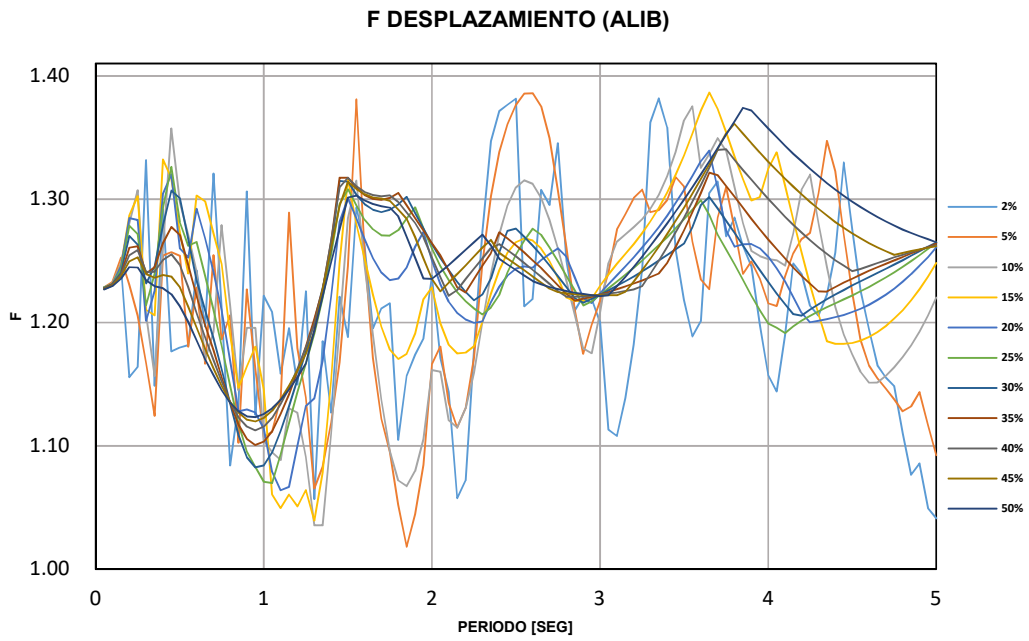
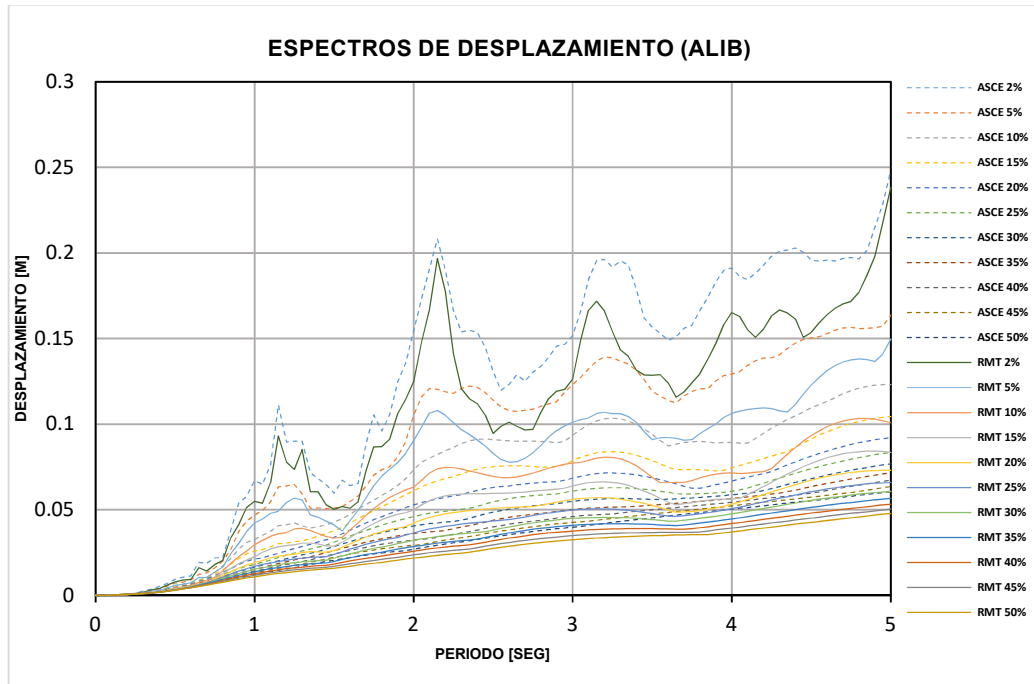


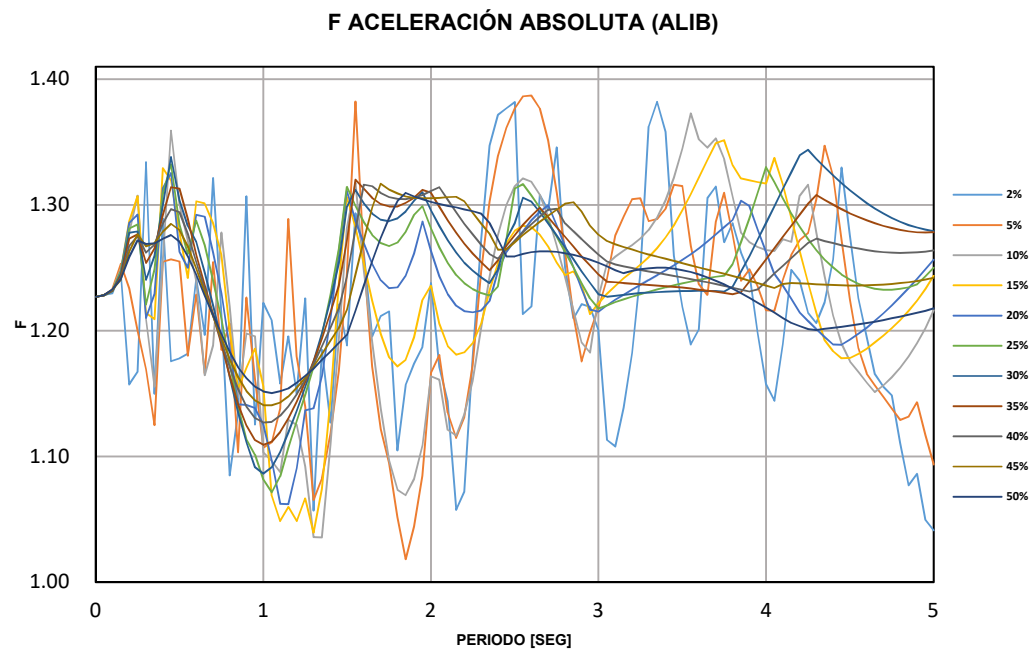
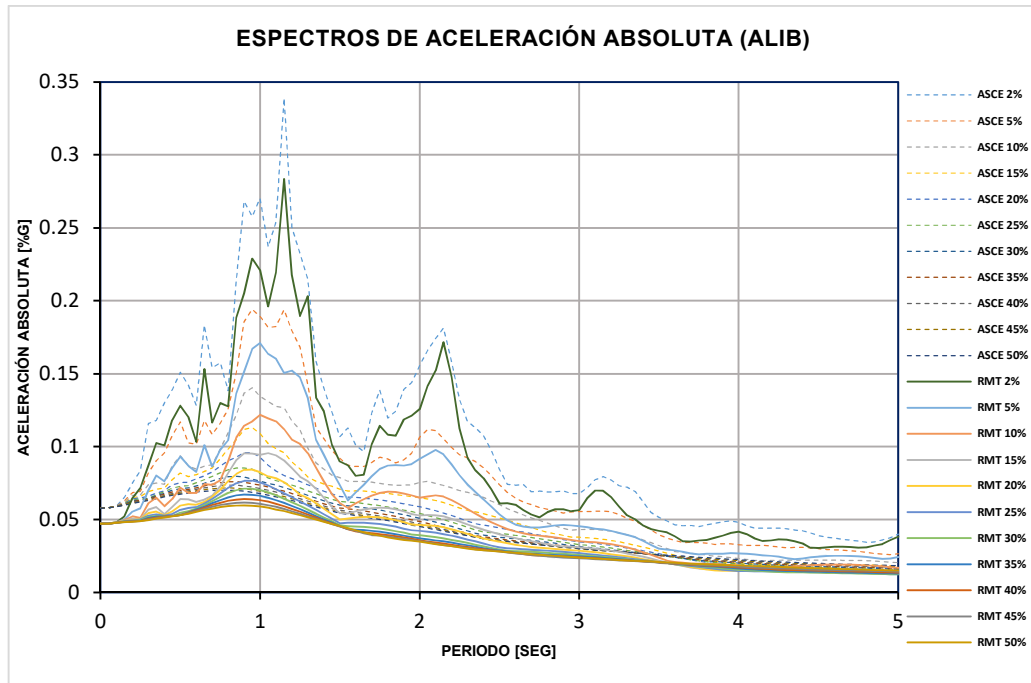
ESTACIÓN ALAT



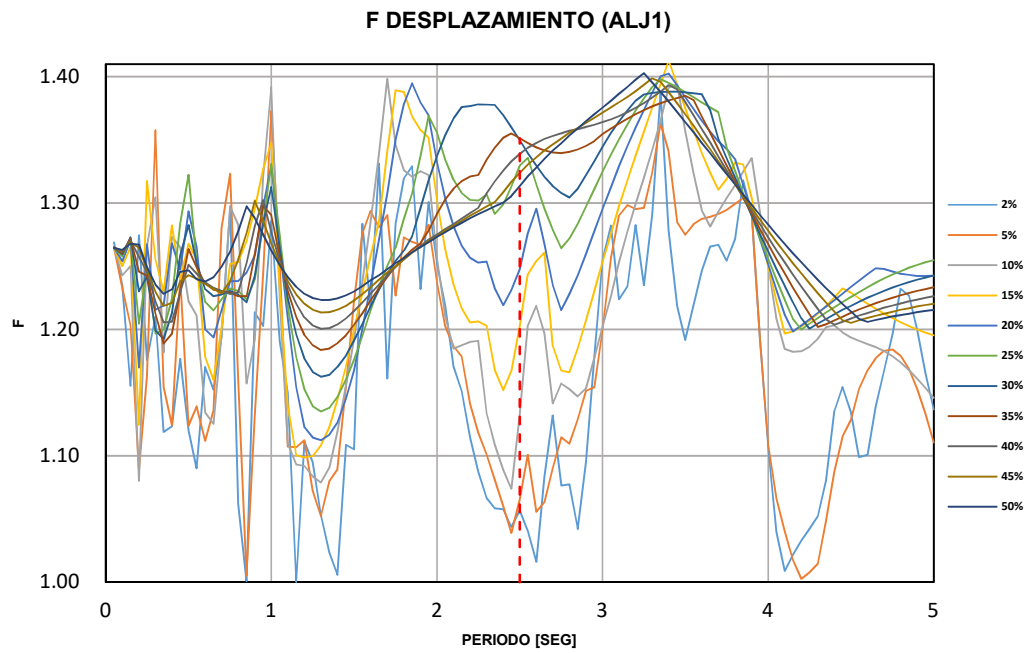
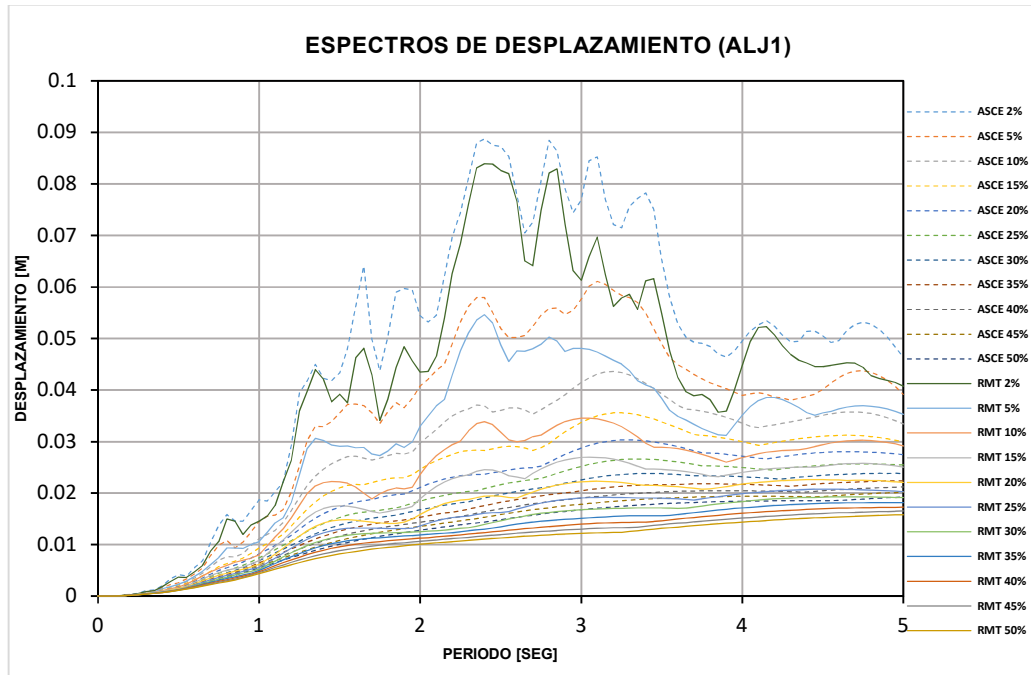


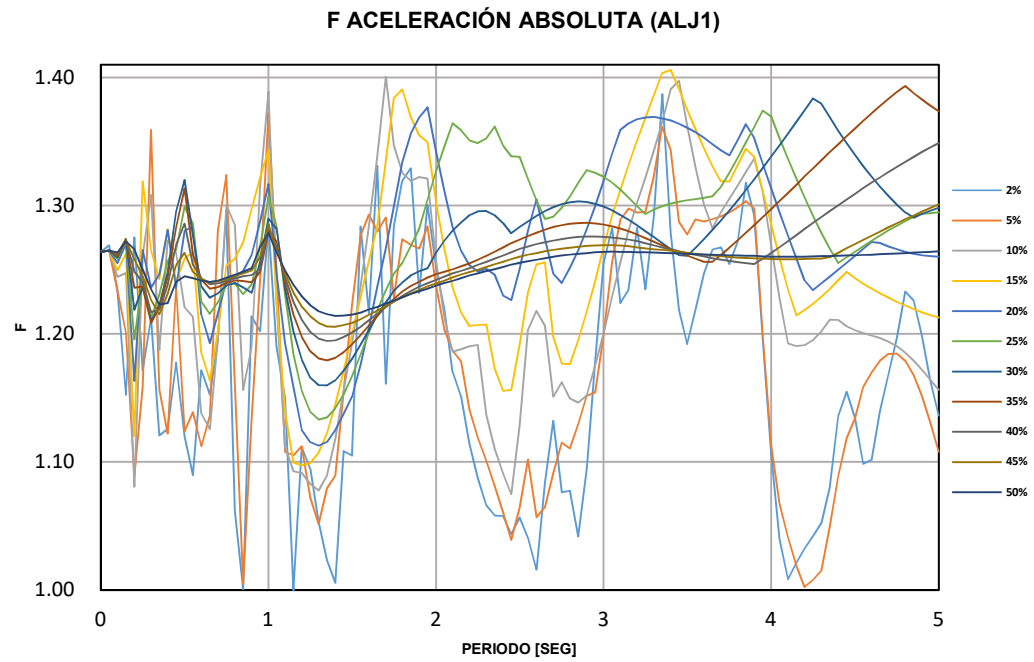
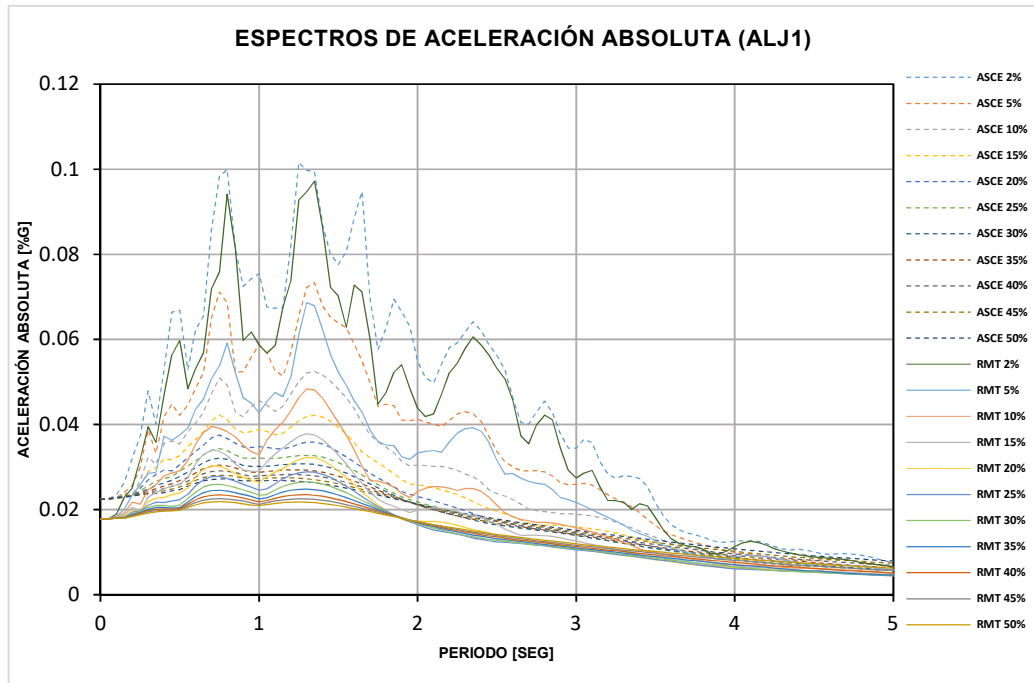
ESTACIÓN ALIB



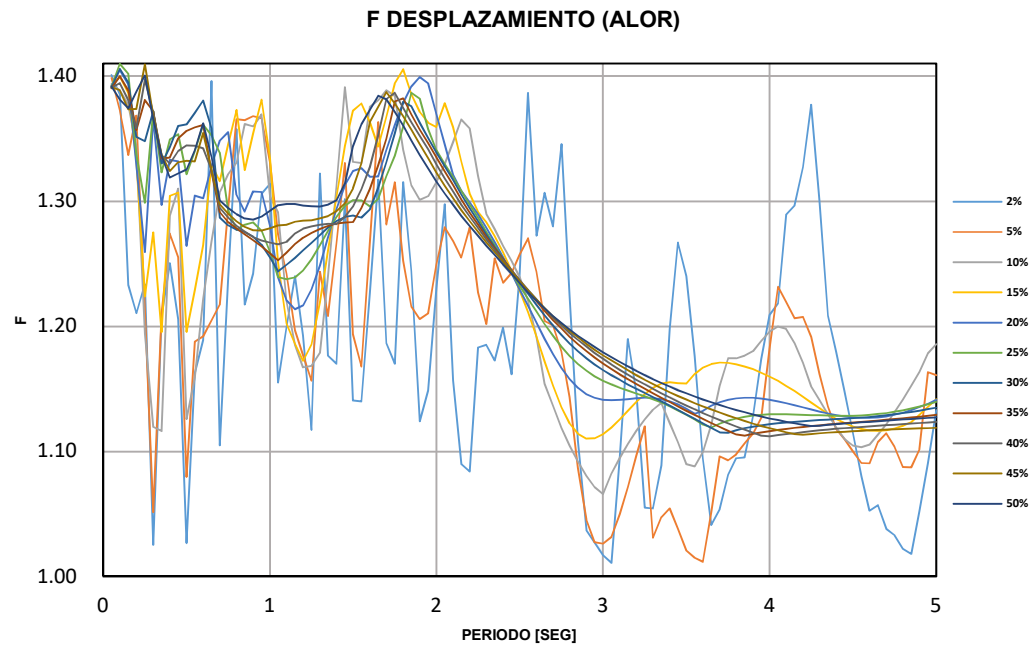
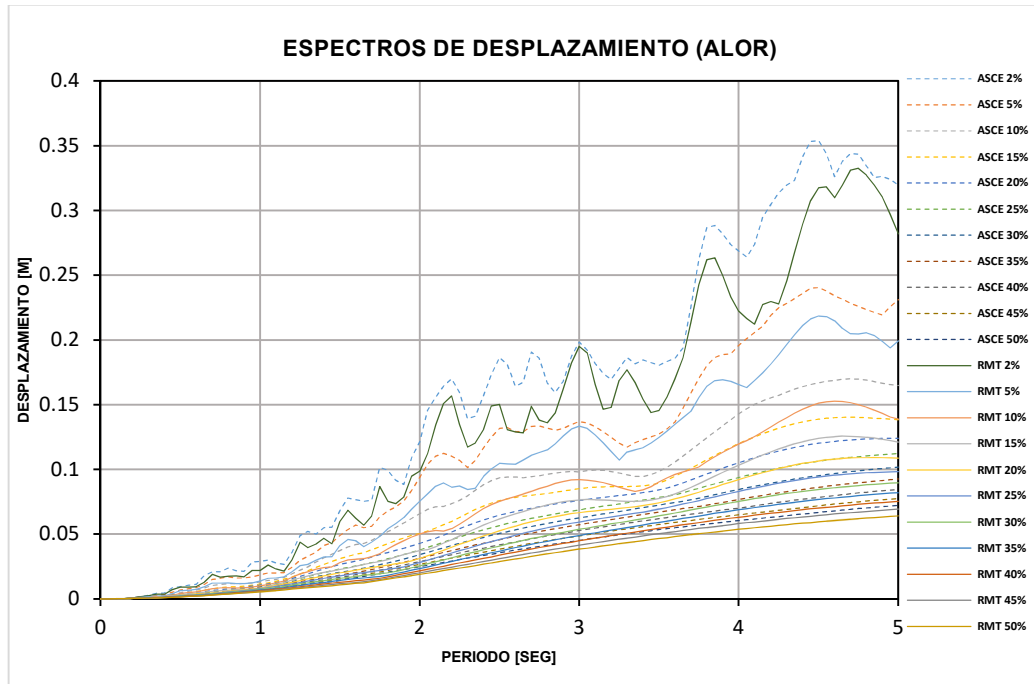


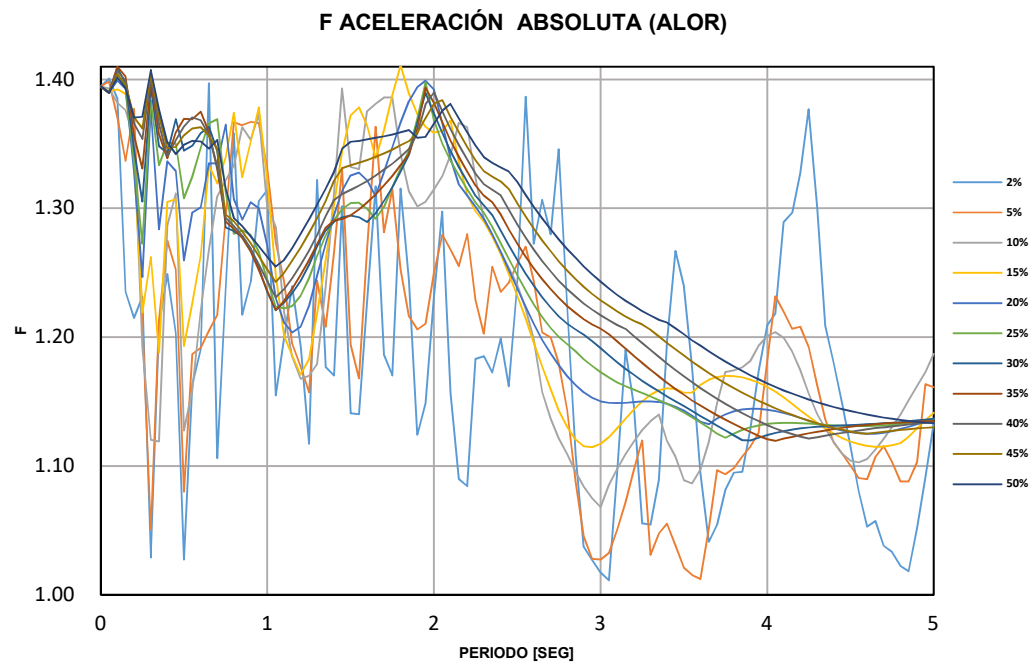
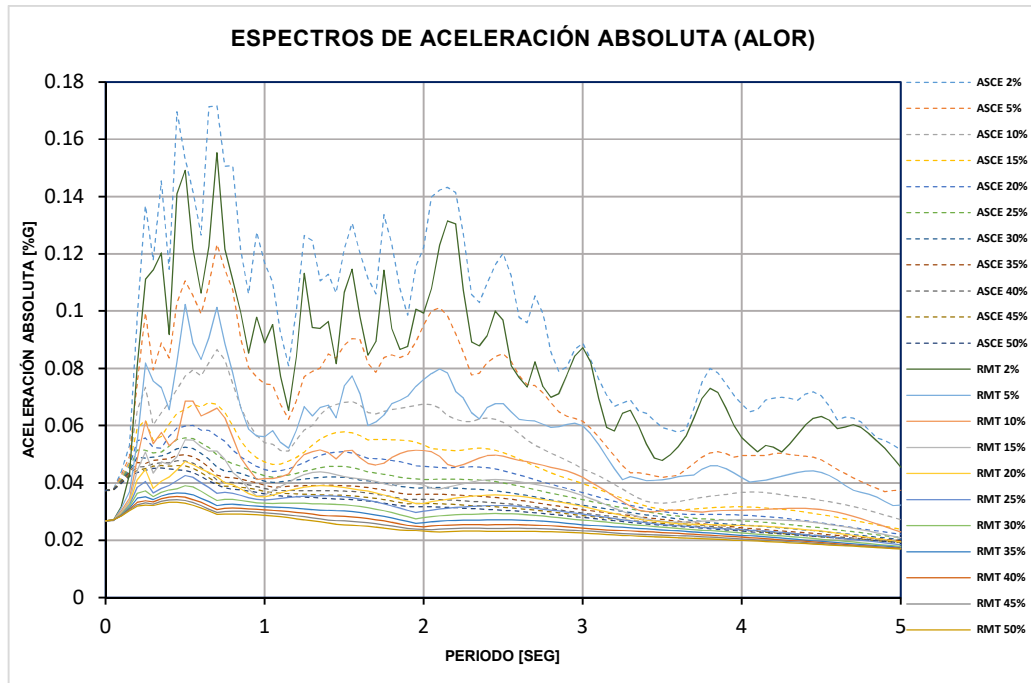
ESTACIÓN ALJ1



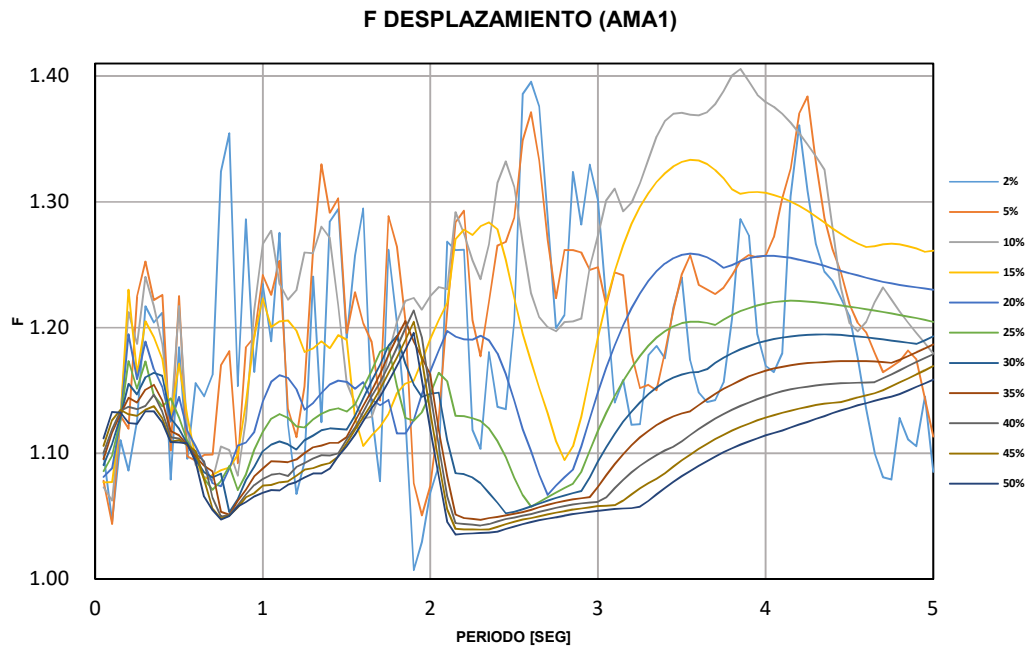
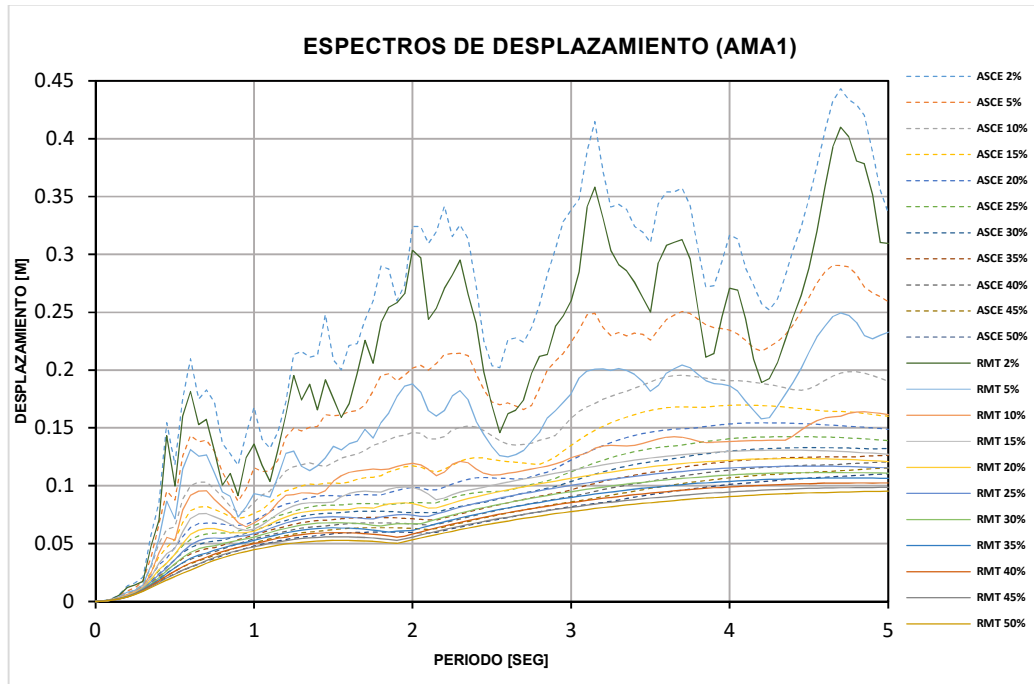


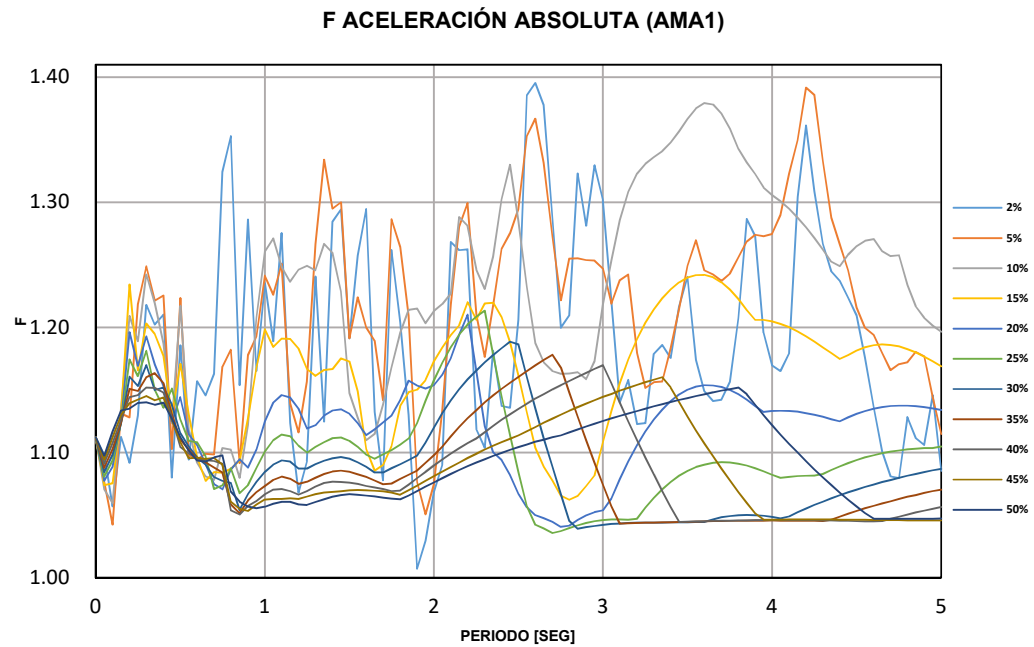
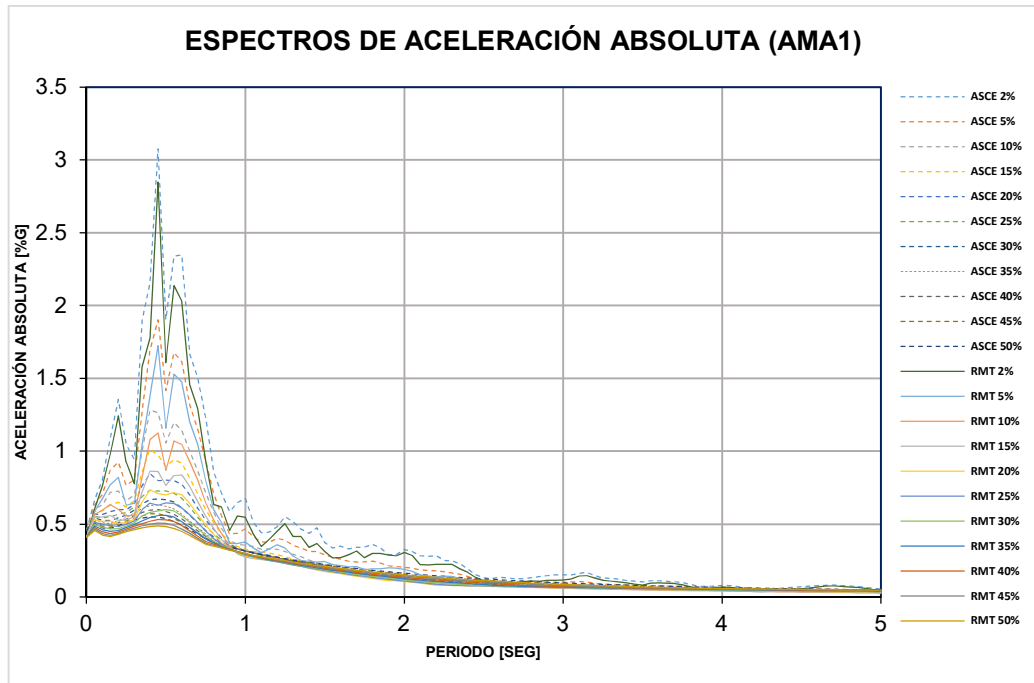
ESTACIÓN ALOR



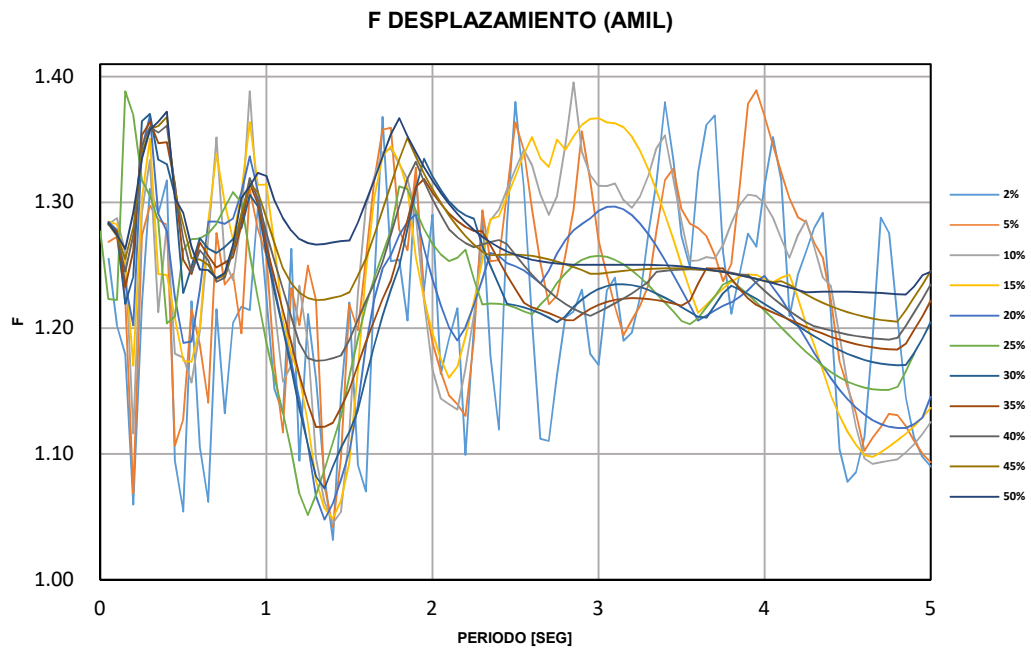
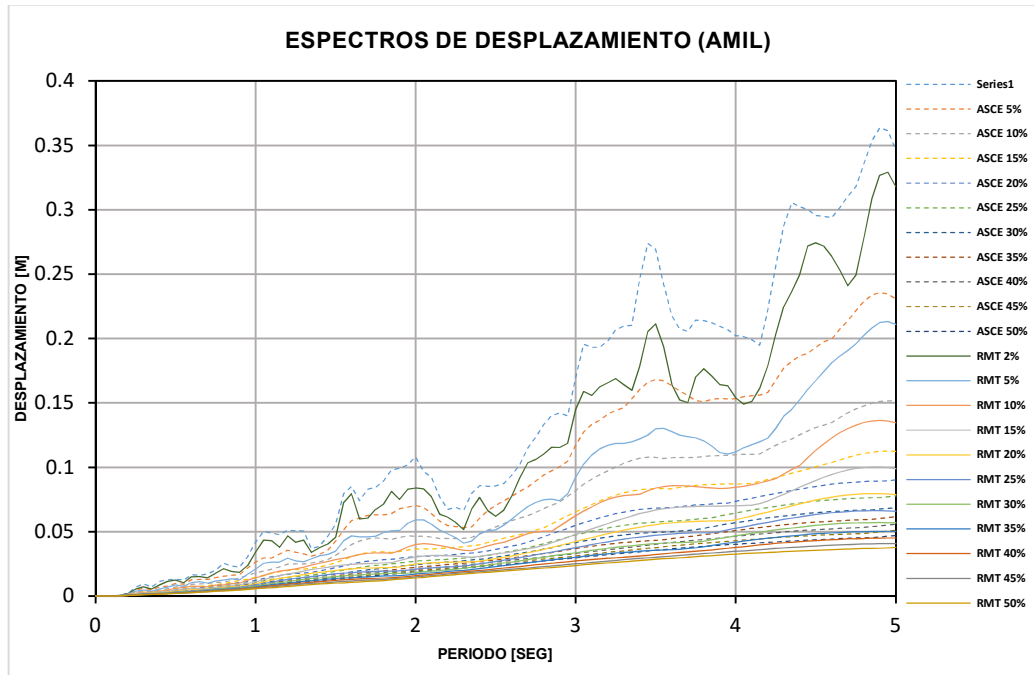


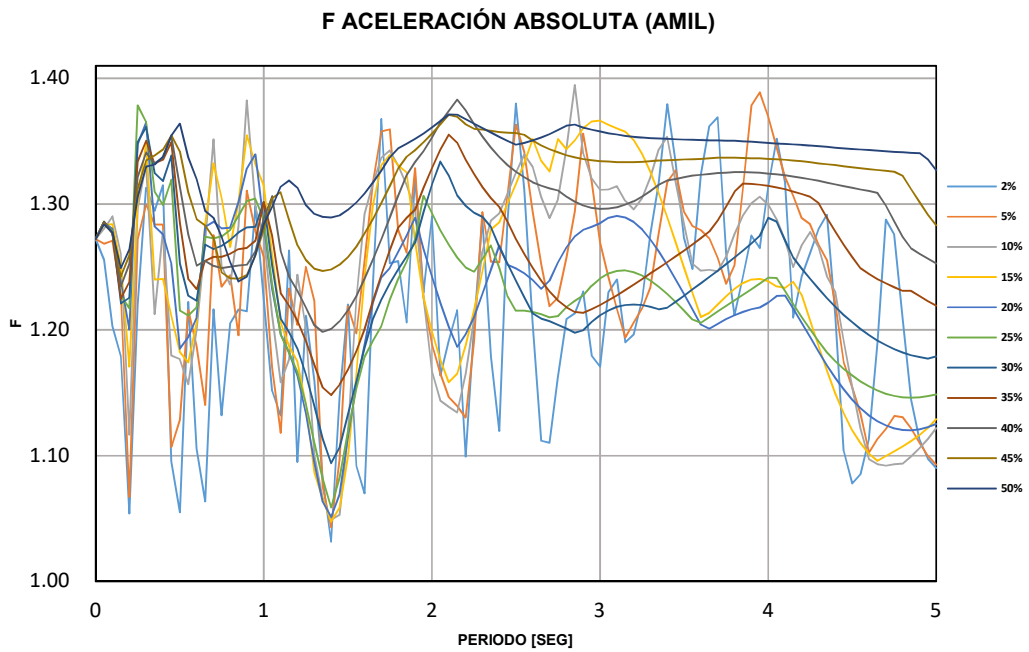
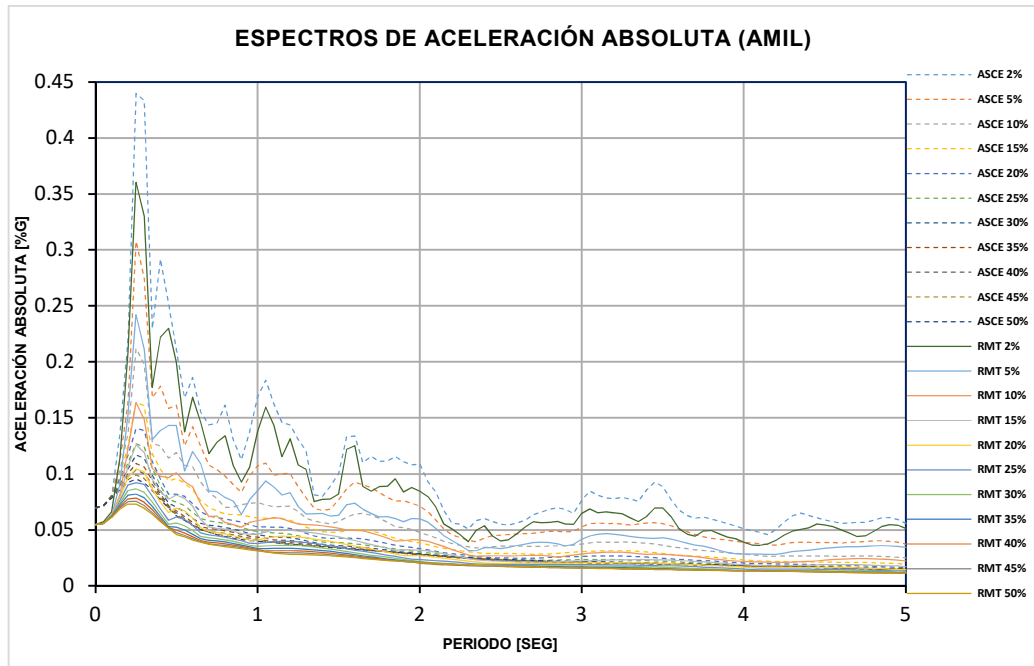
ESTACIÓN AMA1



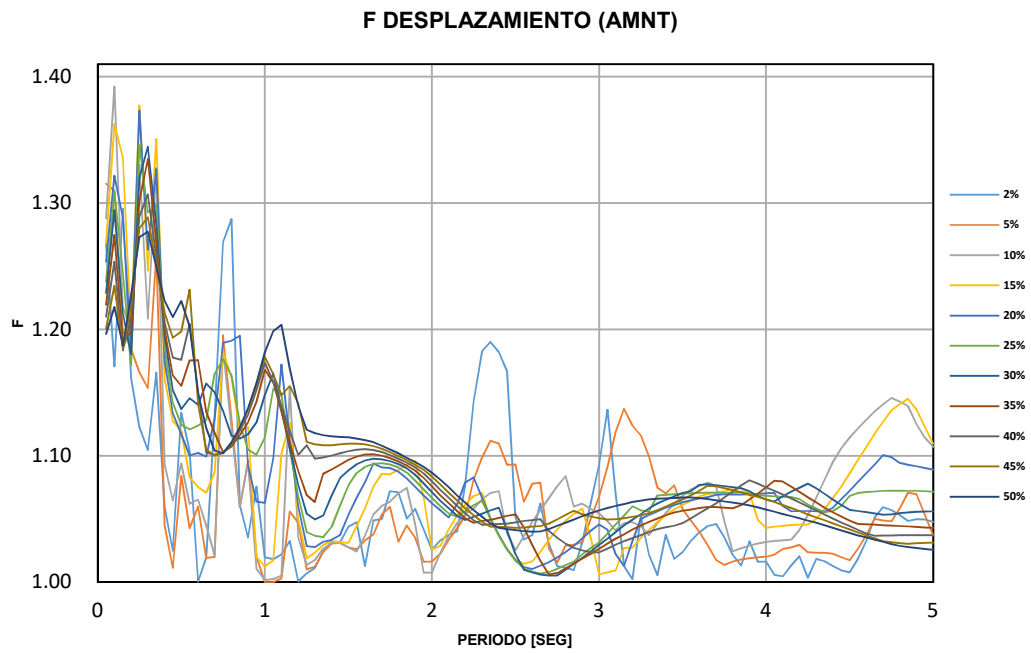
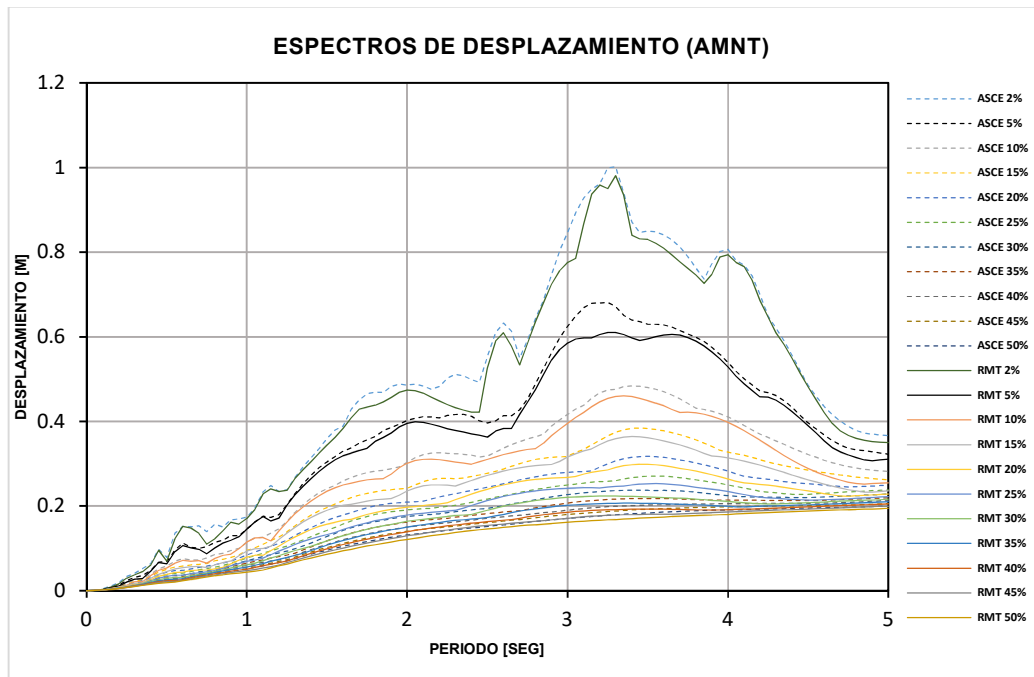


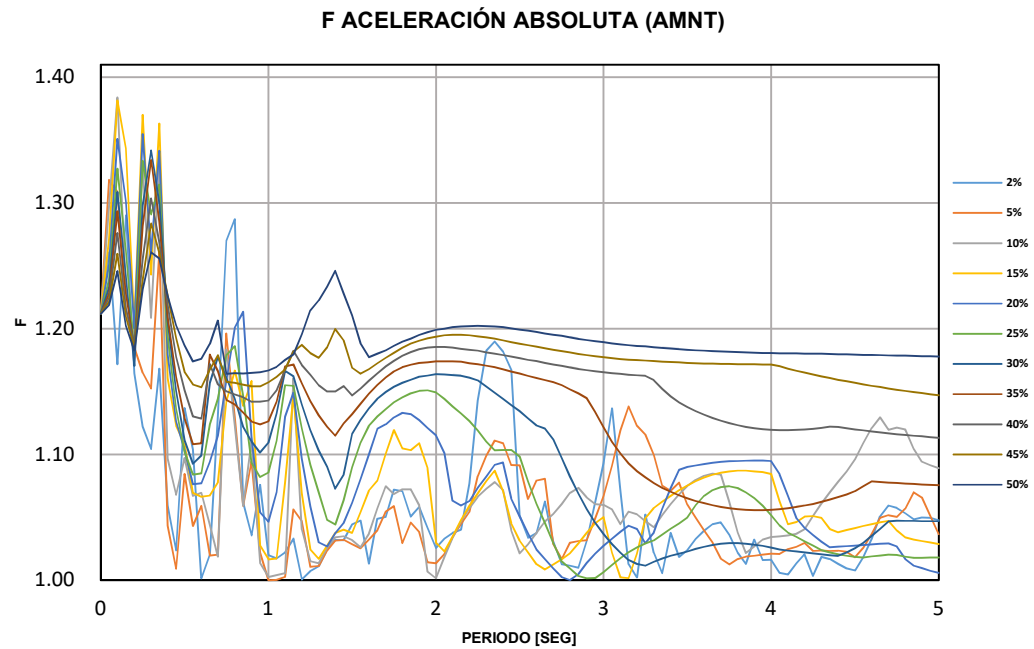
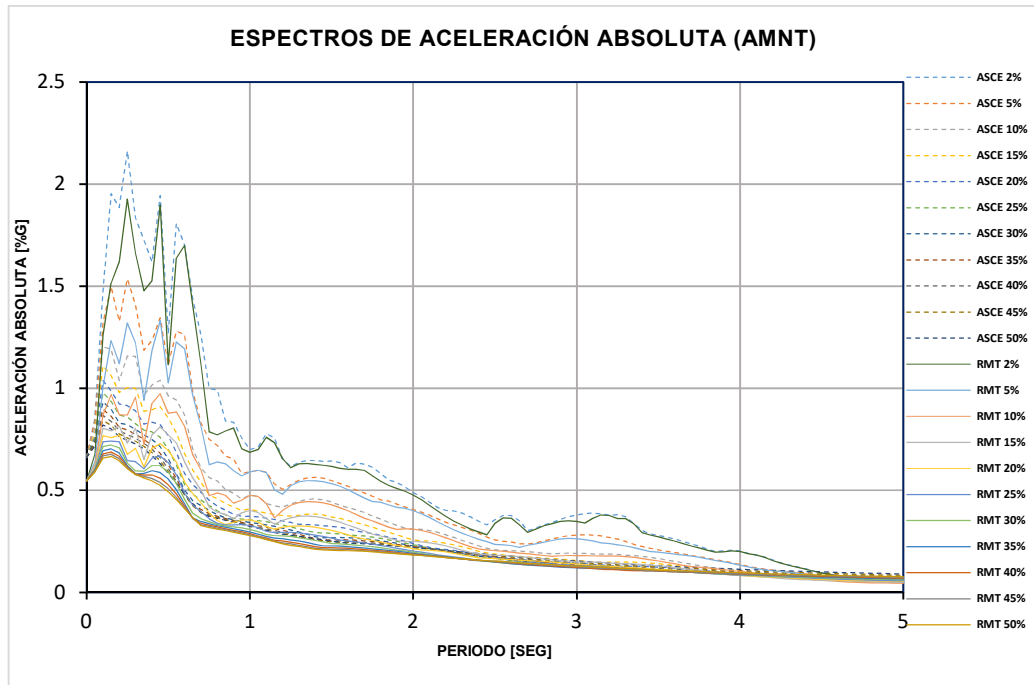
ESTACIÓN AMIL



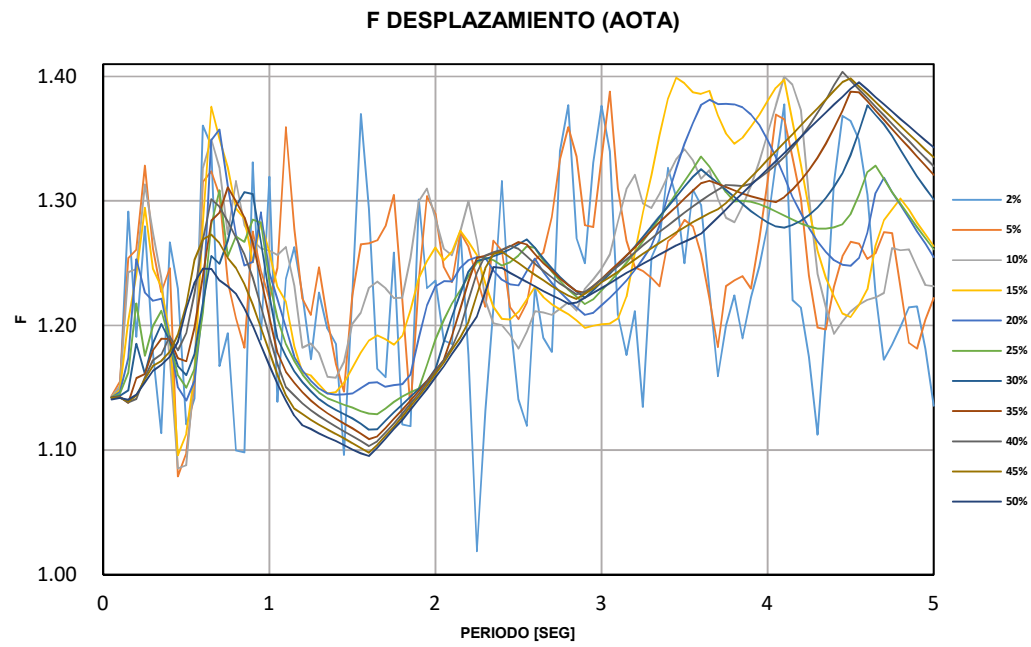
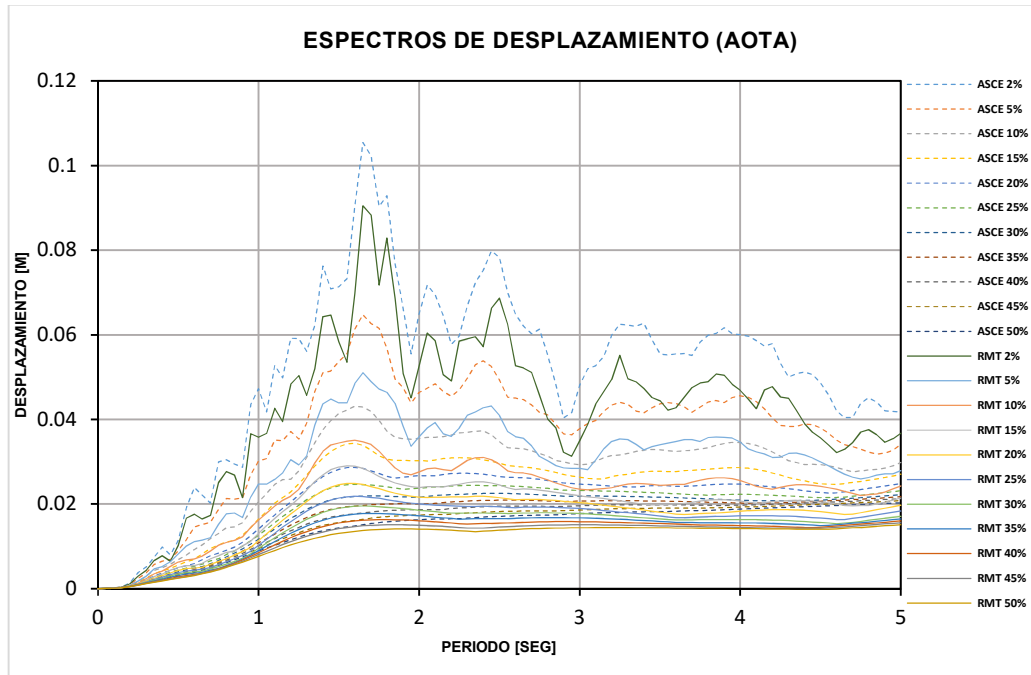


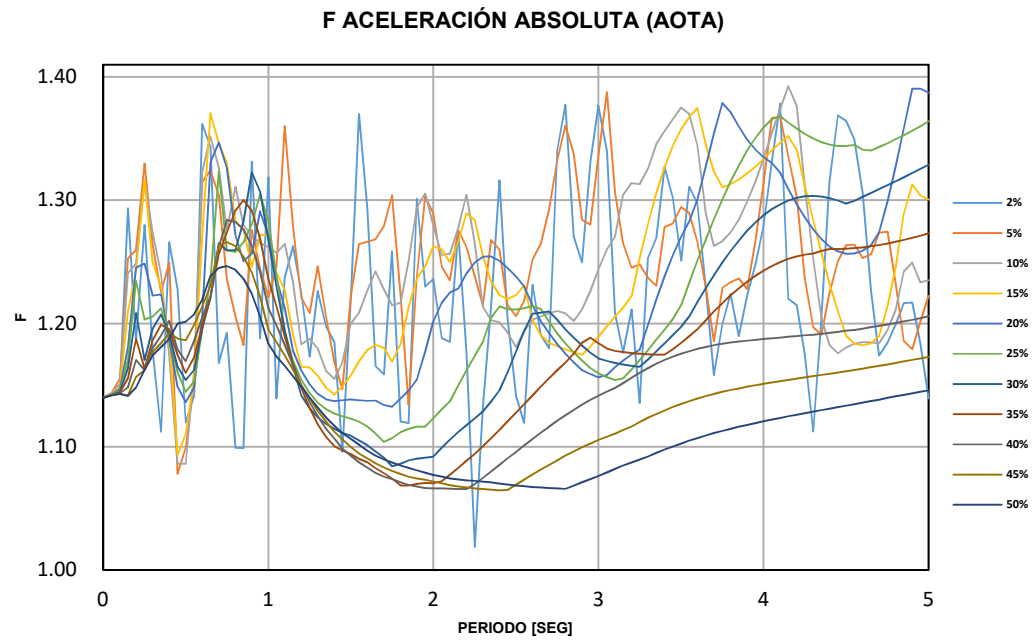
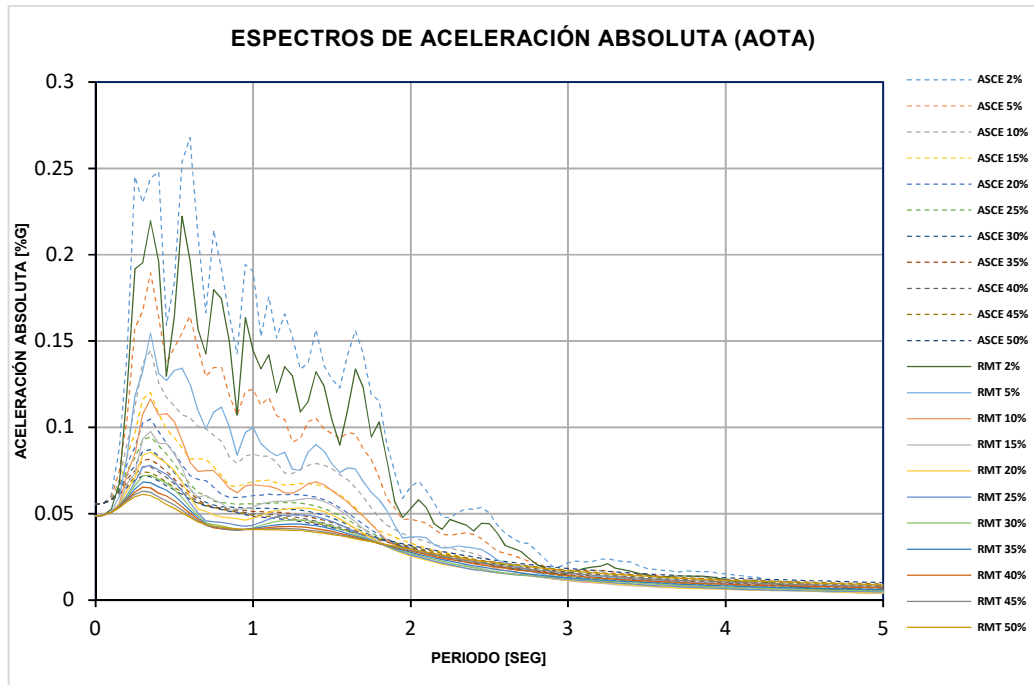
ESTACIÓN AMNT



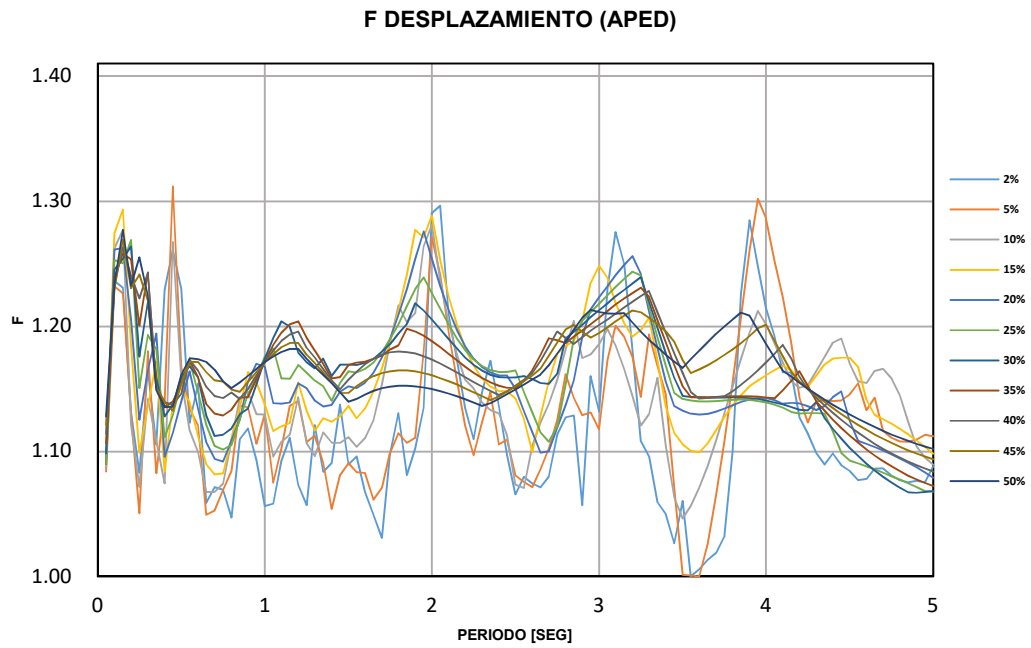
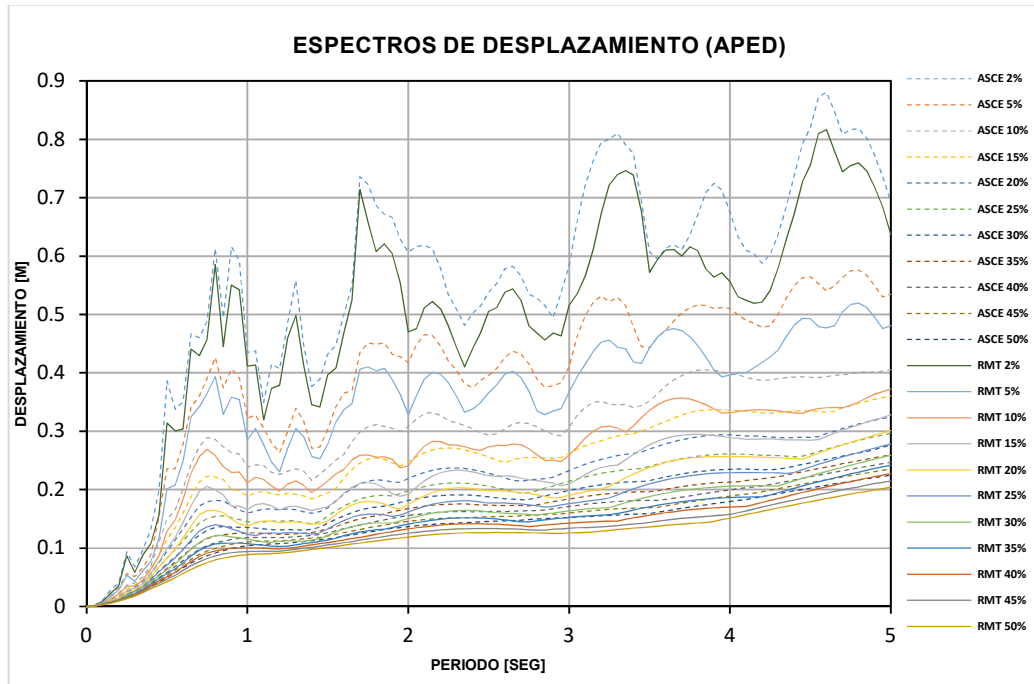


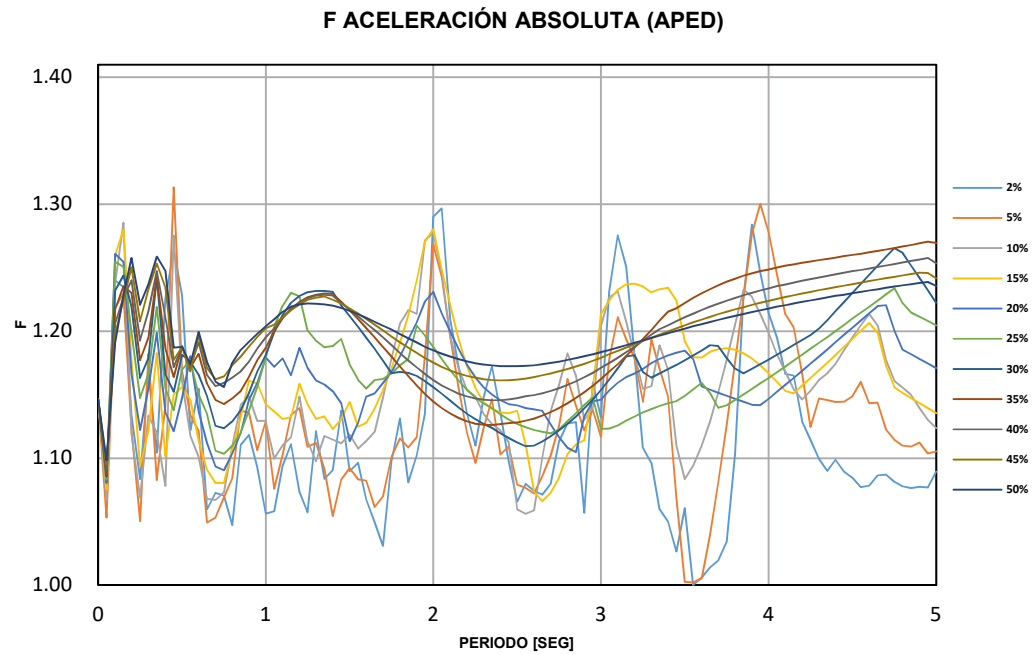
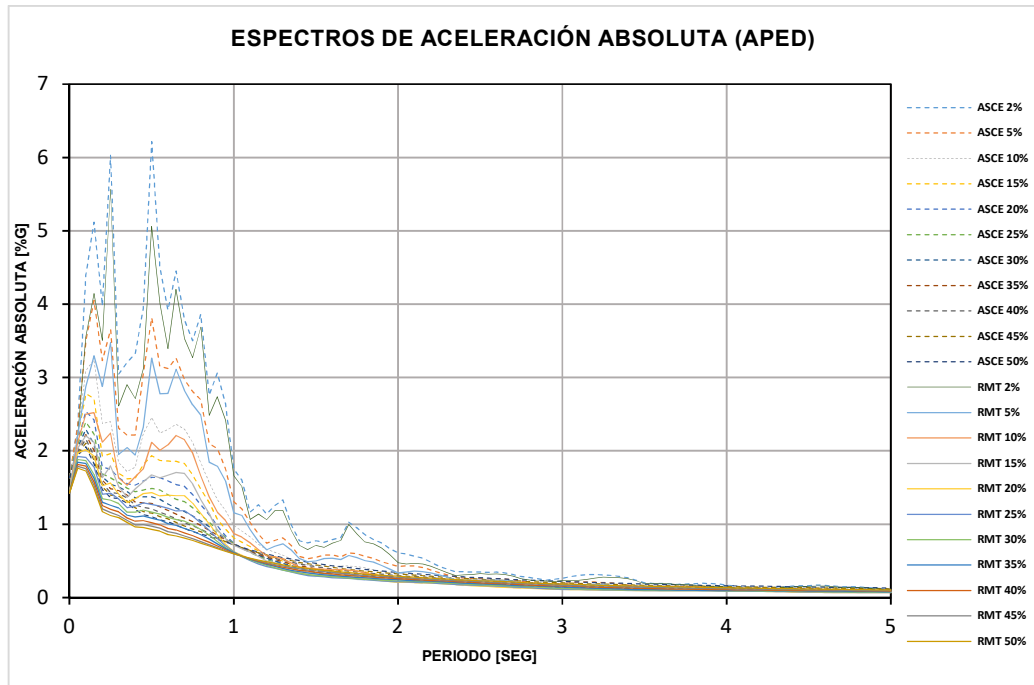
ESTACIÓN AOTA



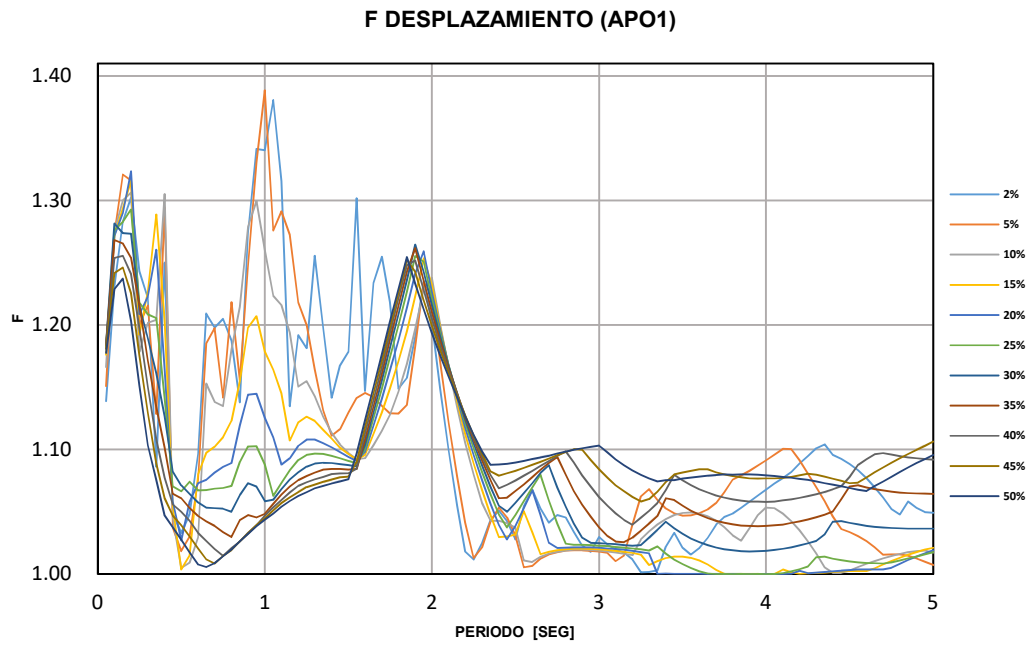
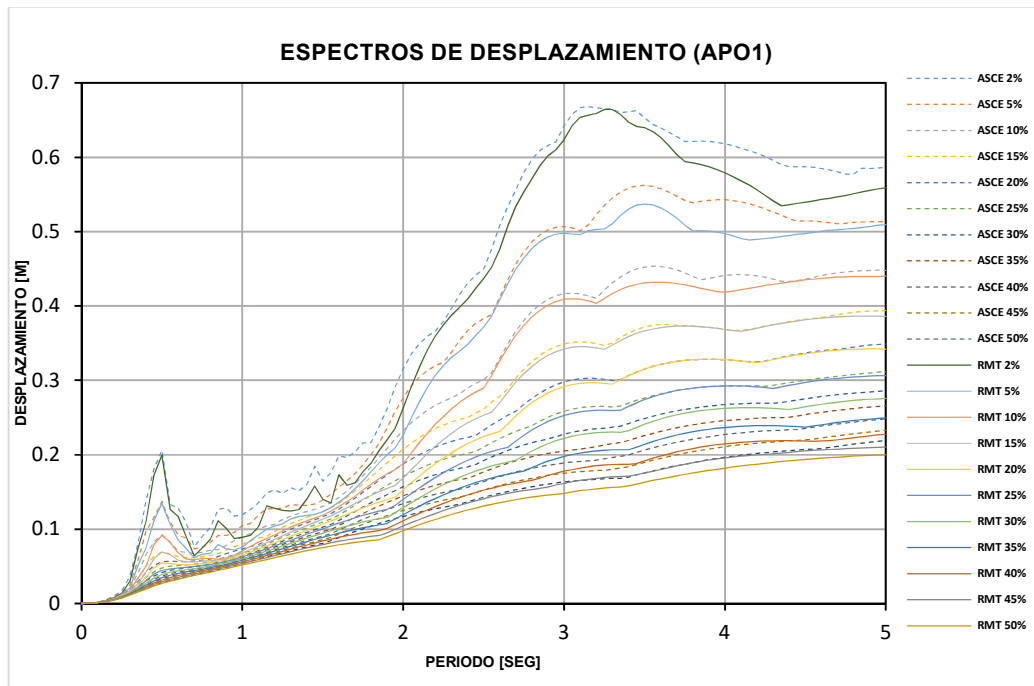


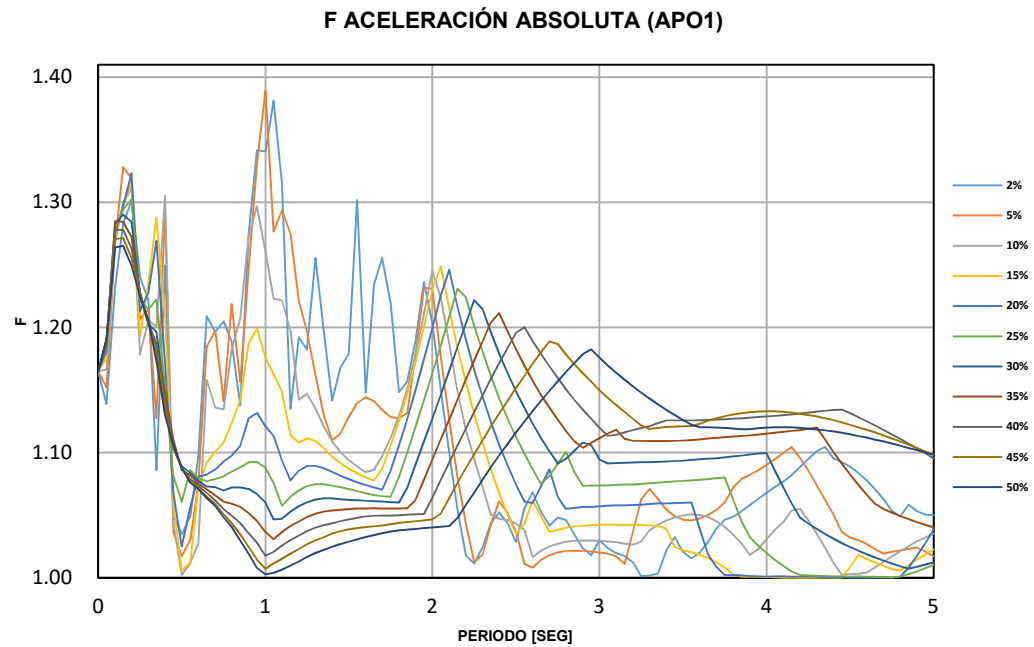
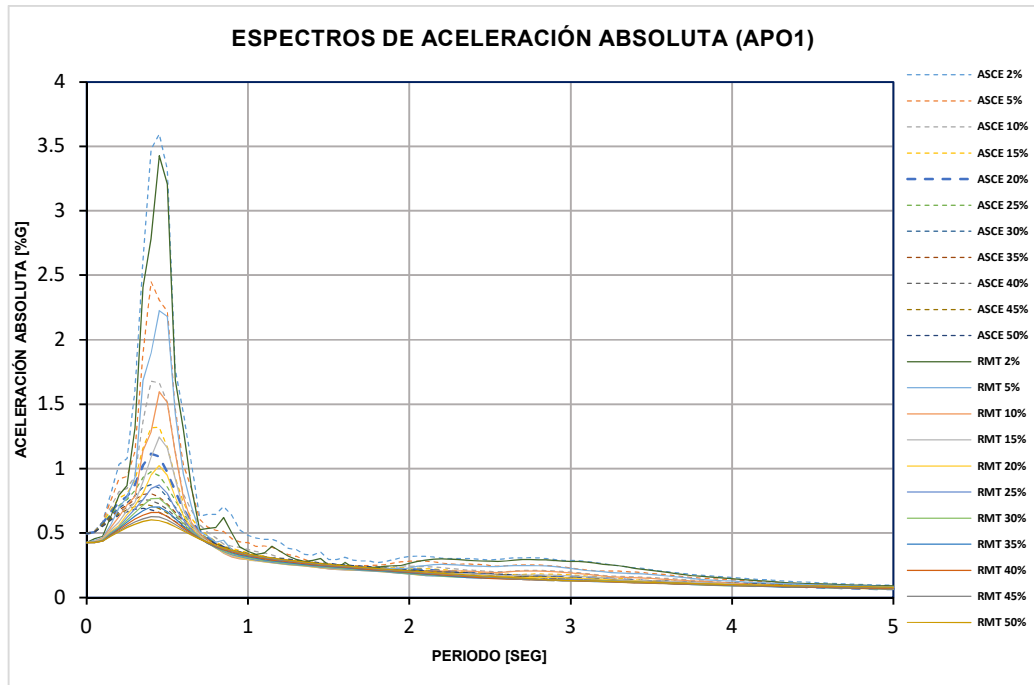
ESTACIÓN APED



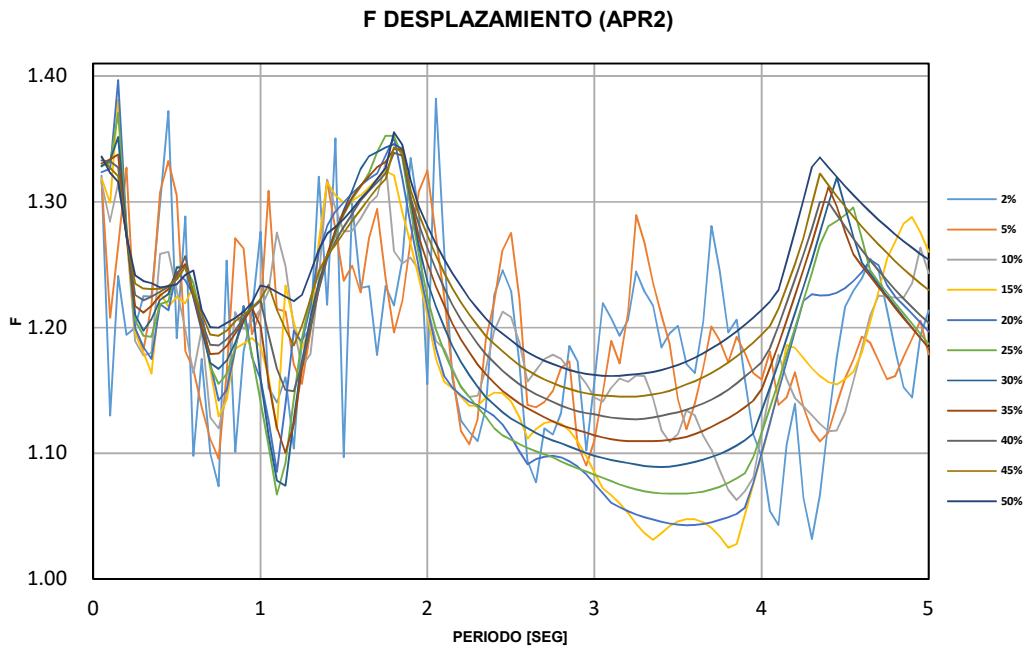
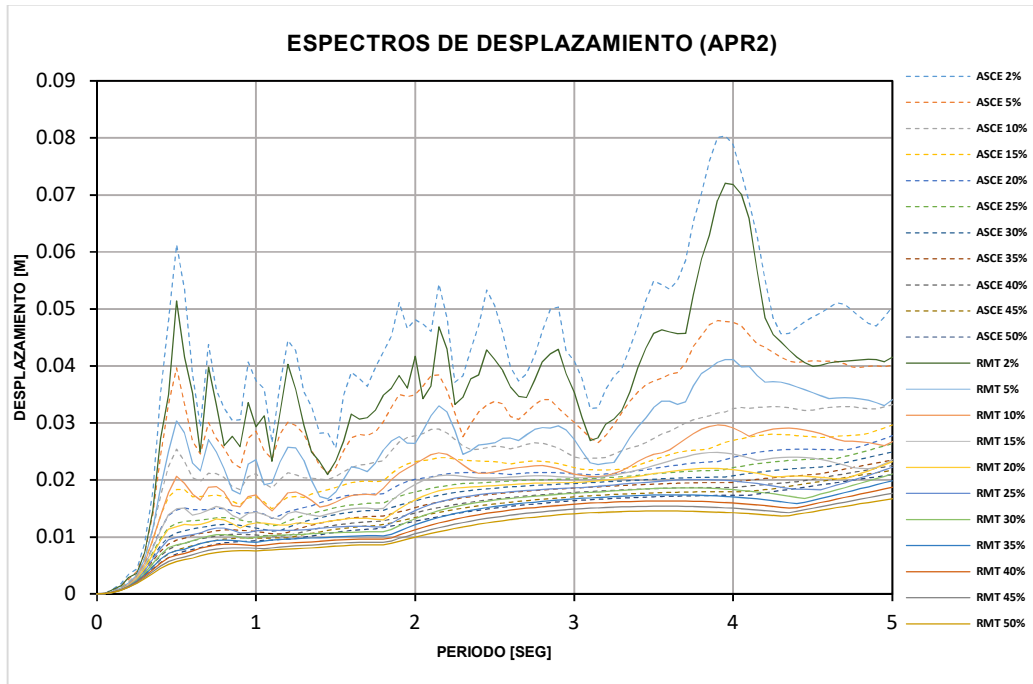


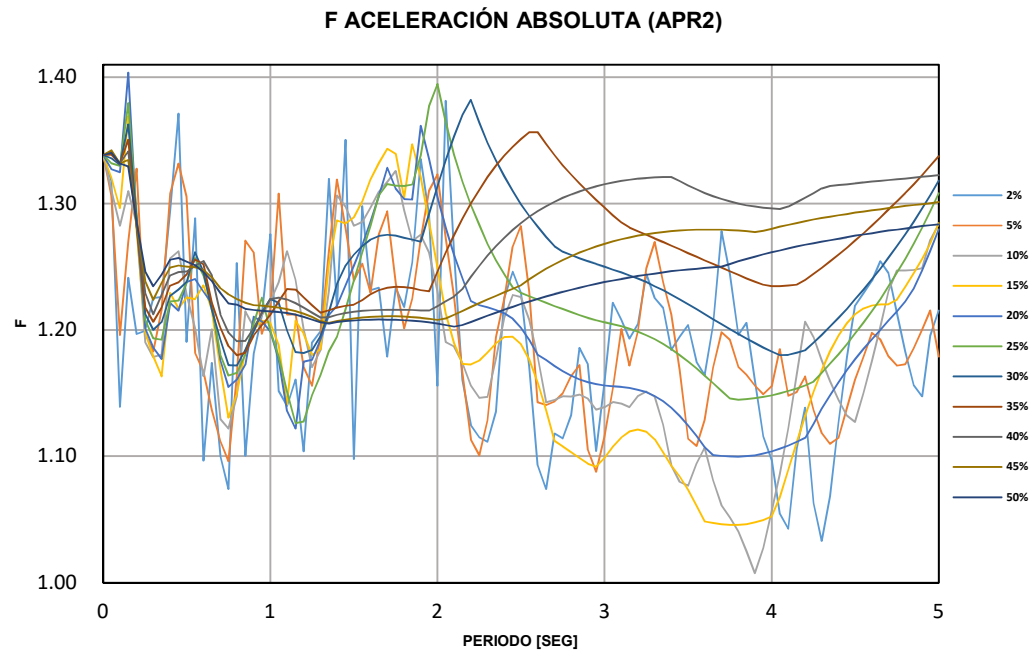
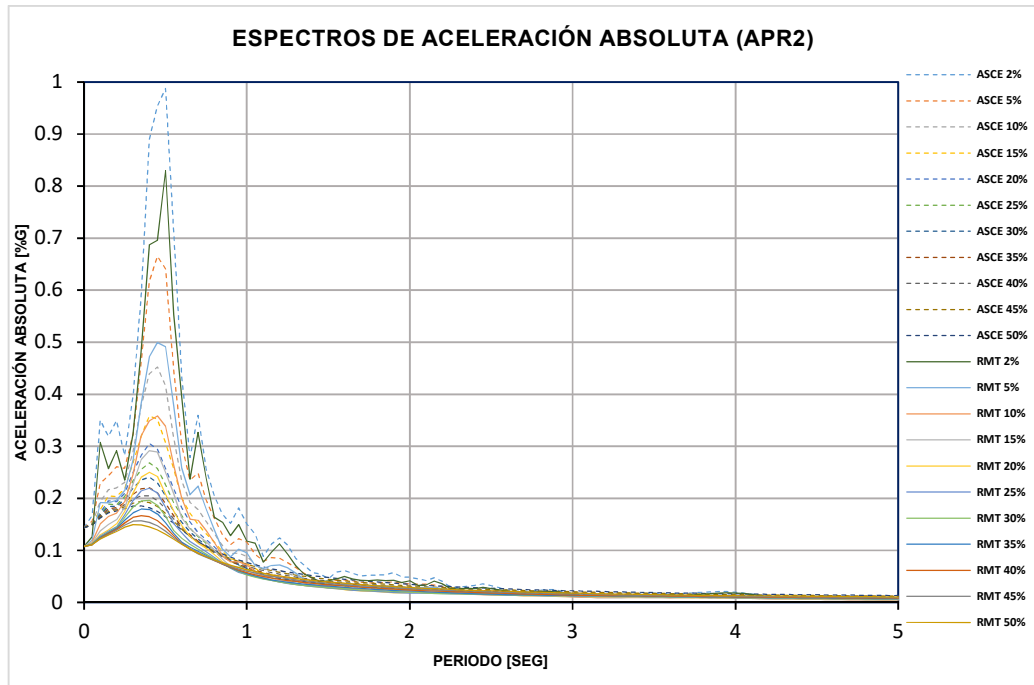
ESTACIÓN APO1



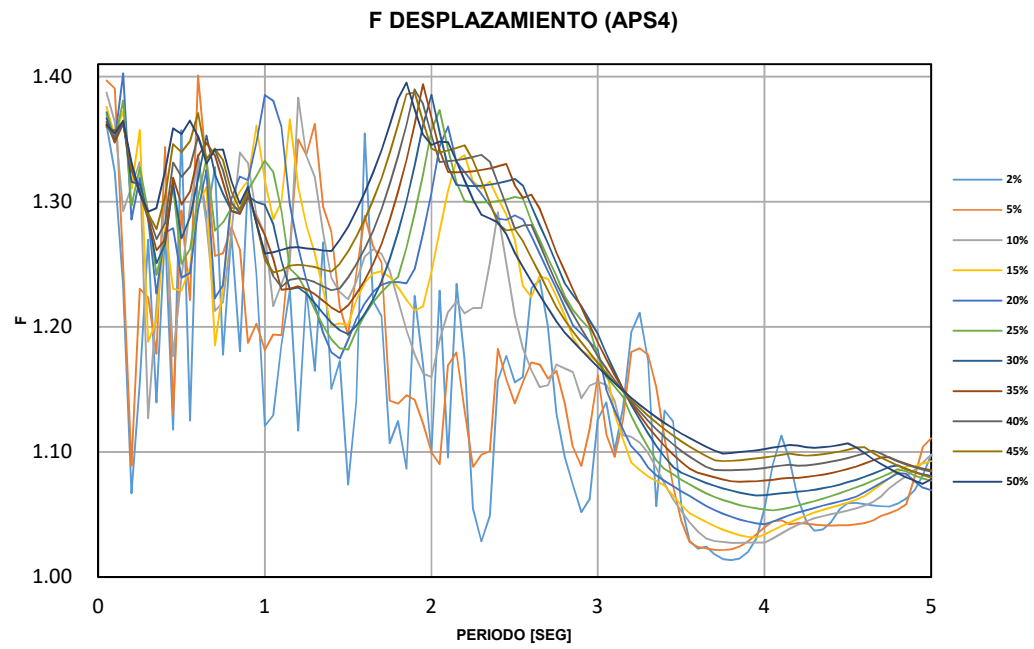
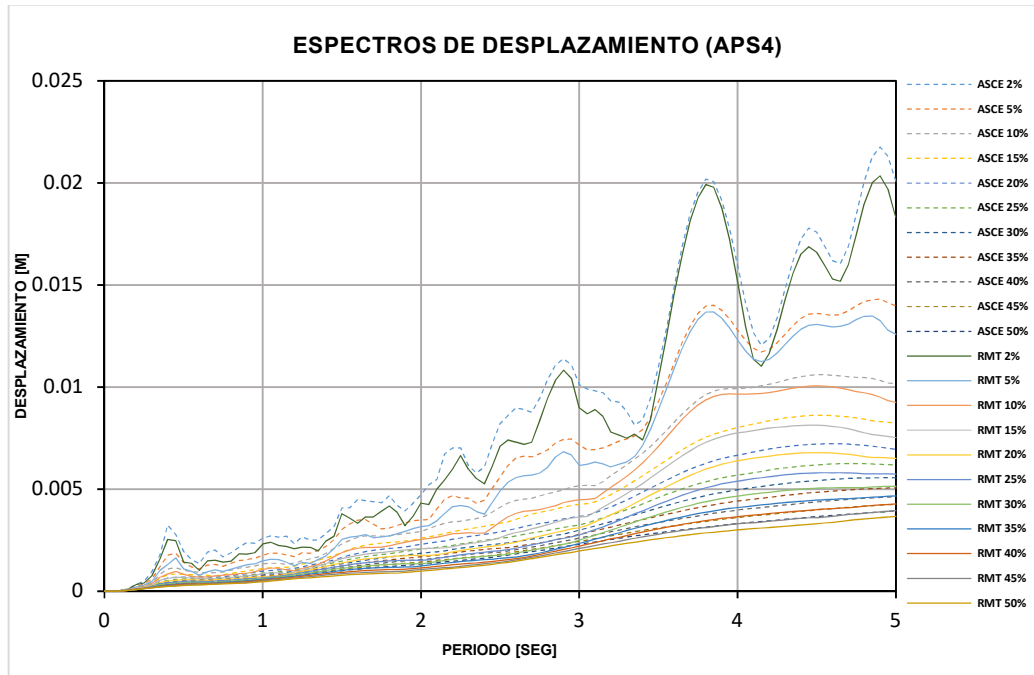


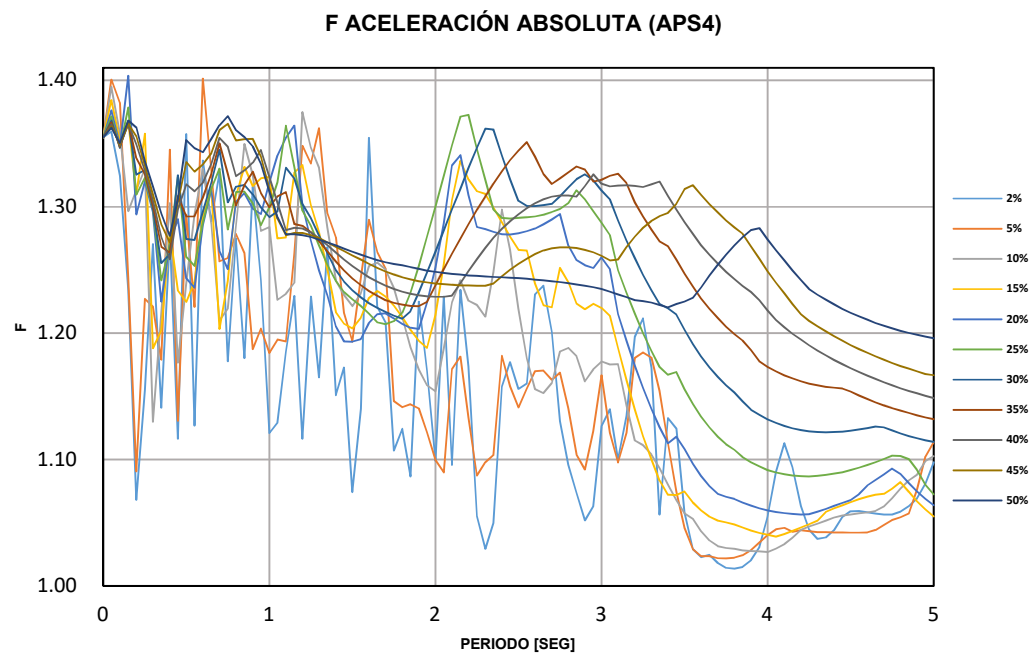
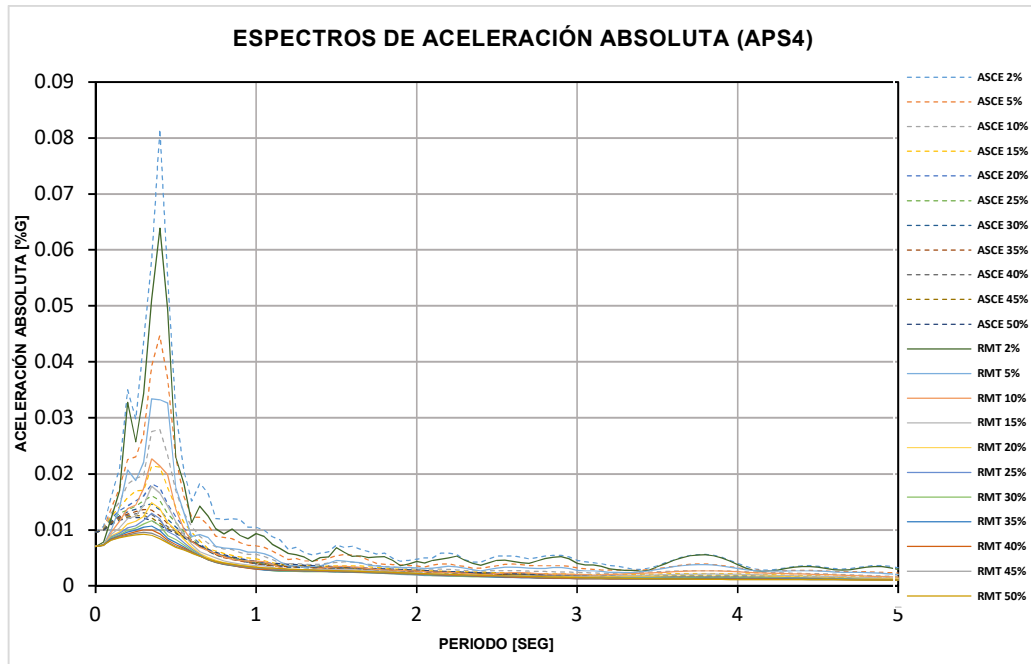
ESTACIÓN APR2



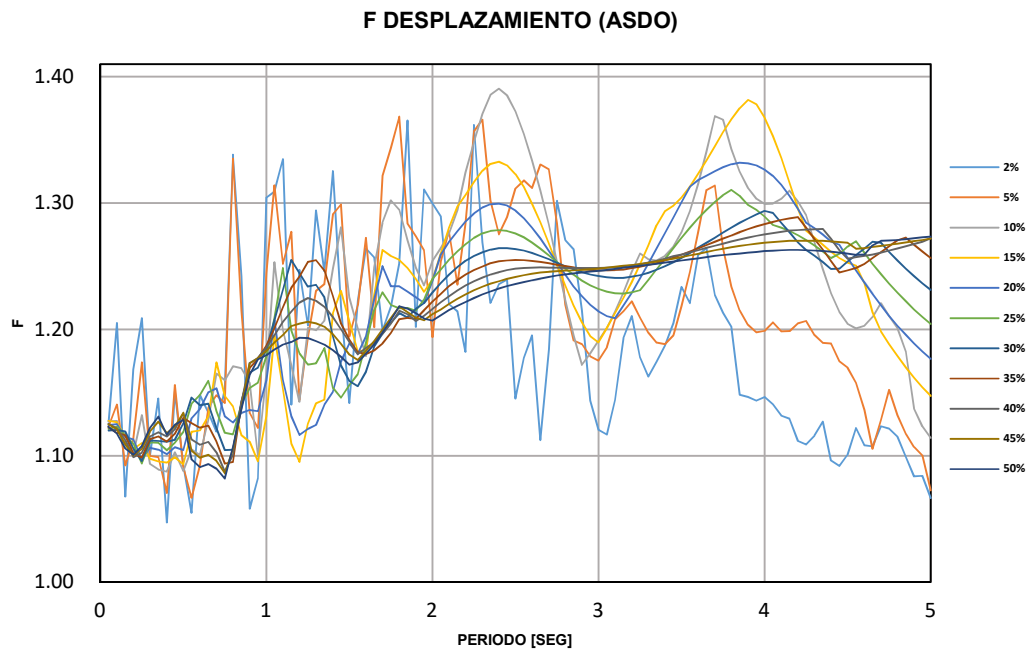
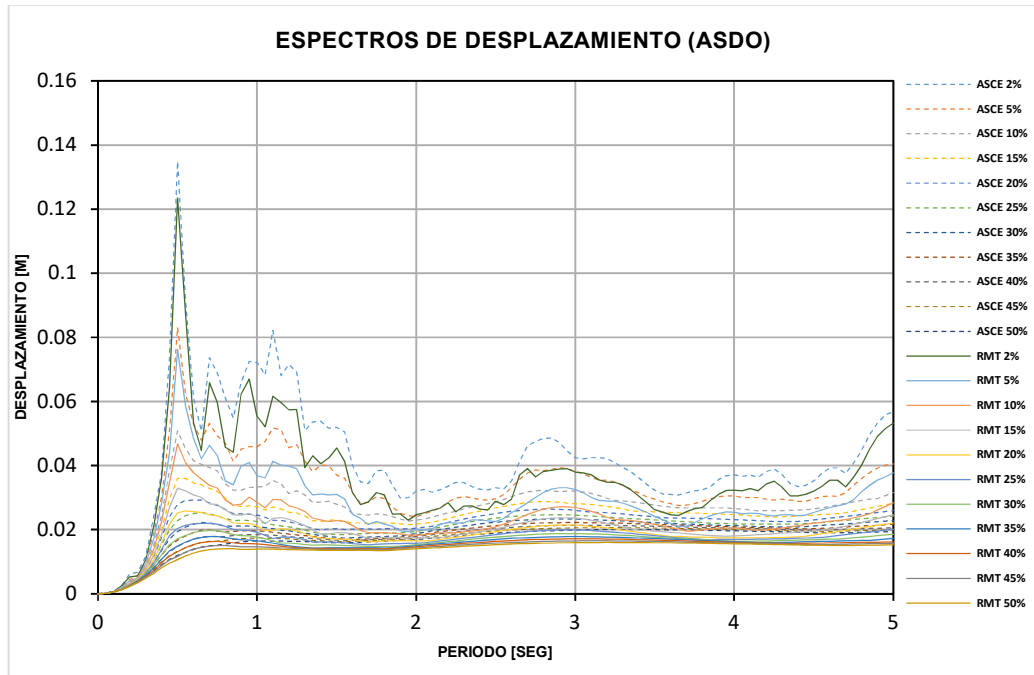


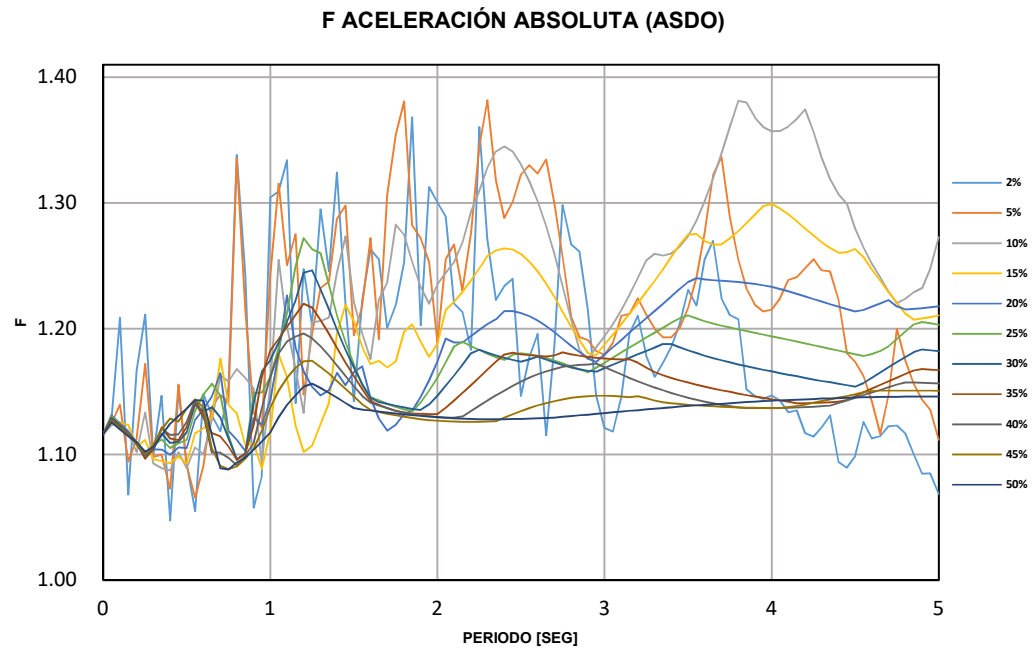
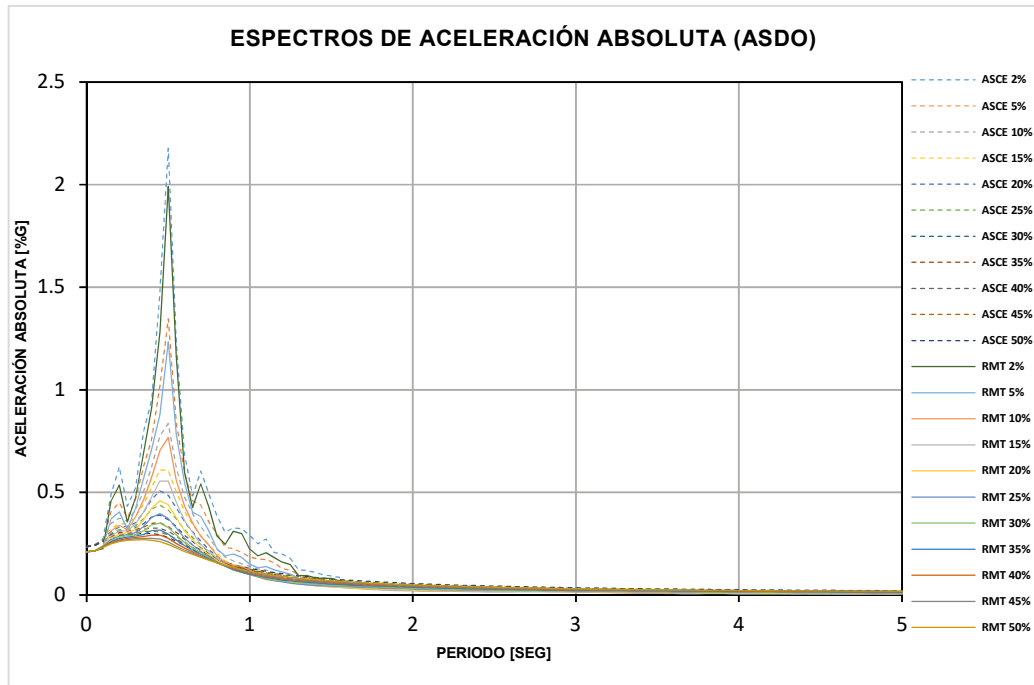
ESTACIÓN PS4



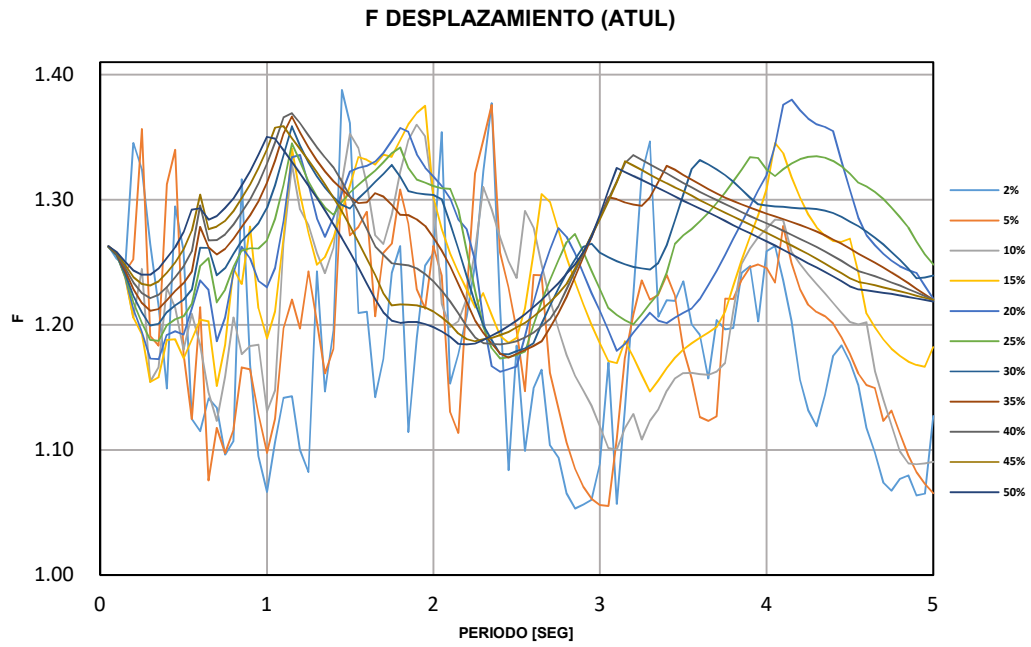
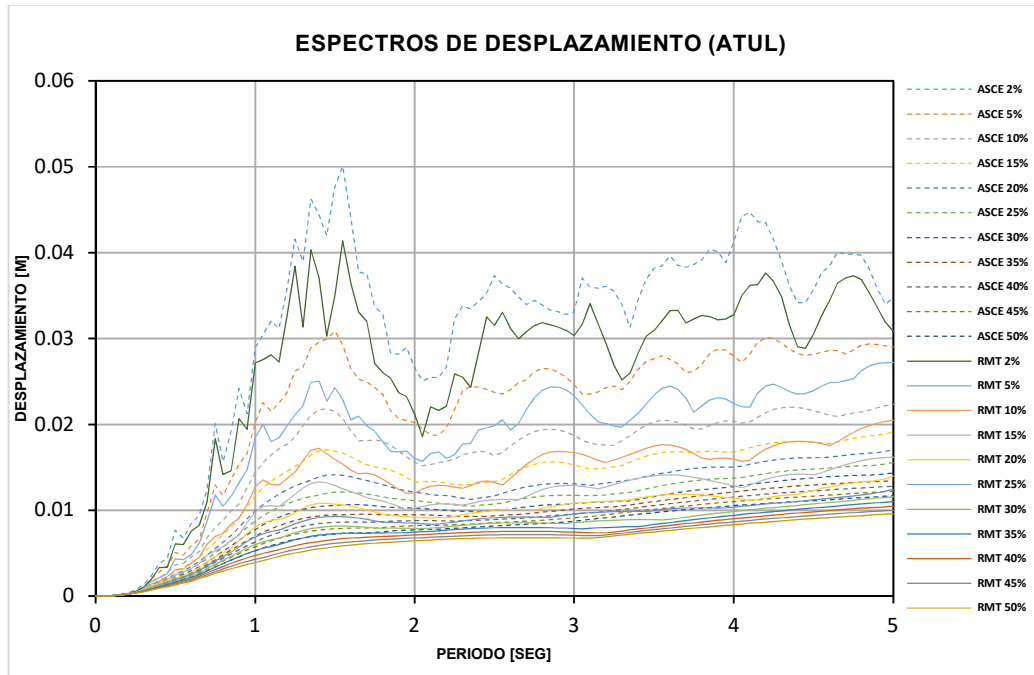


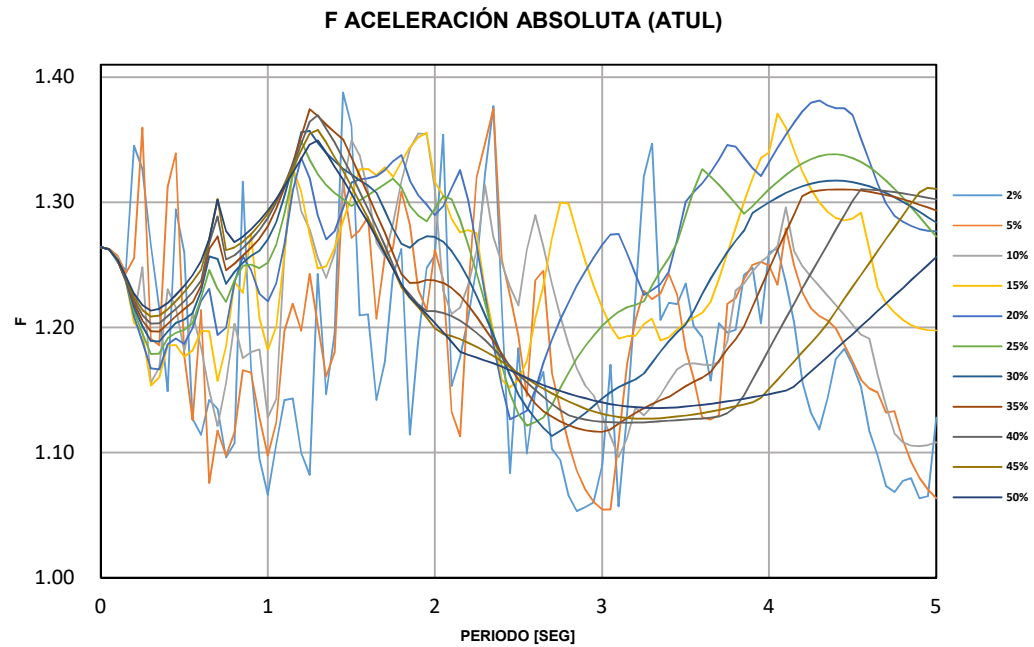
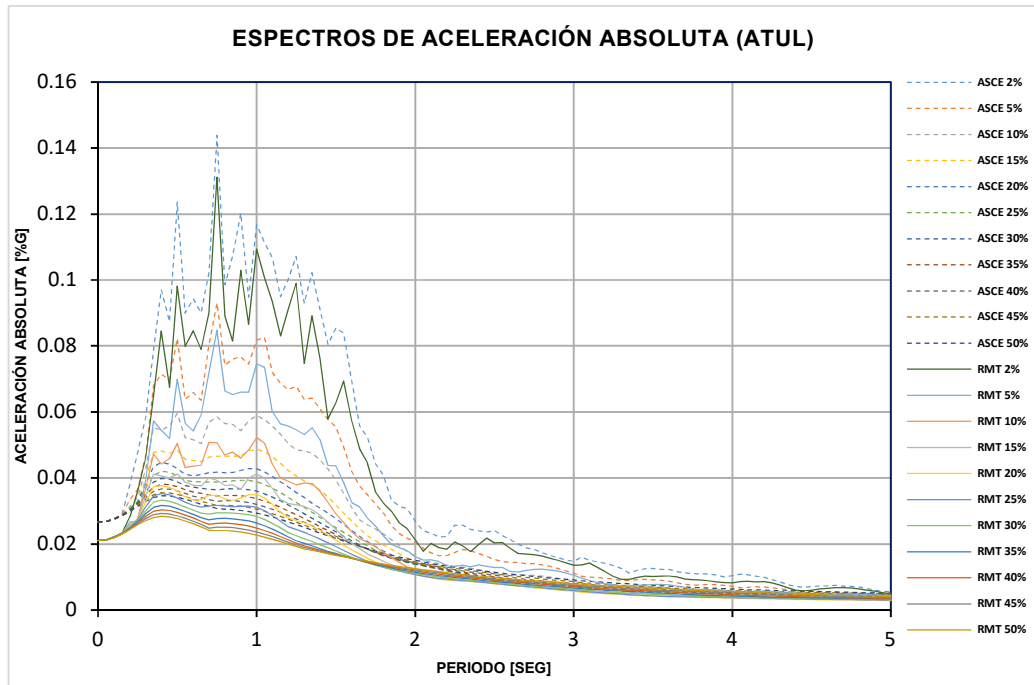
ESTACIÓN ASDO



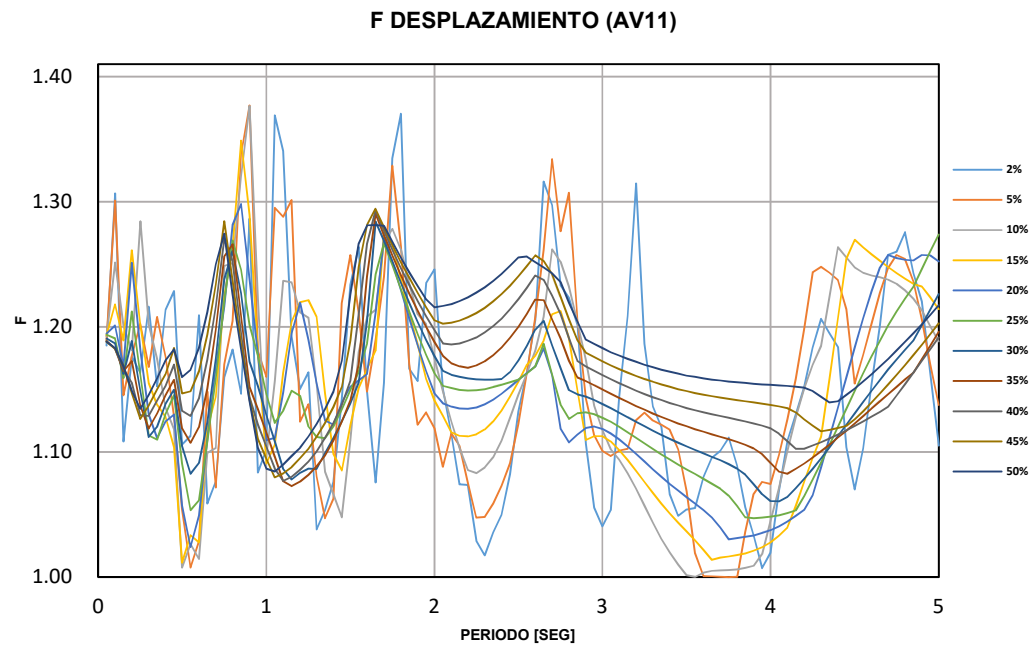
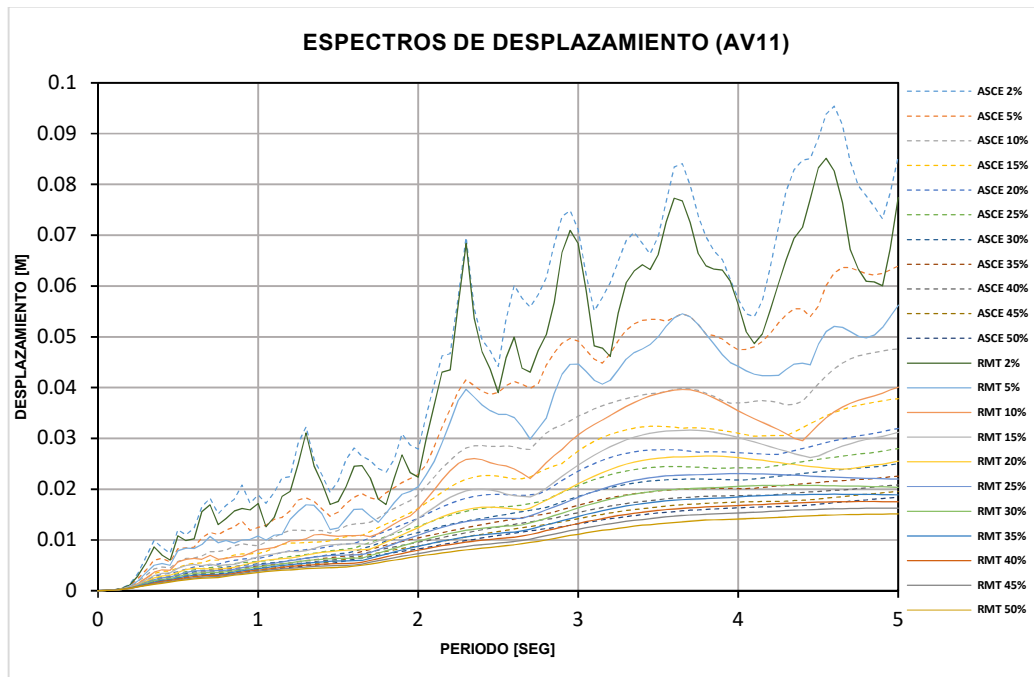


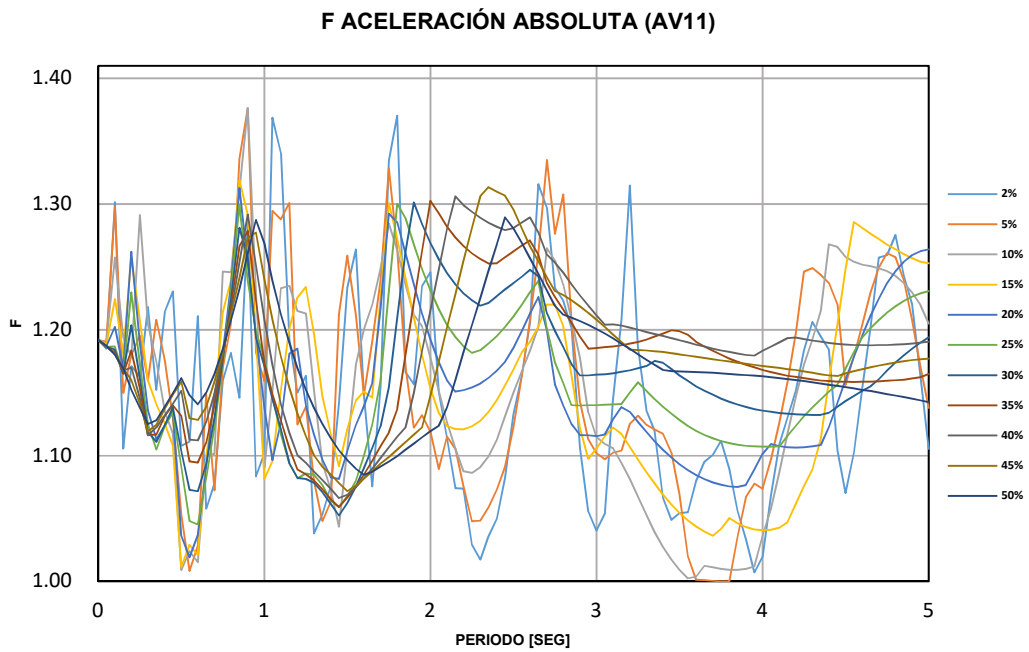
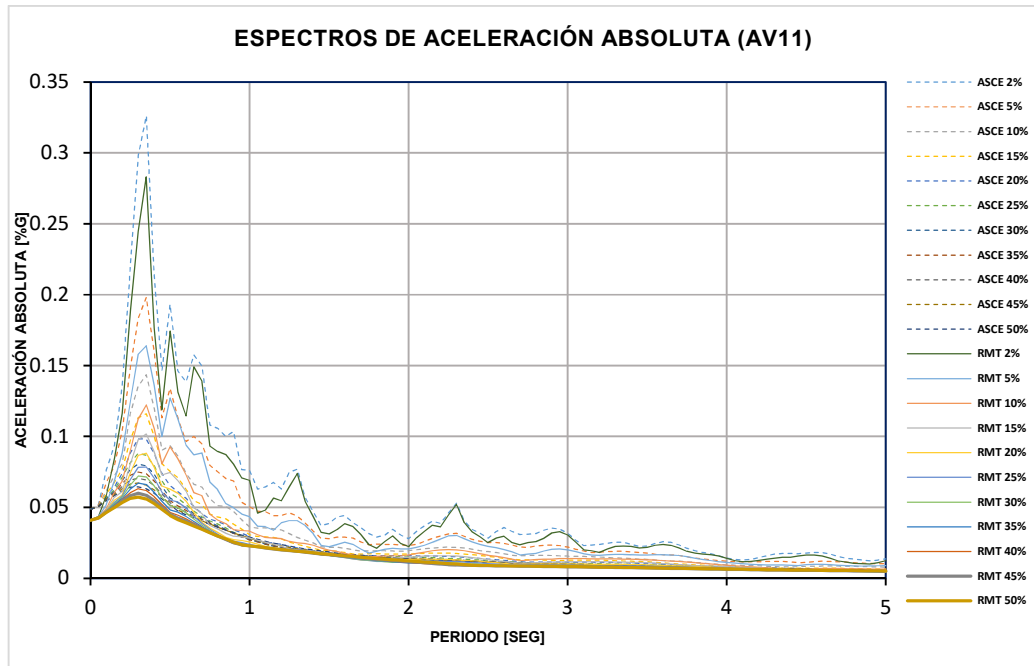
ESTACIÓN ATUL



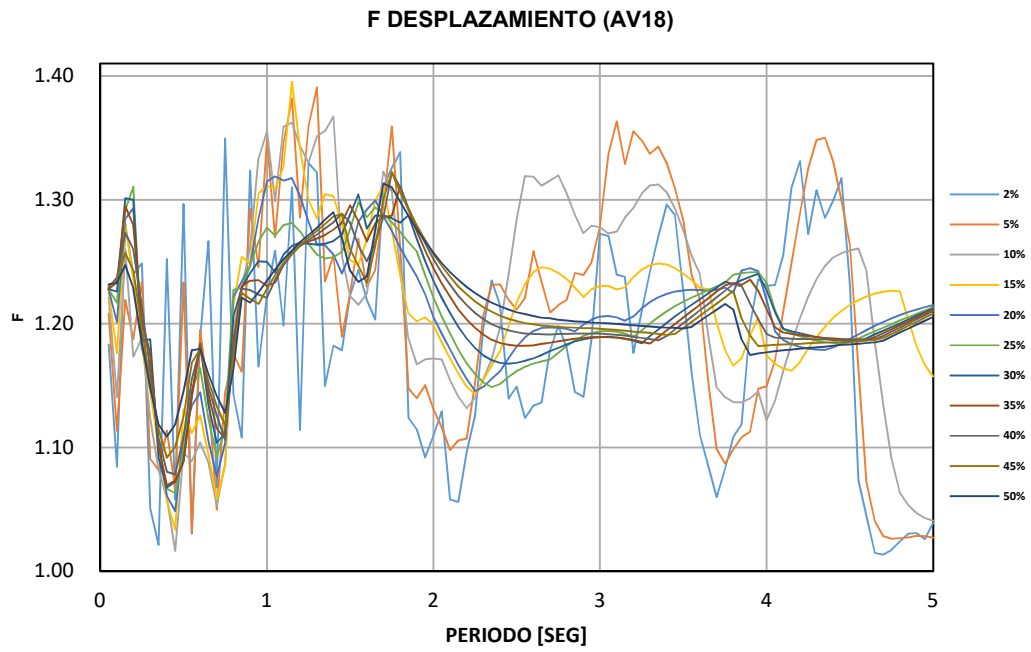
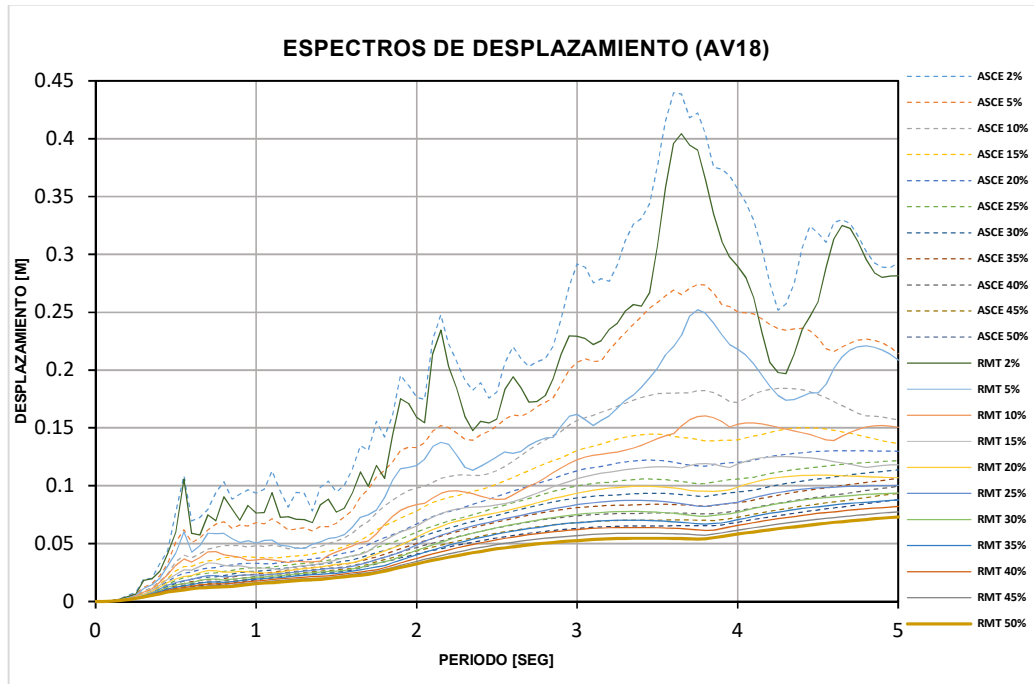


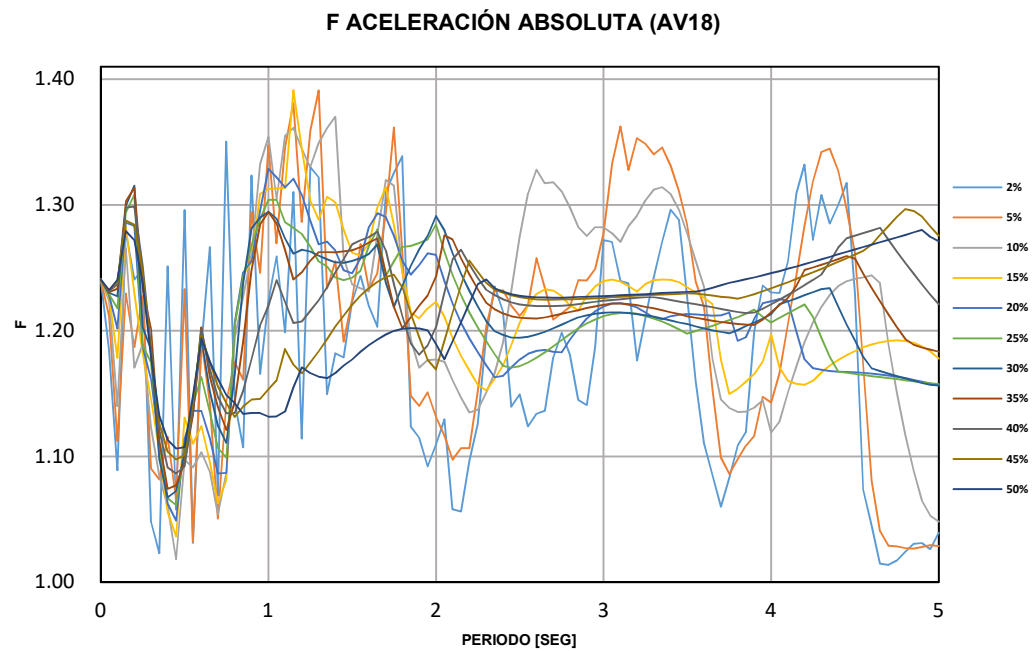
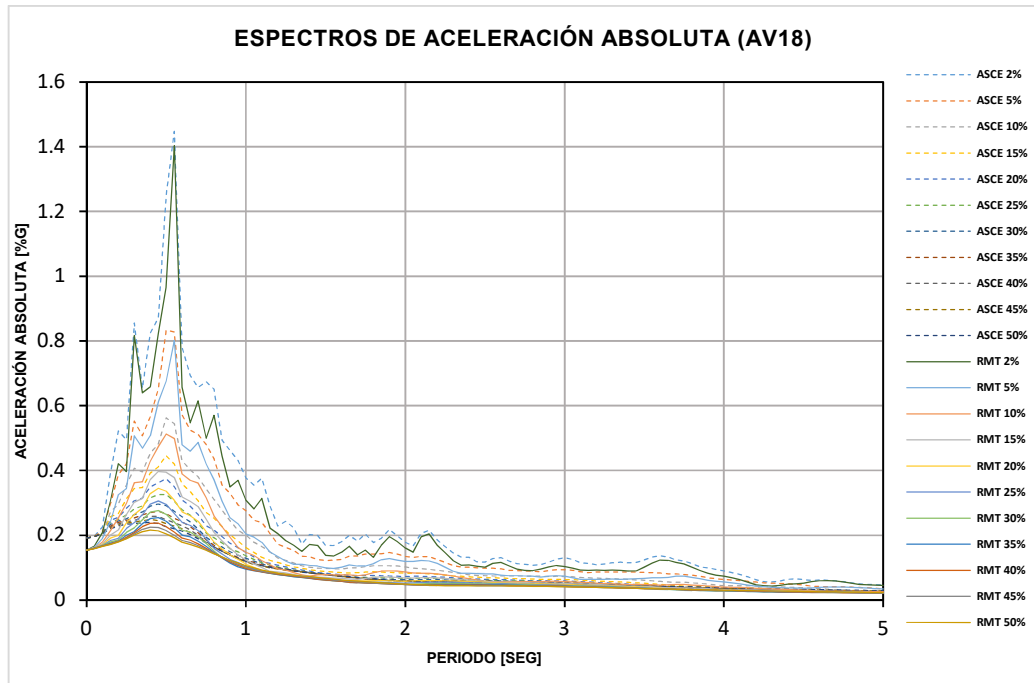
ESTACIÓN AV11

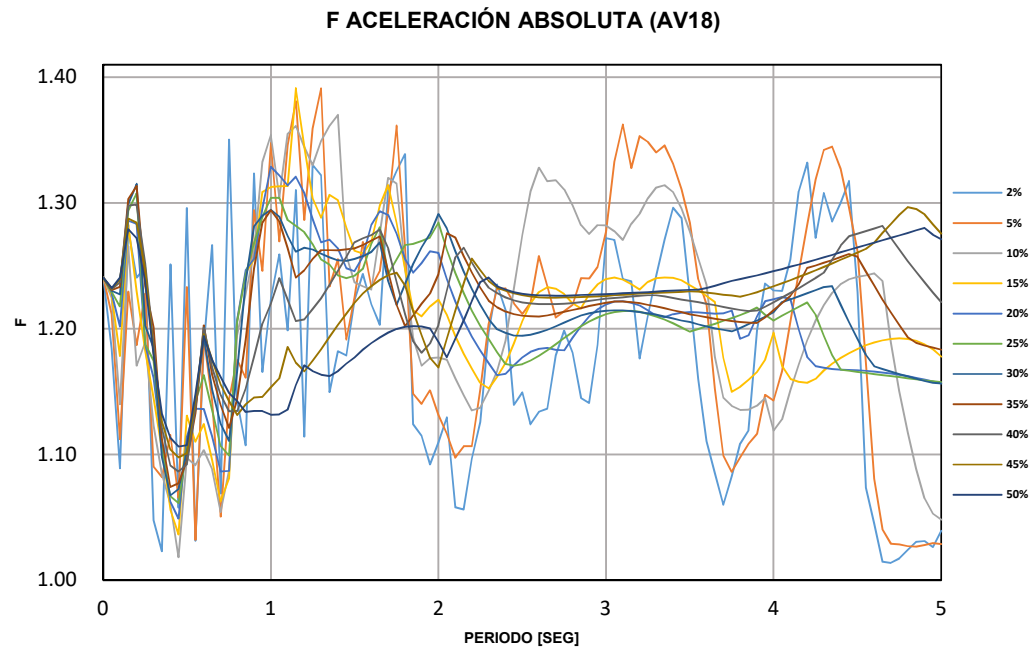
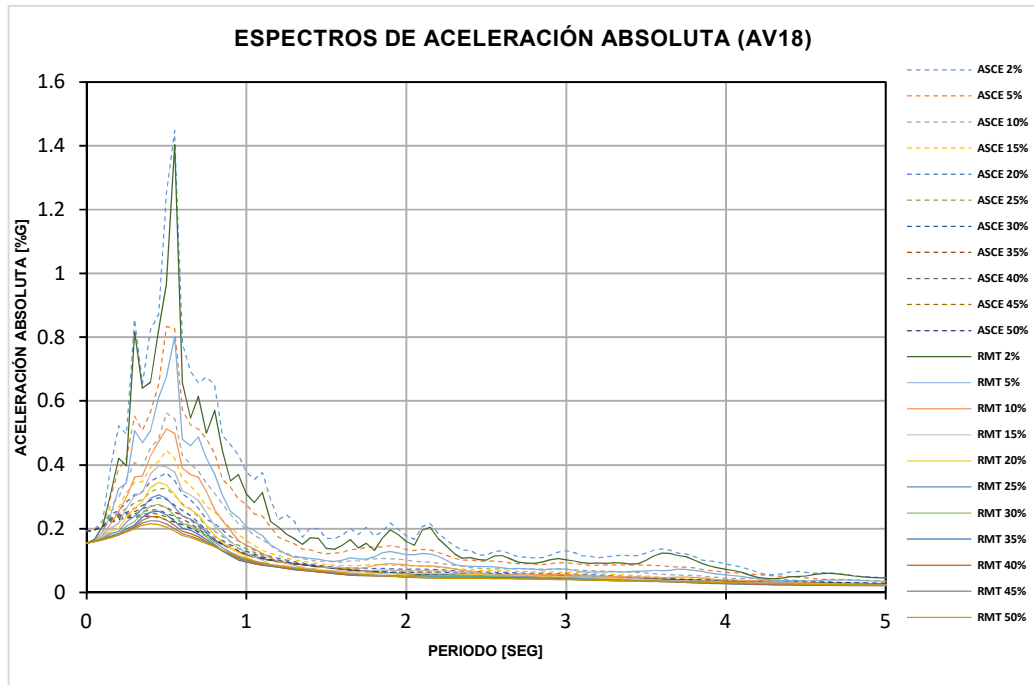




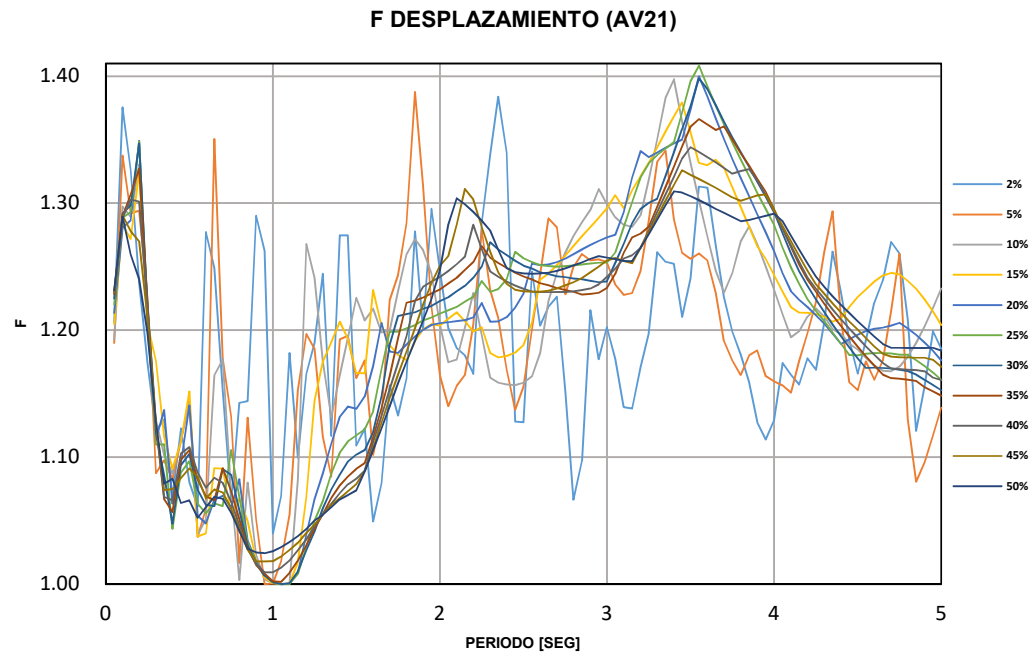
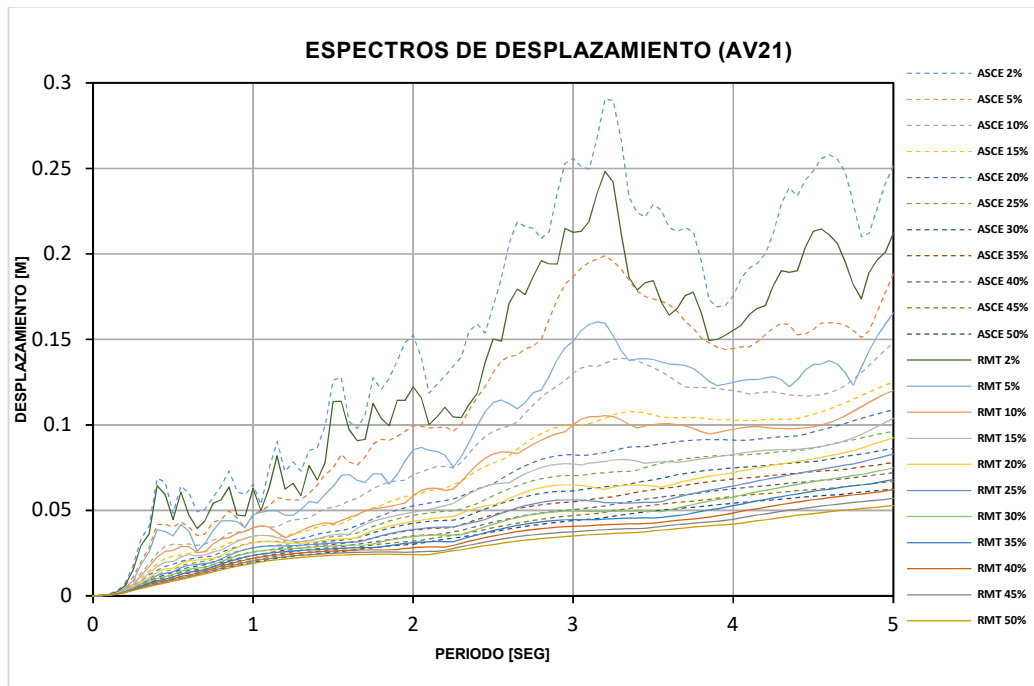
ESTACIÓN V18

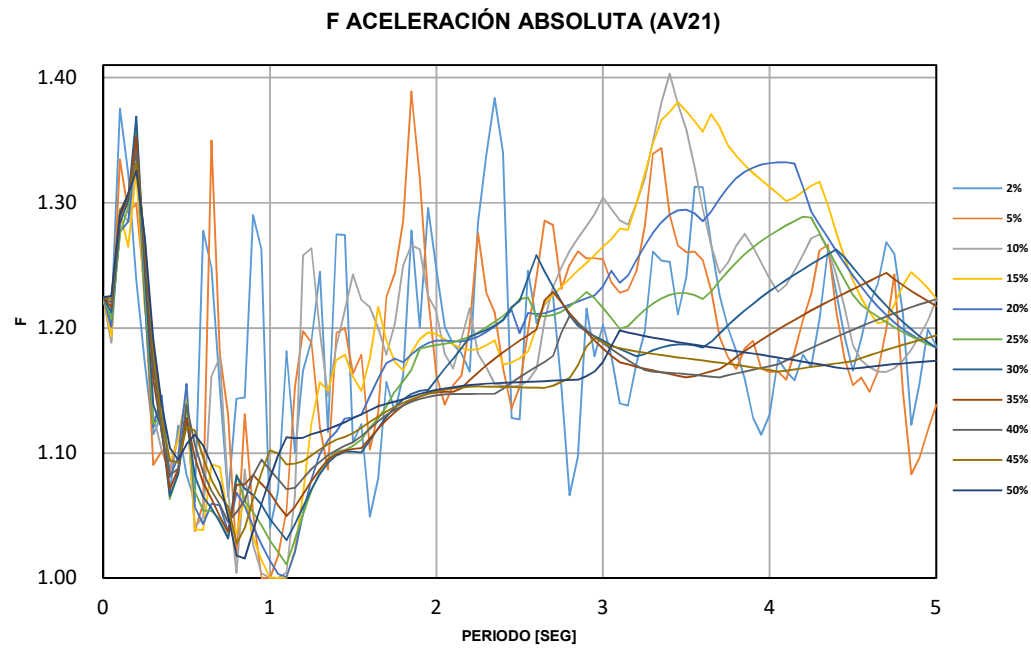
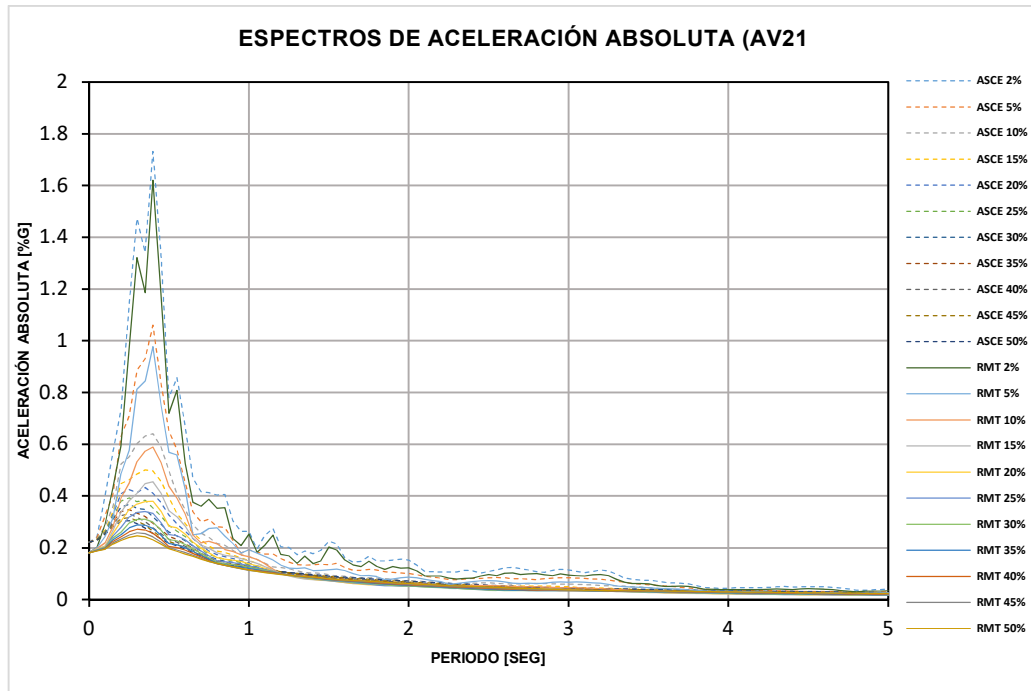




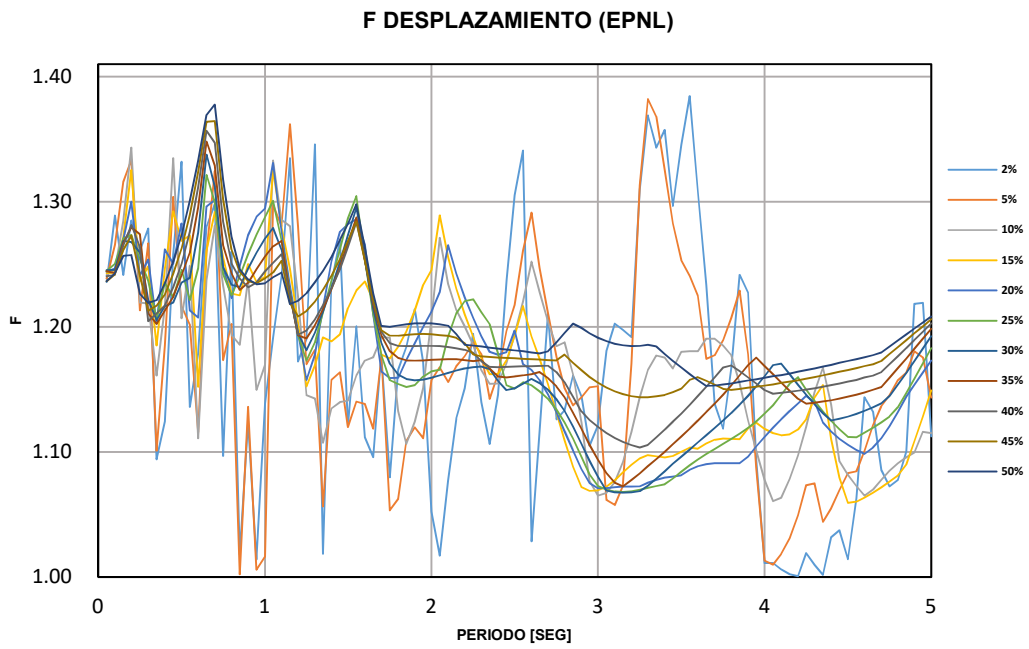
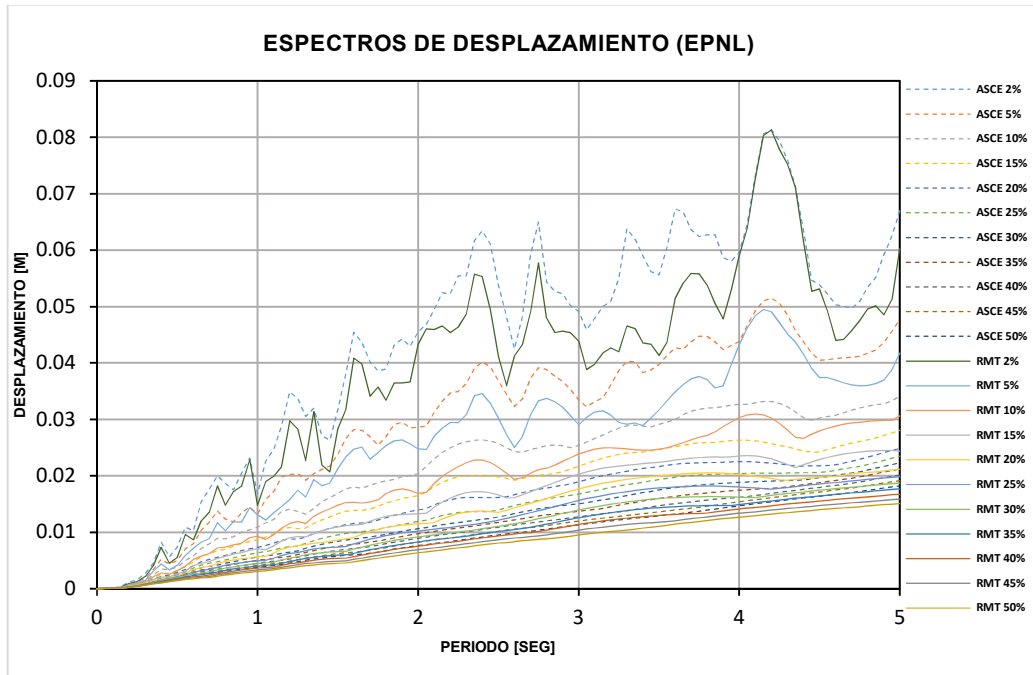


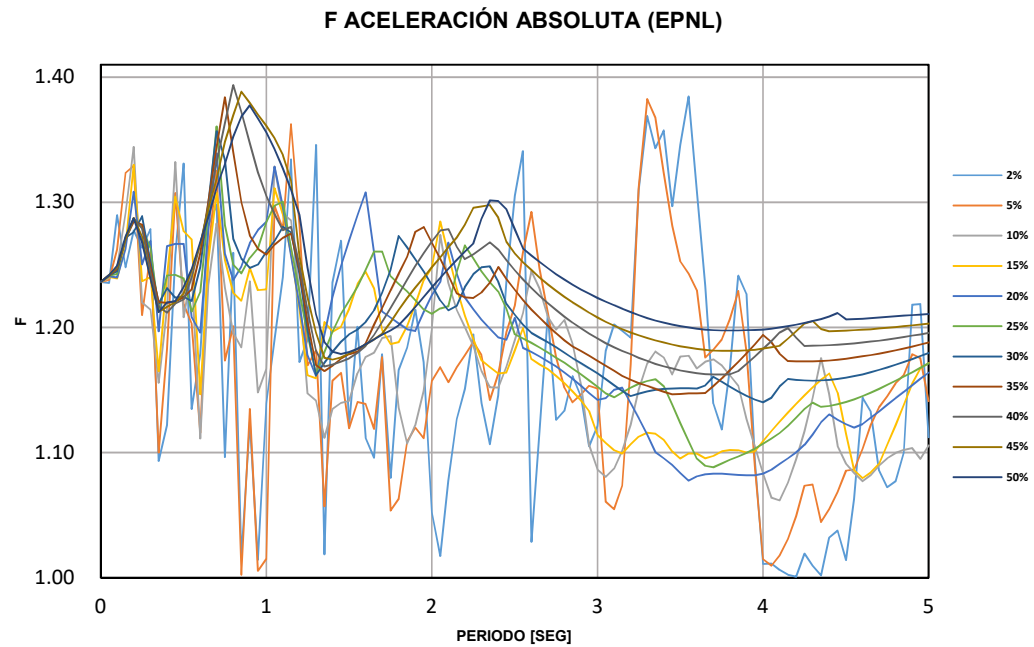
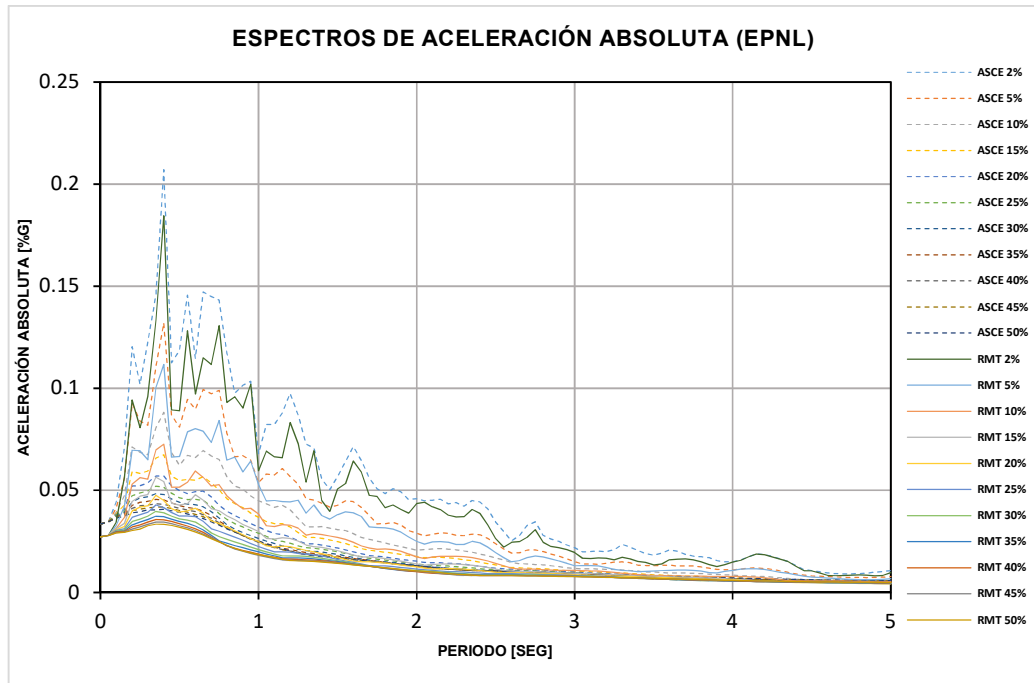
ESTACIÓN AV21



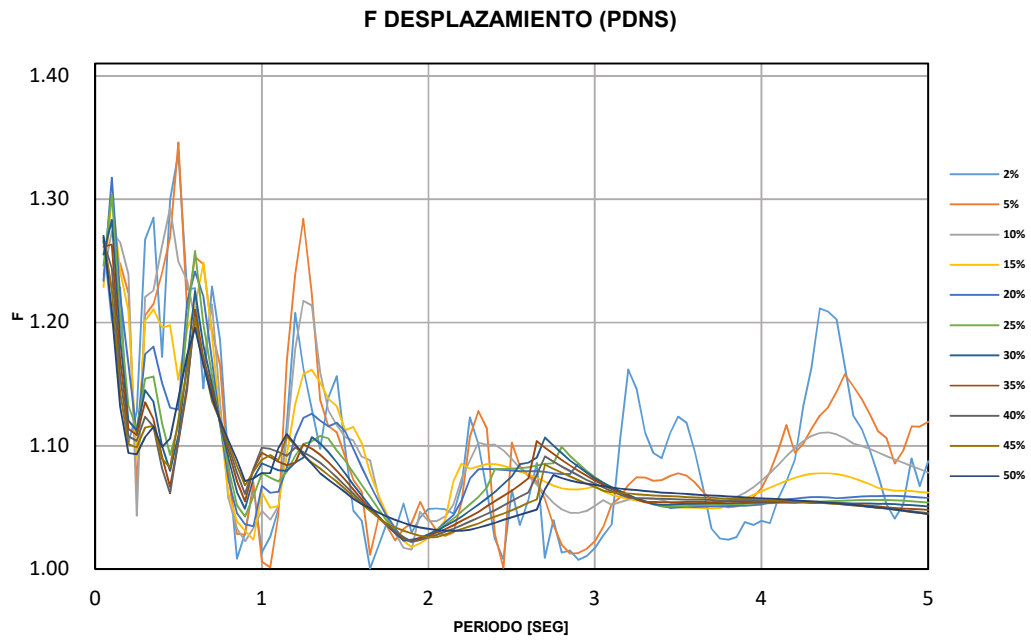
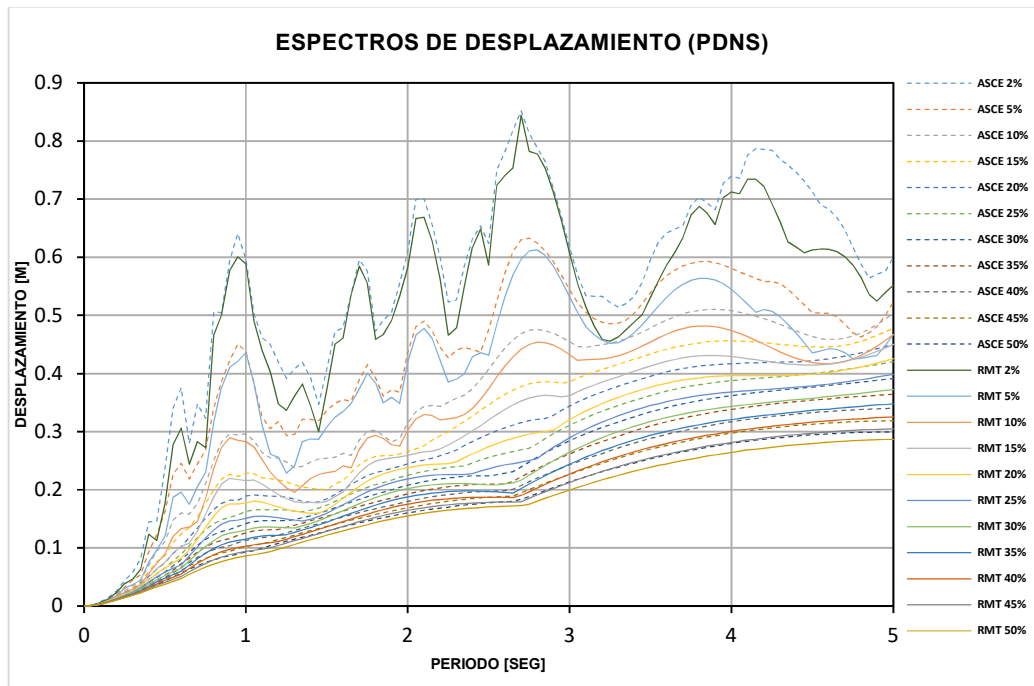


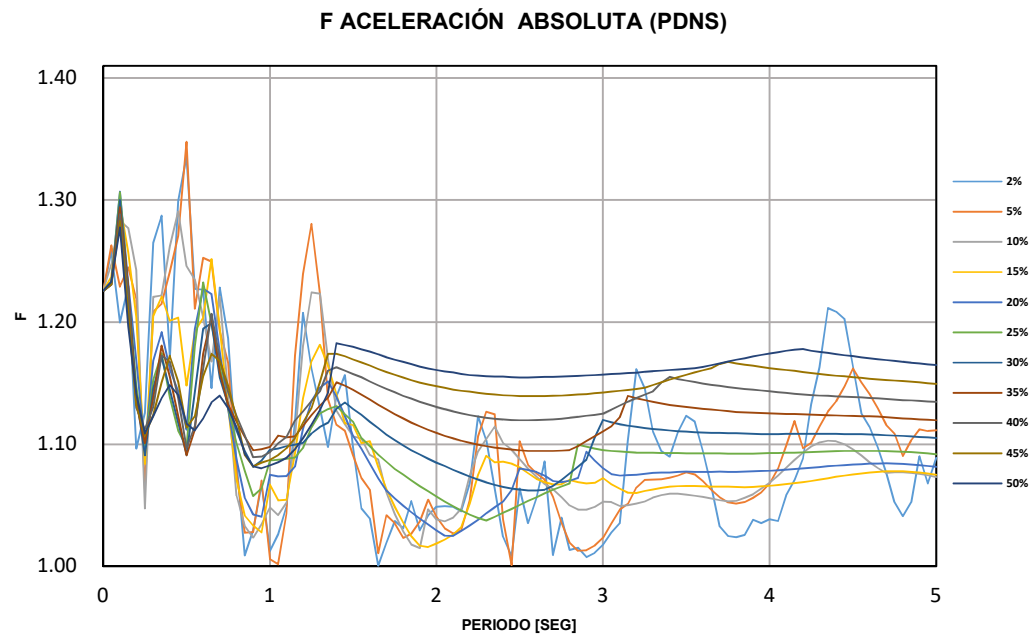
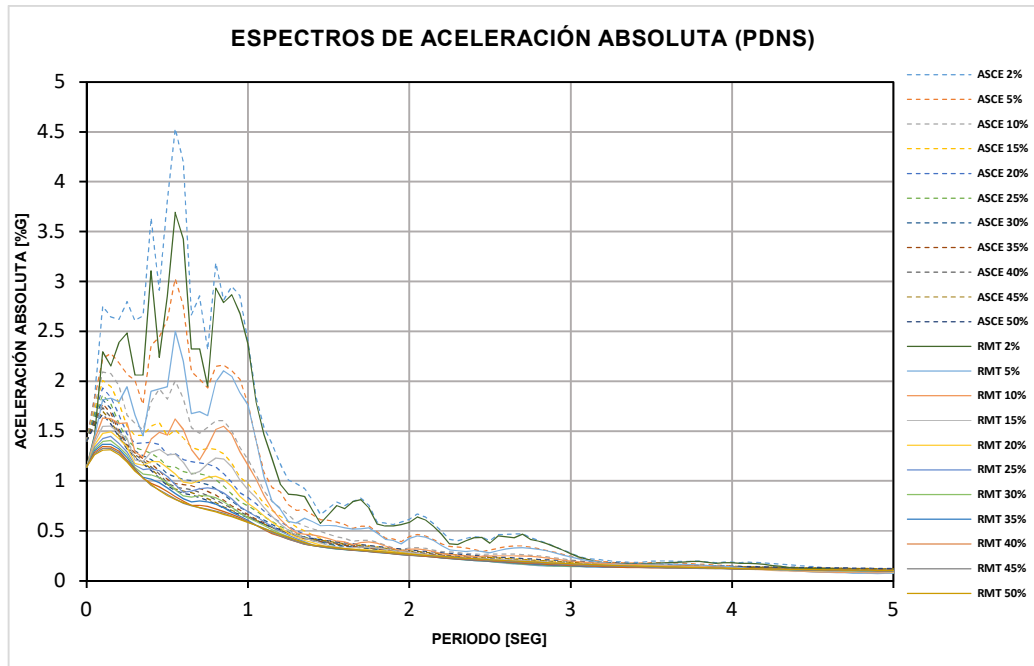
ESTACIÓN EPNL





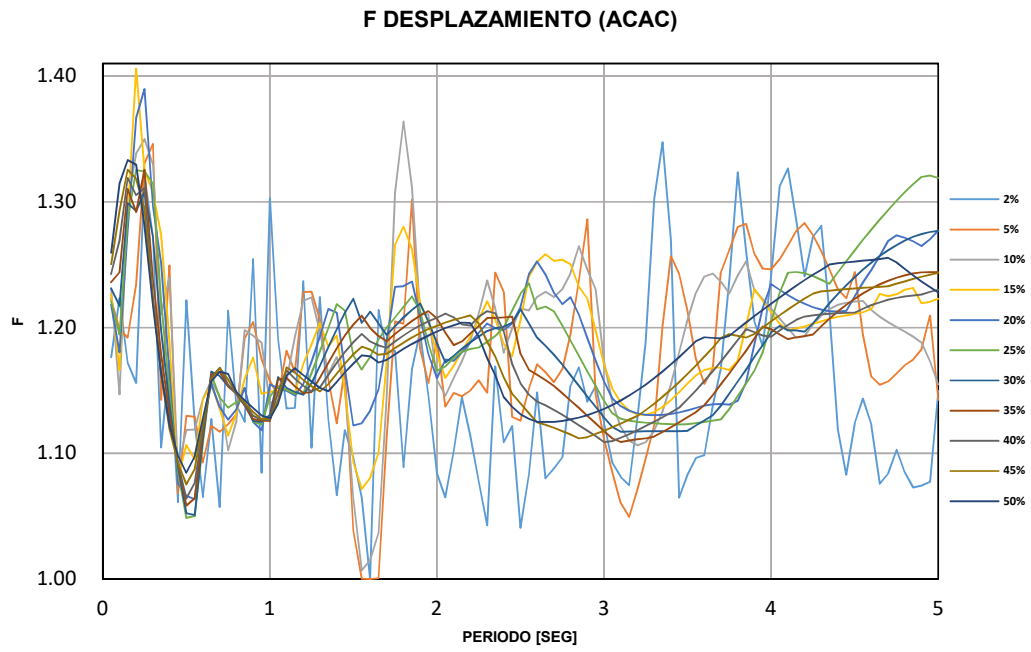
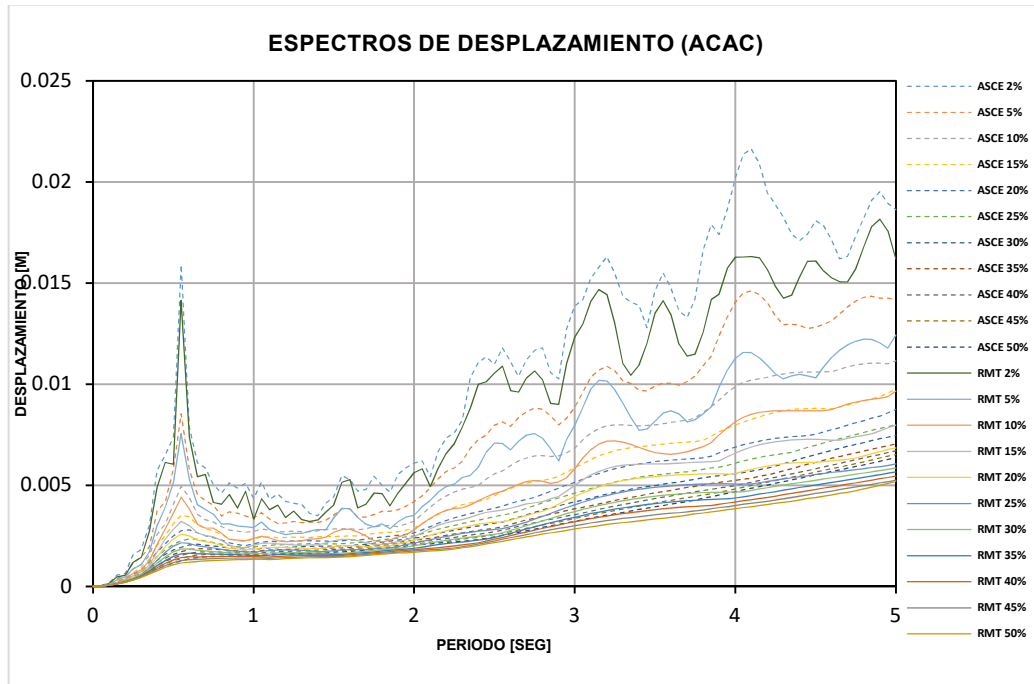
ESTACIÓN PDNS

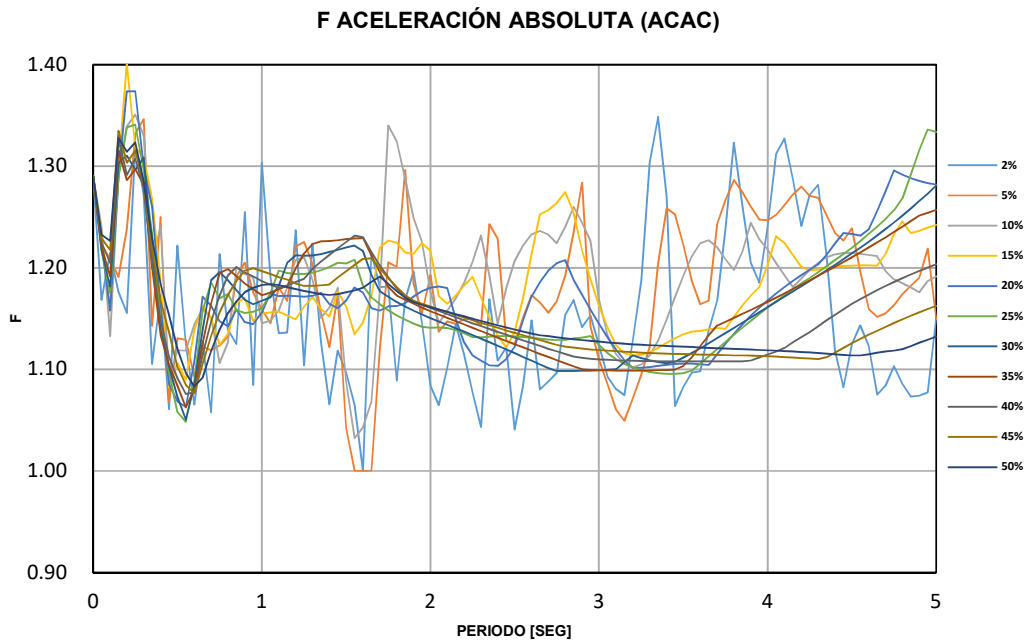
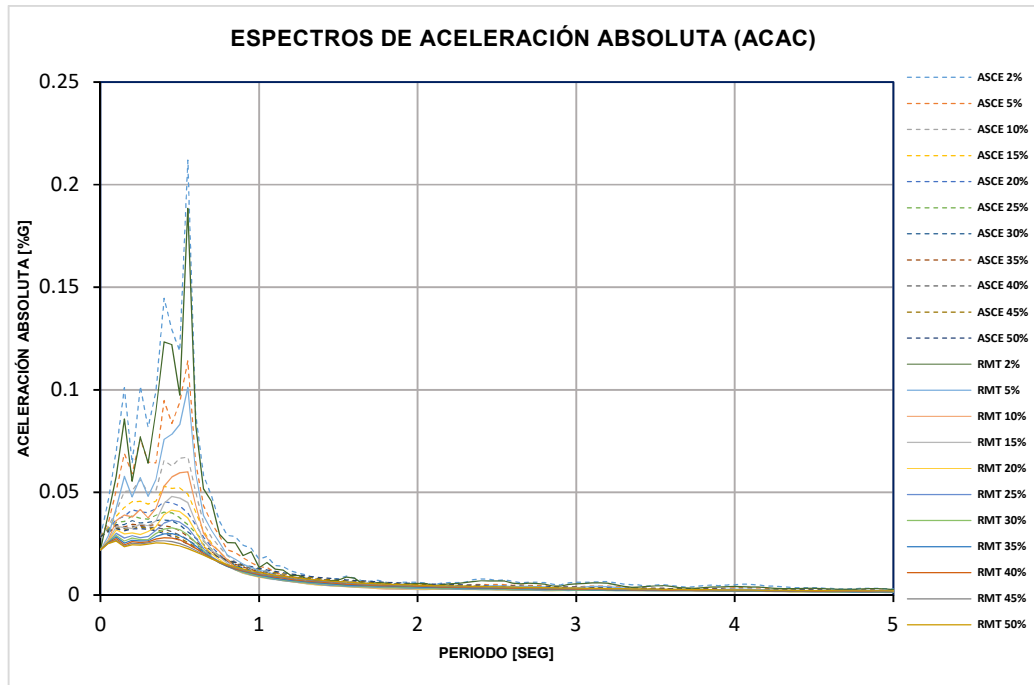




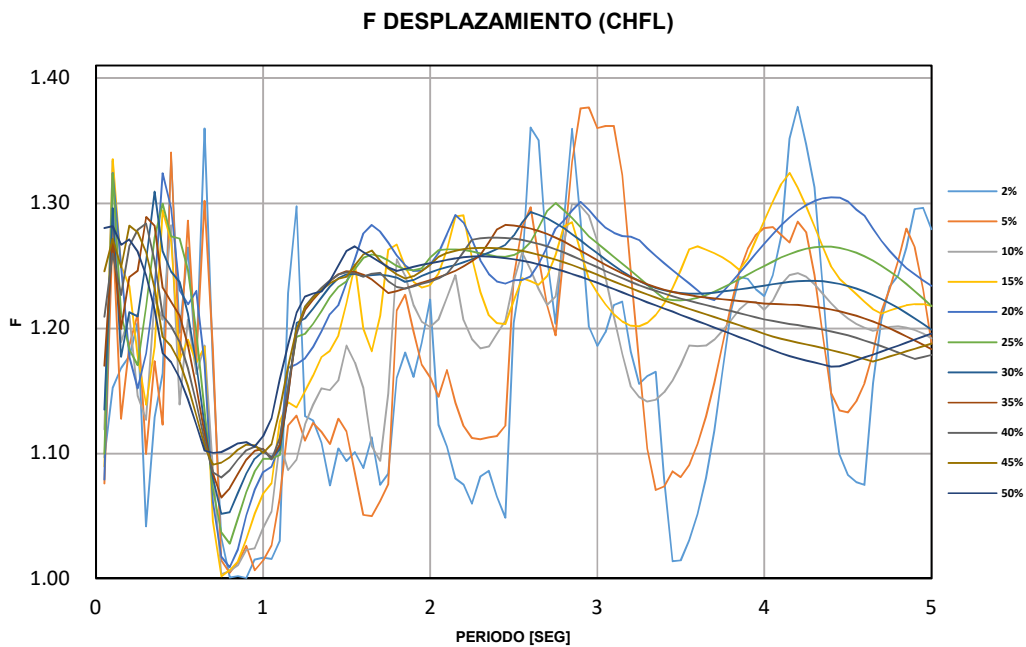
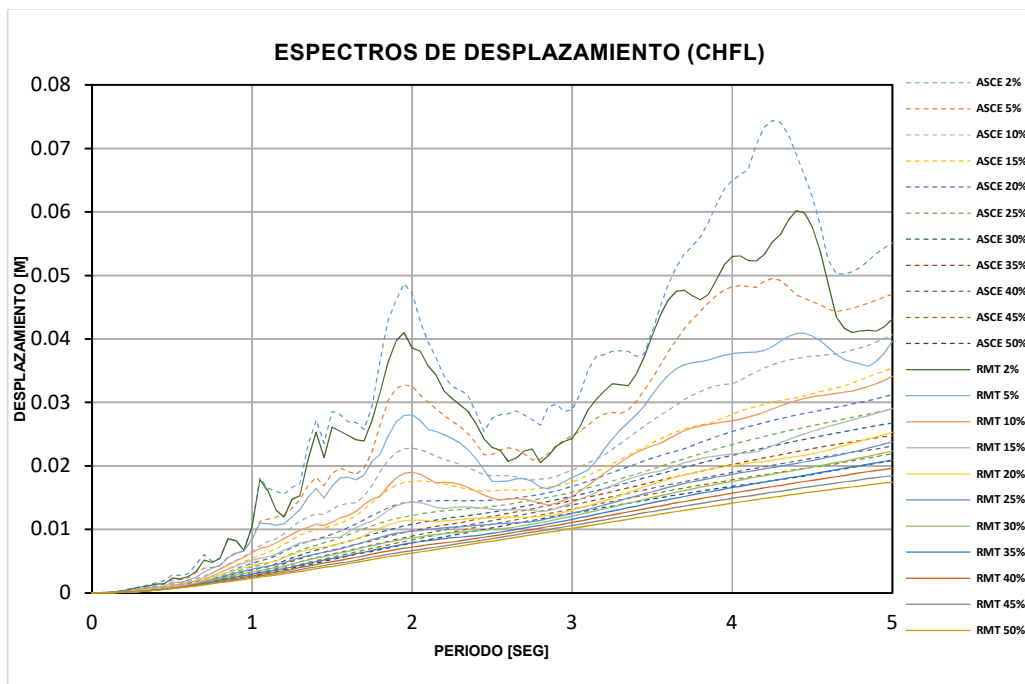
Registros de México

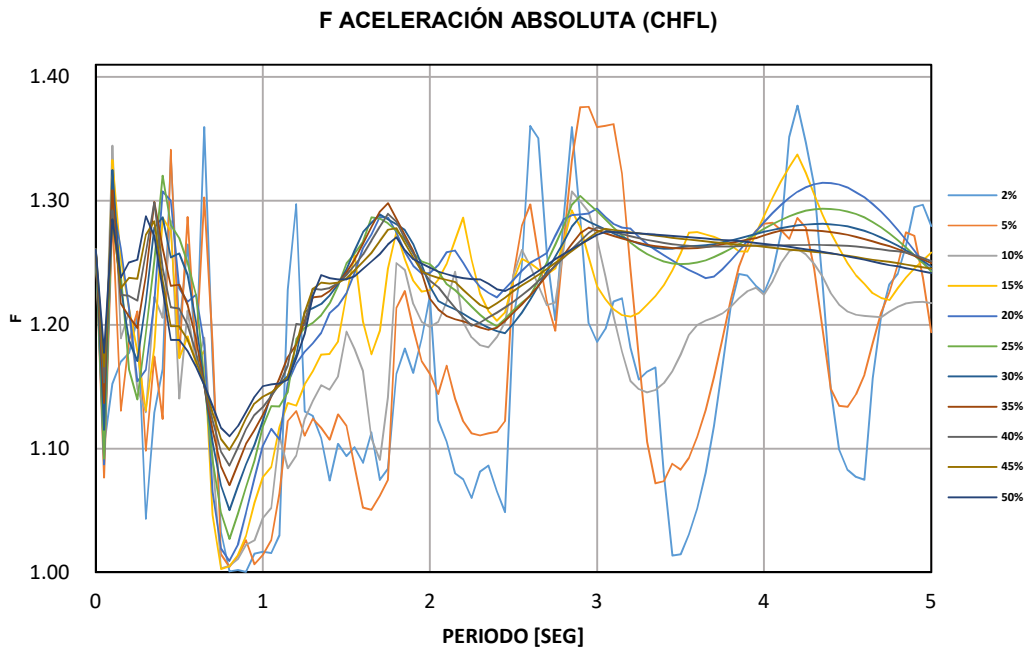
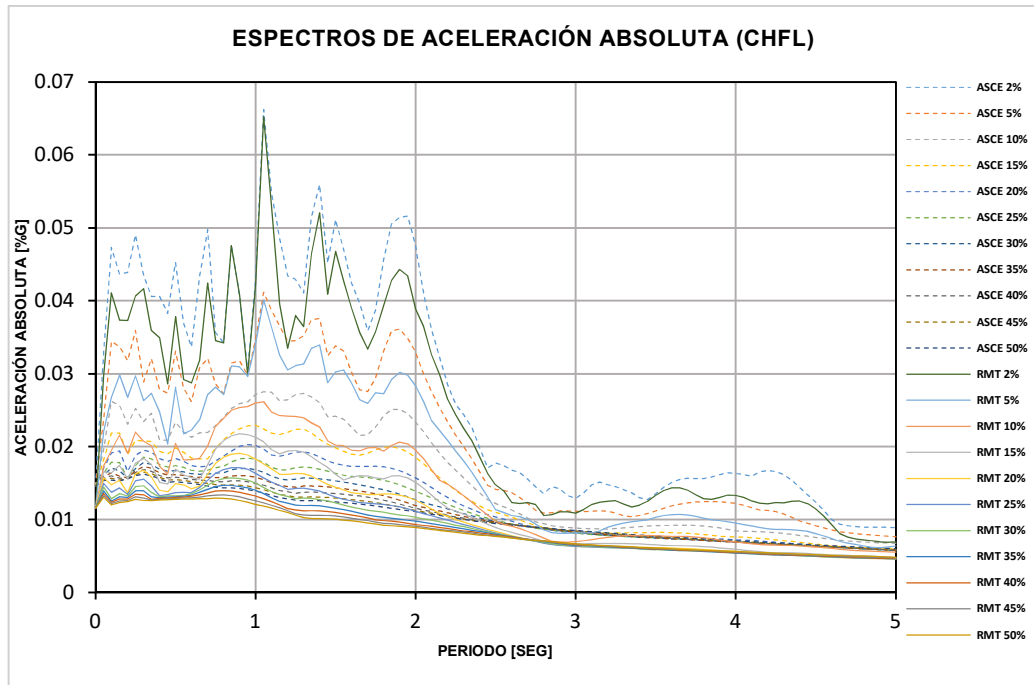
ESTACIÓN ACAC



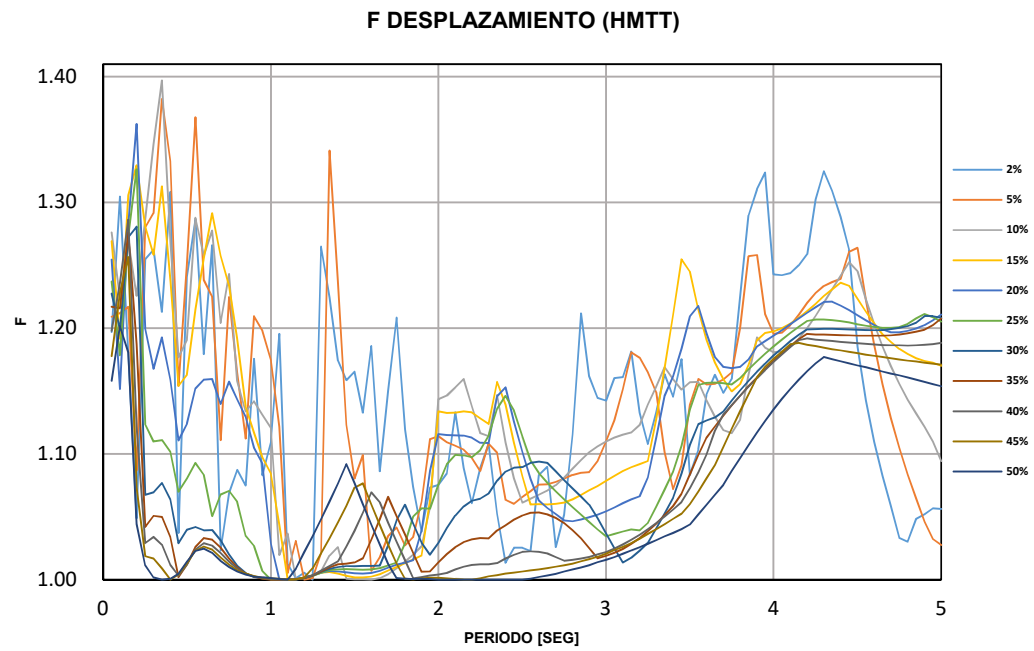
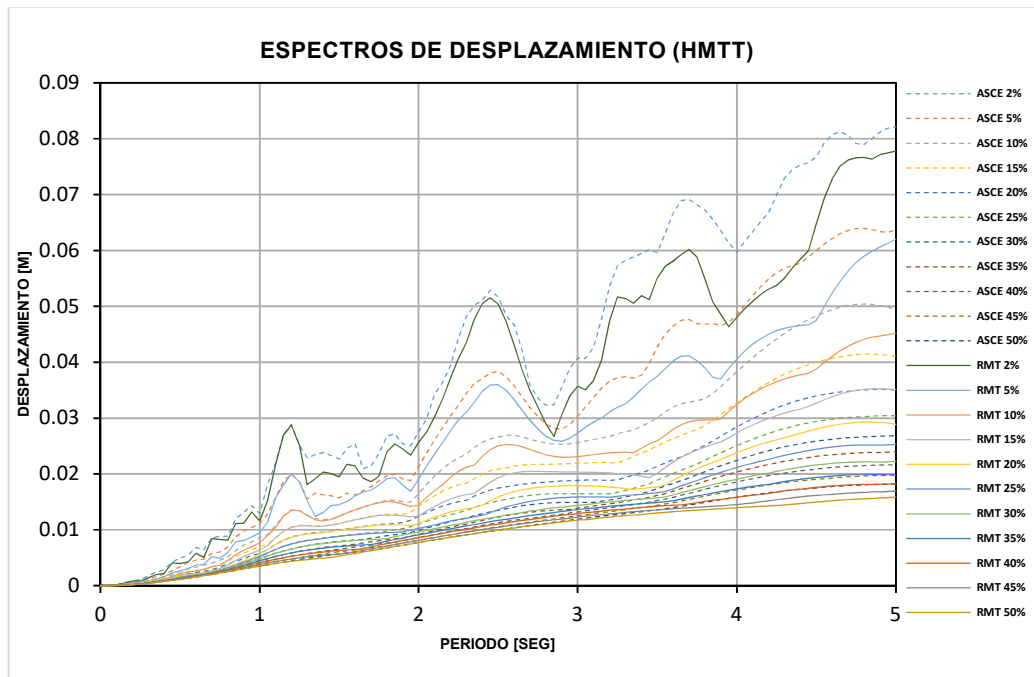


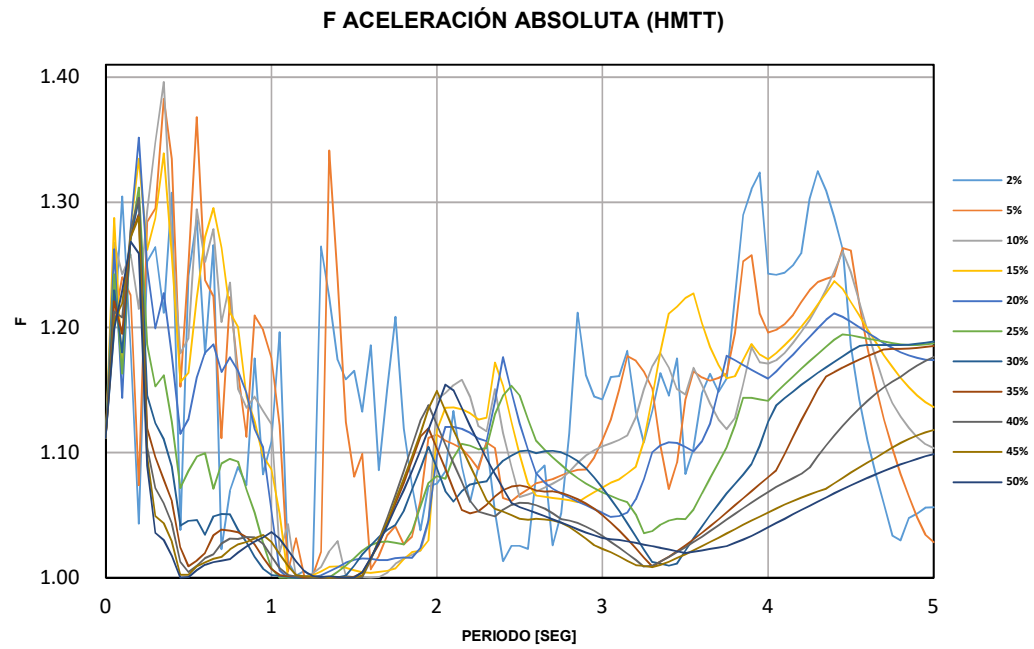
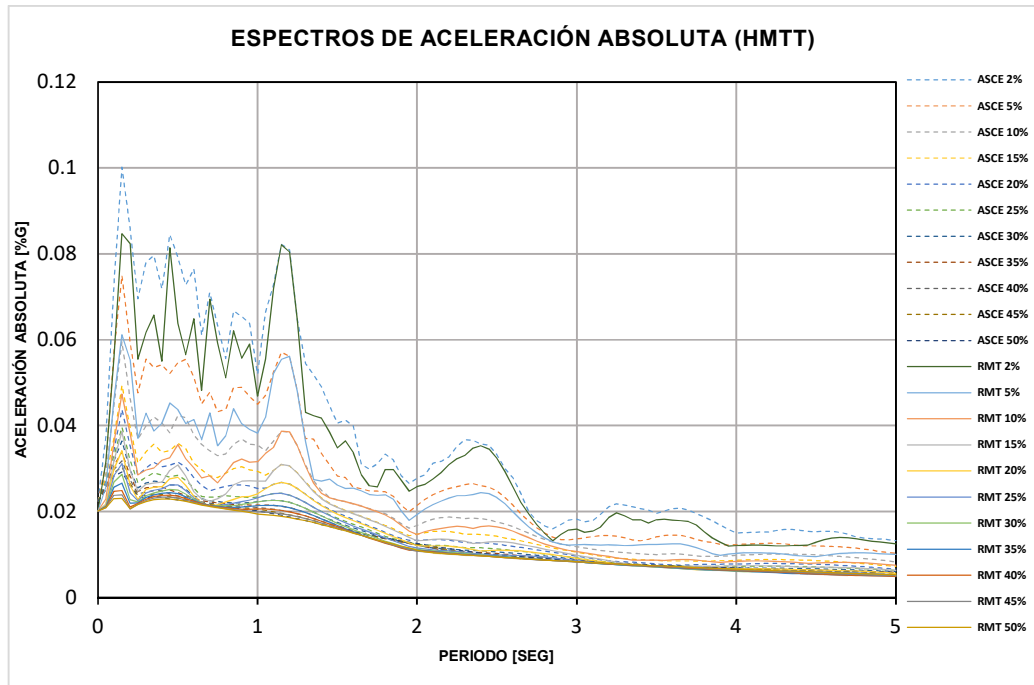
ESTACIÓN CHFL



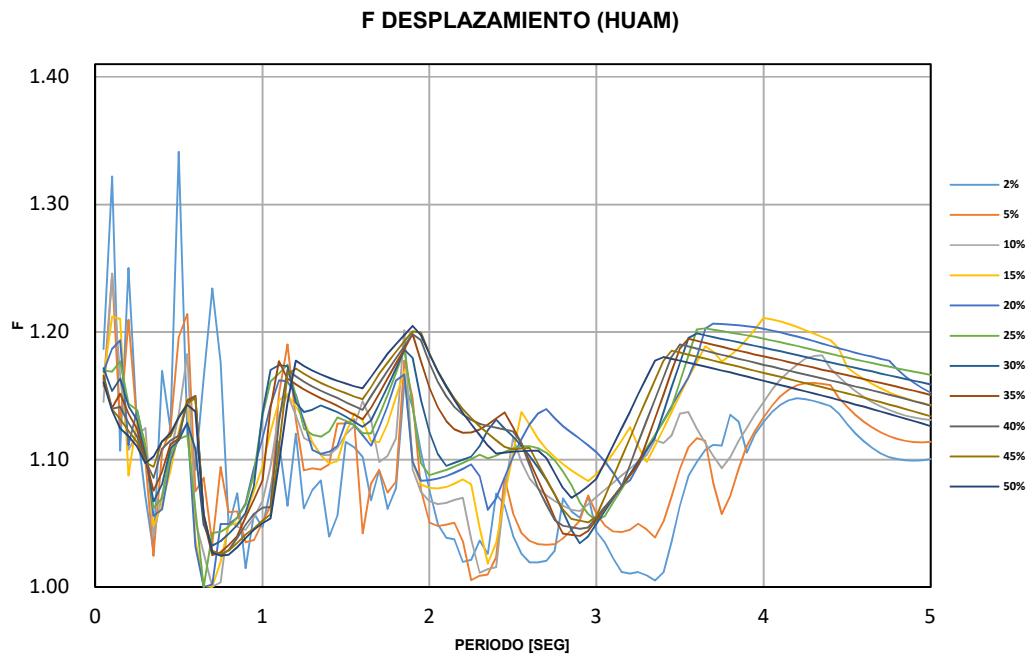
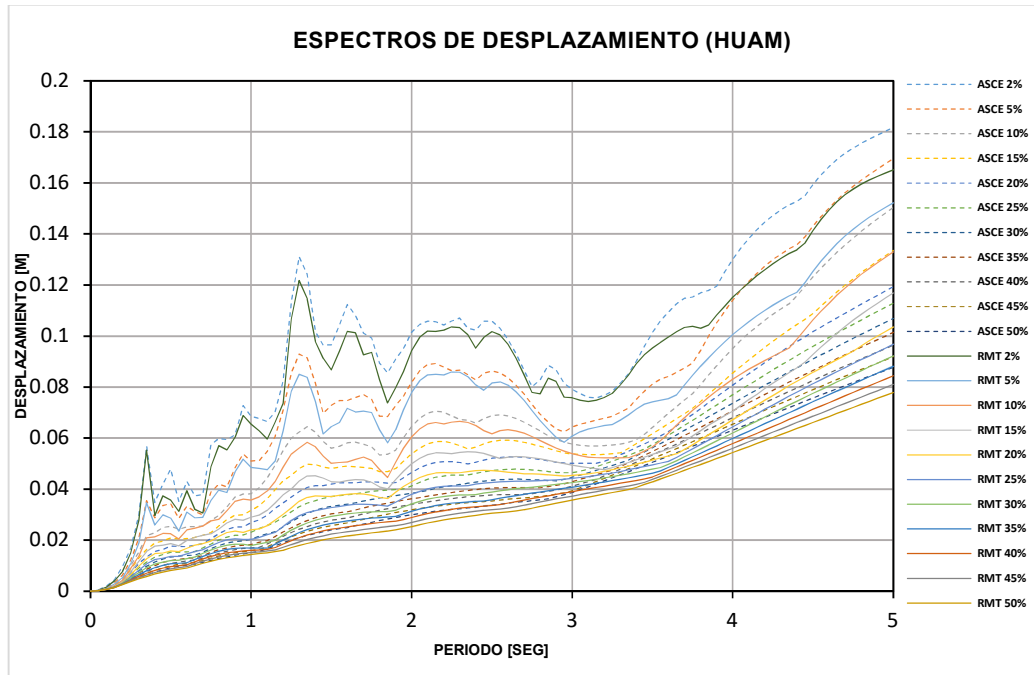


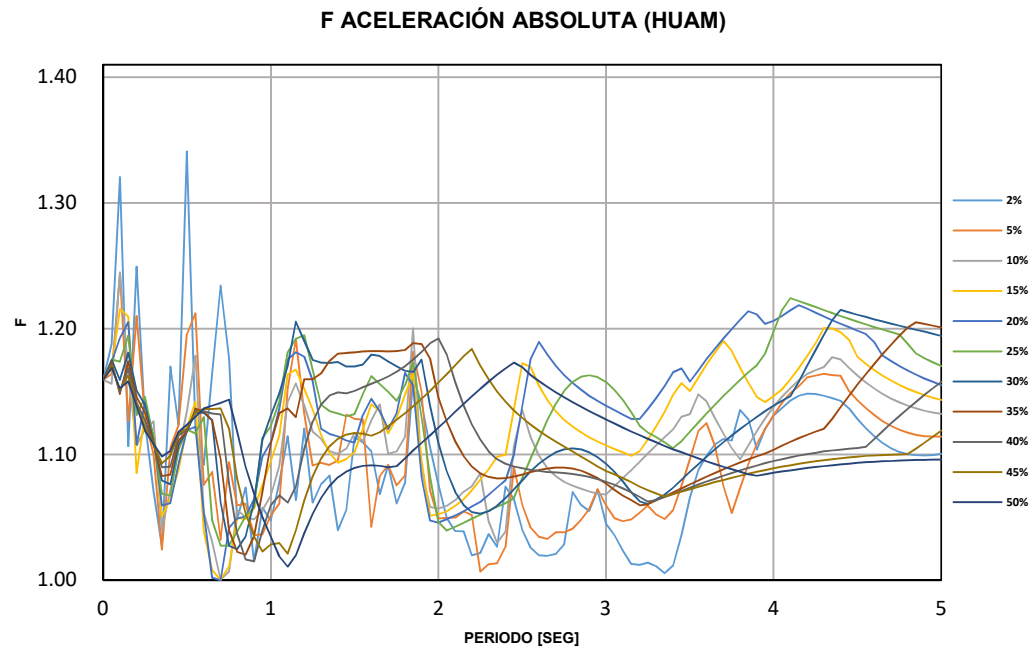
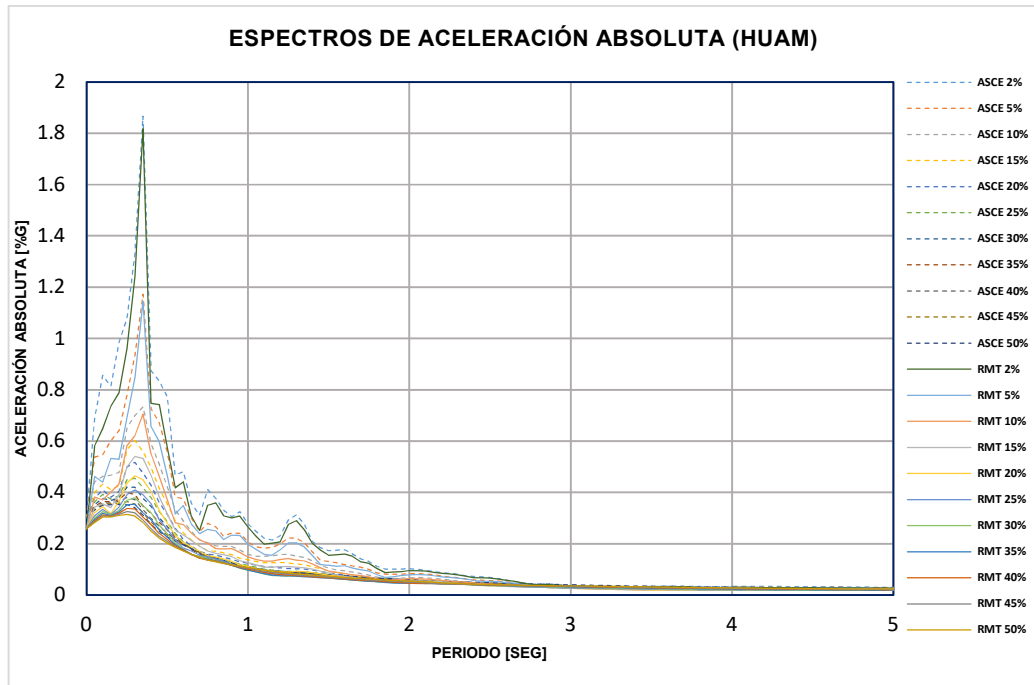
ESTACIÓN HMTT



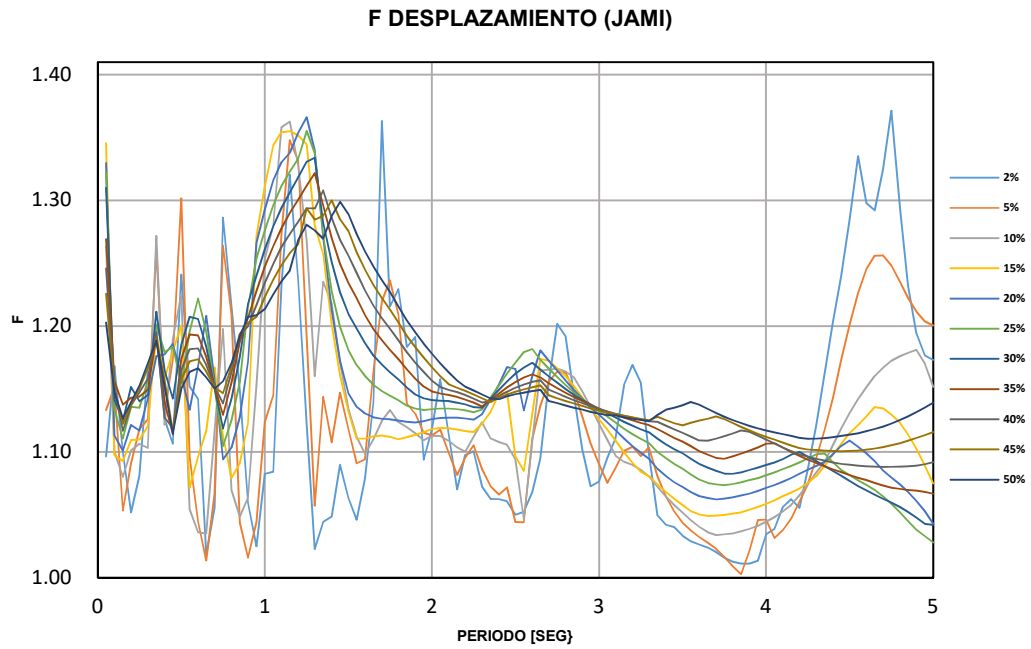
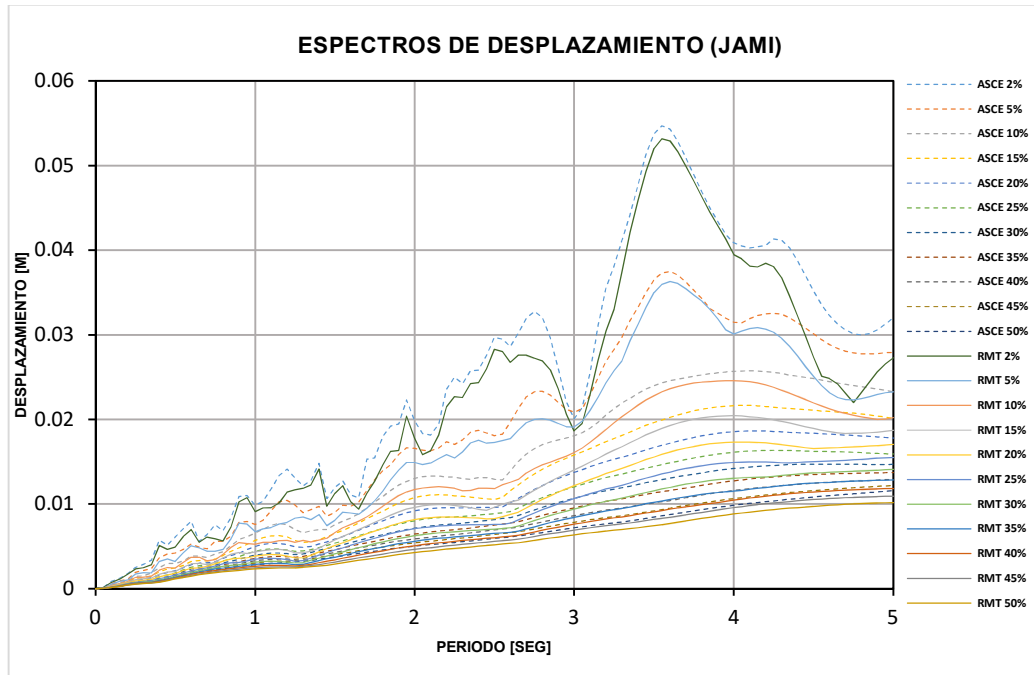


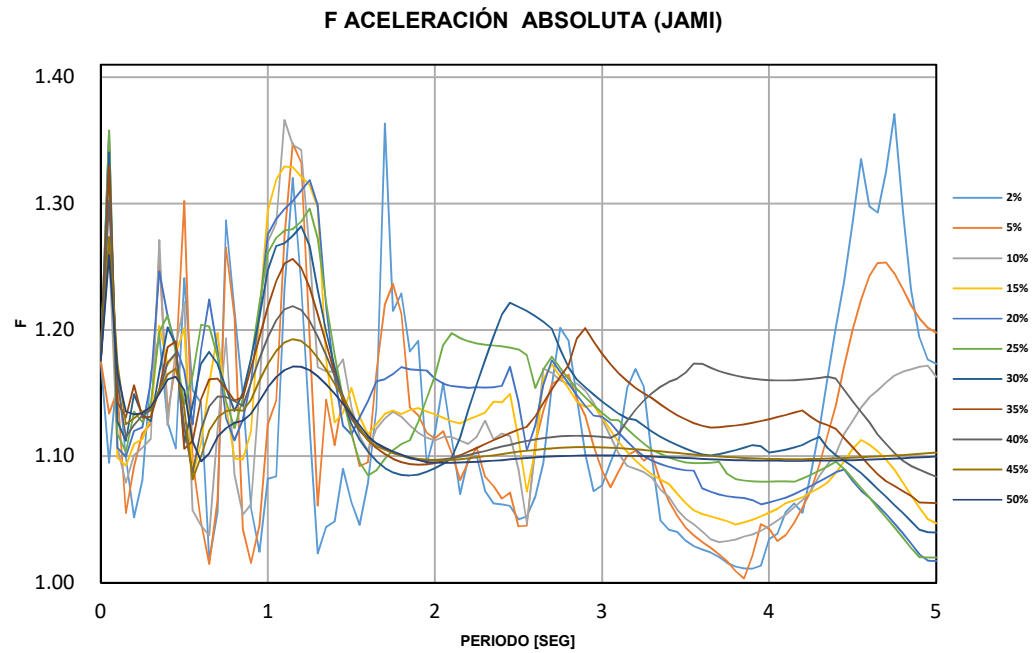
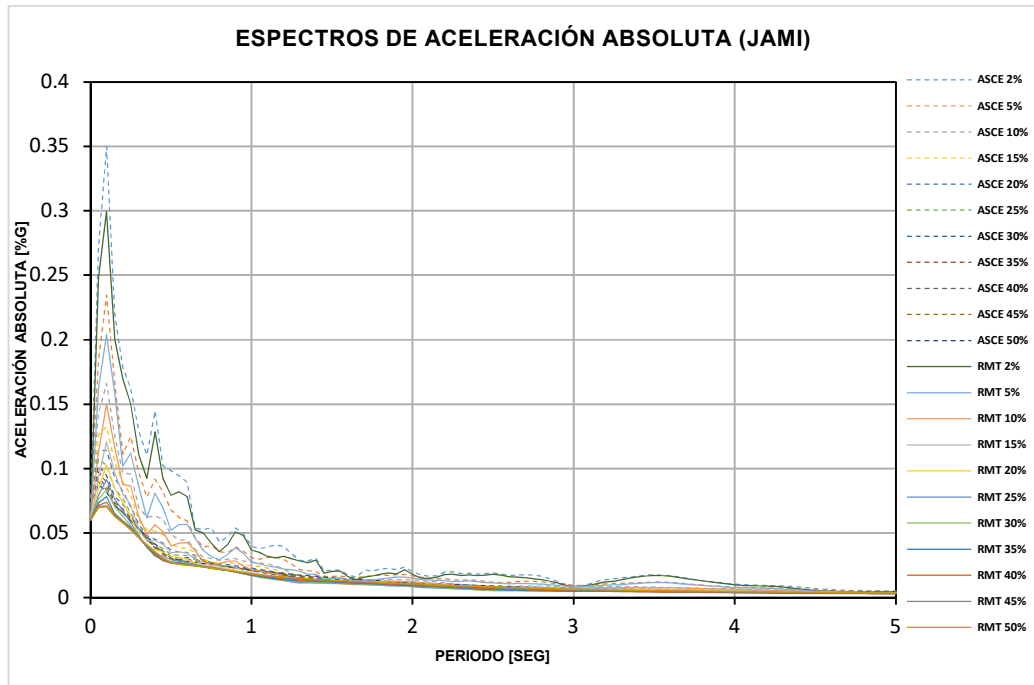
ESTACIÓN HUAM



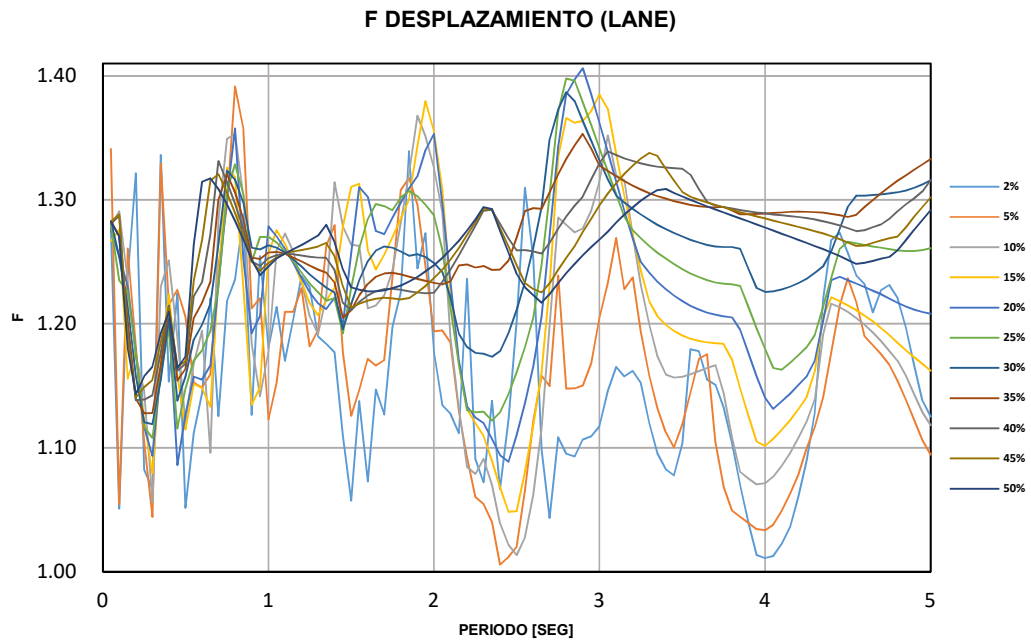
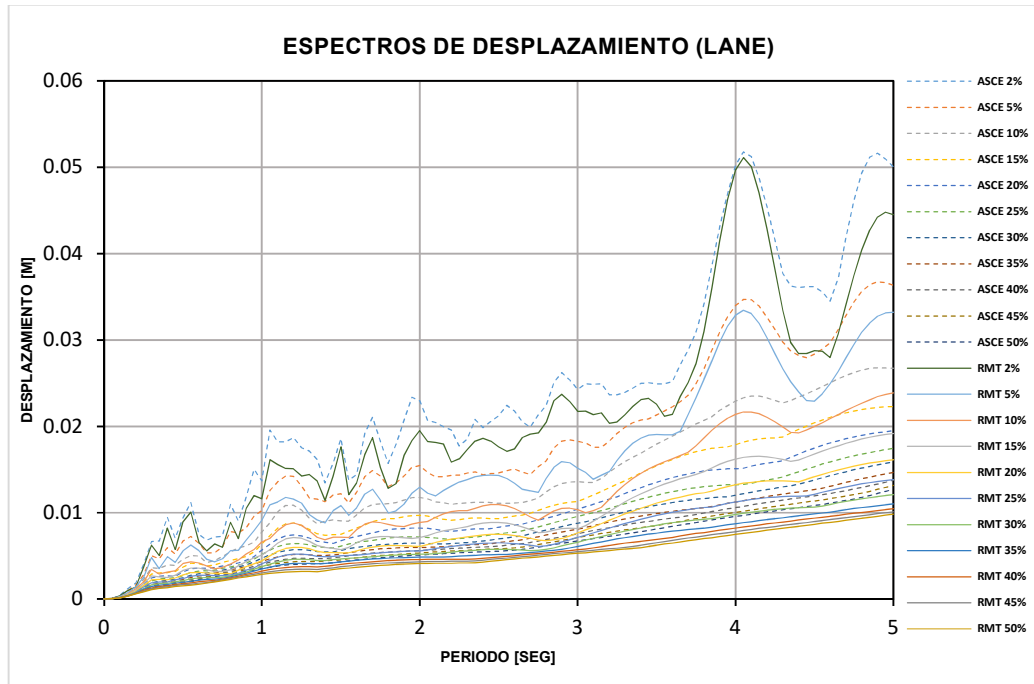


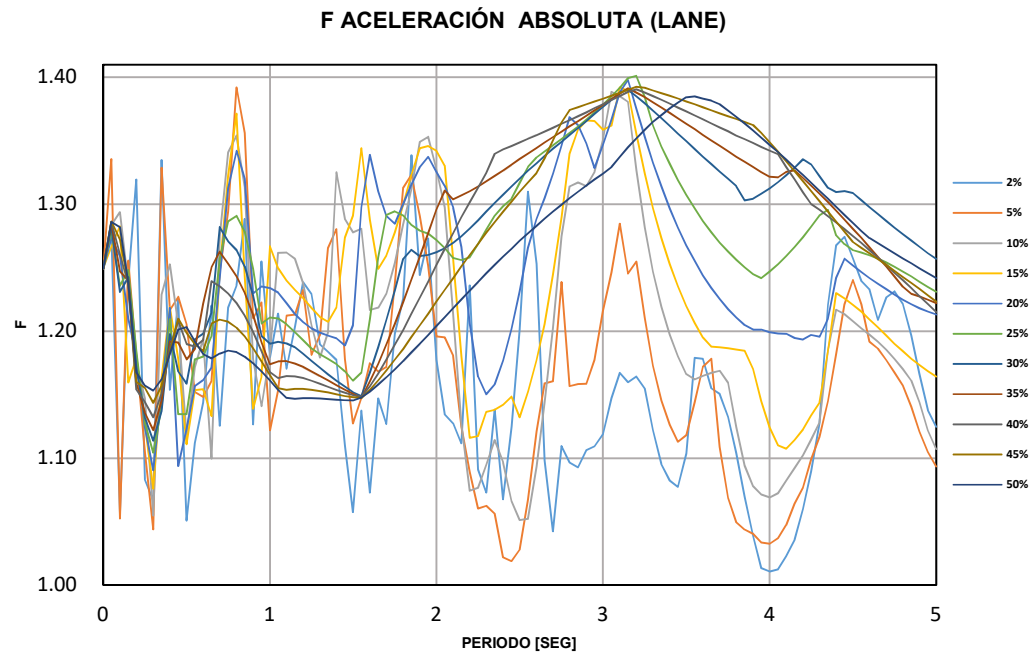
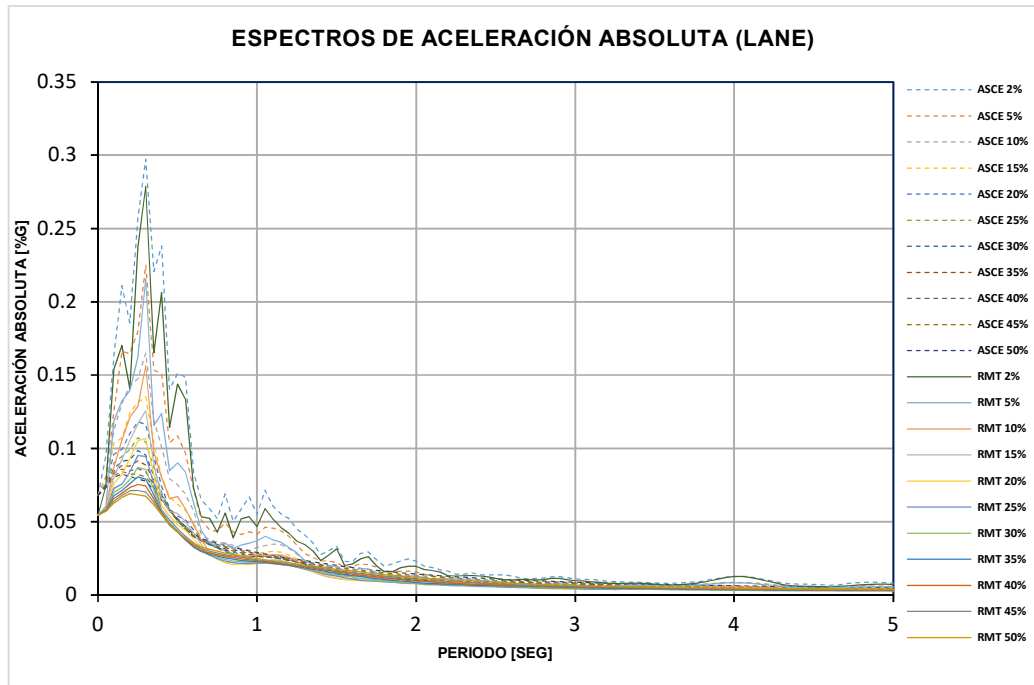
ESTACIÓN JAME



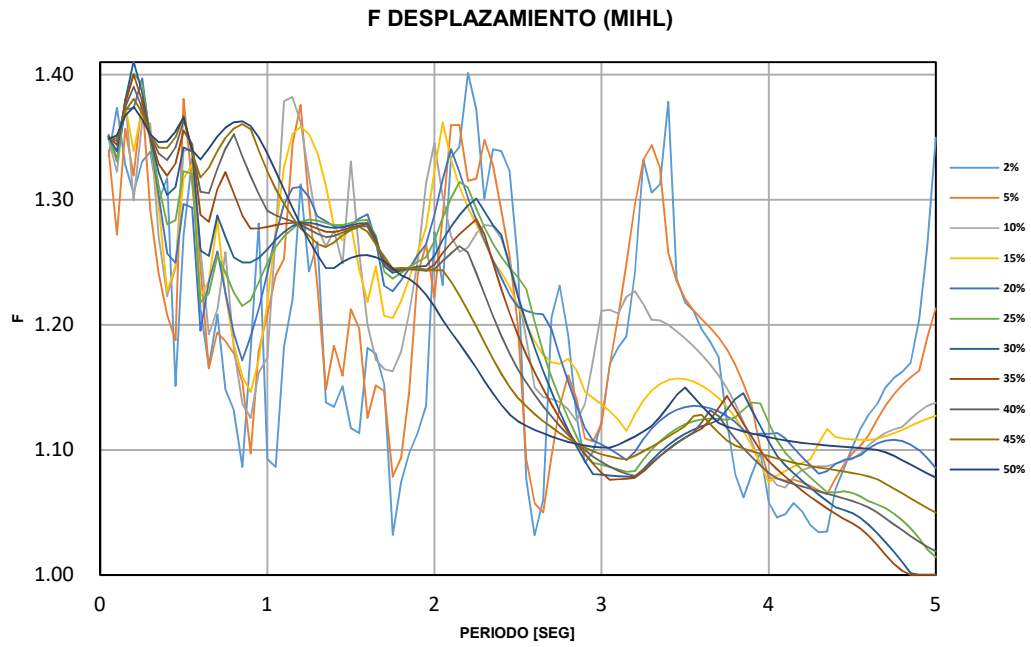
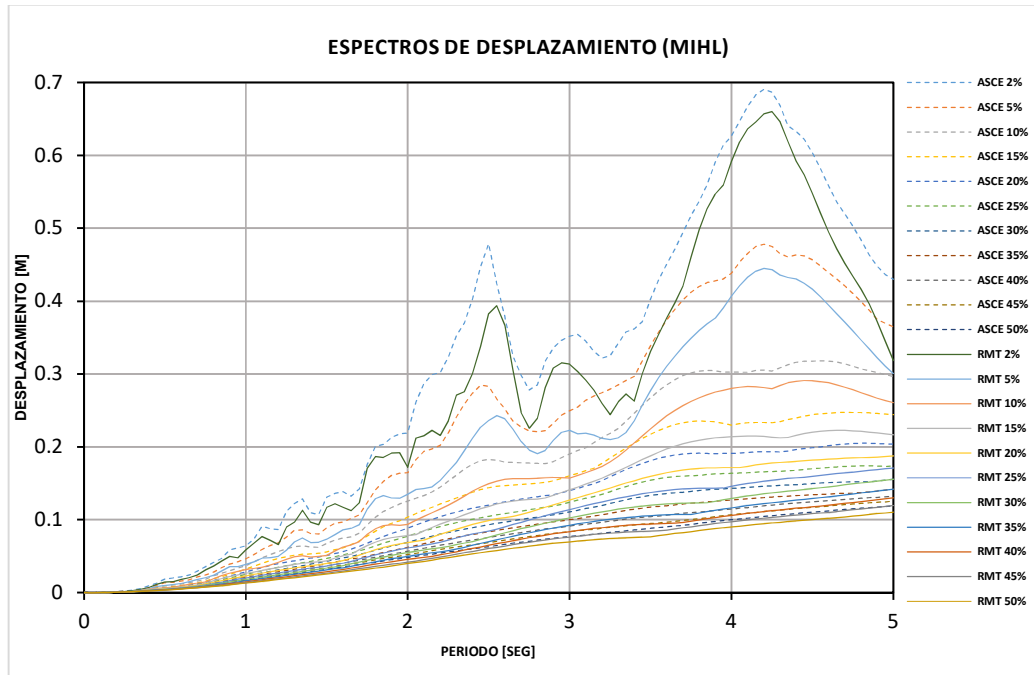


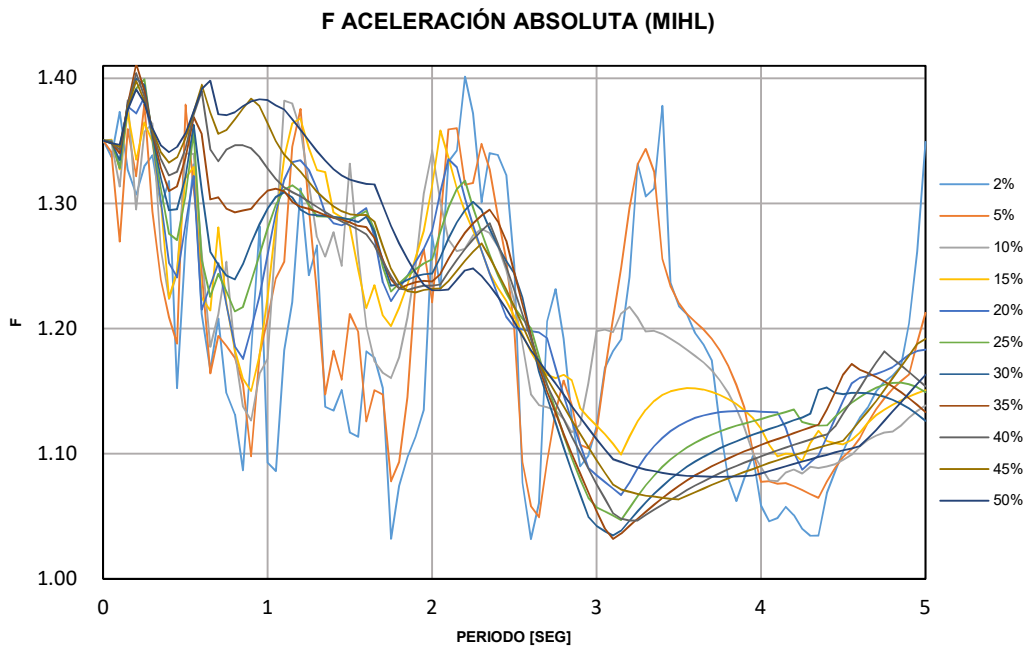
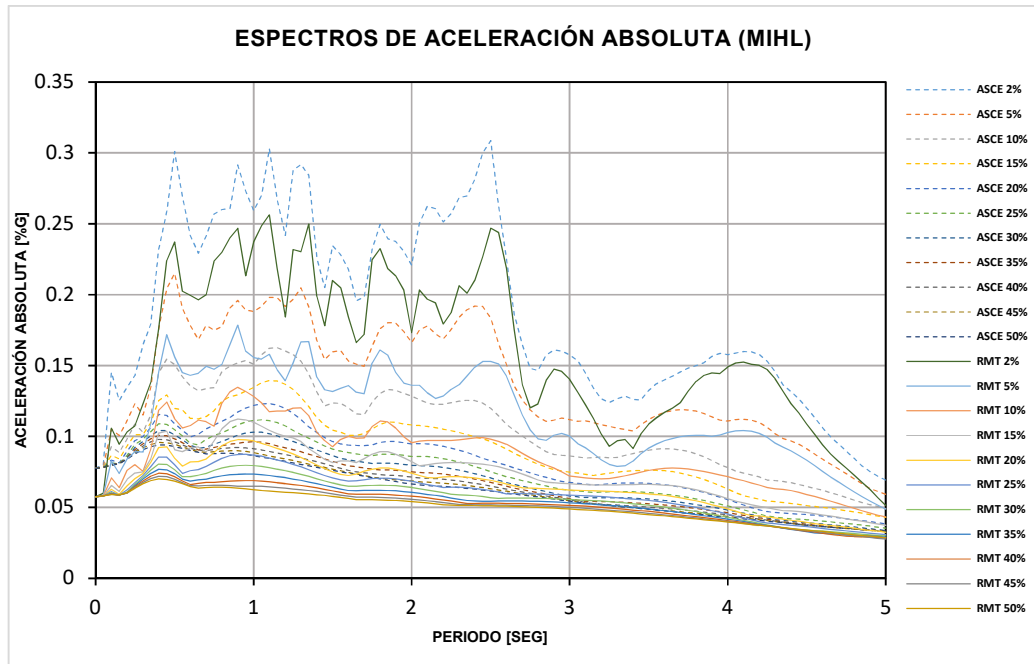
ESTACIÓN LANE



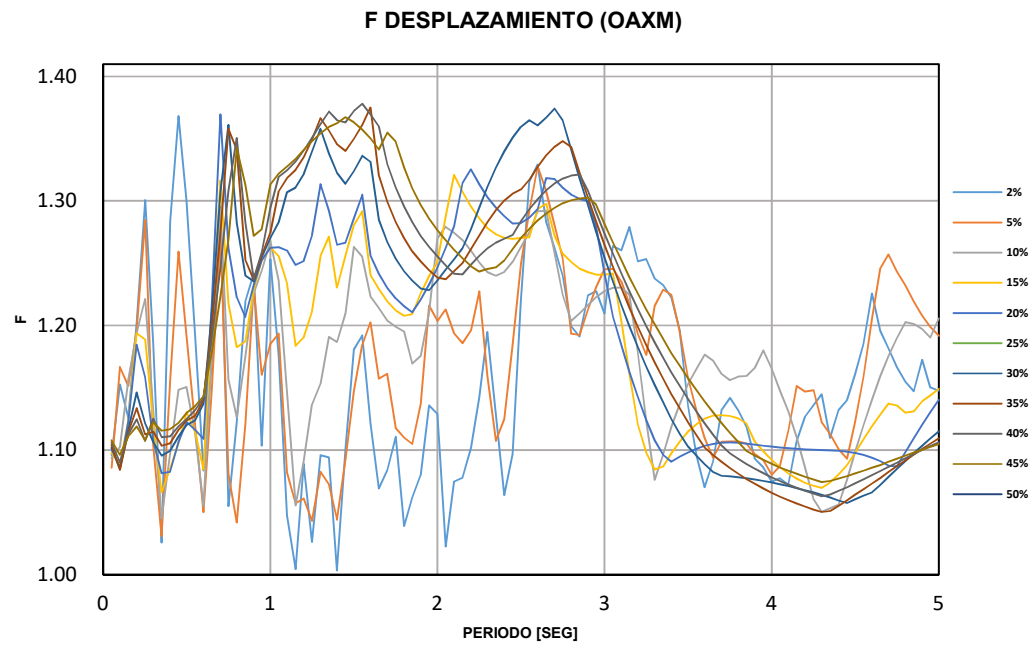
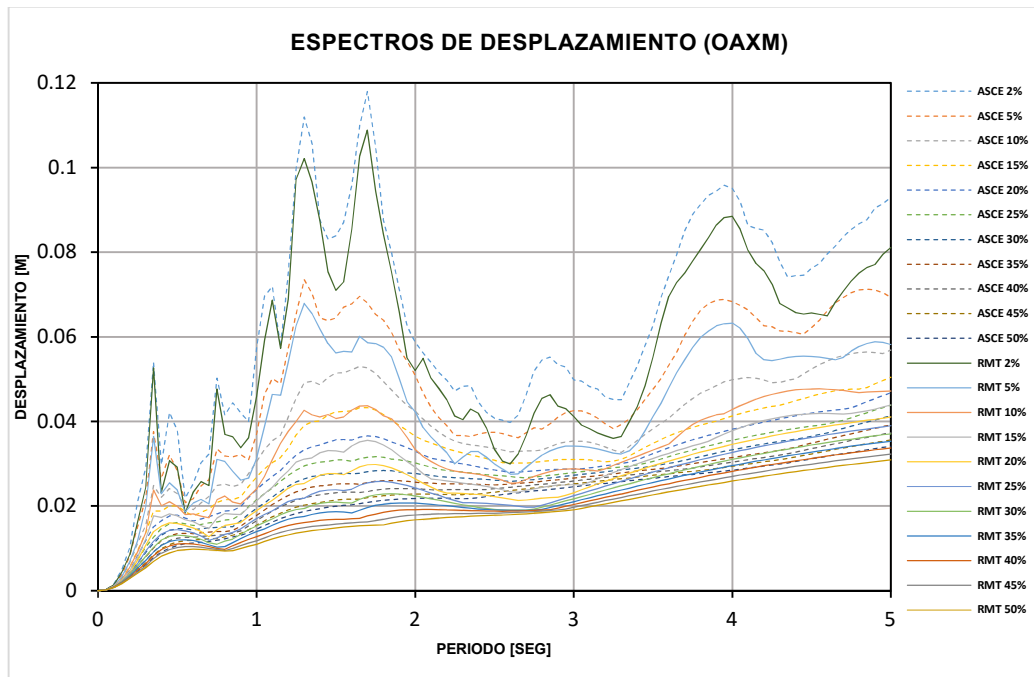


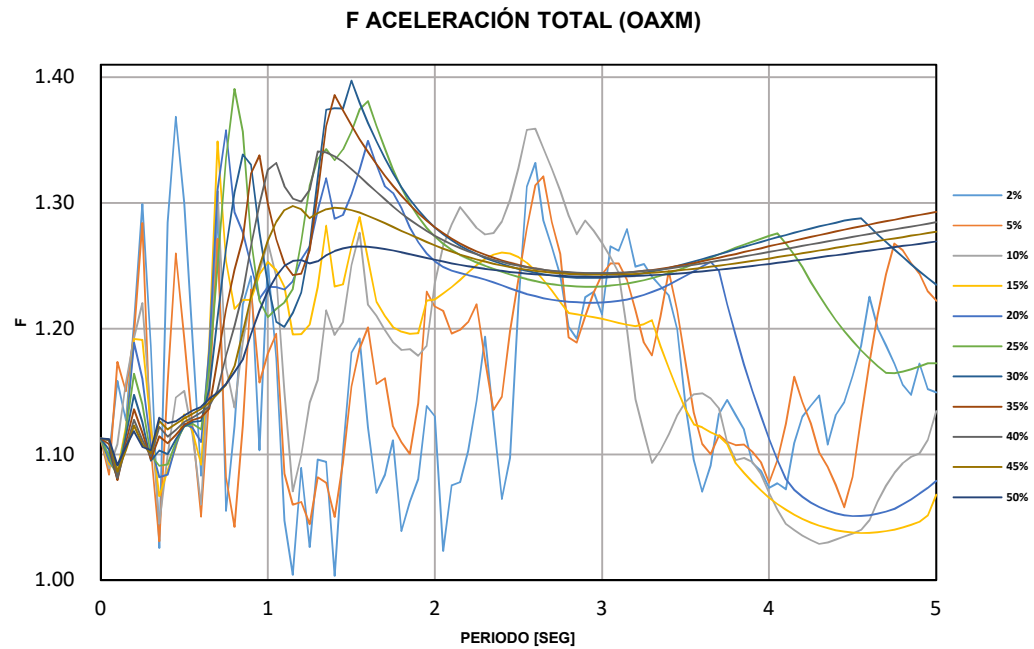
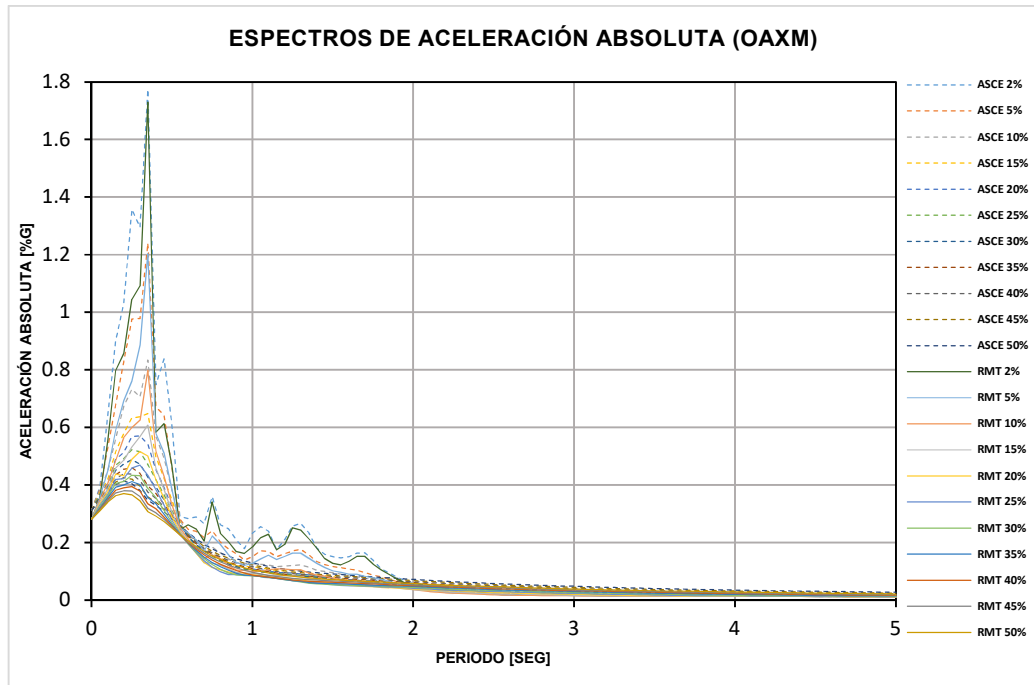
ESTACIÓN MIHL



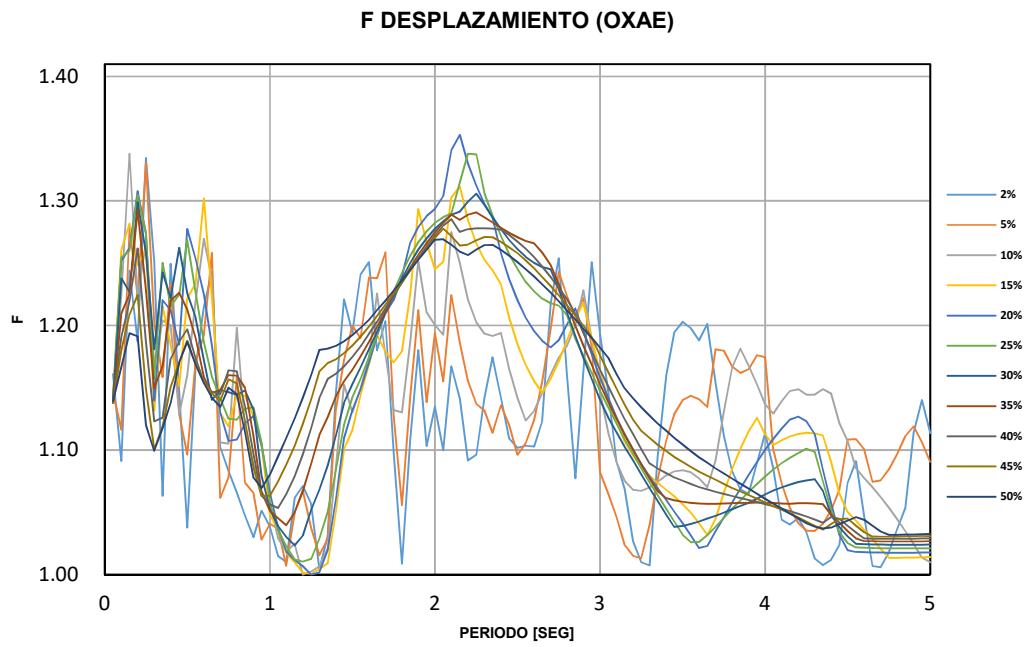
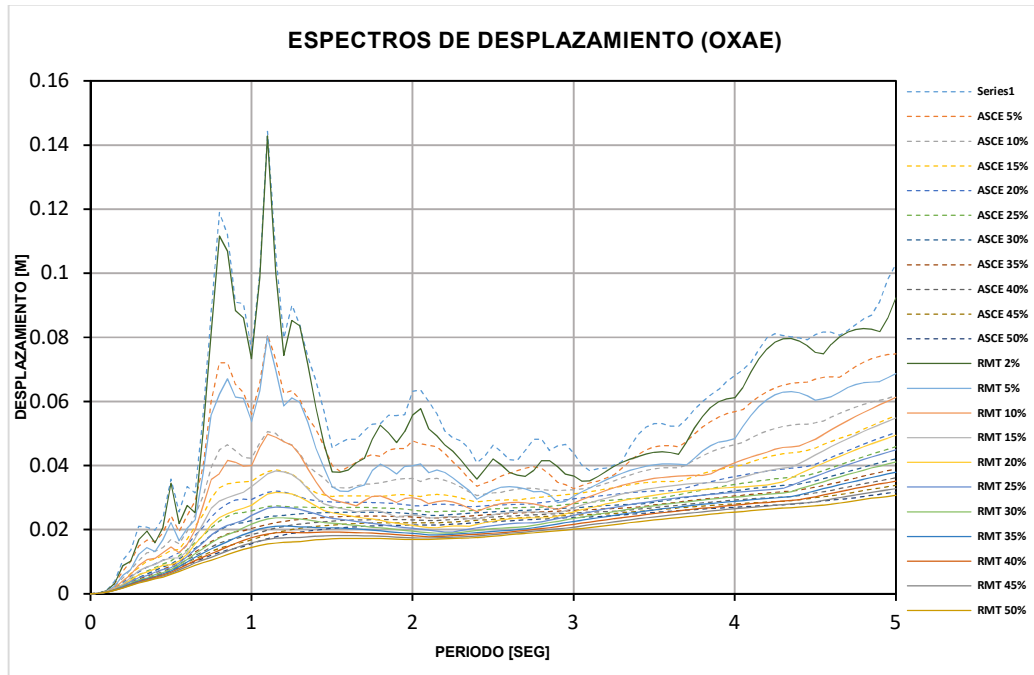


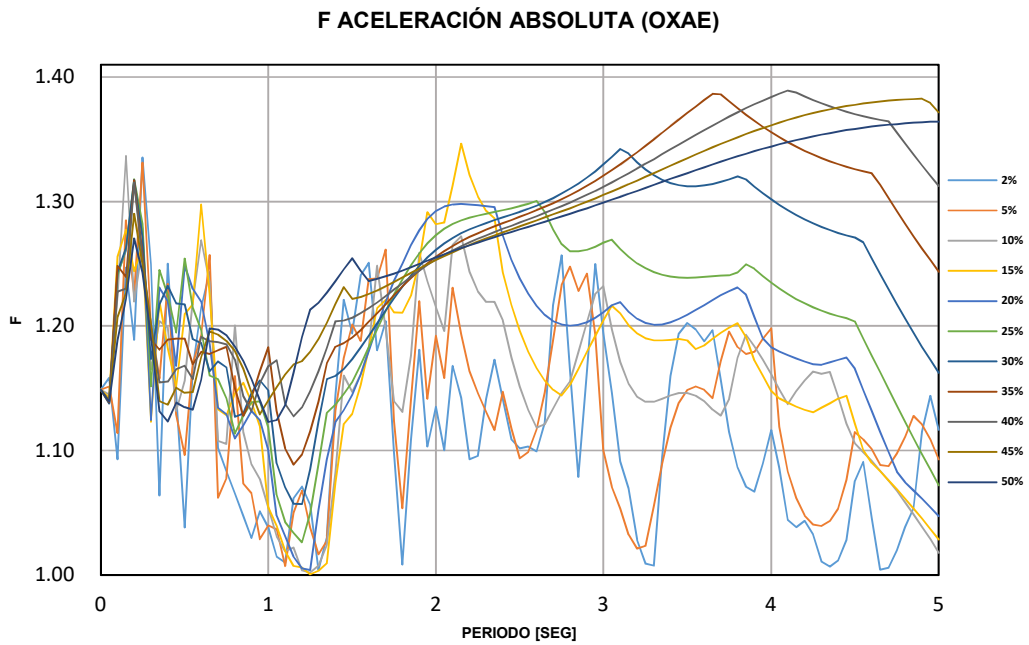
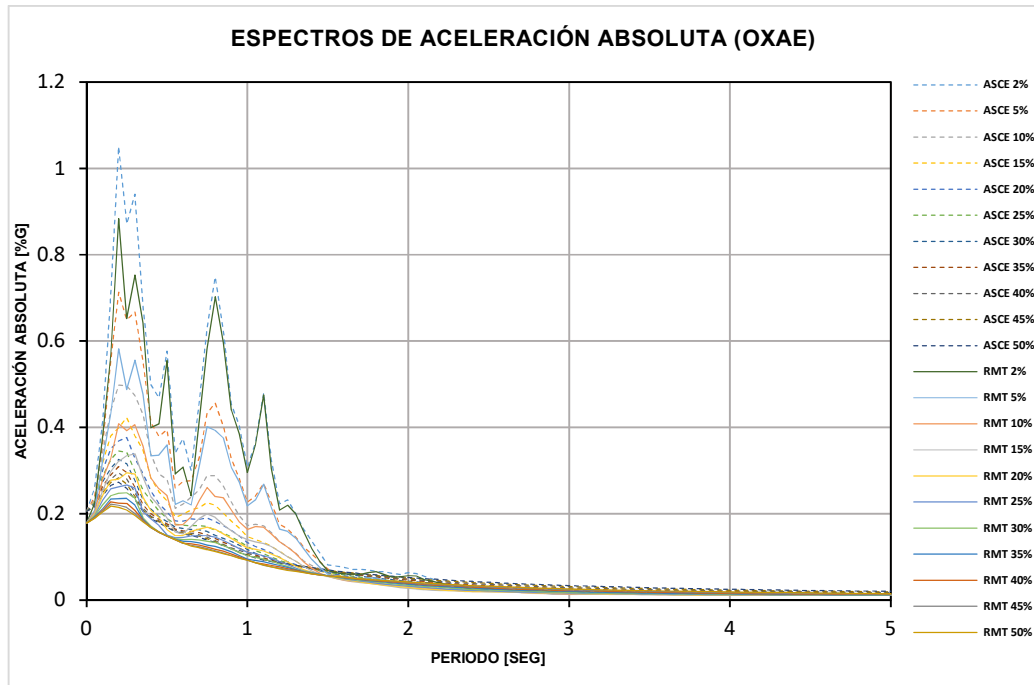
ESTACIÓN OAXM



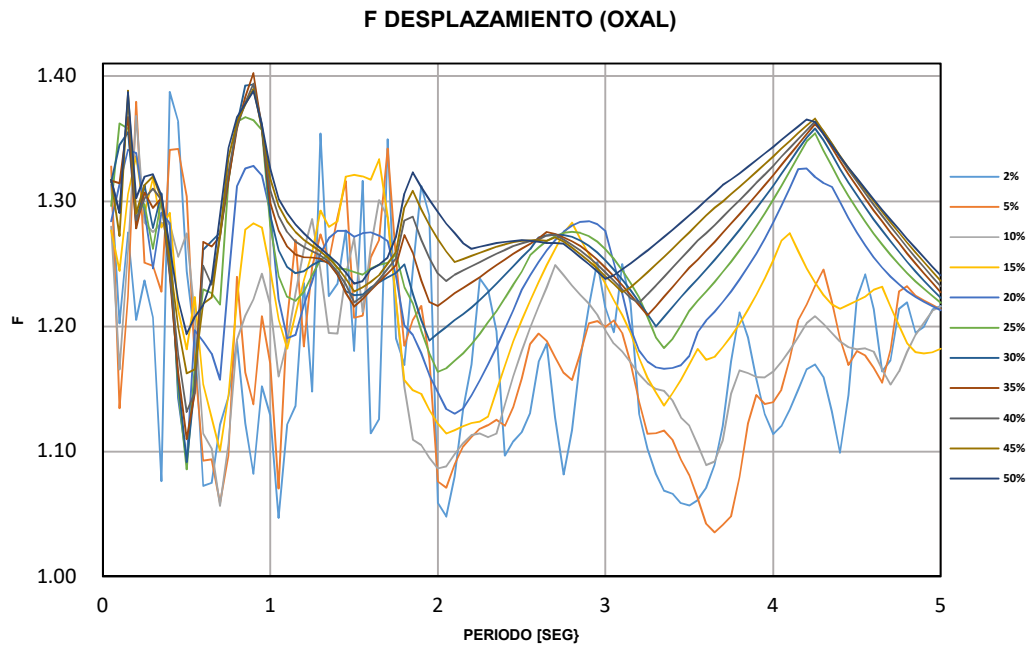
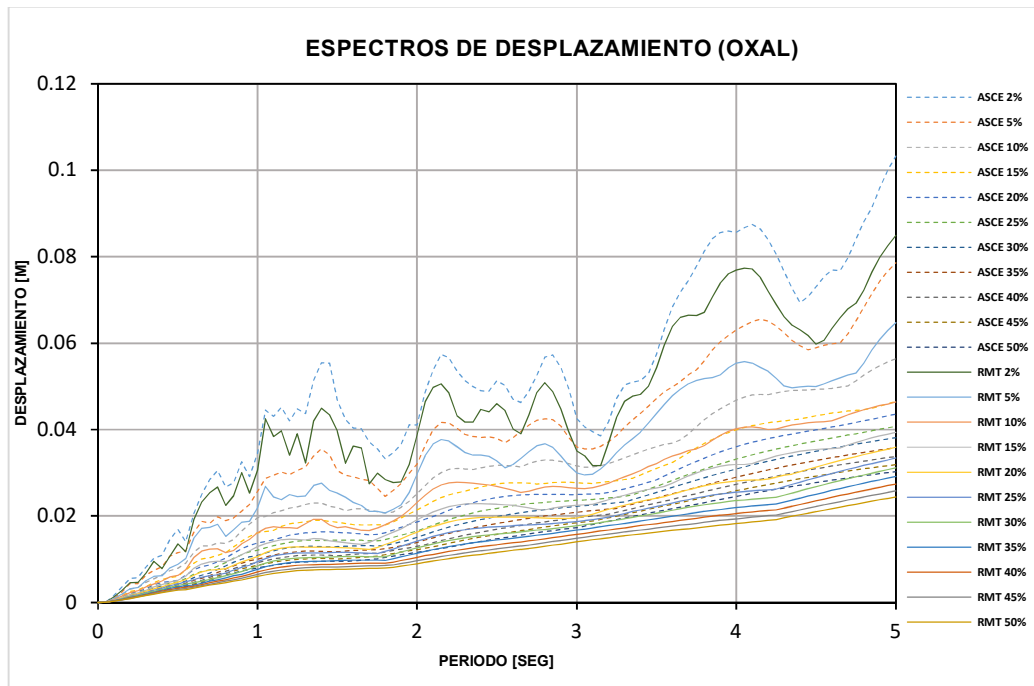


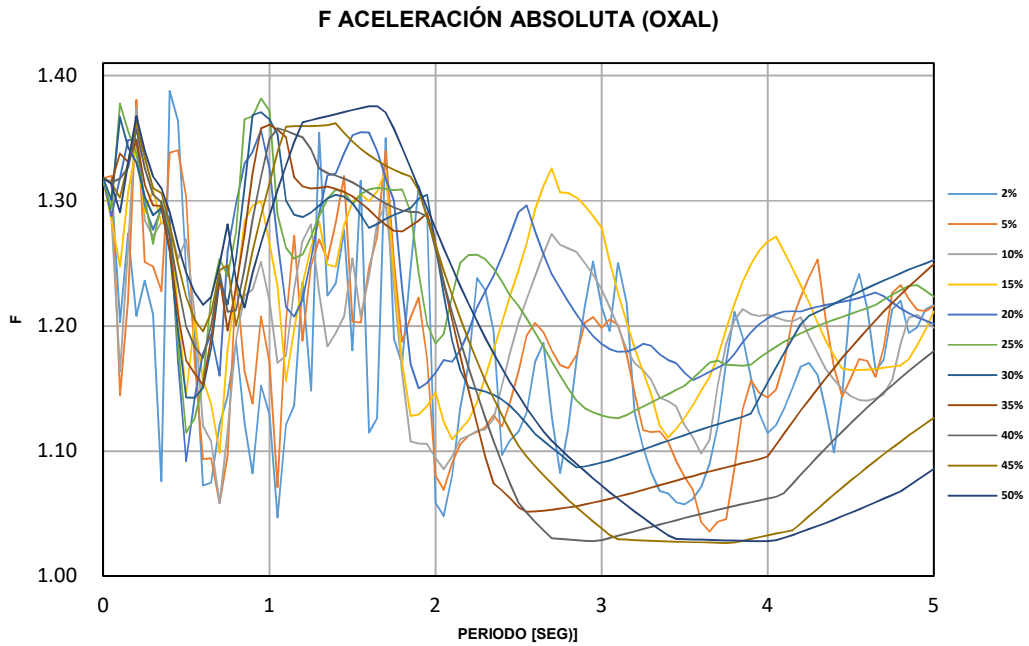
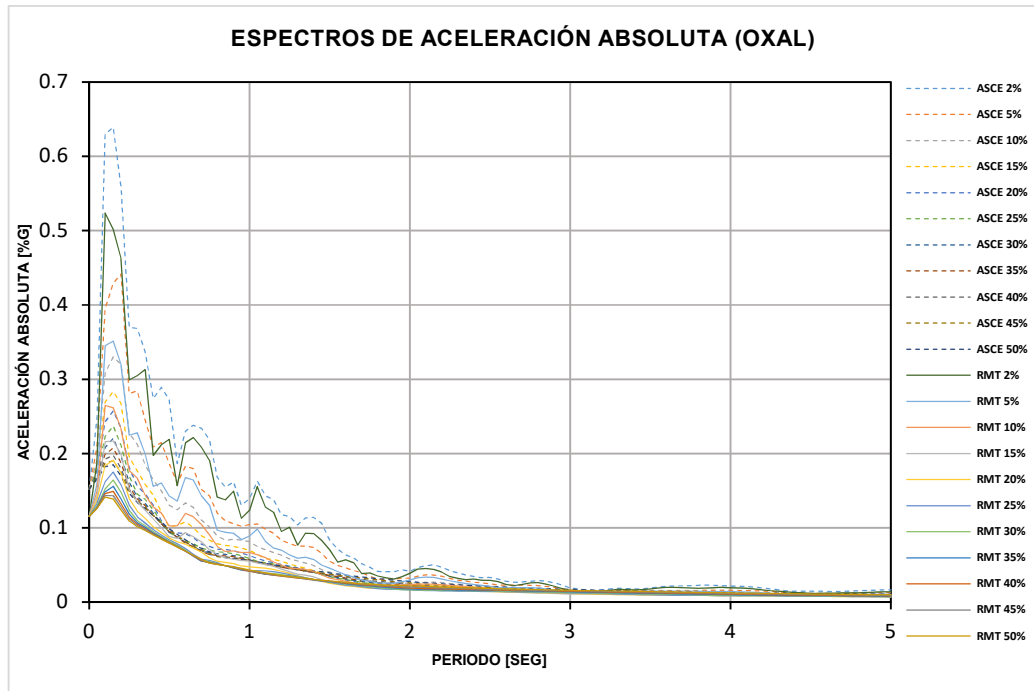
ESTACIÓN OXAE



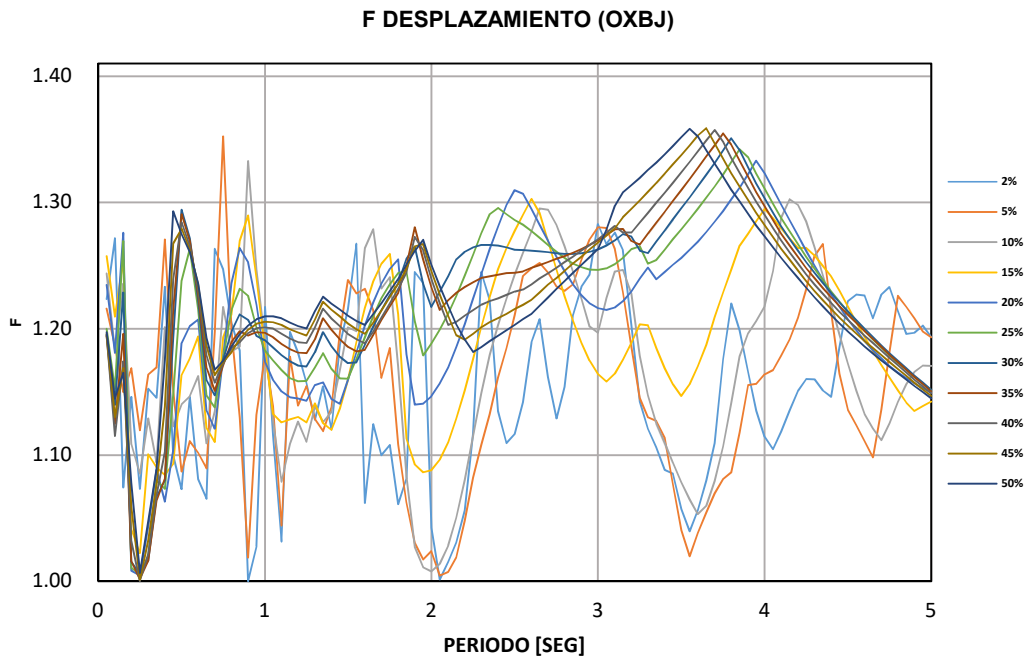
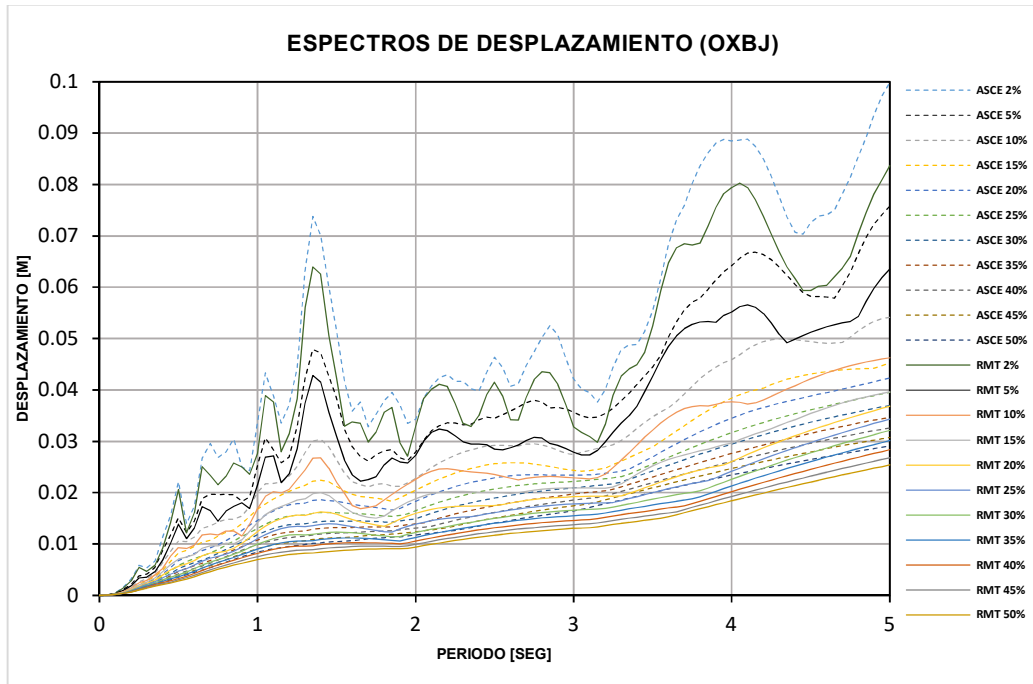


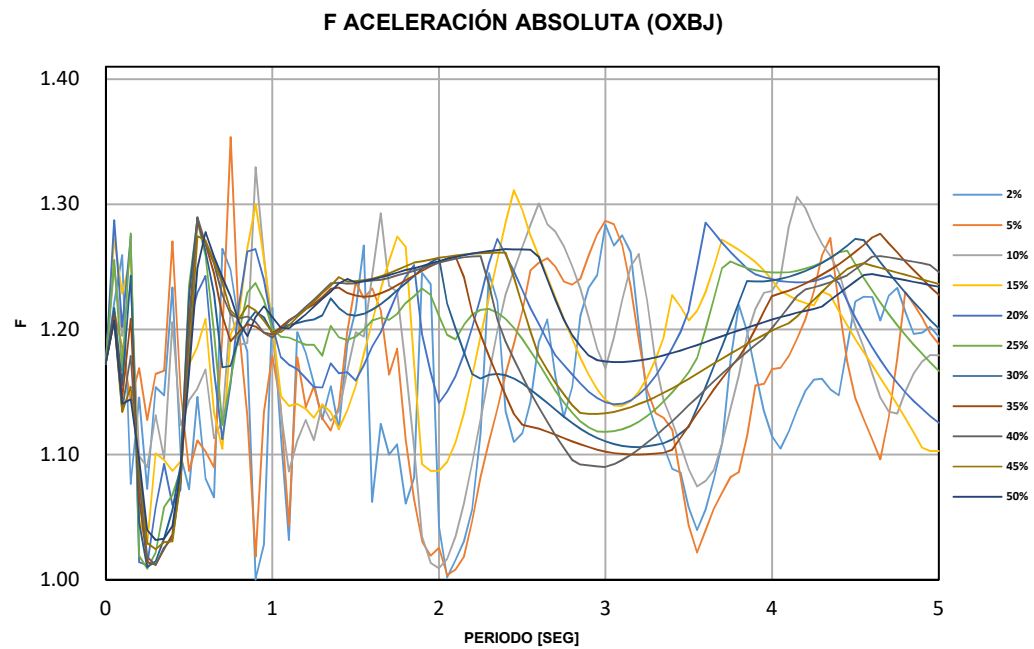
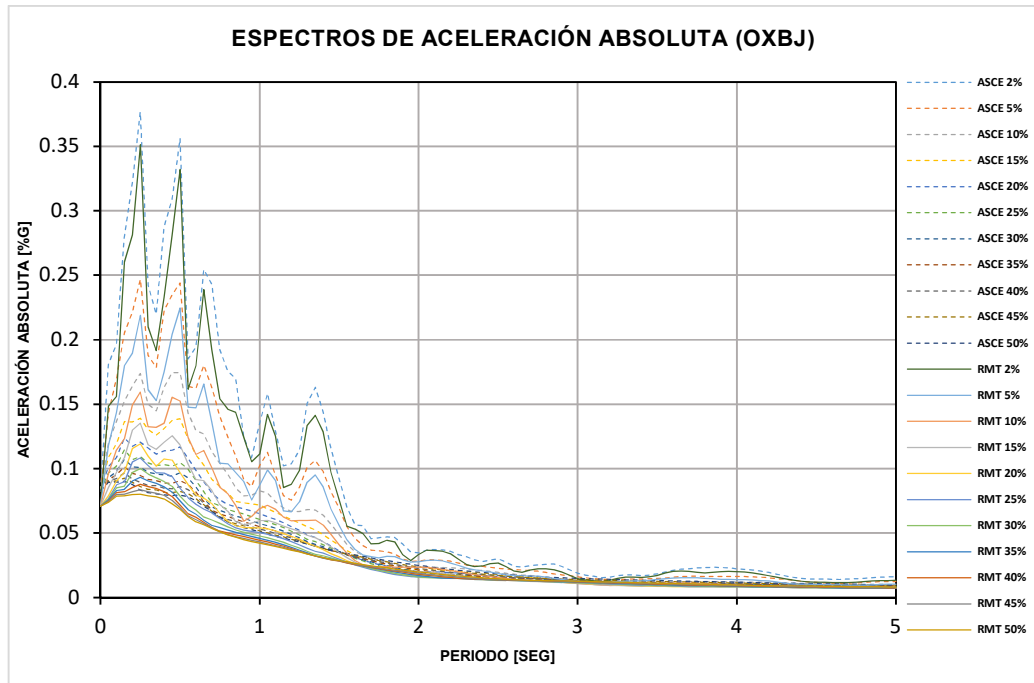
ESTACIÓN OXAL



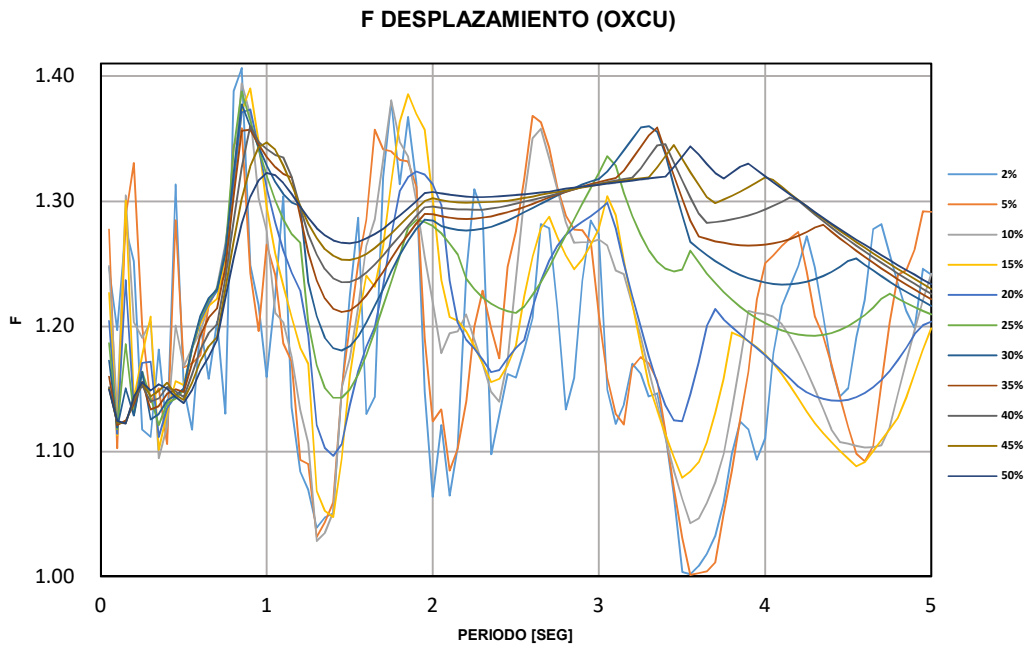
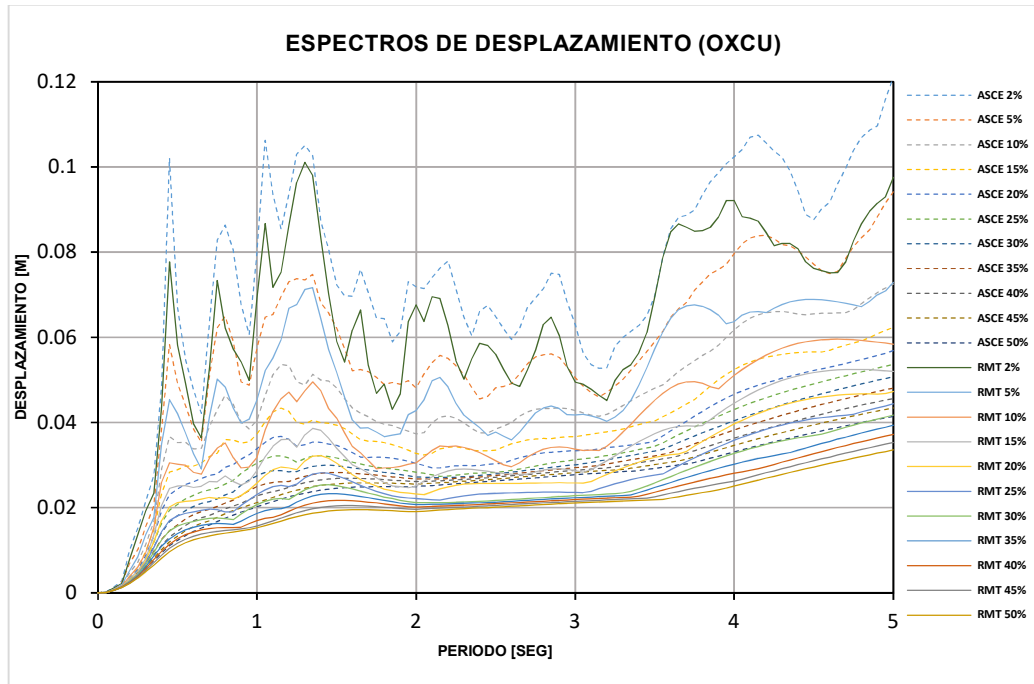


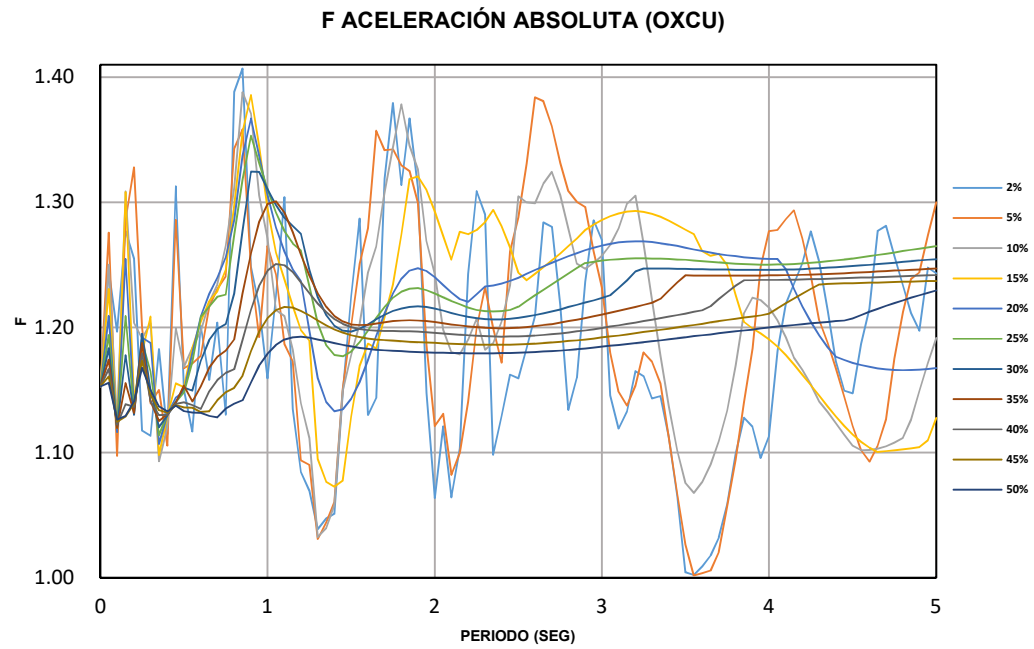
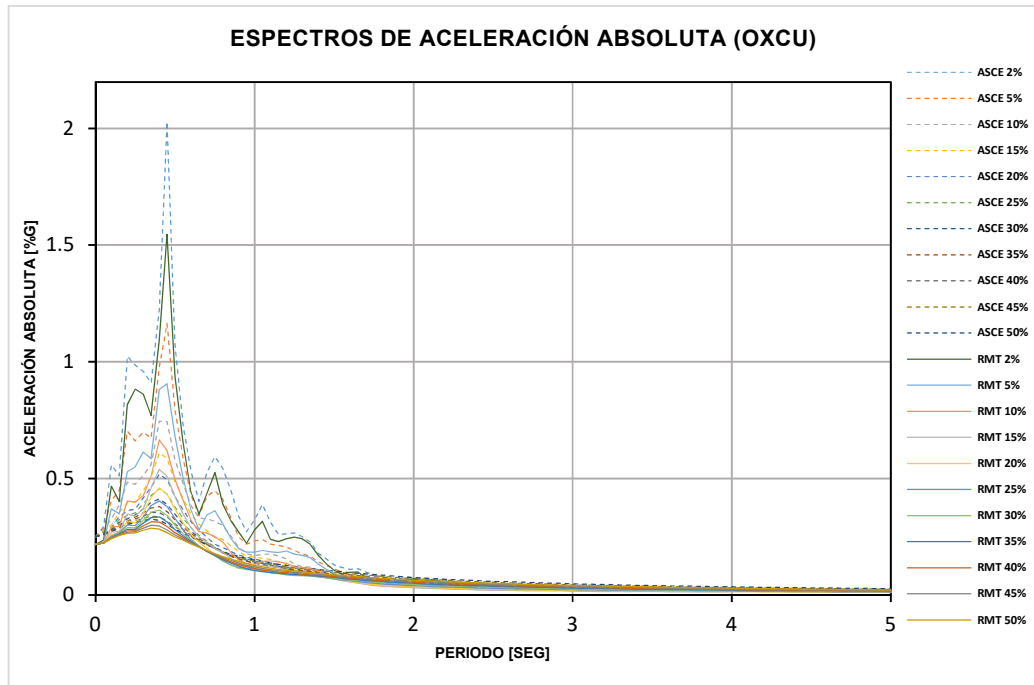
ESTACIÓN AXBJ



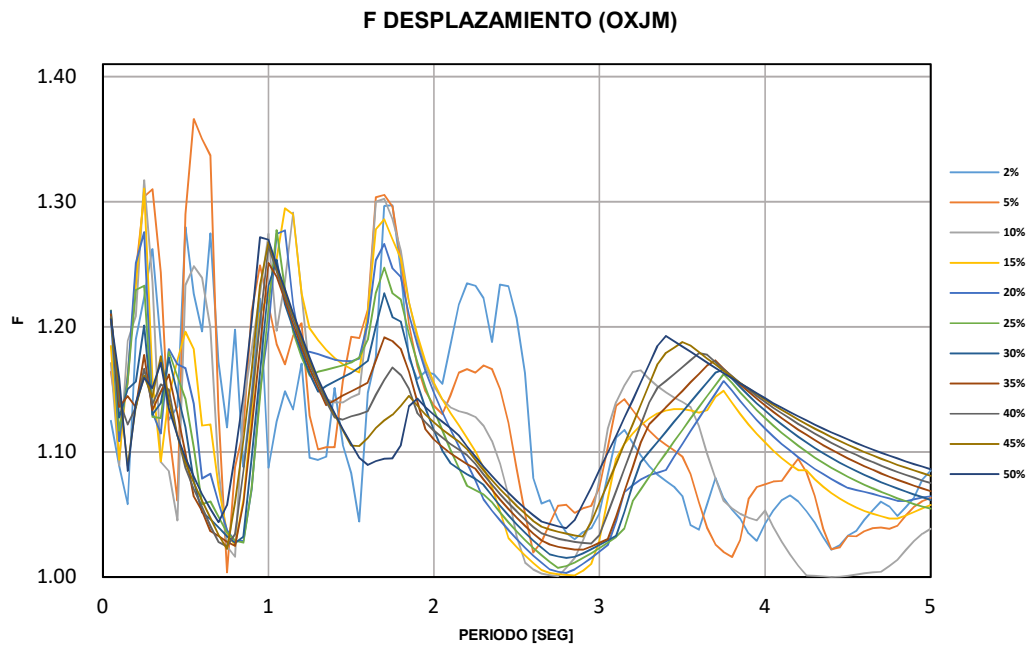
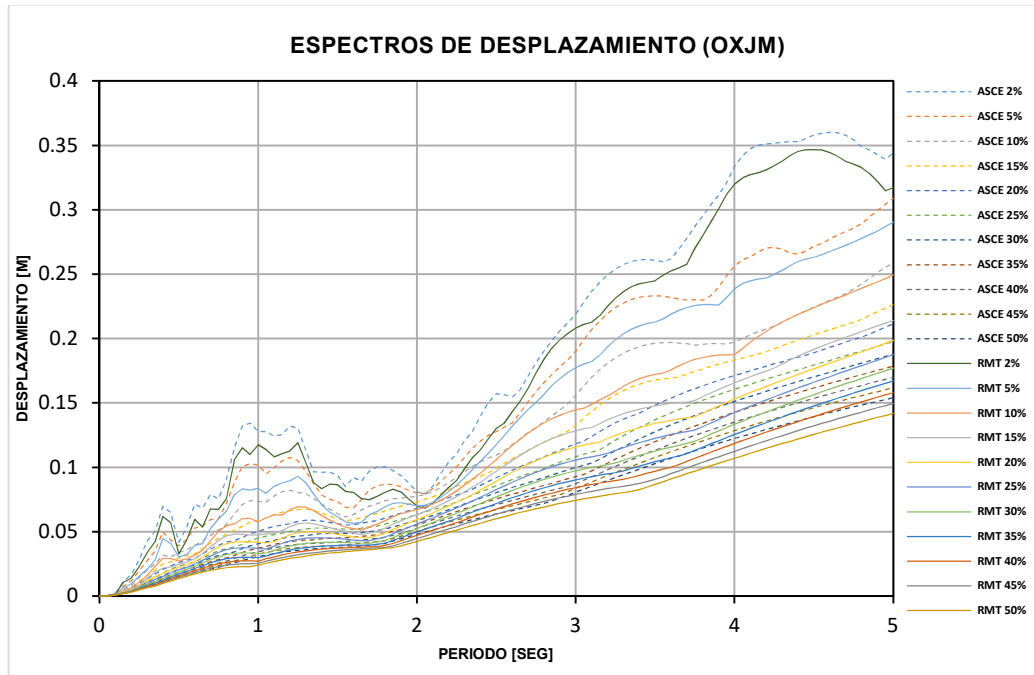


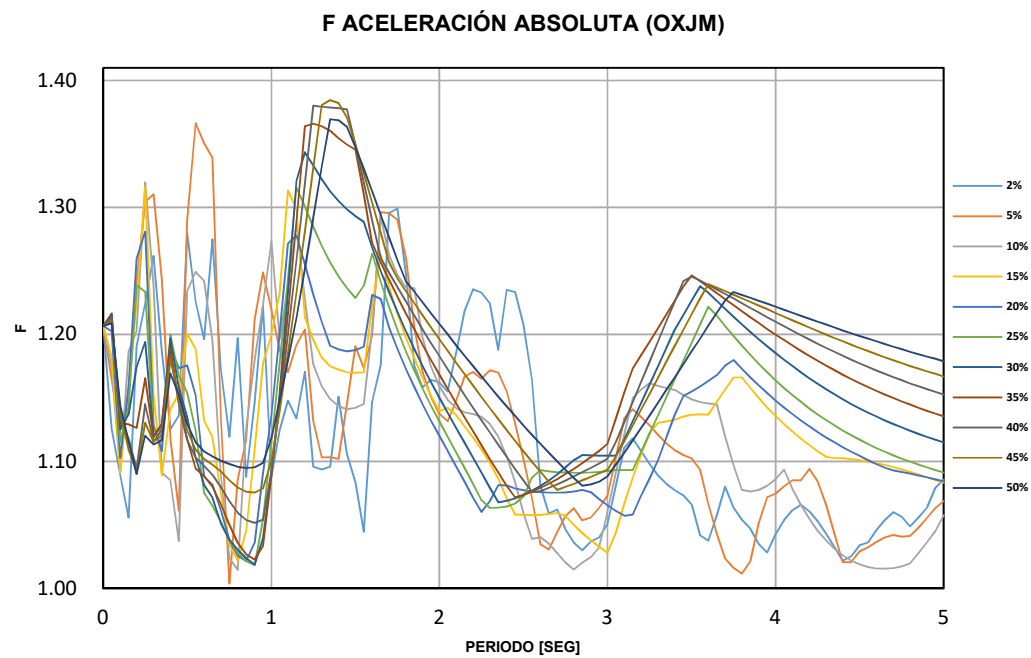
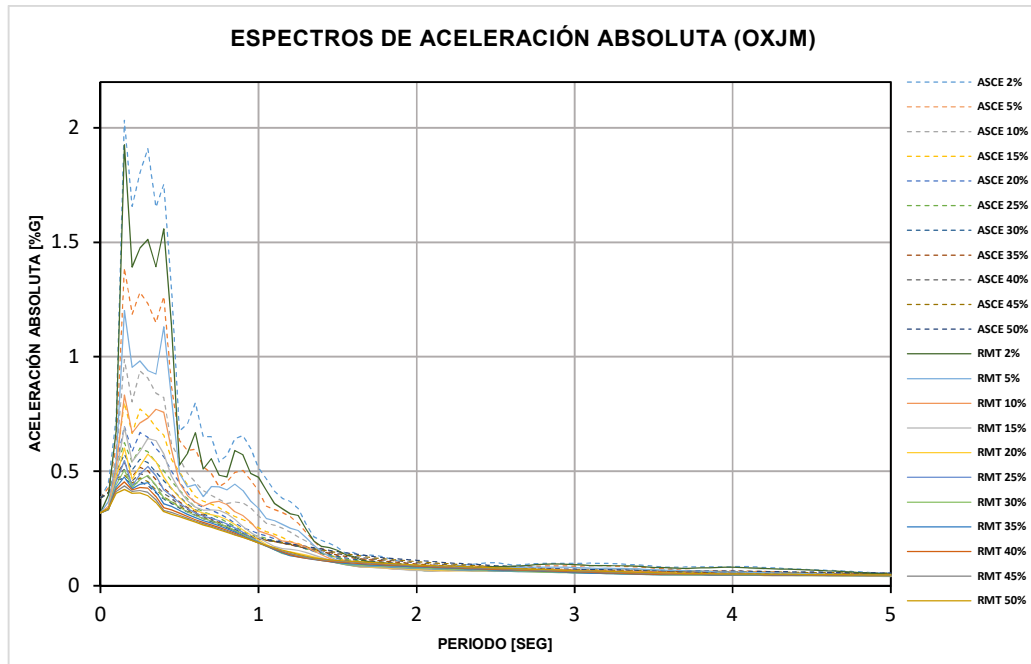
ESTACIÓN OXCU



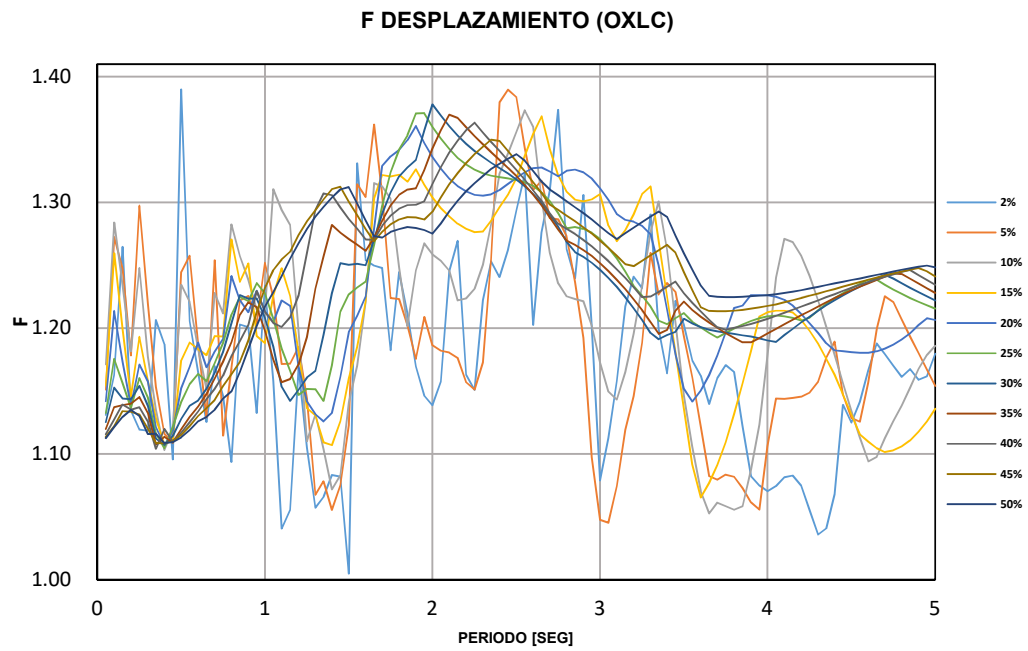
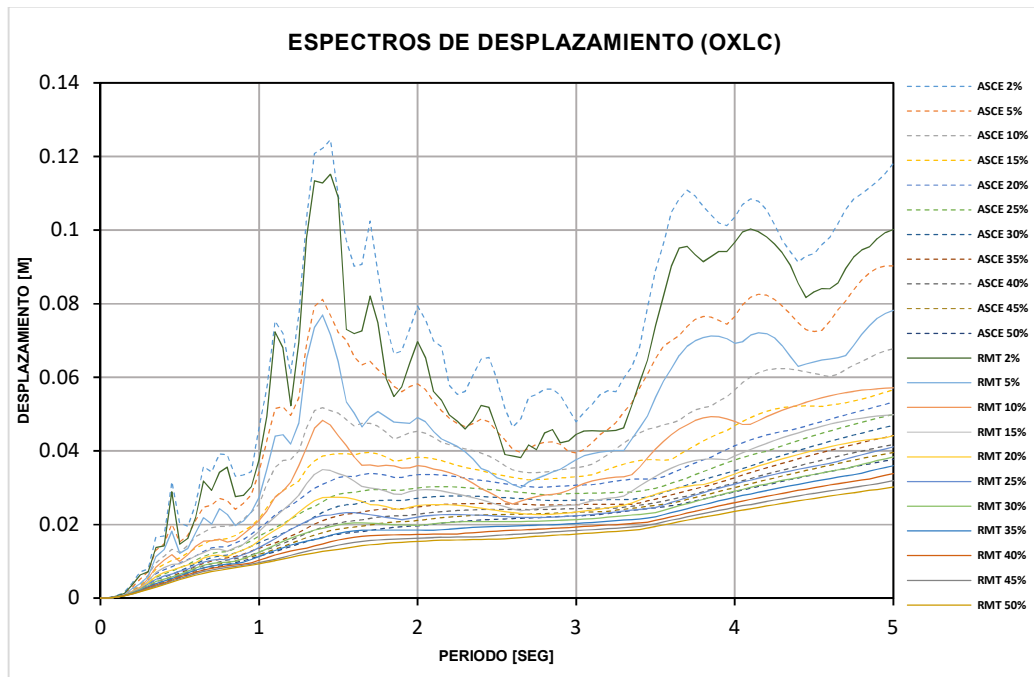


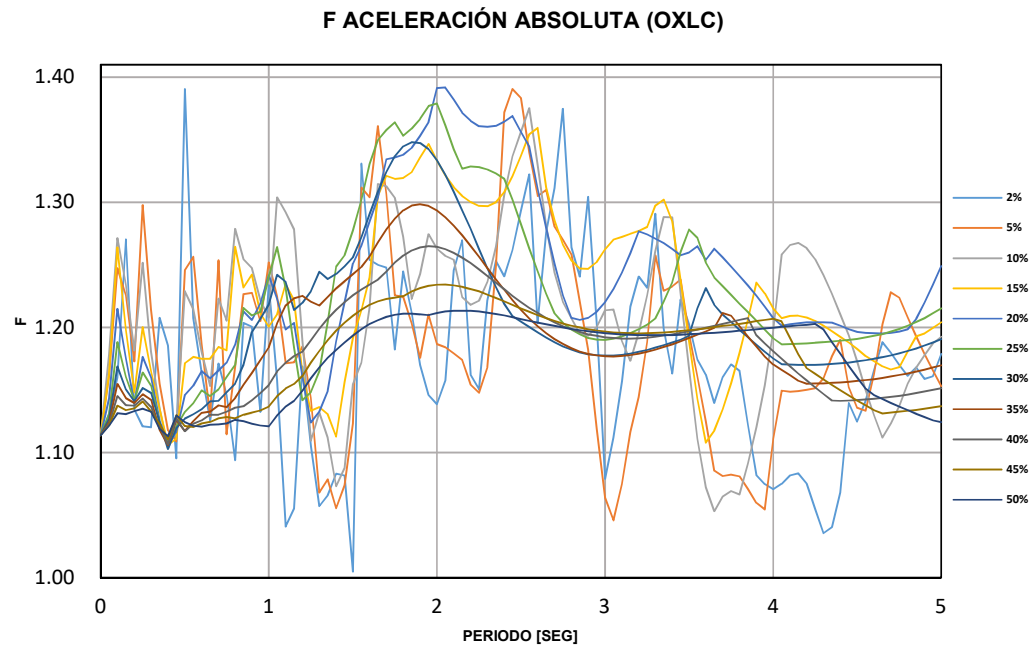
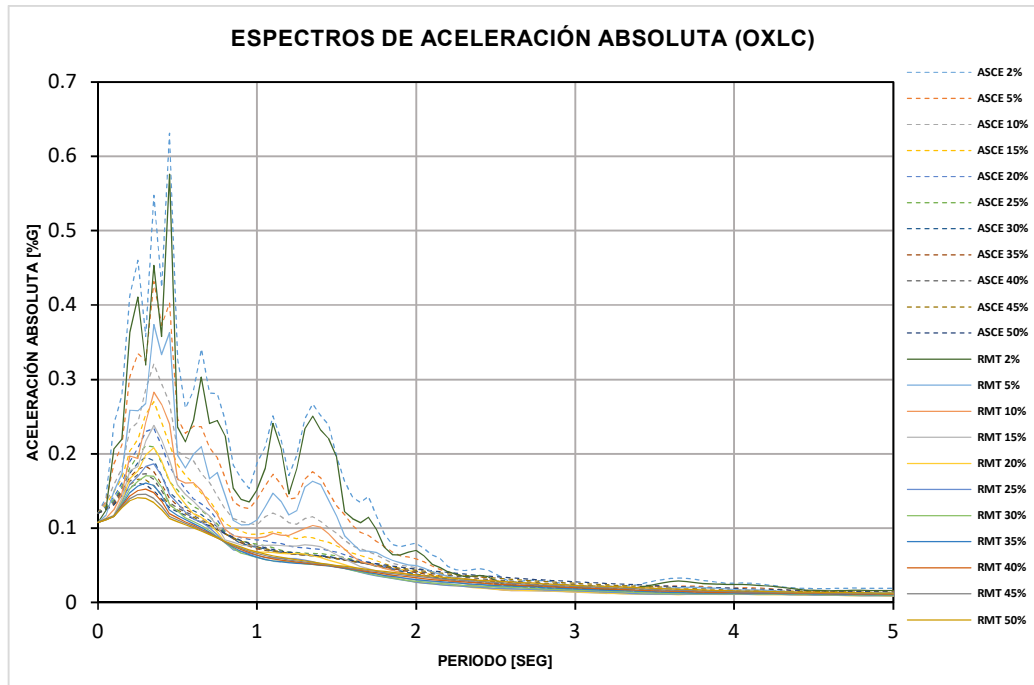
ESTACIÓN OXJM



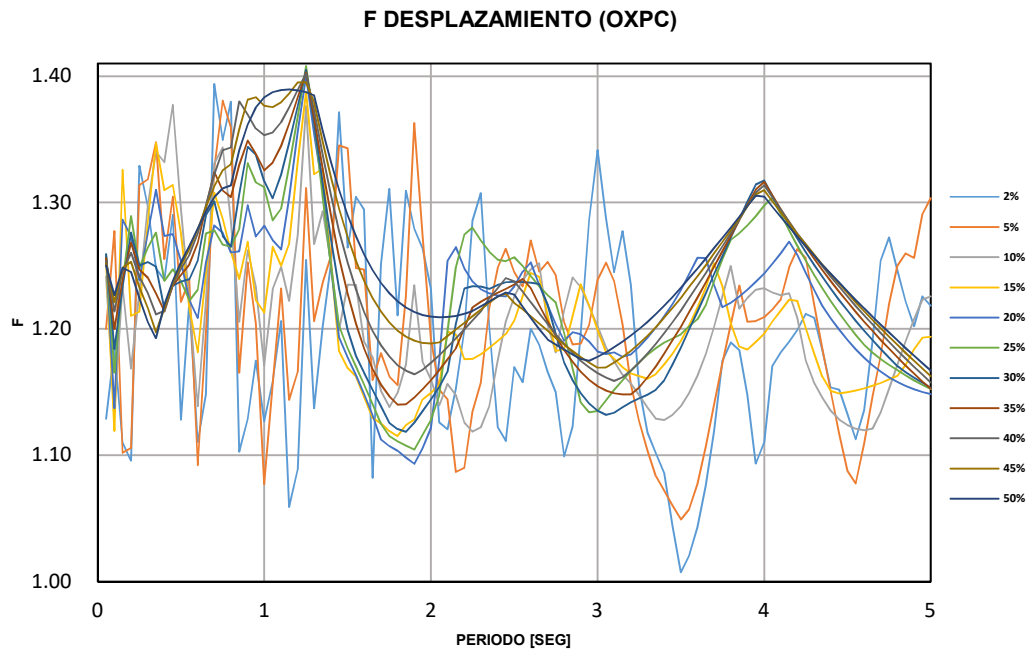
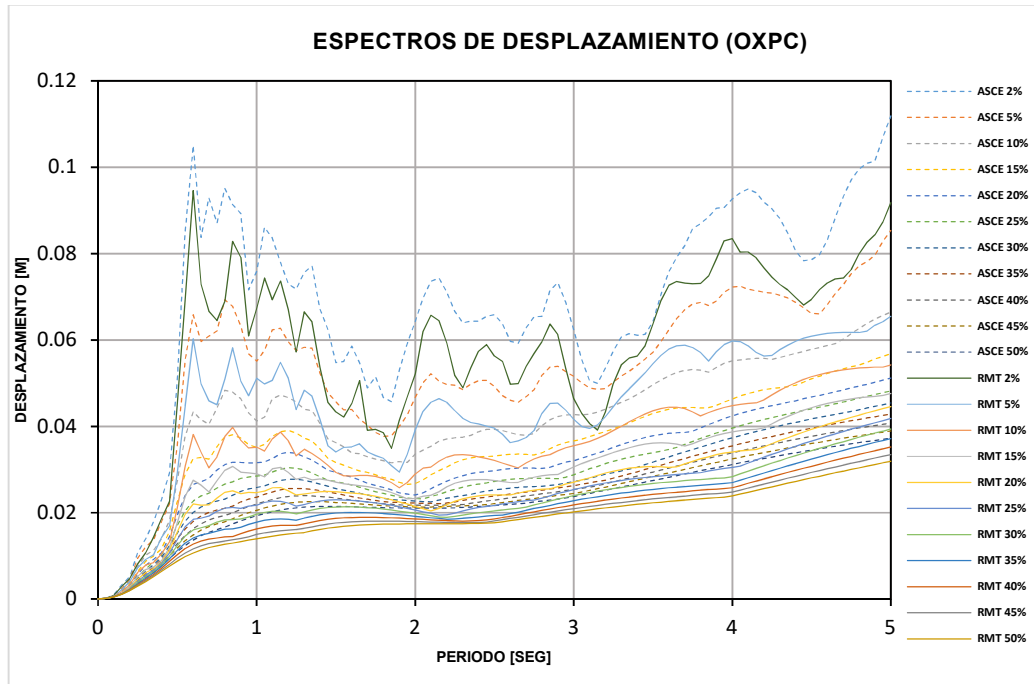


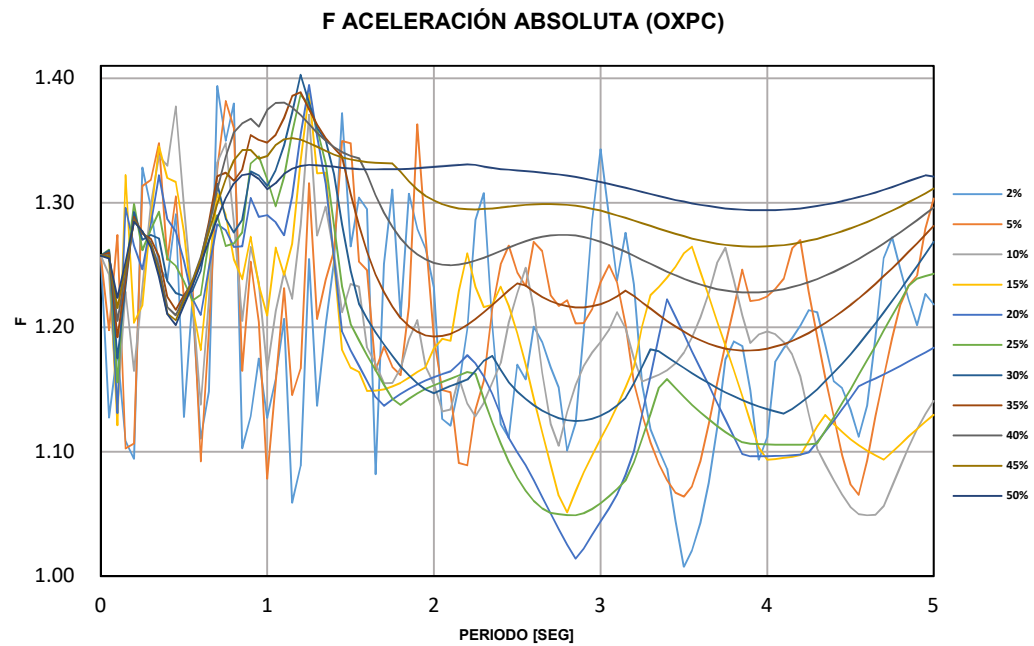
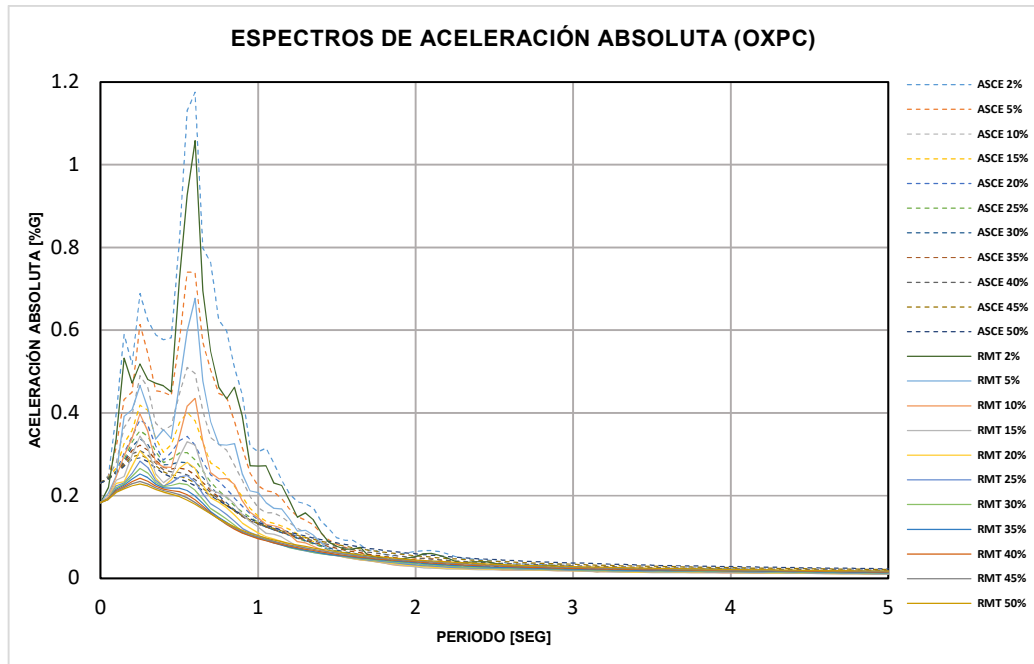
ESTACIÓN OXLC



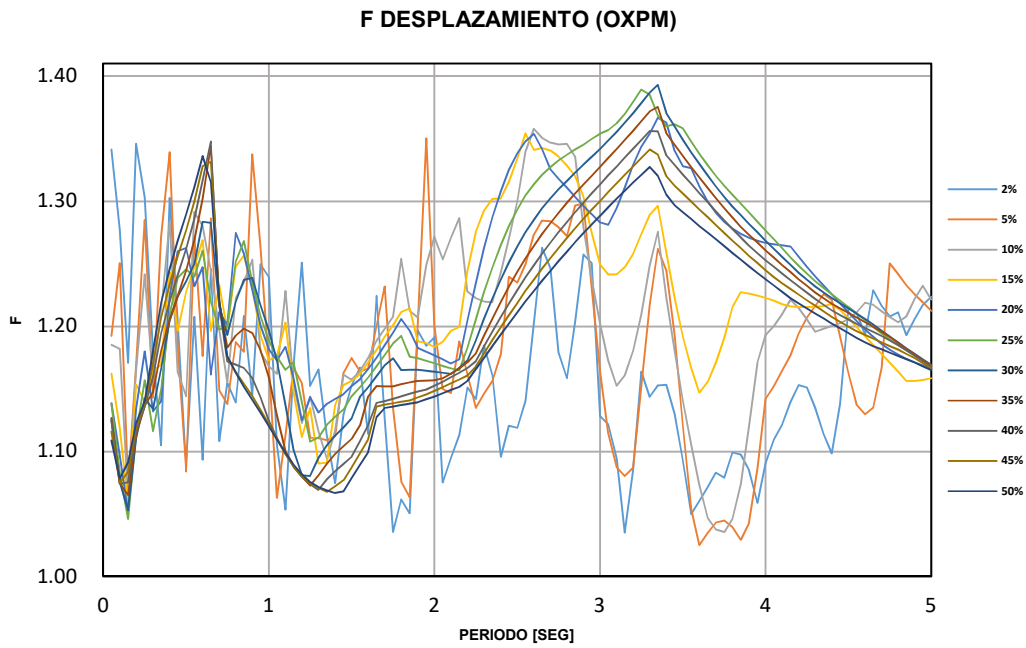
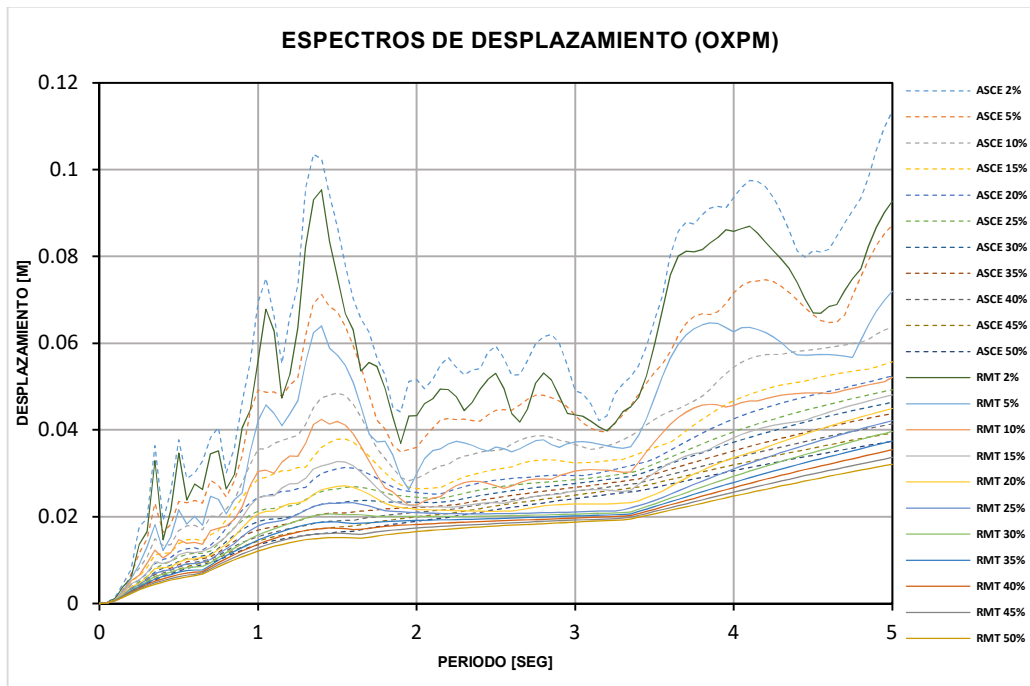


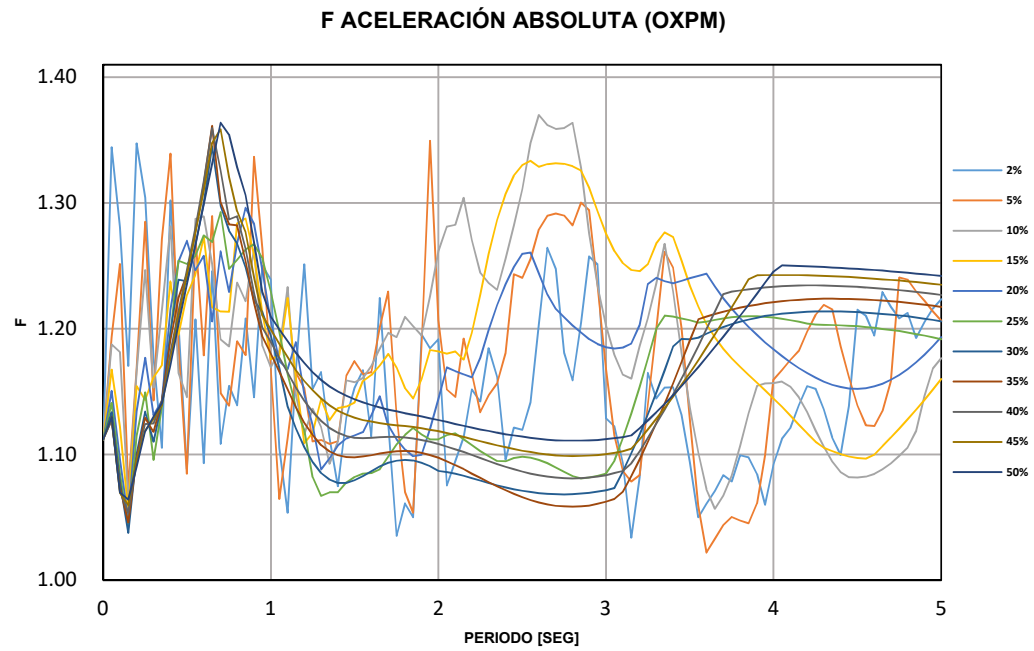
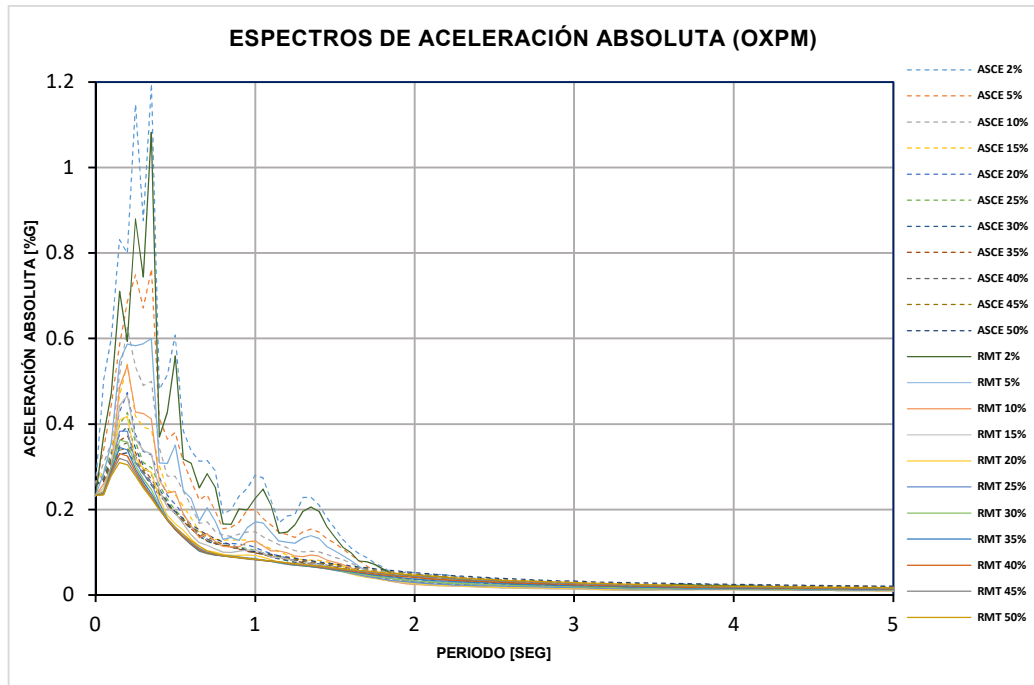
ESTACIÓN OXPC



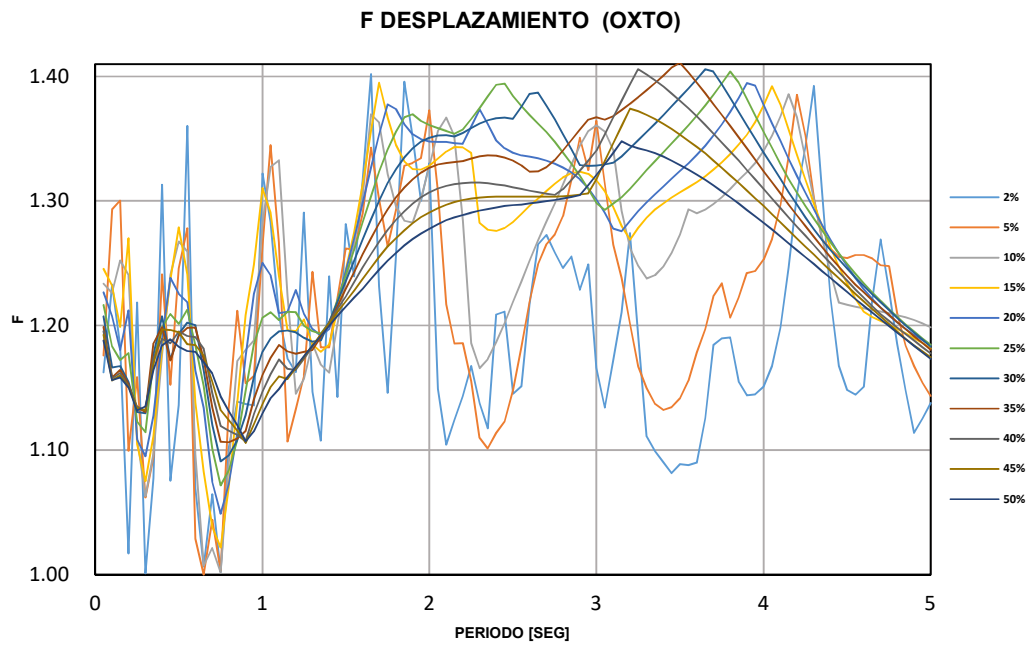
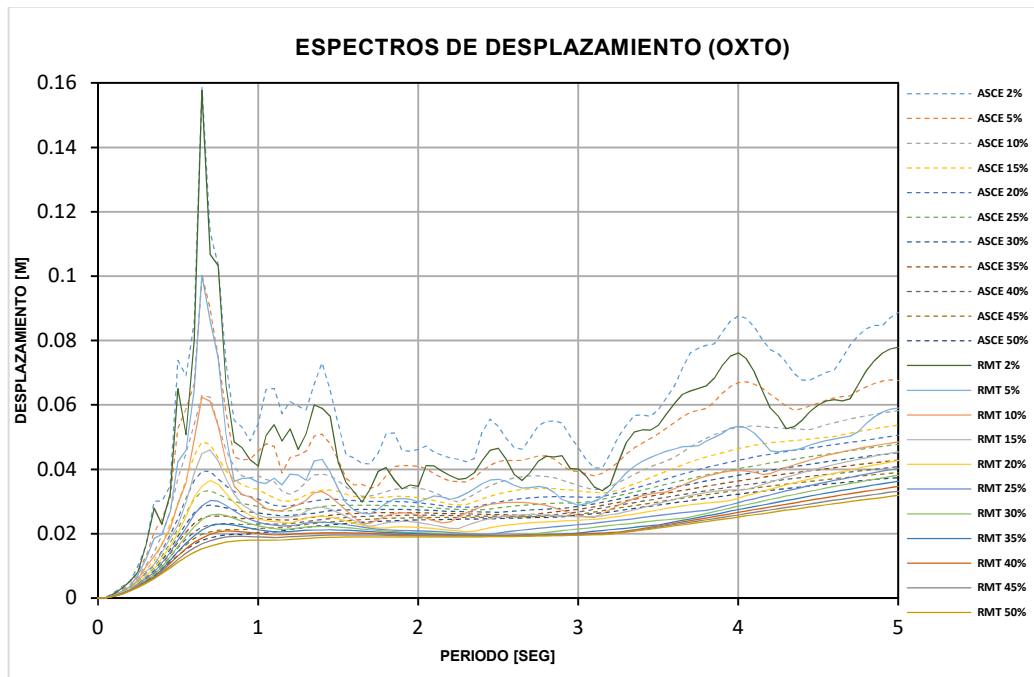


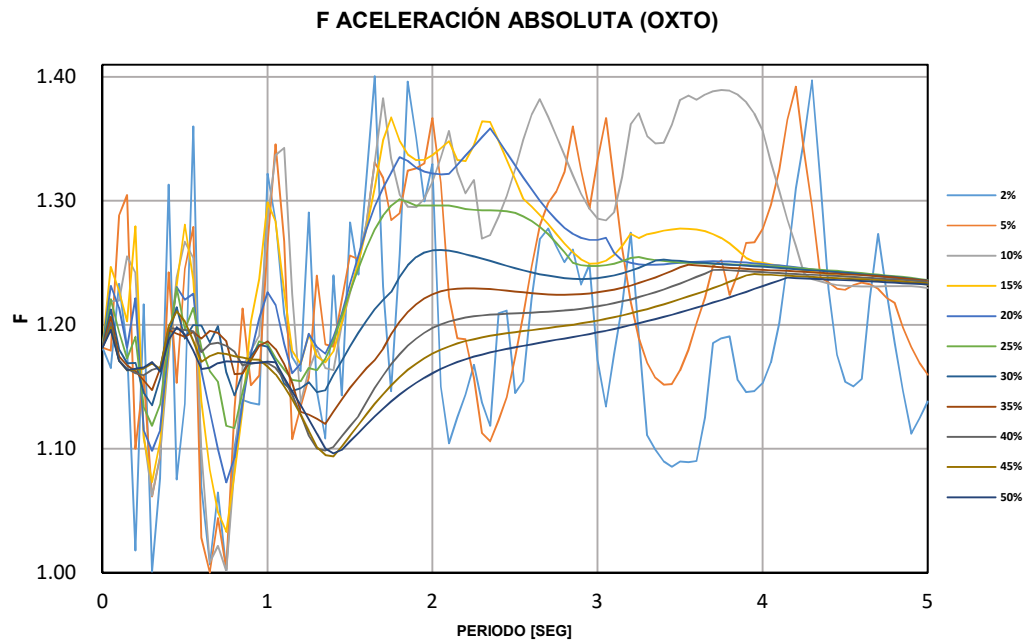
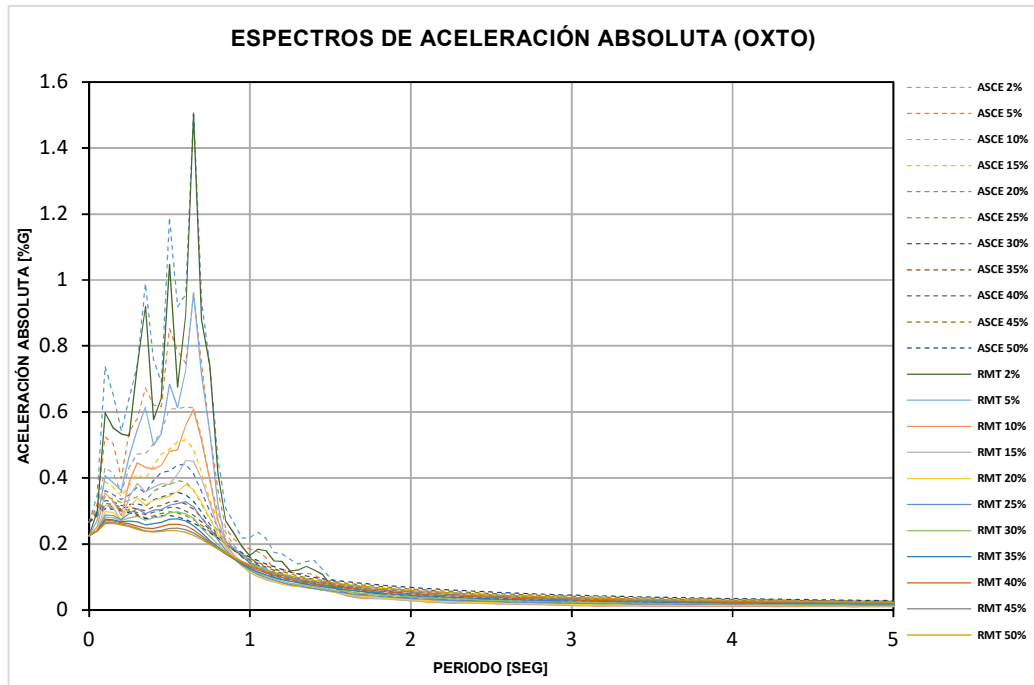
ESTACIÓN OXPM



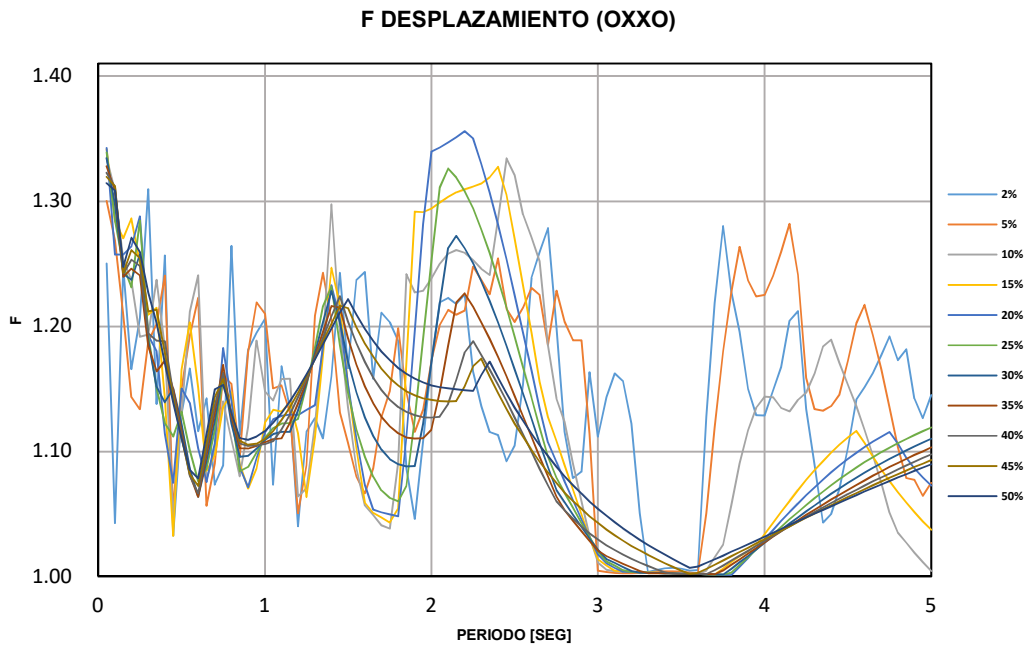
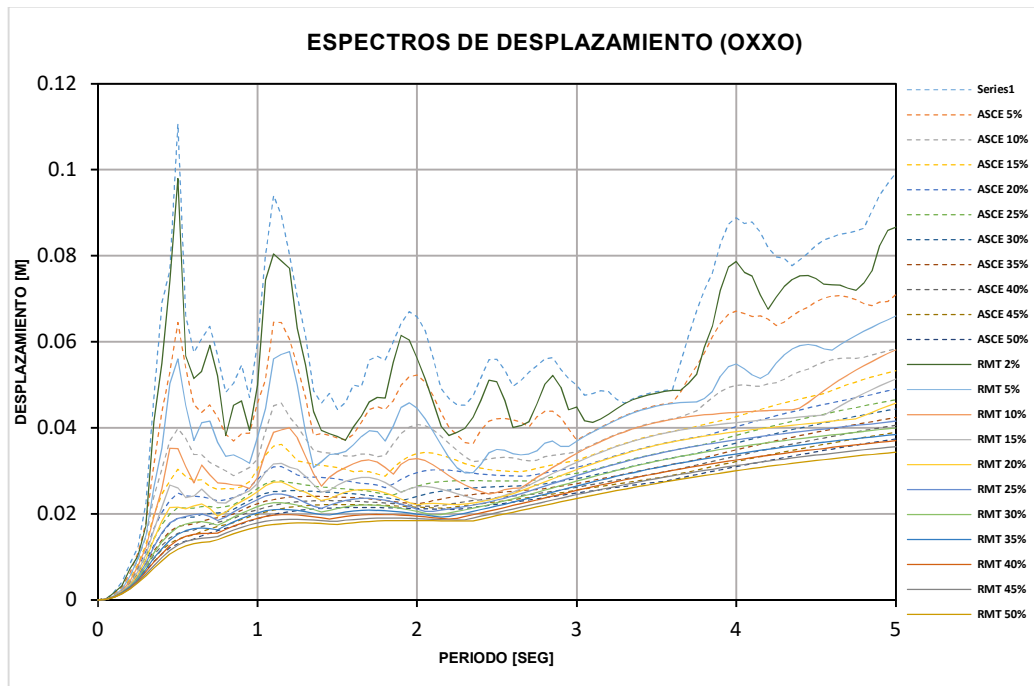


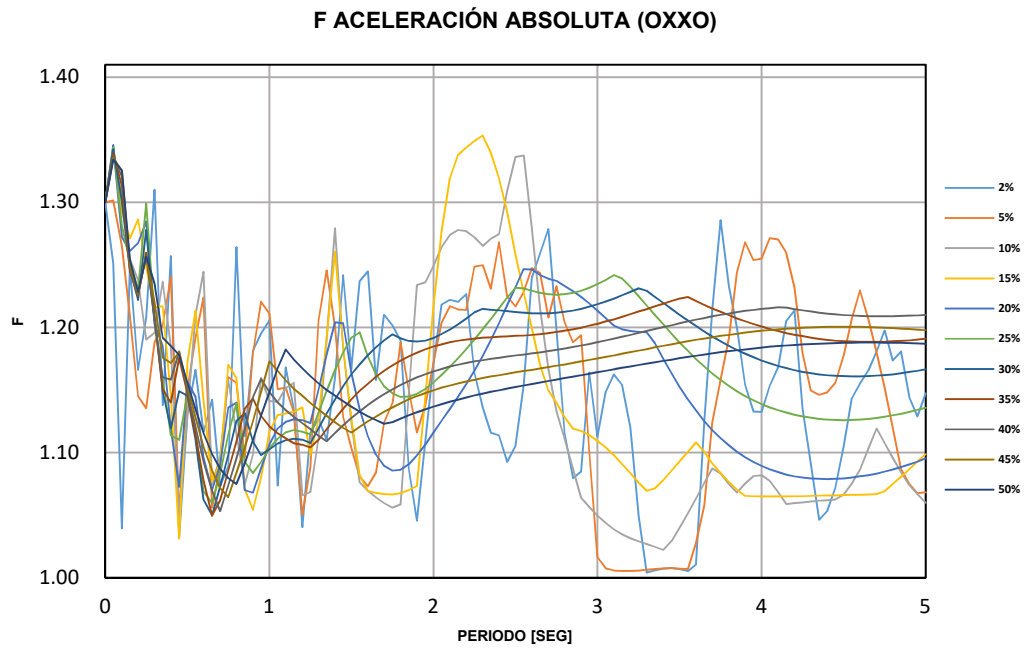
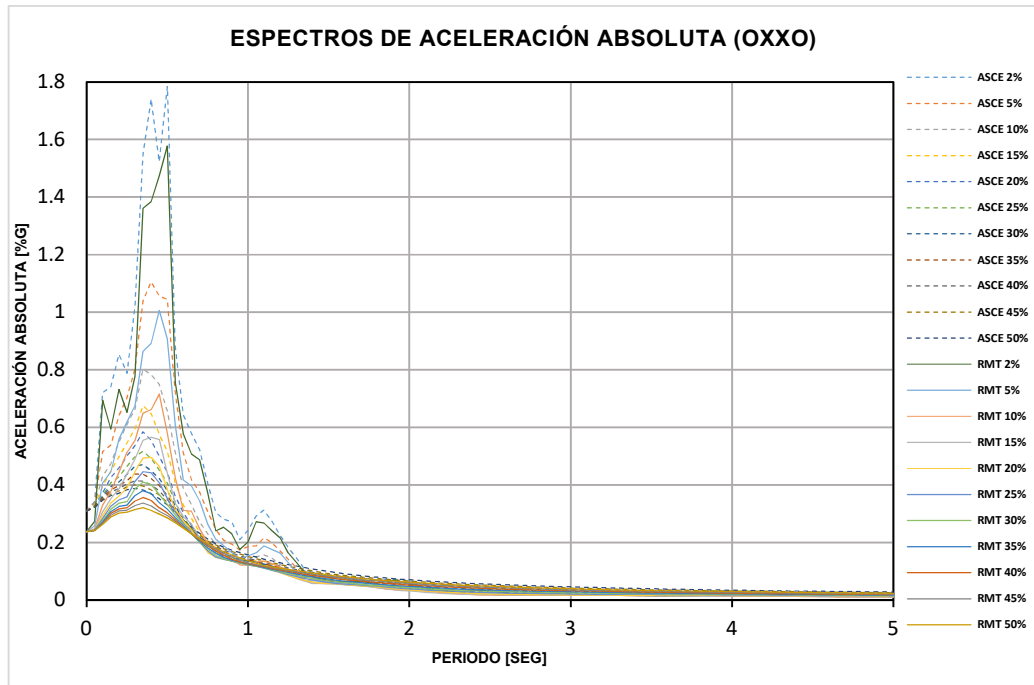
ESTACIÓN OXTO



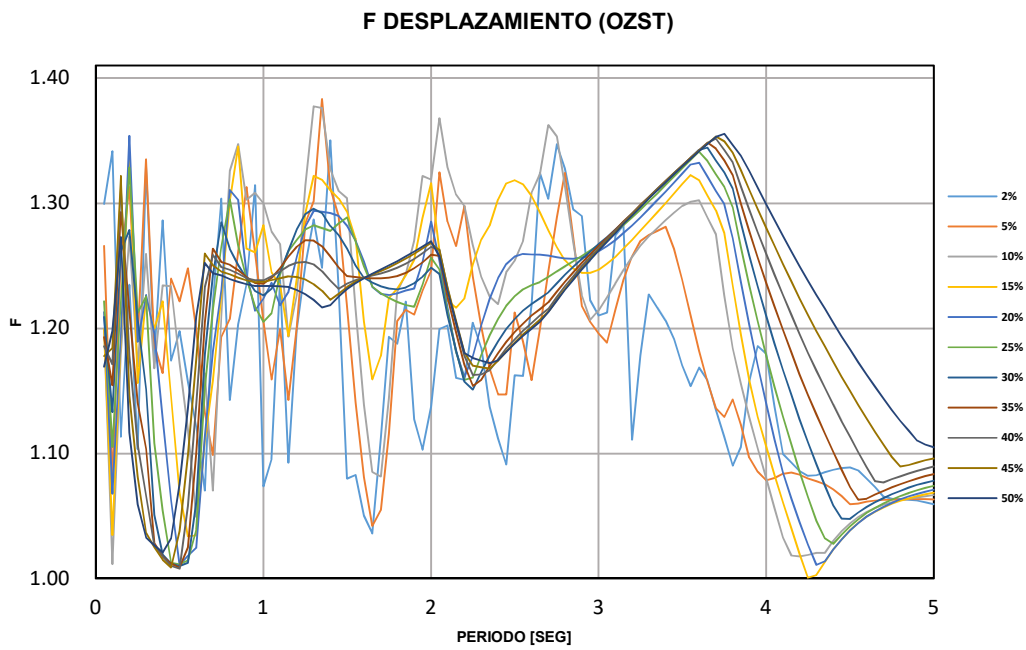
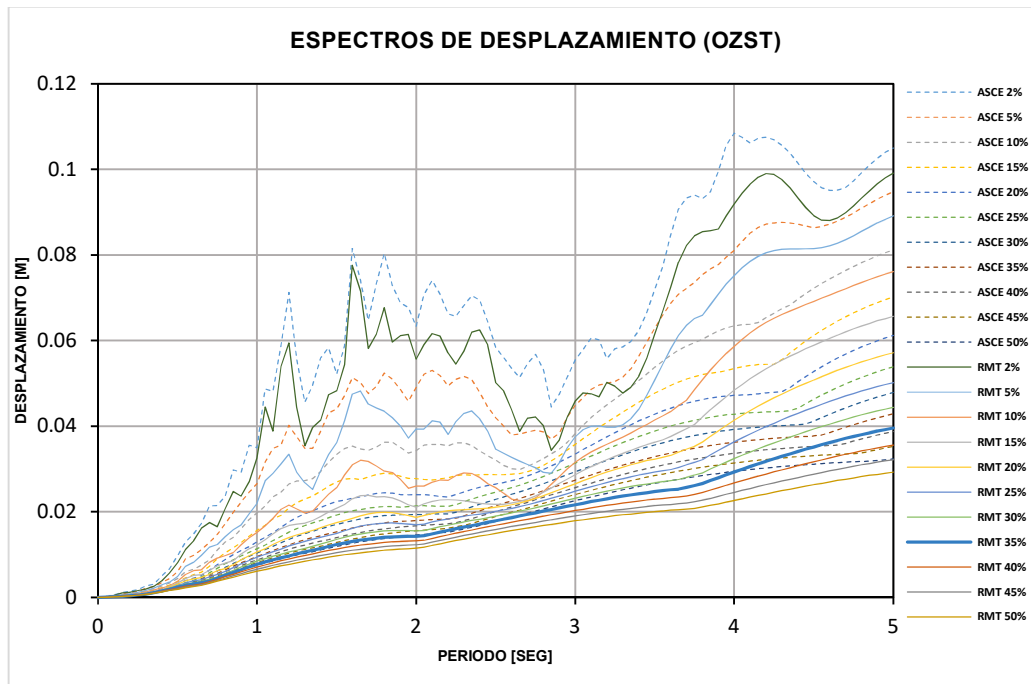


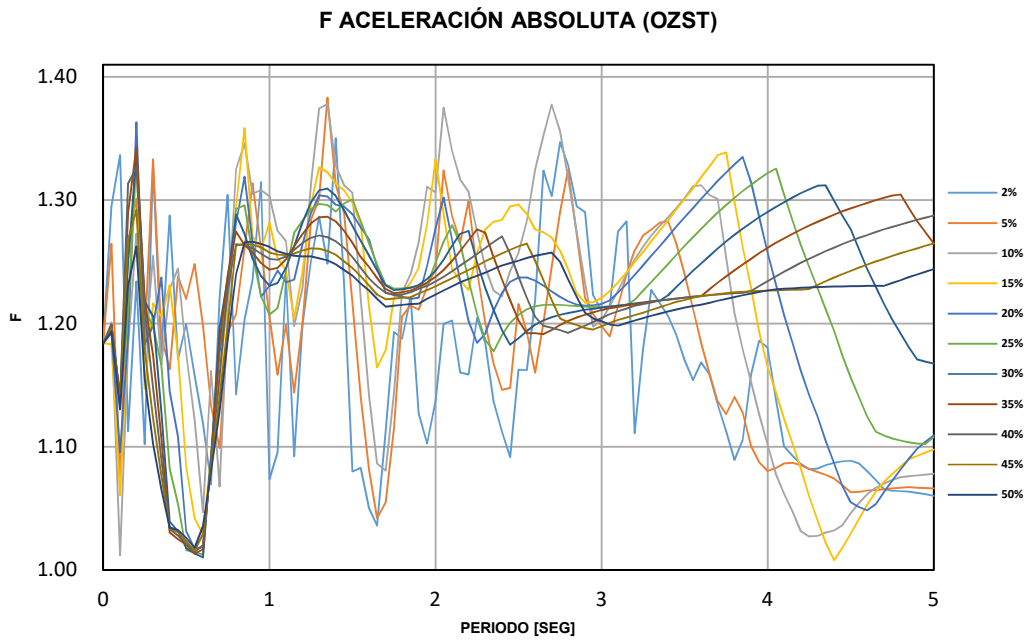
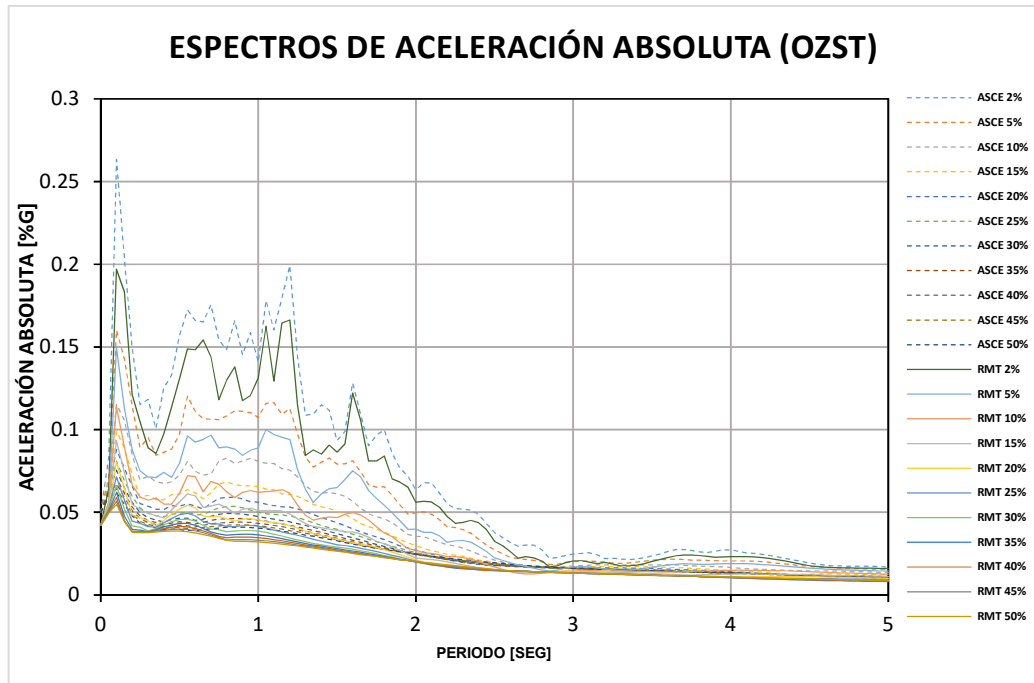
ESTACIÓN OXXO



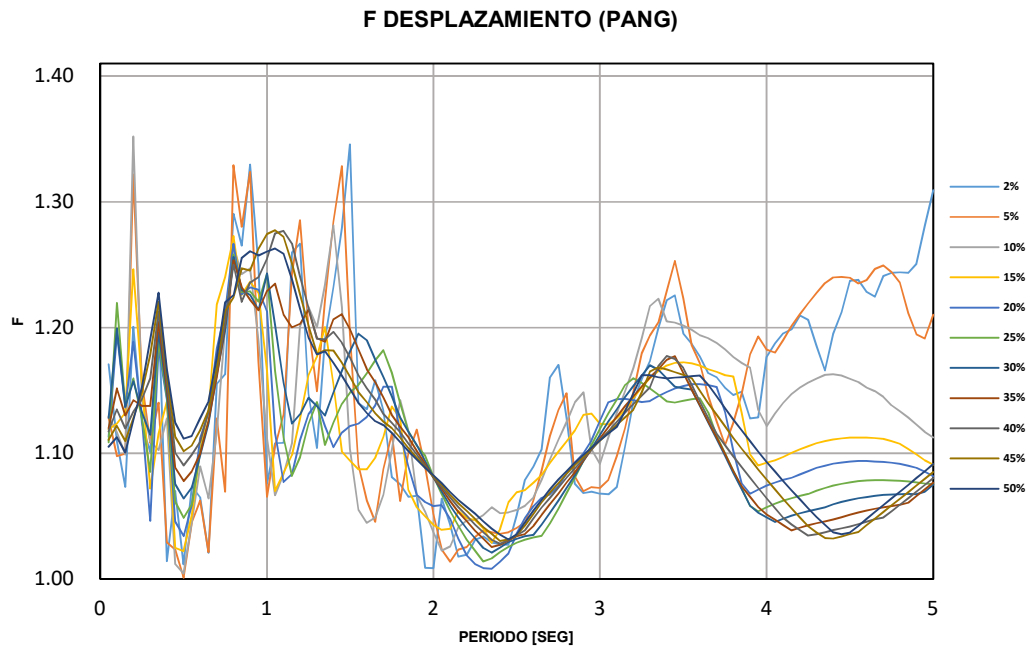
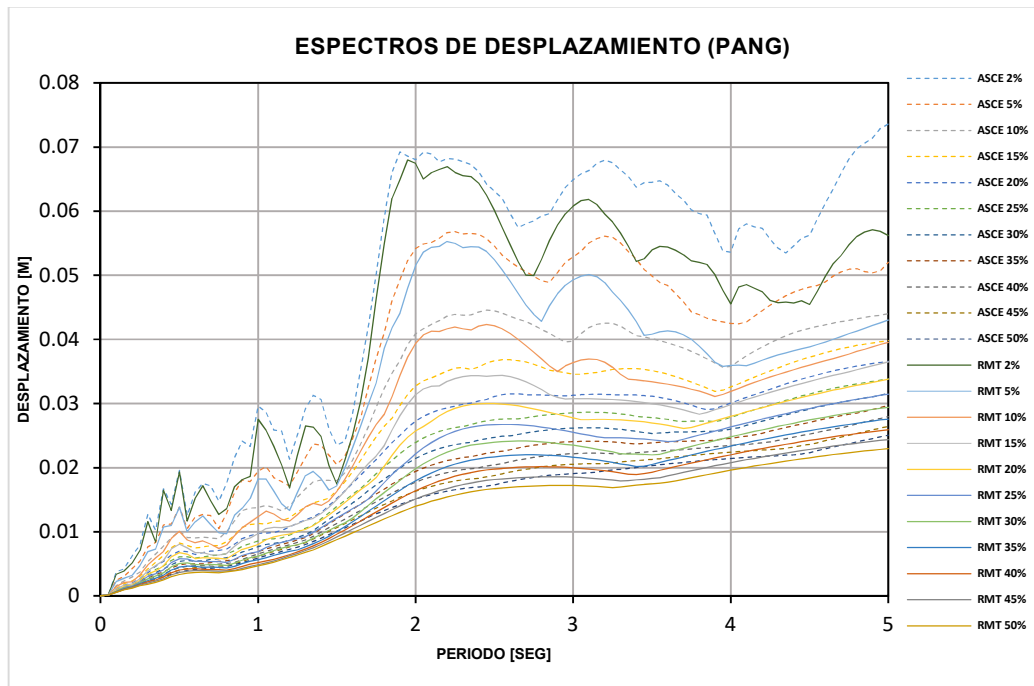


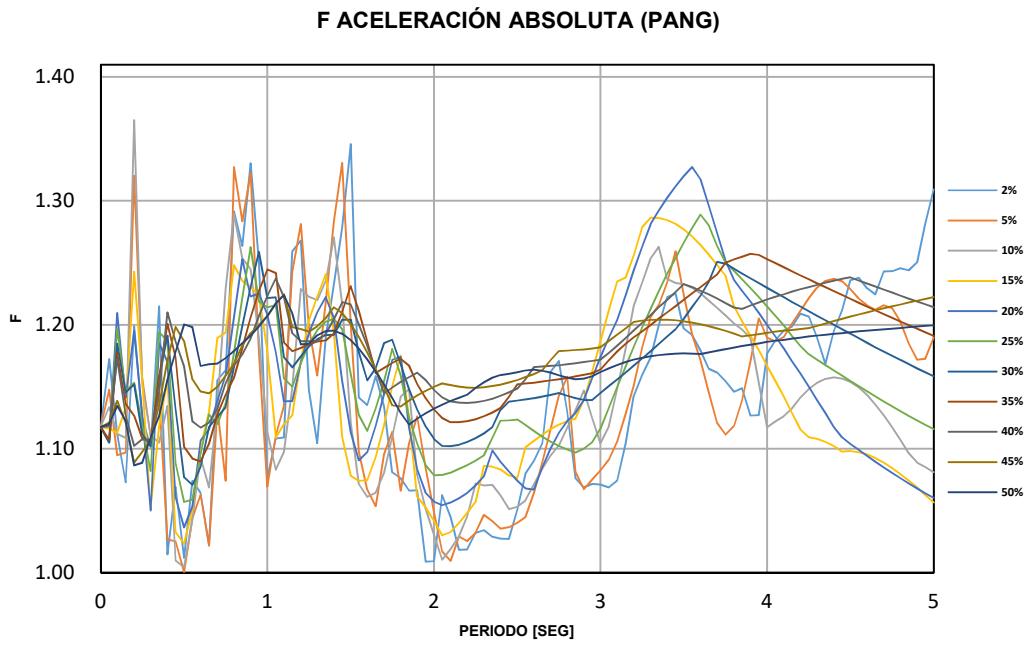
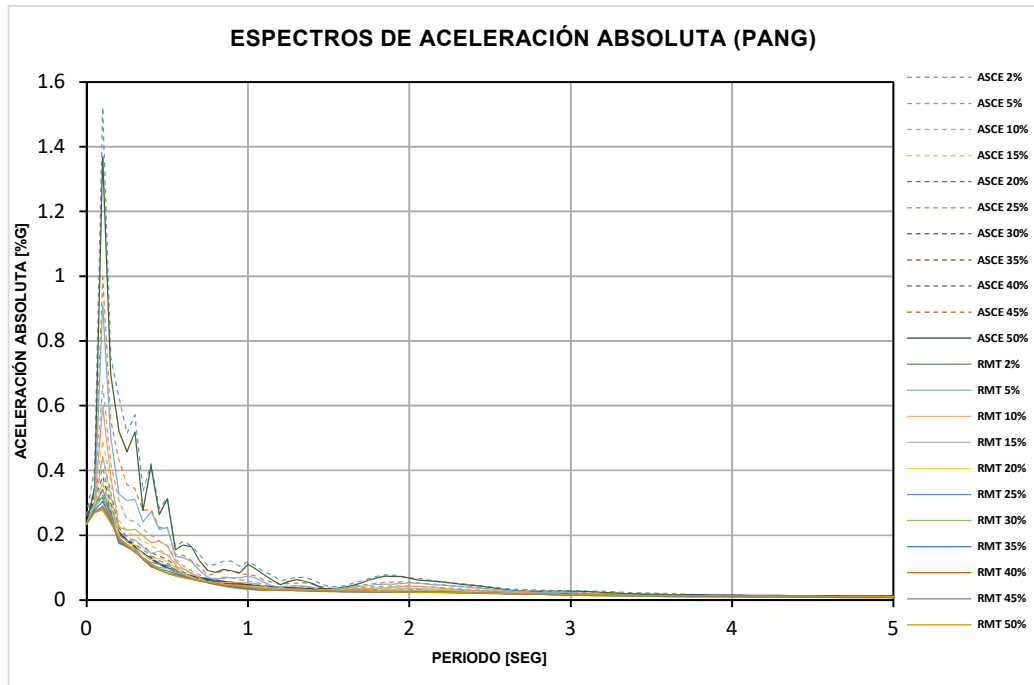
ESTACIÓN OZST



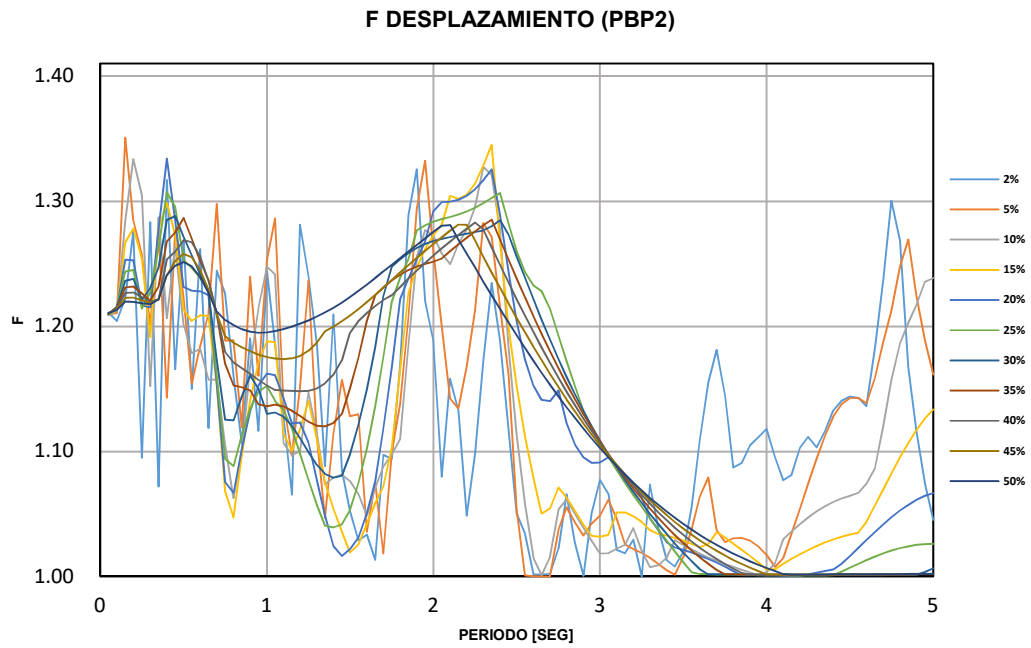
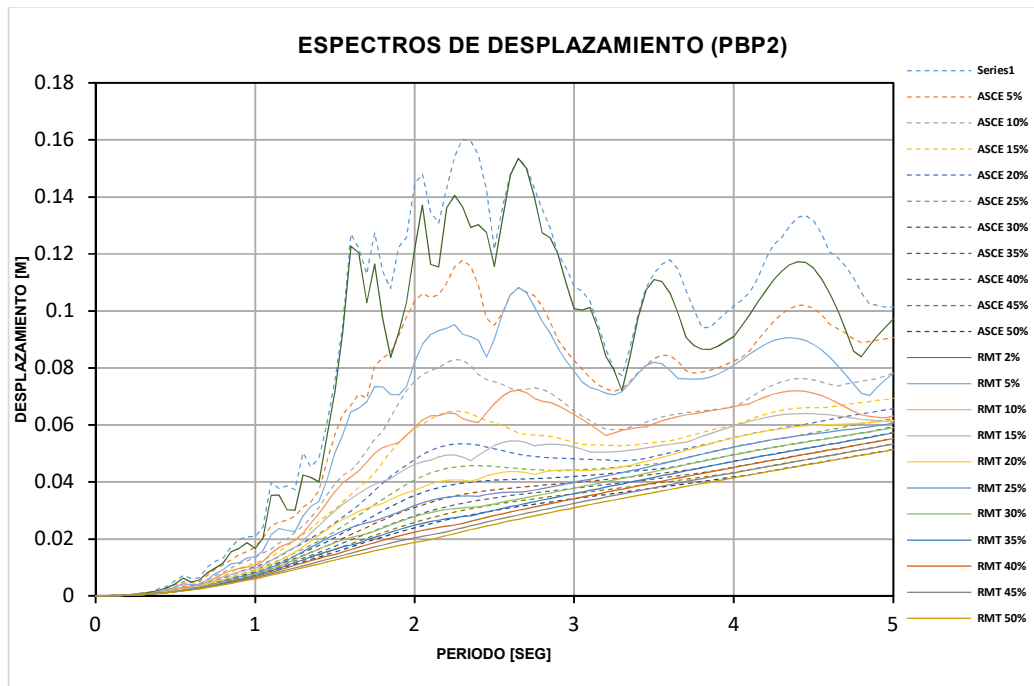


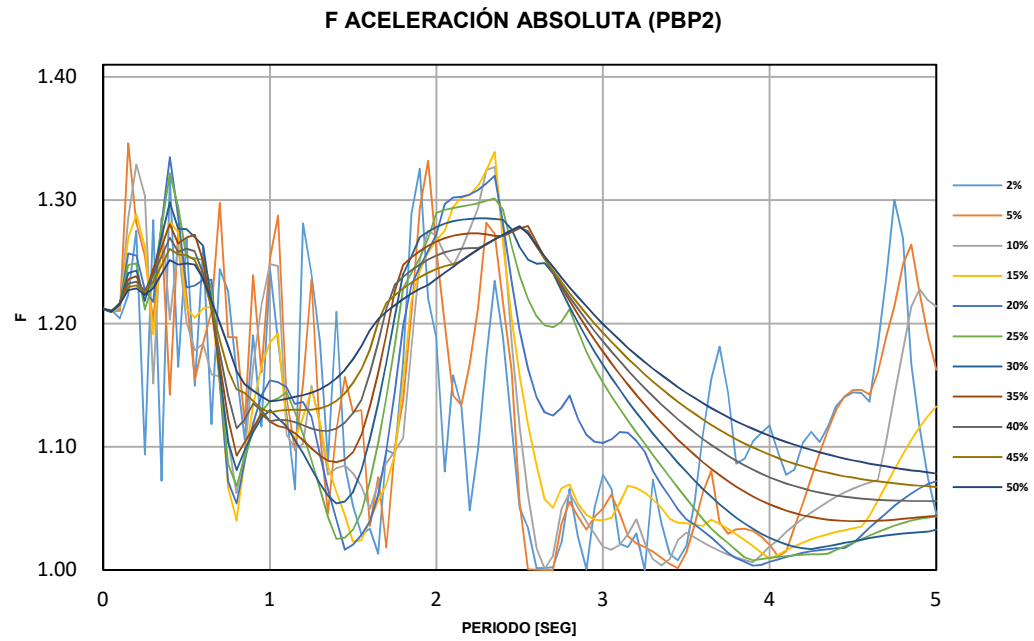
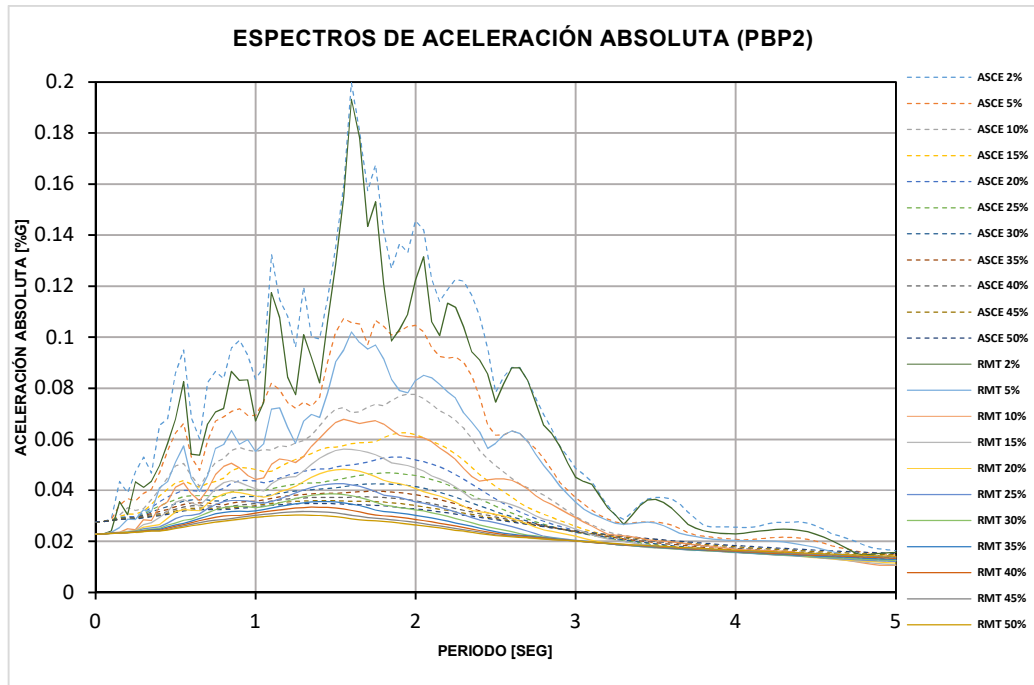
ESTACIÓN PANG



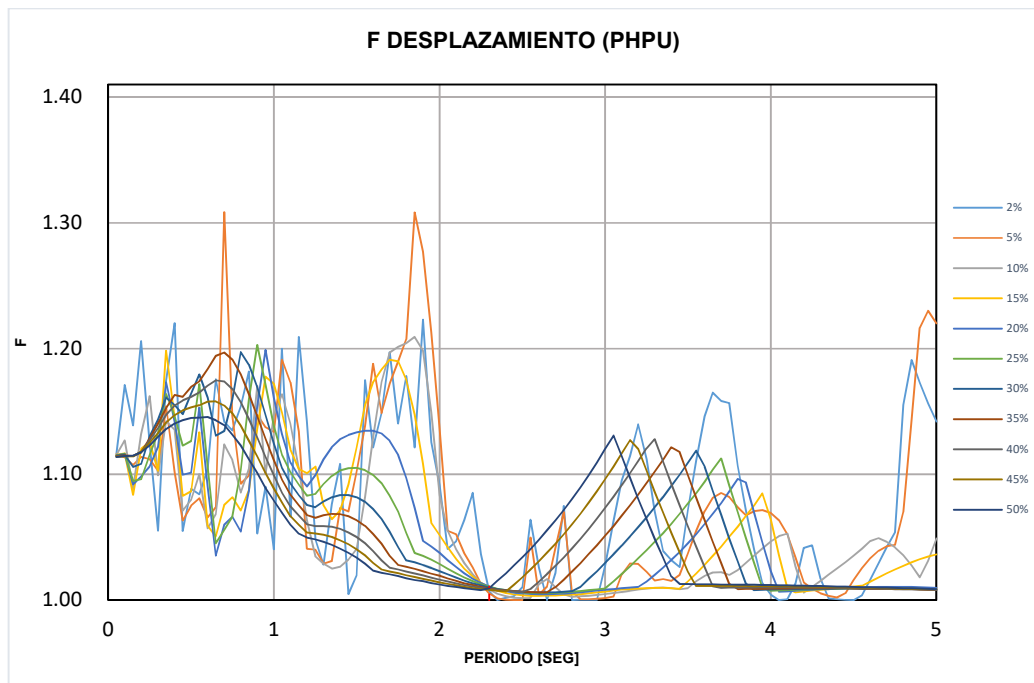
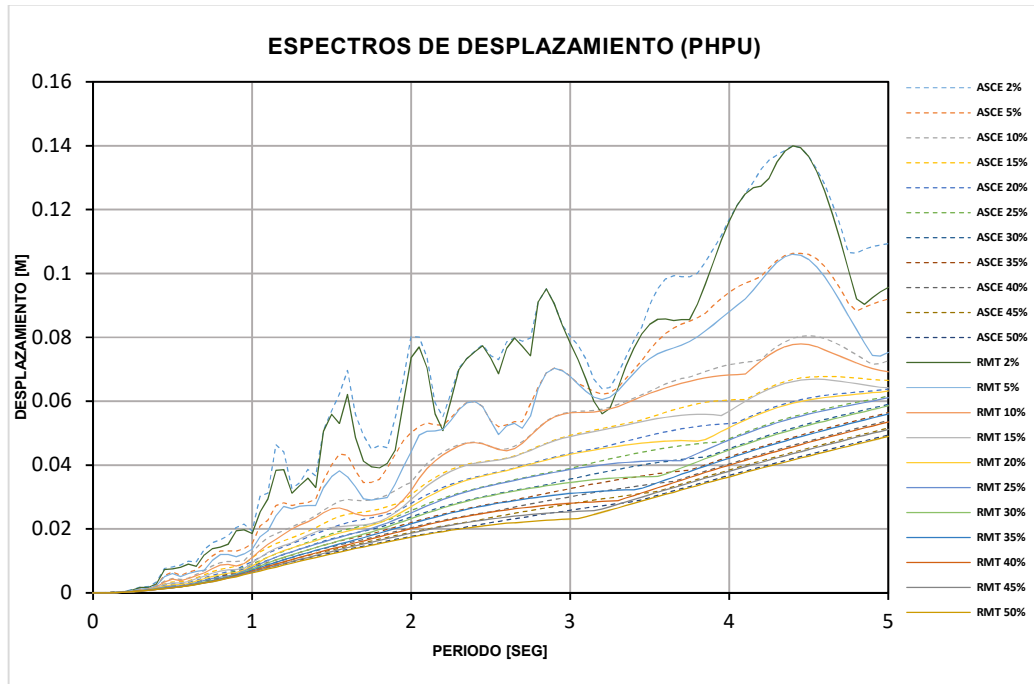


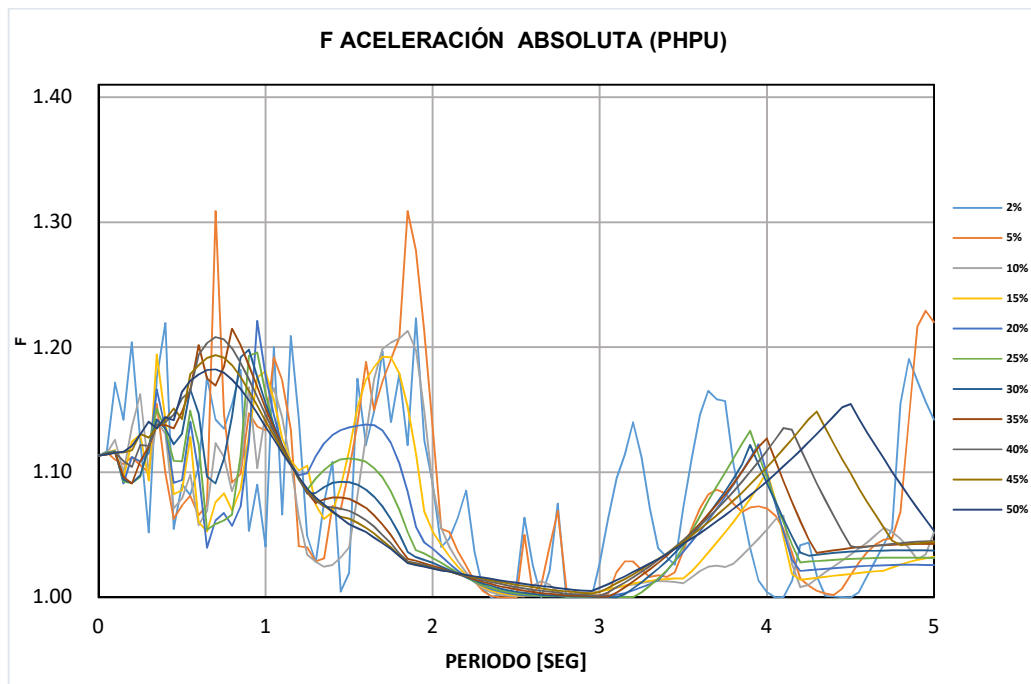
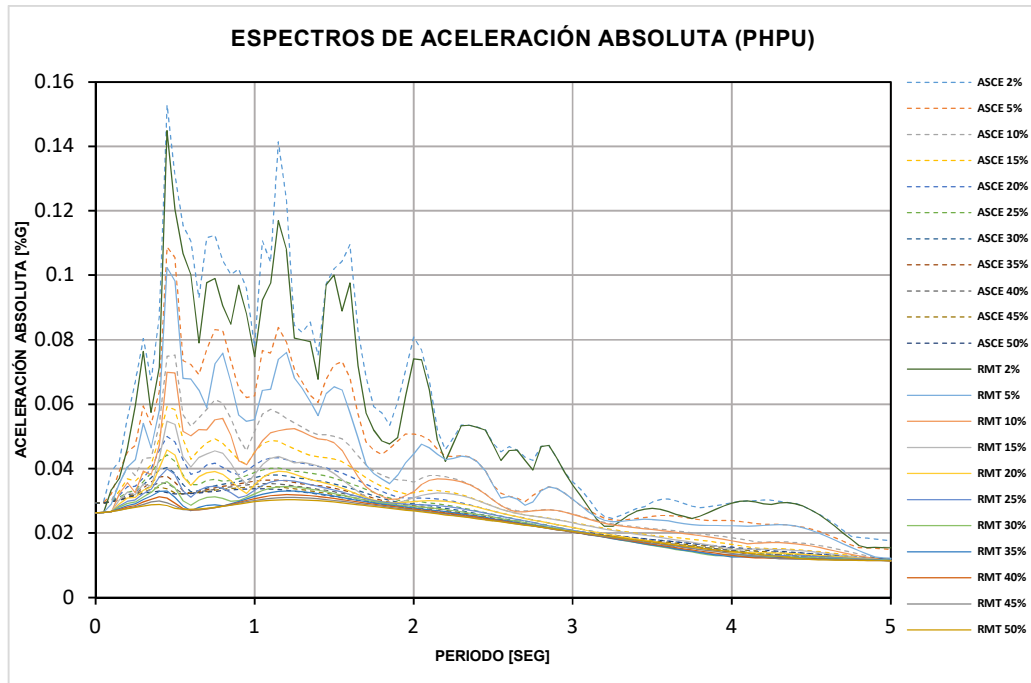
ESTACIÓN PBP2



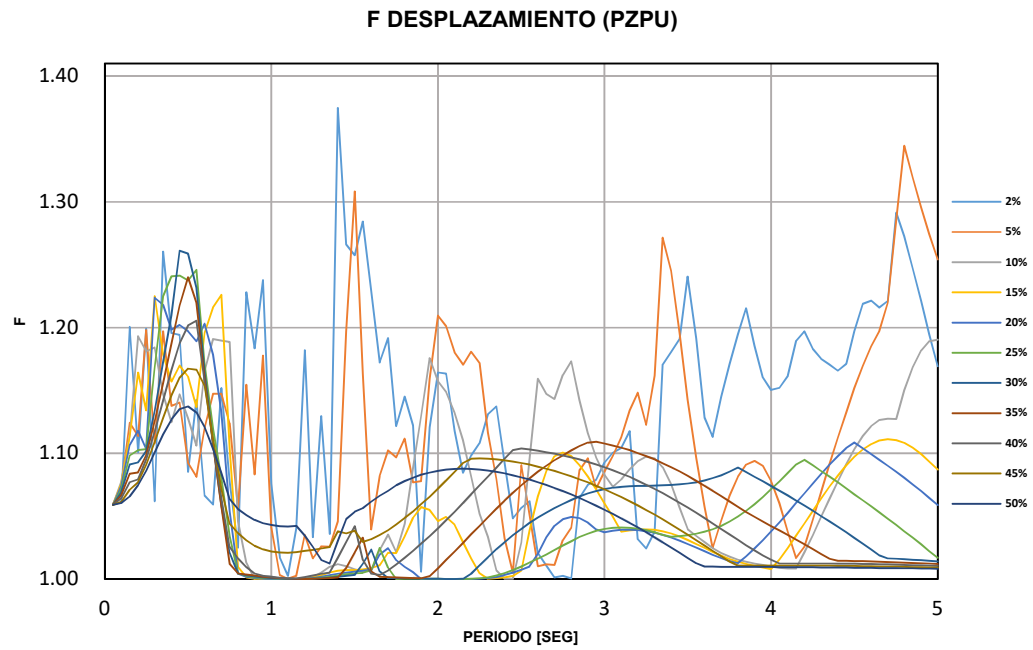
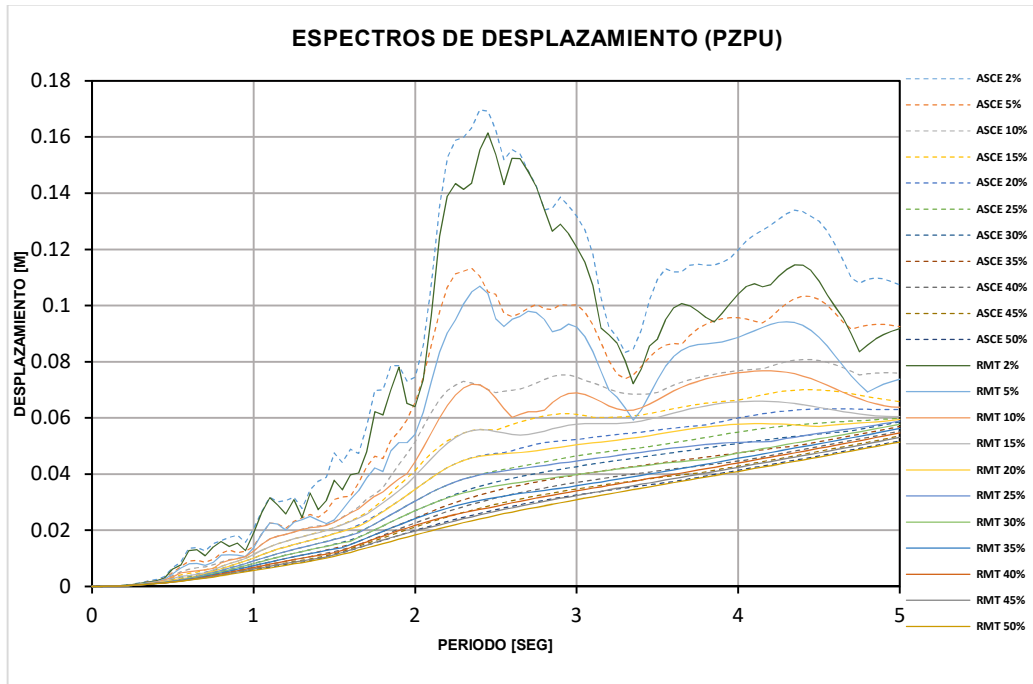


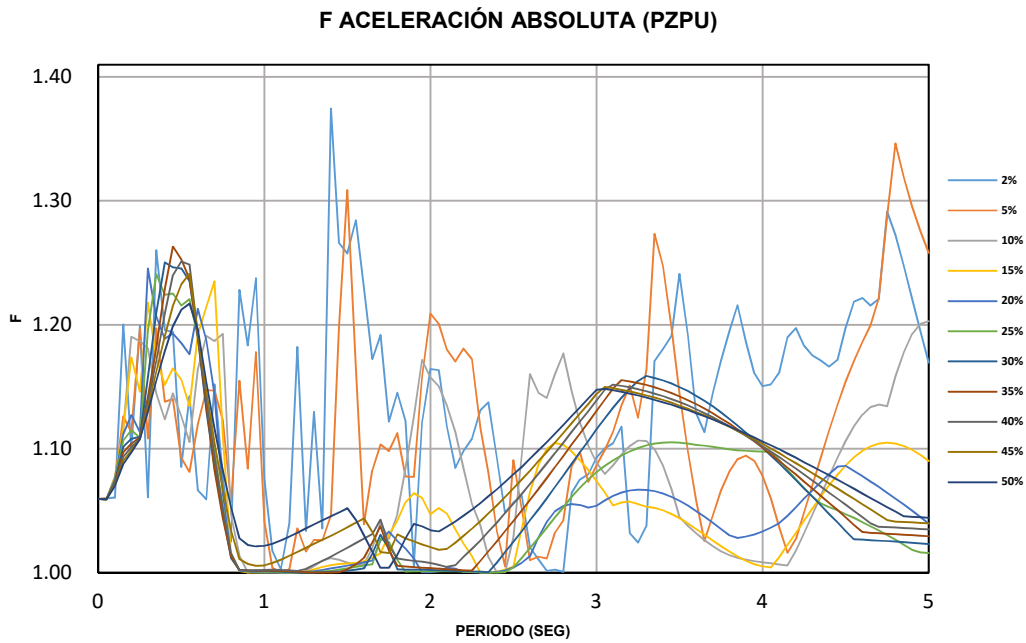
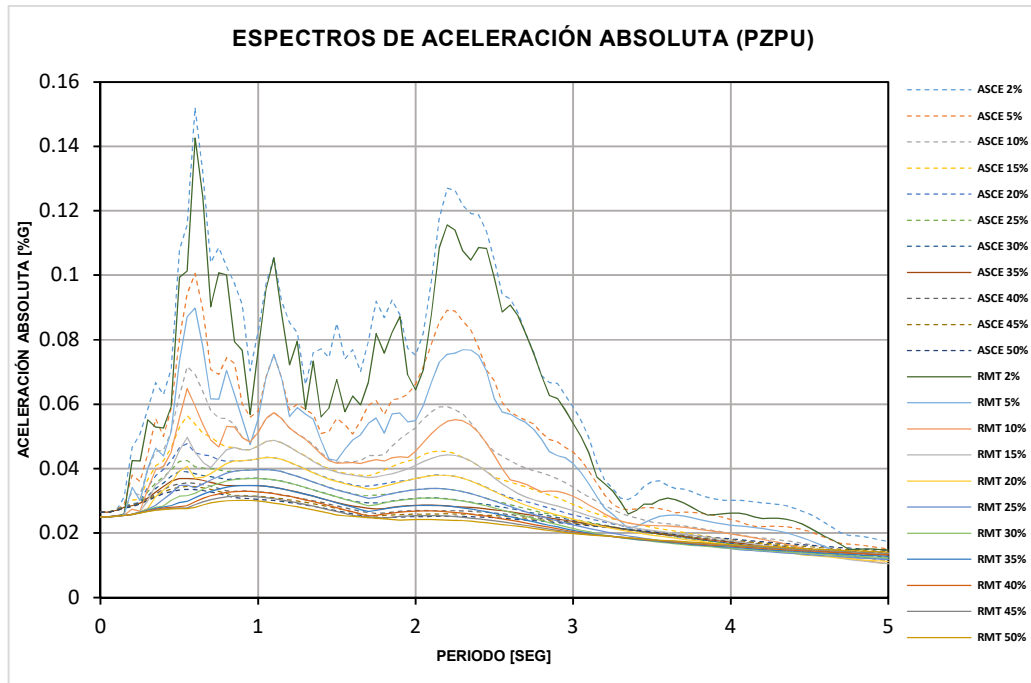
ESTACIÓN PHPU



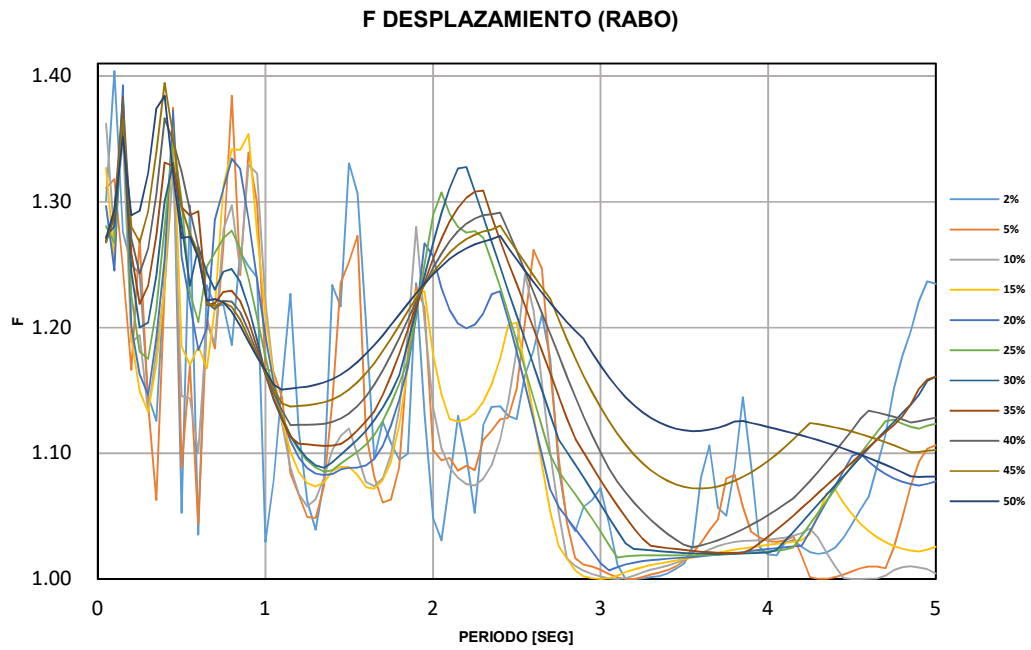
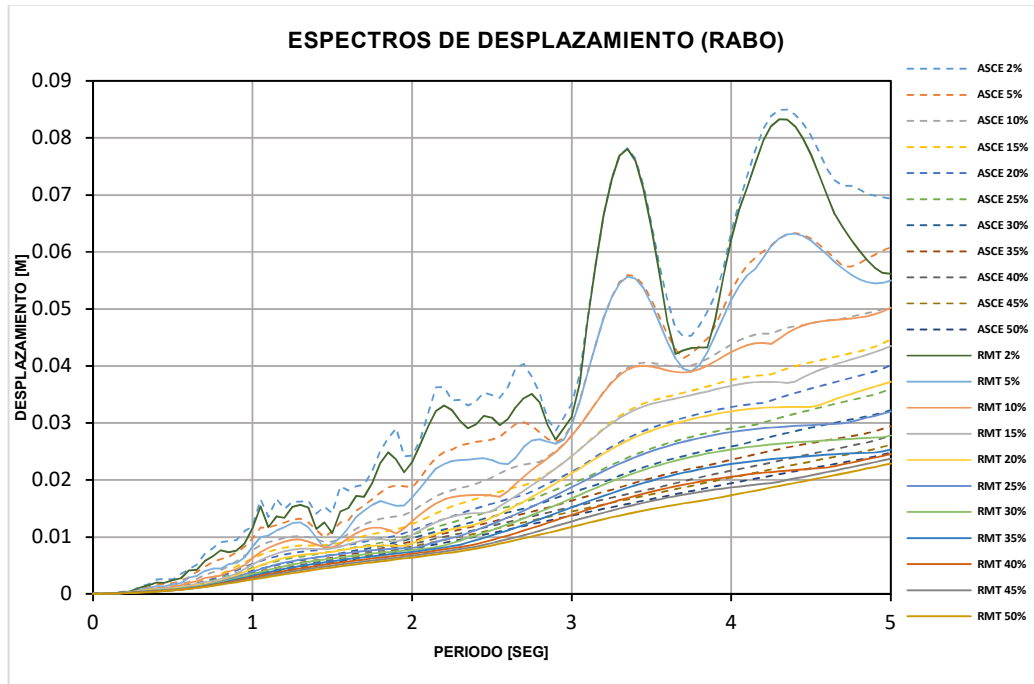


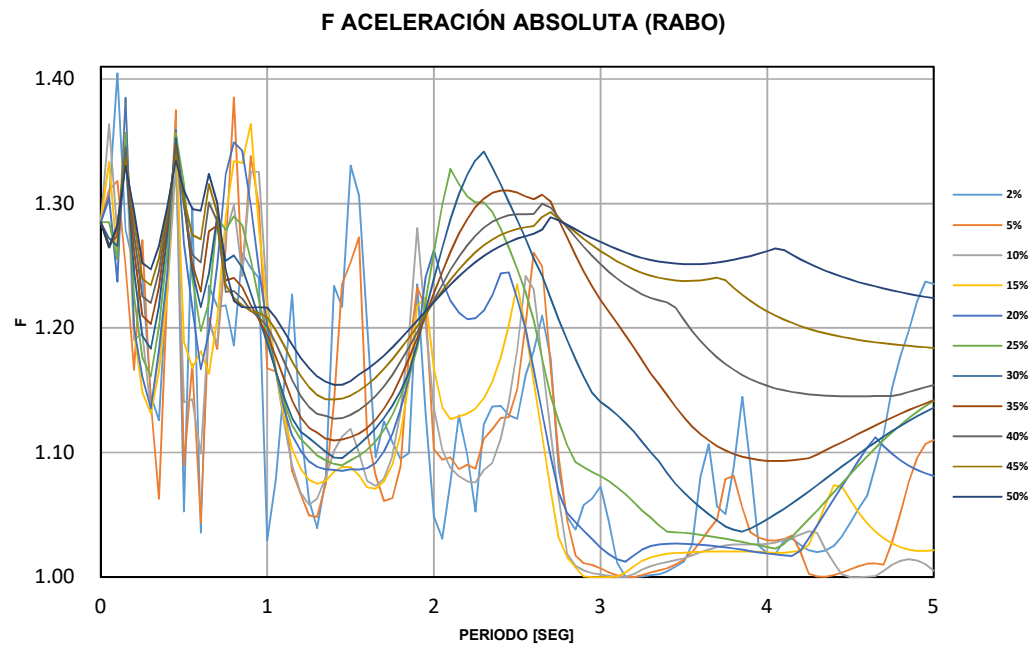
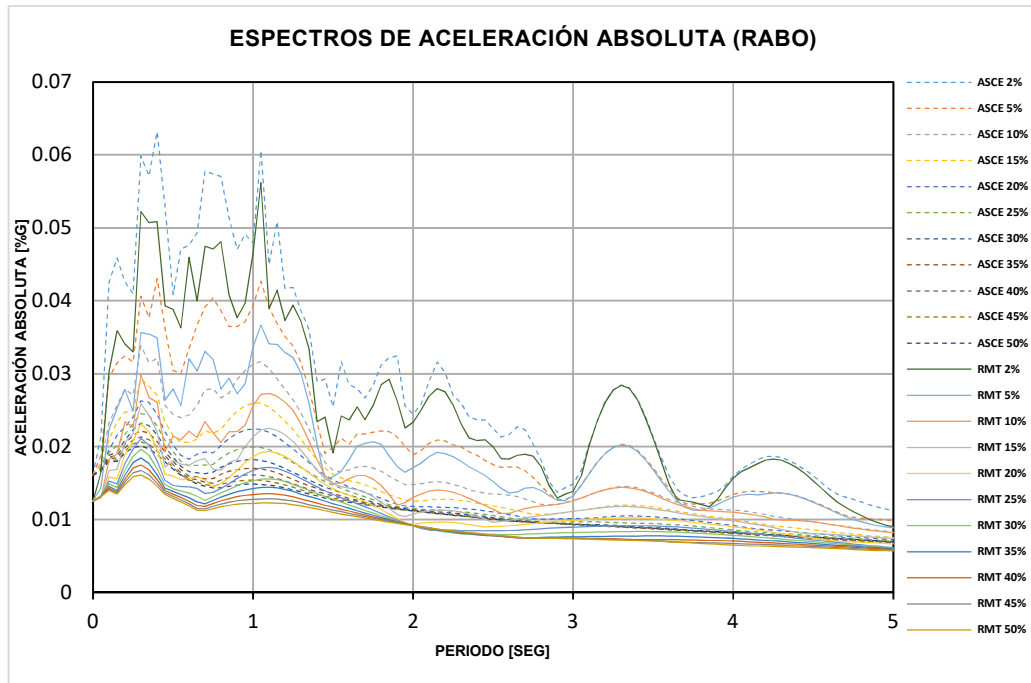
ESTACIÓN PZPU



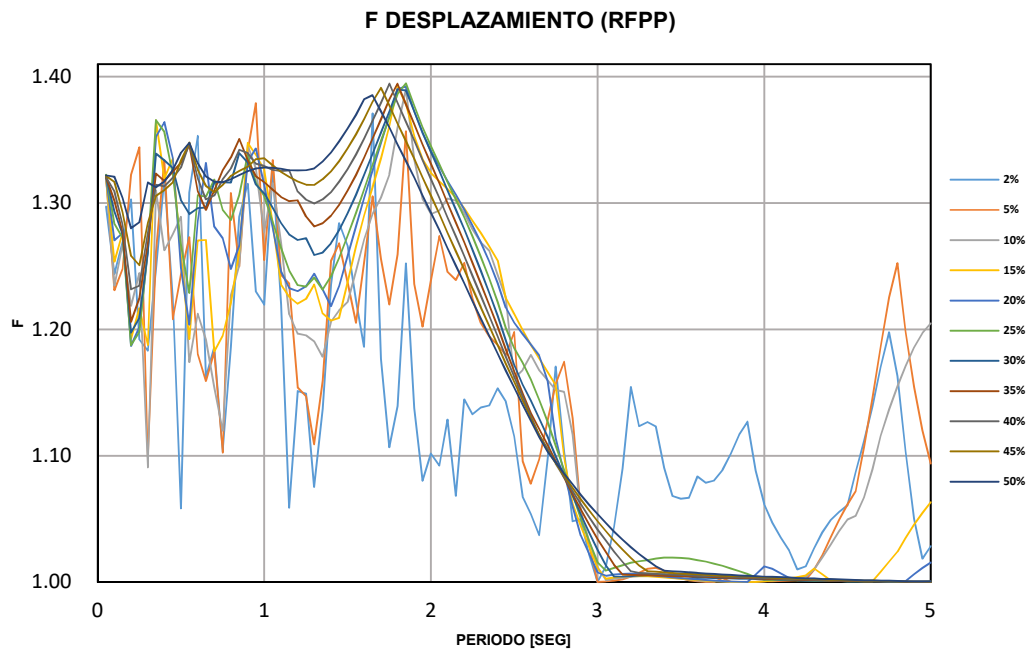
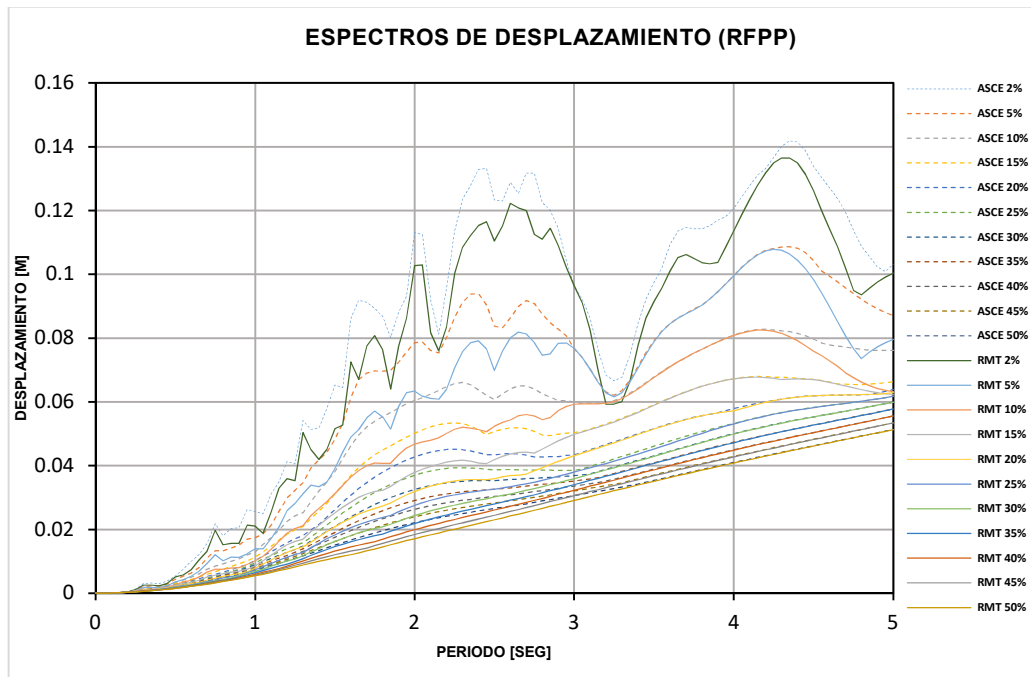


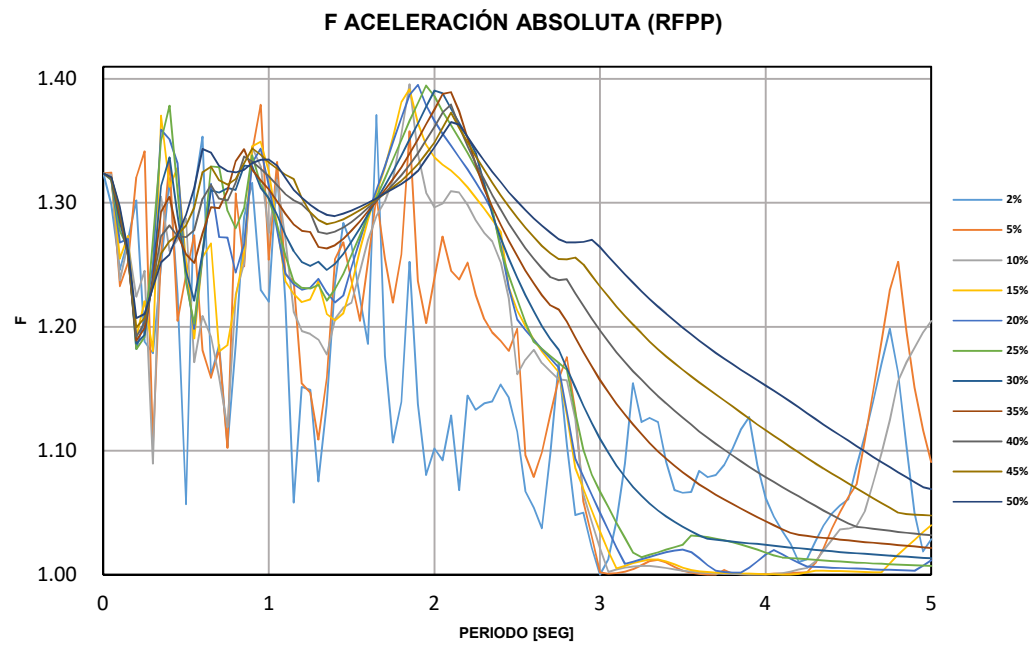
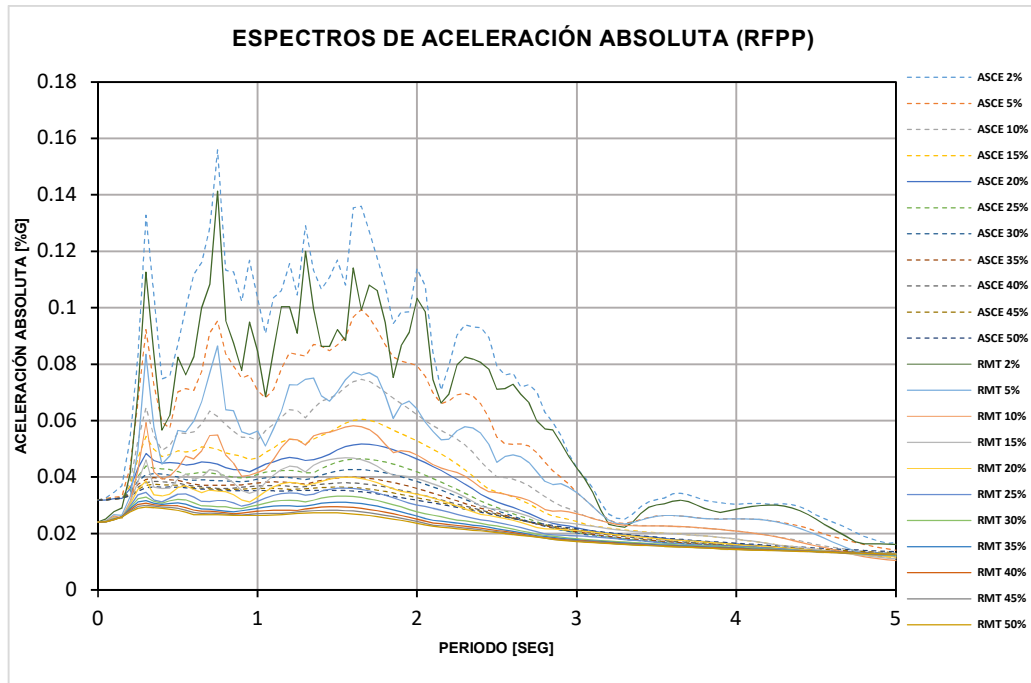
ESTACIÓN RABO



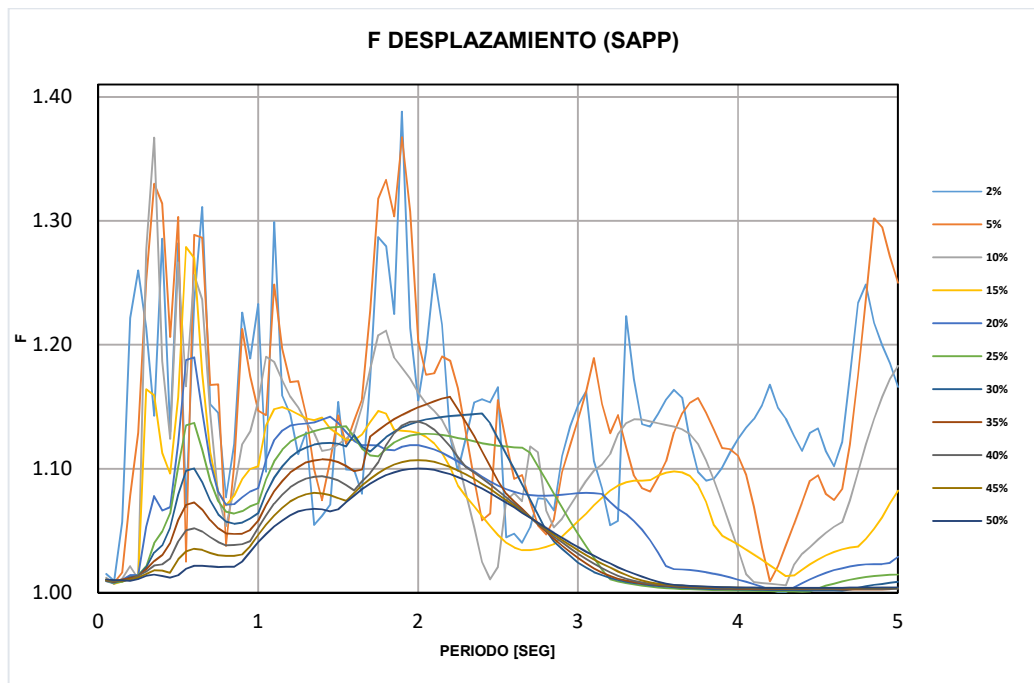
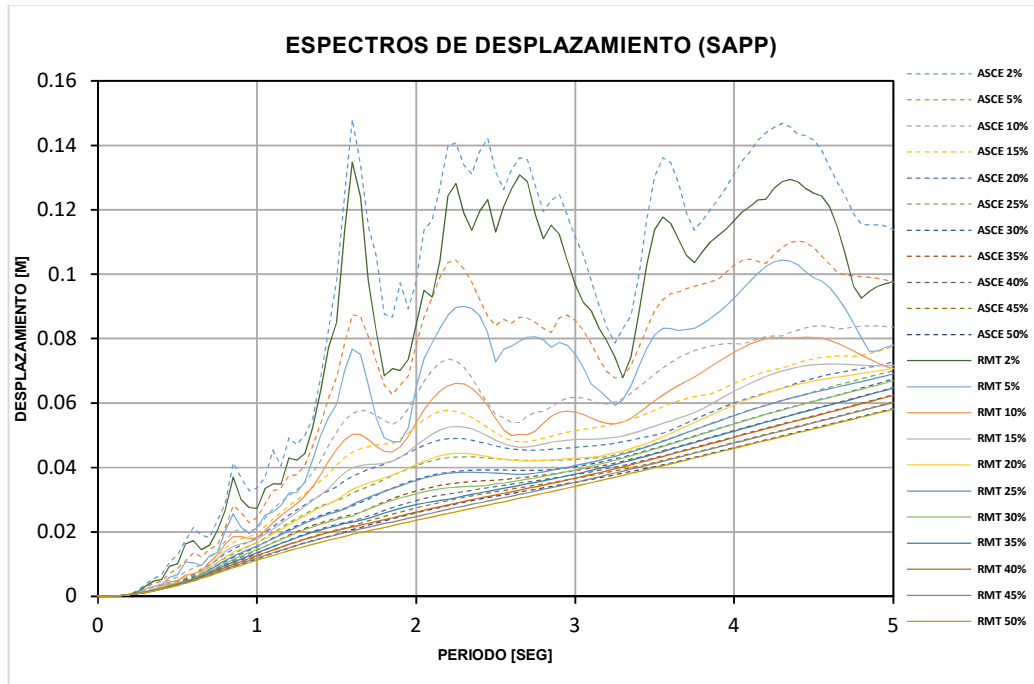


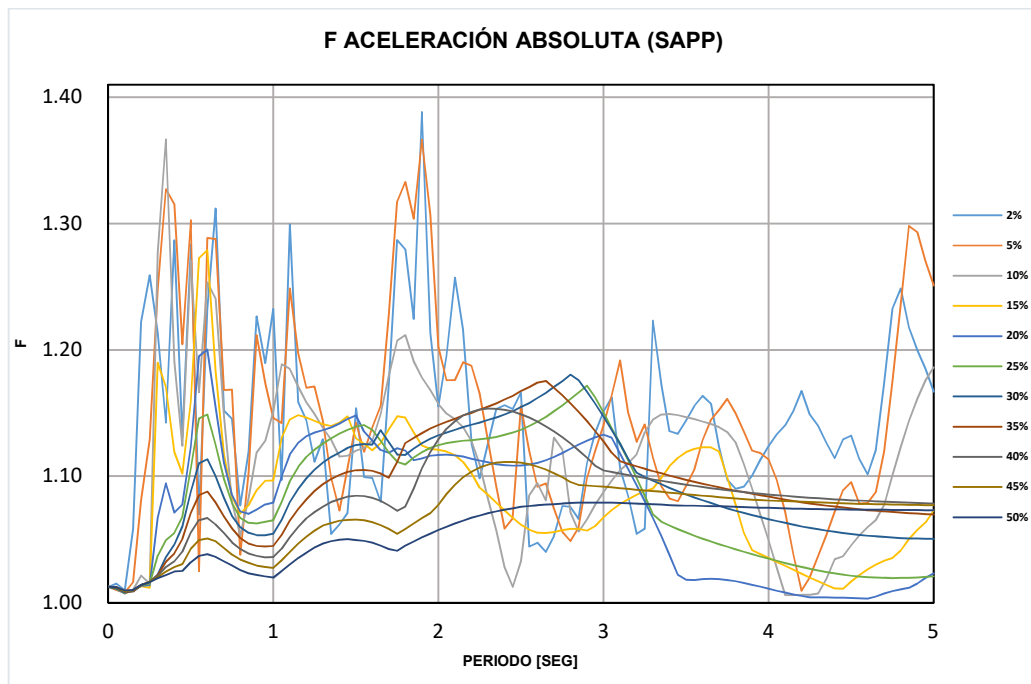
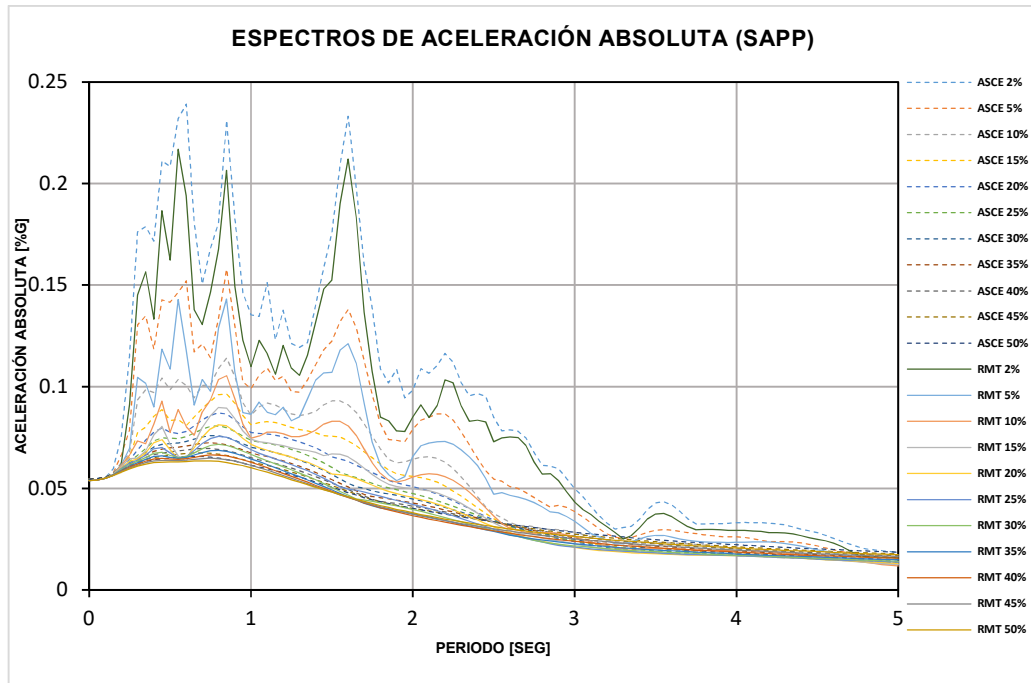
ESTACIÓN RFPP



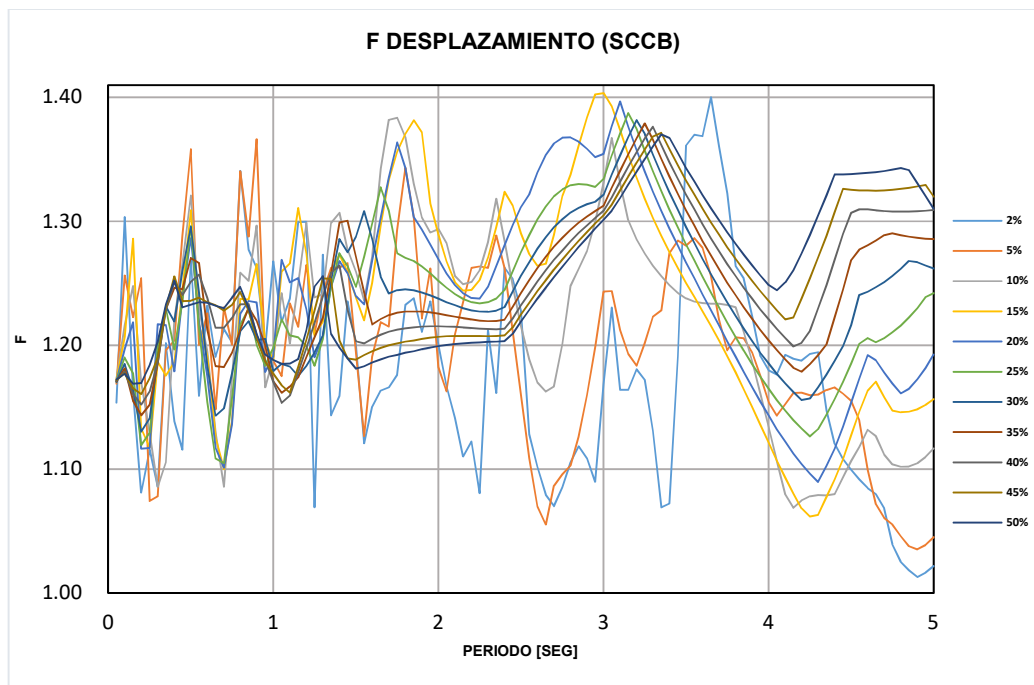
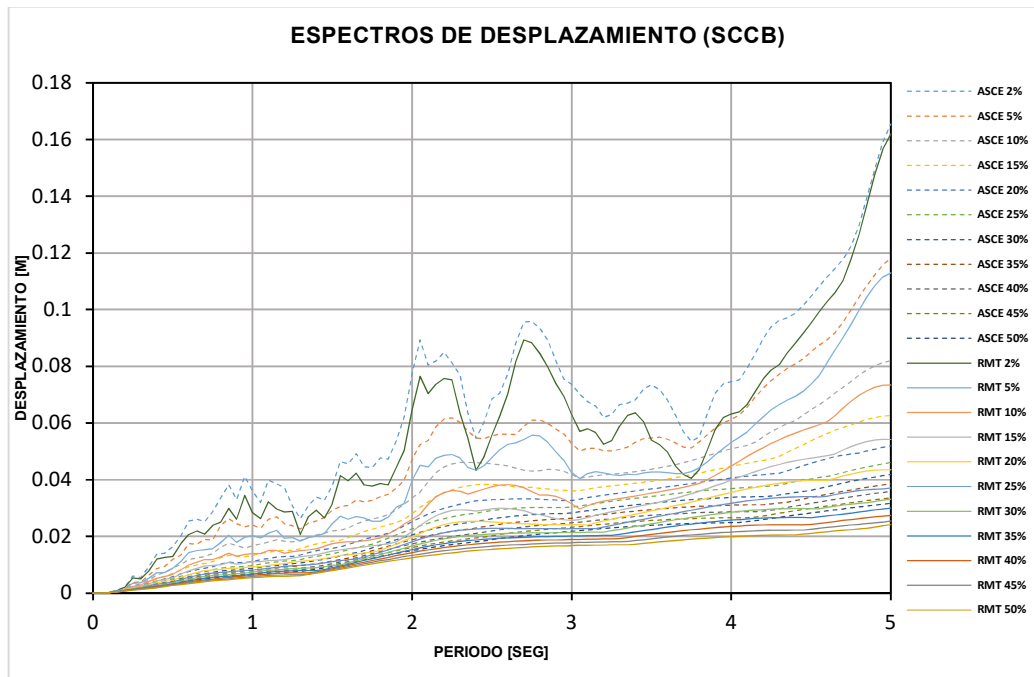


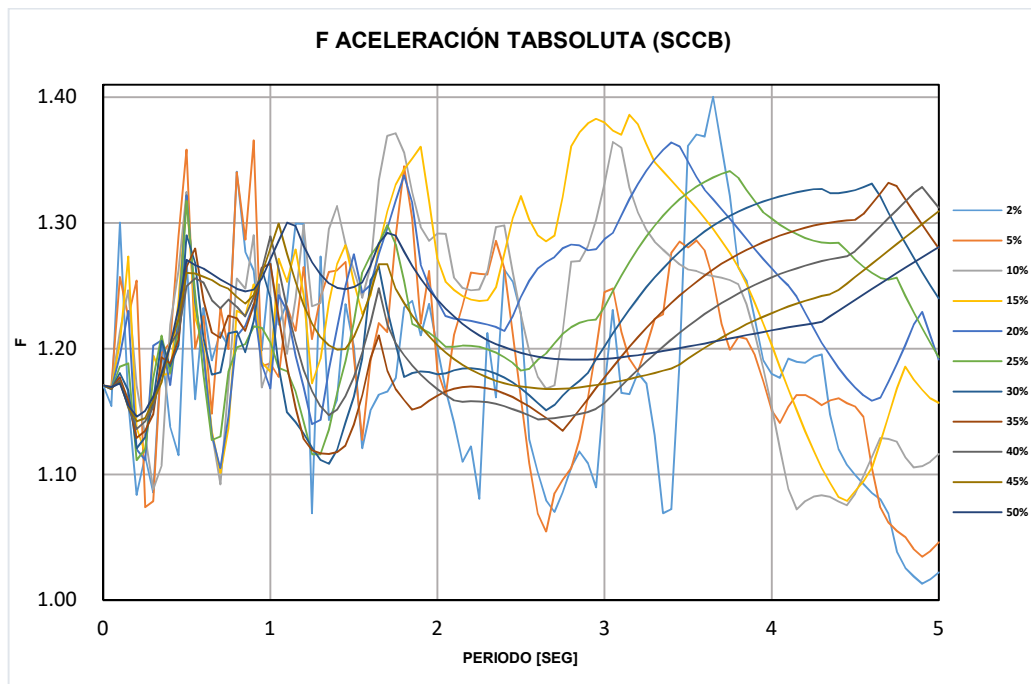
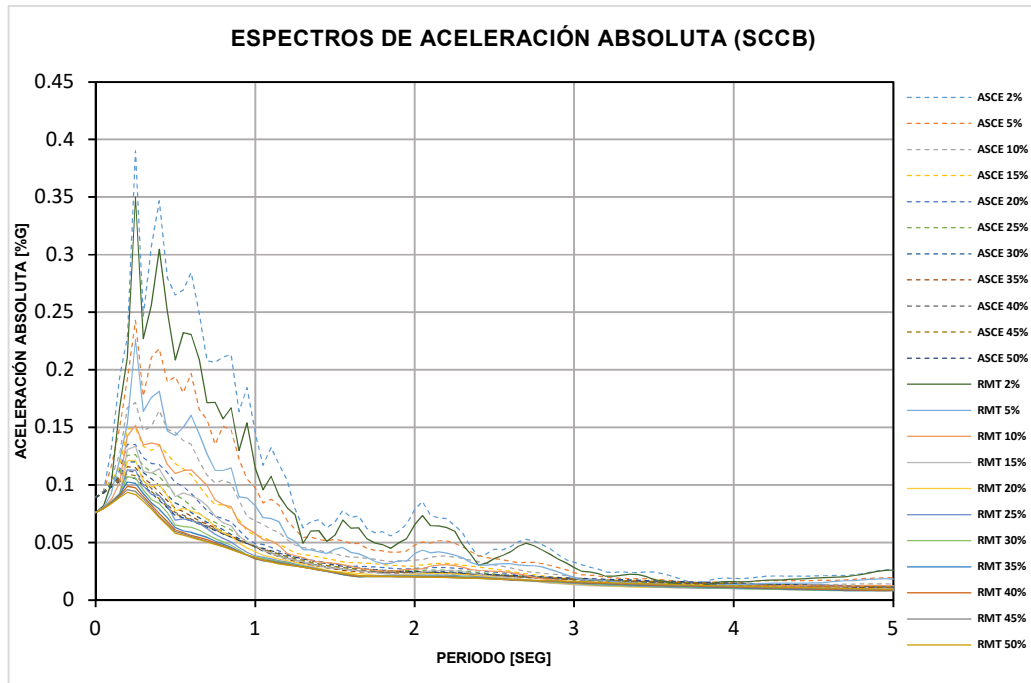
ESTACIÓN SAPP



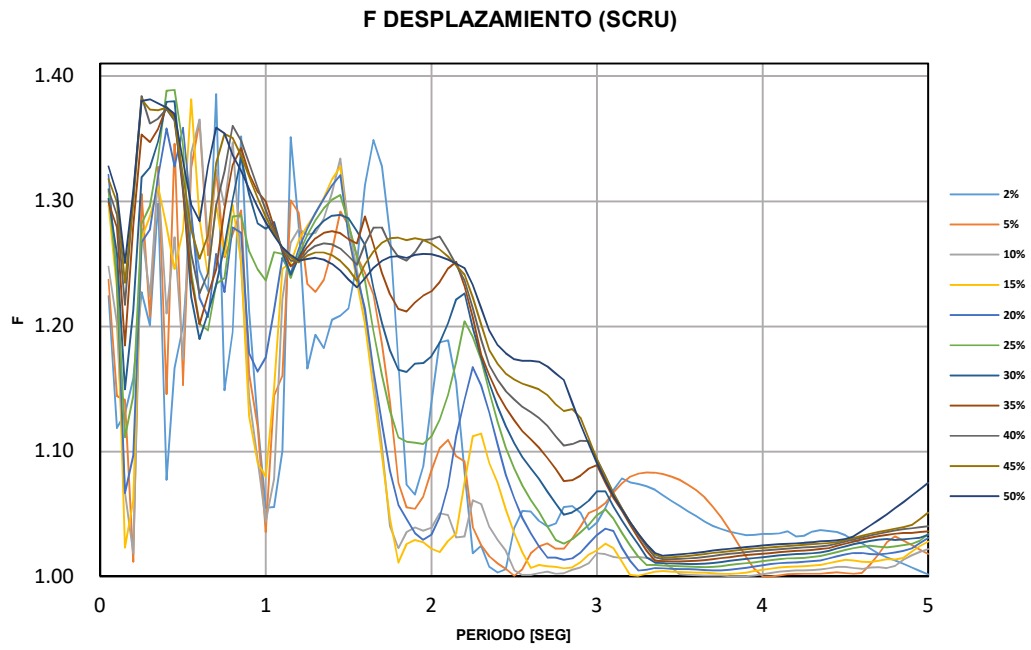
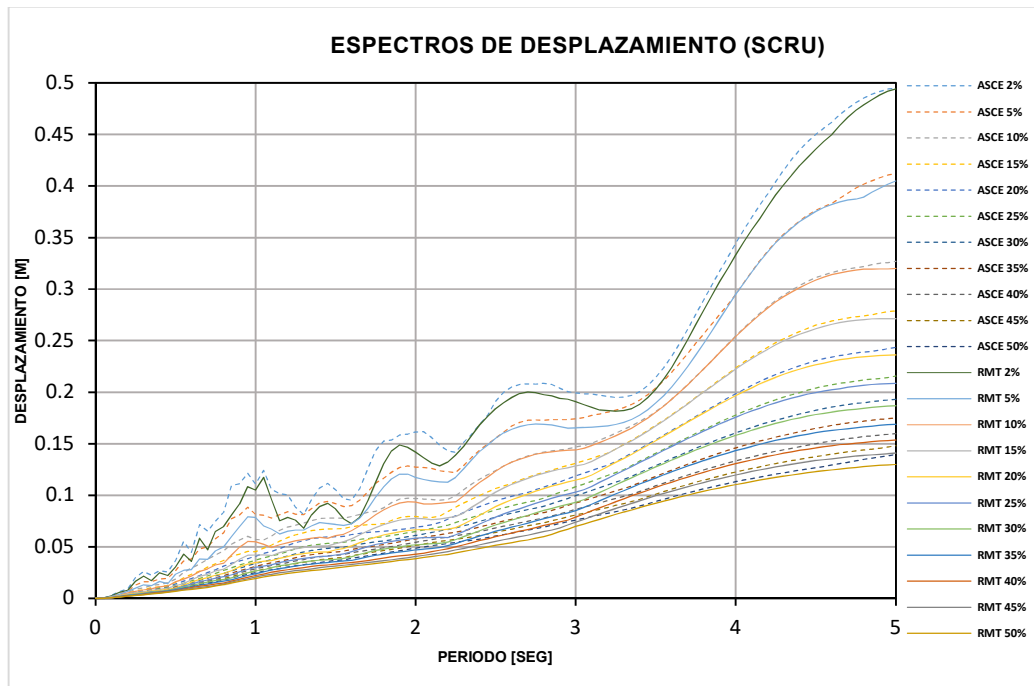


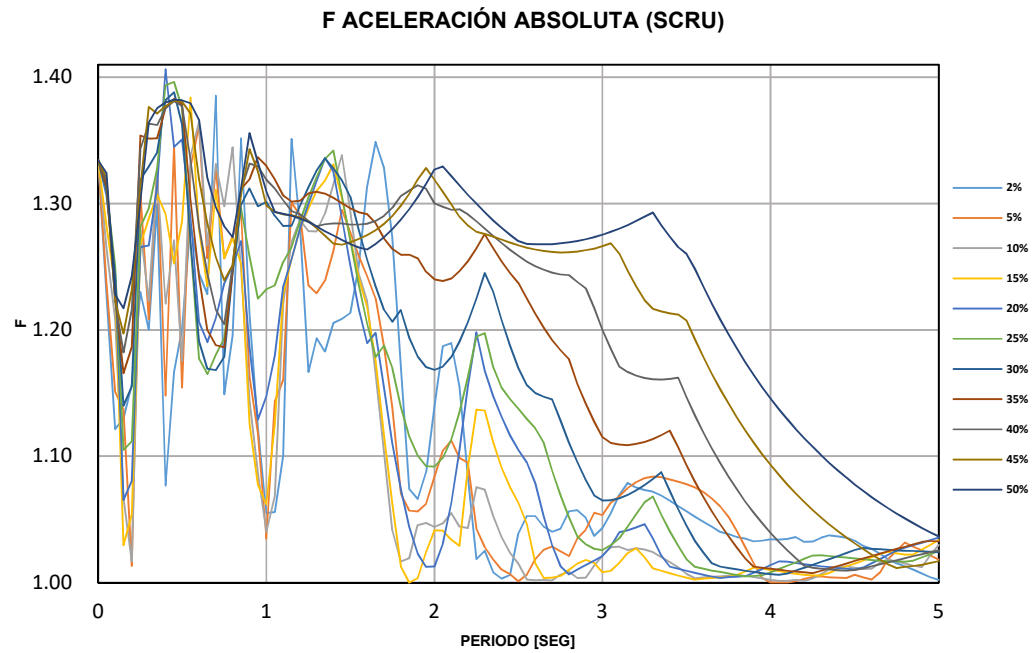
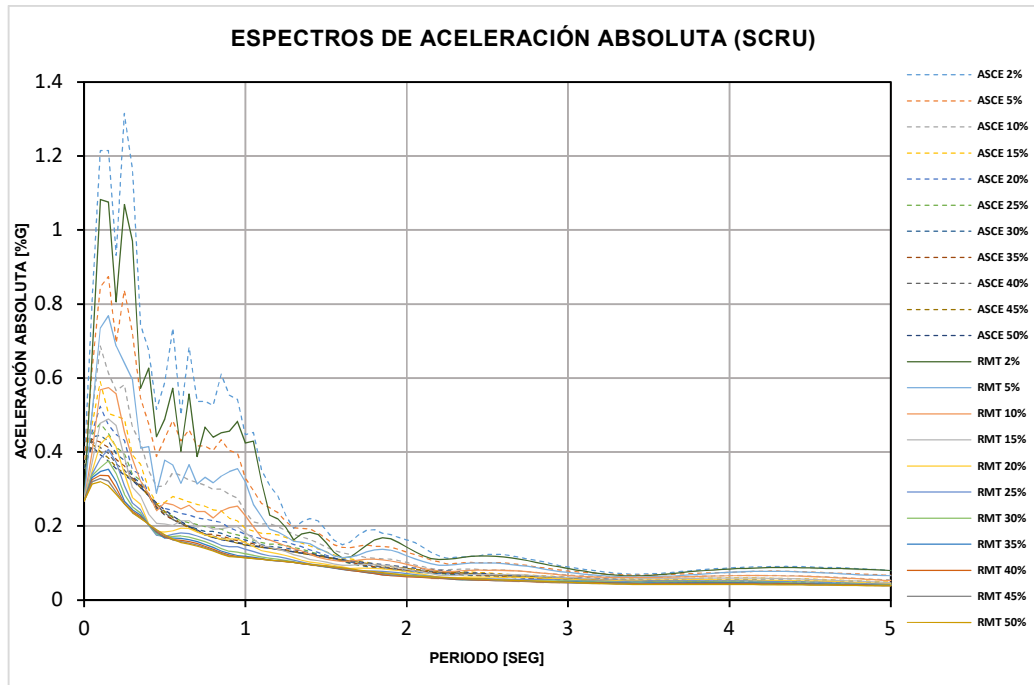
ESTACIÓN SCCB



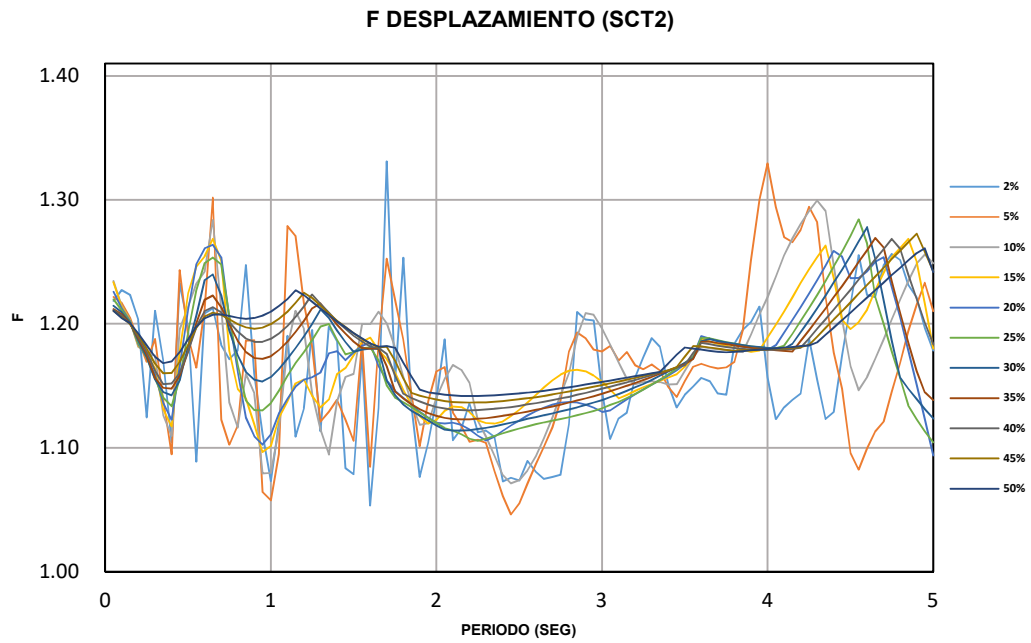
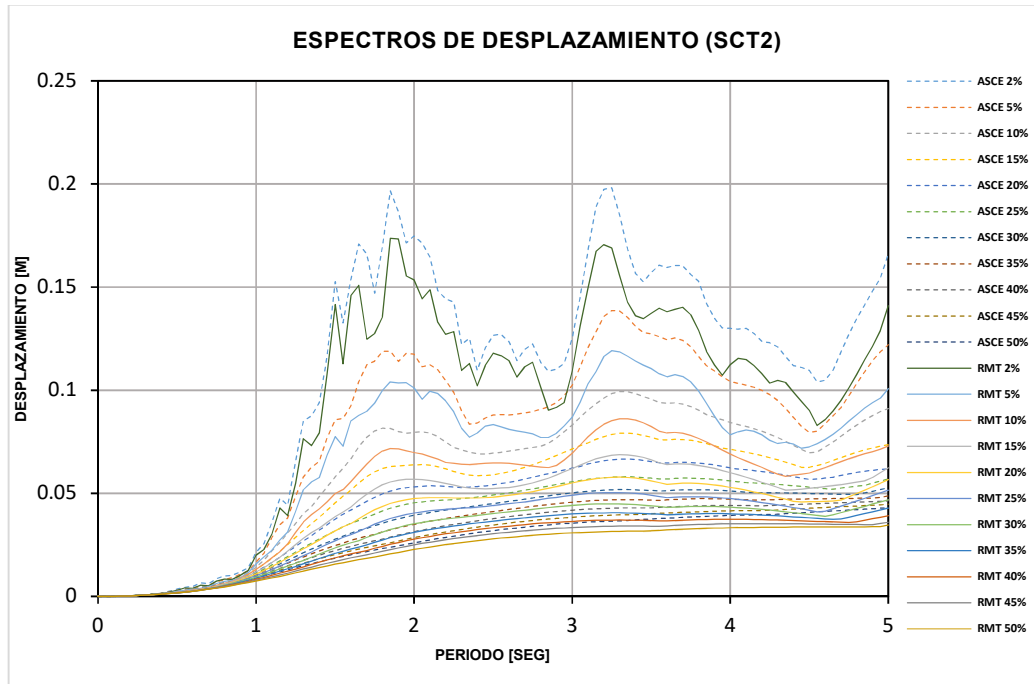


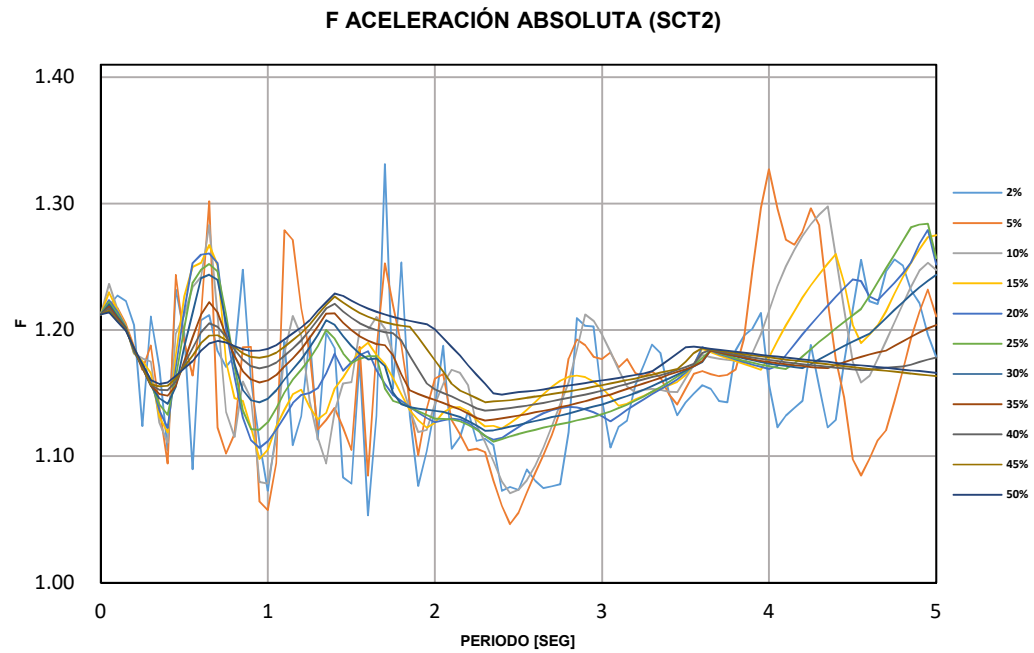
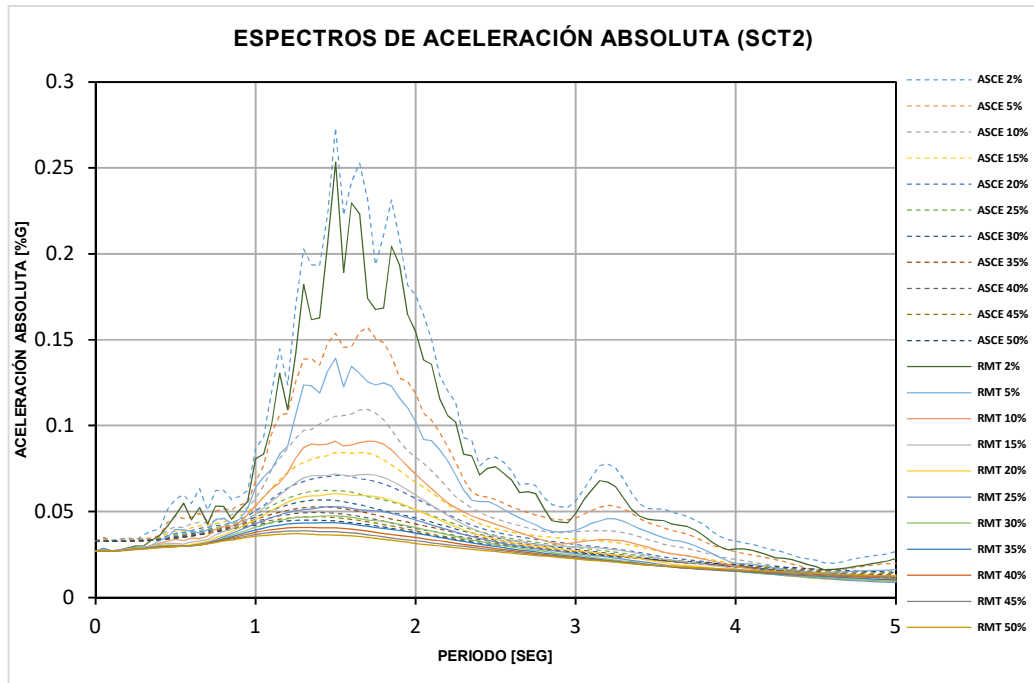
ESTACIÓN SCRU



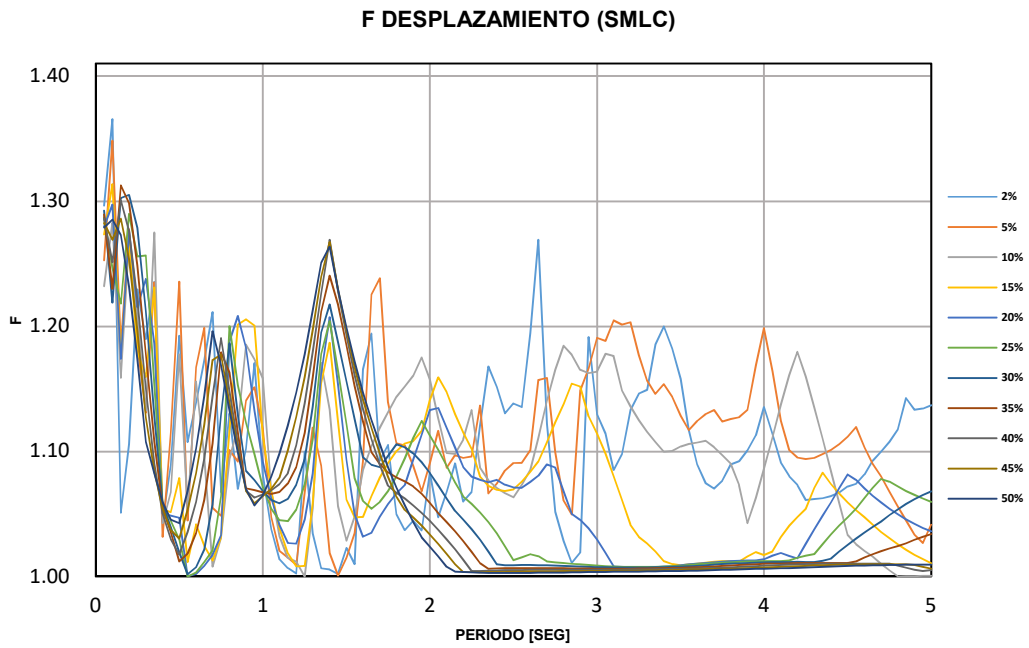
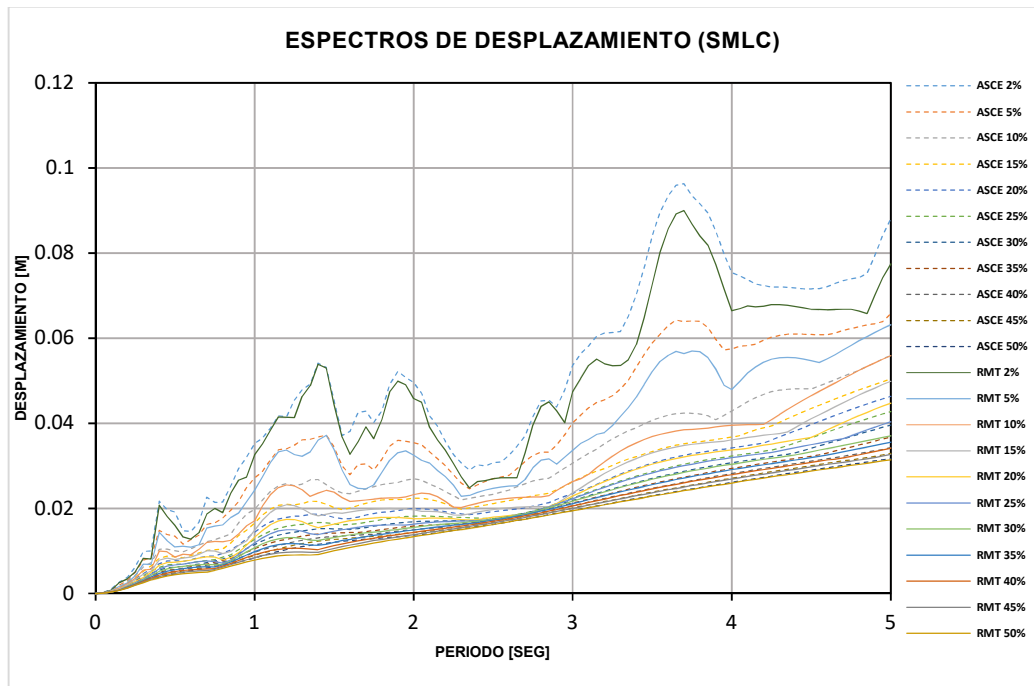


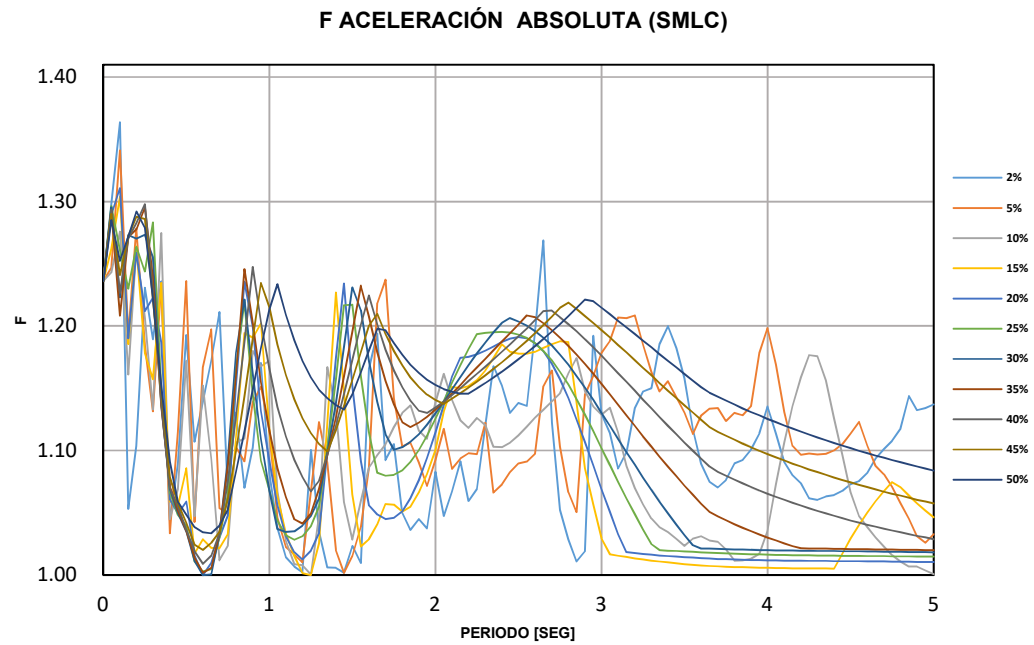
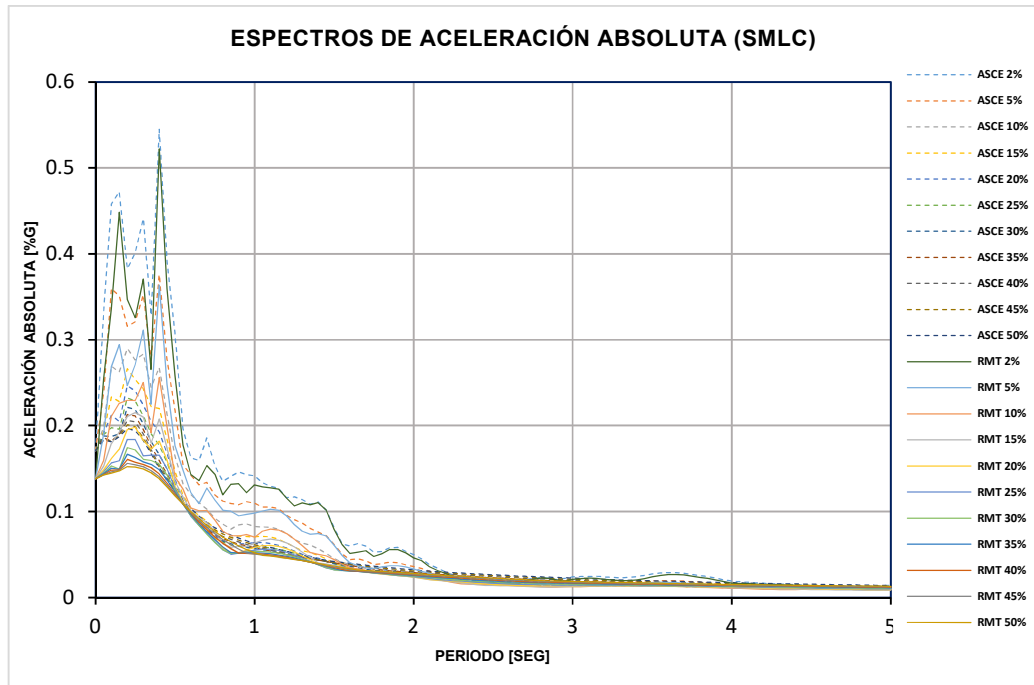
ESTACIÓN SCT2



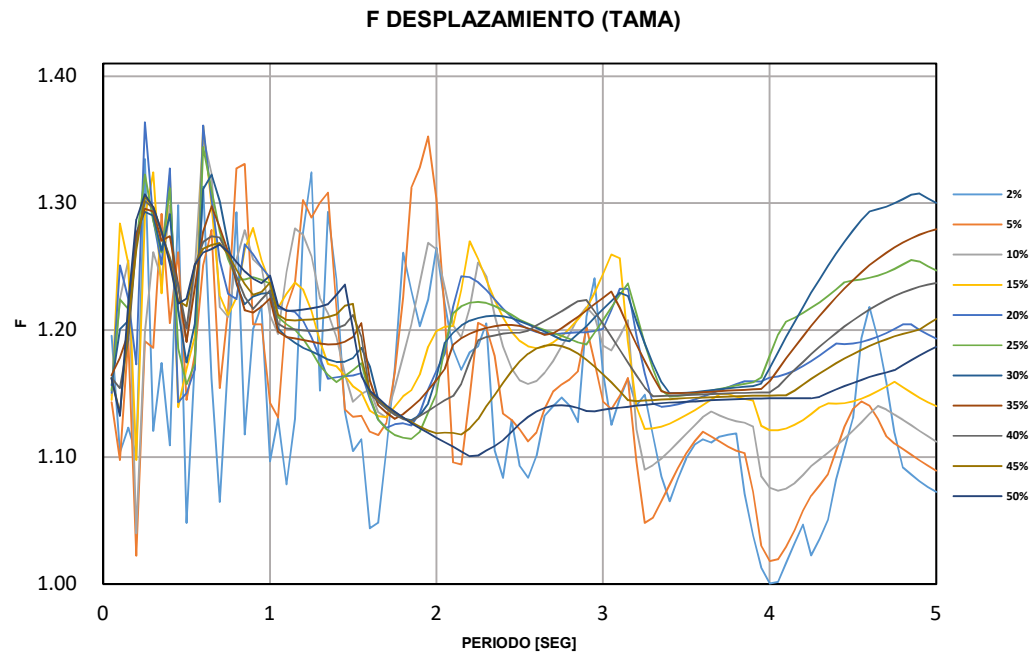
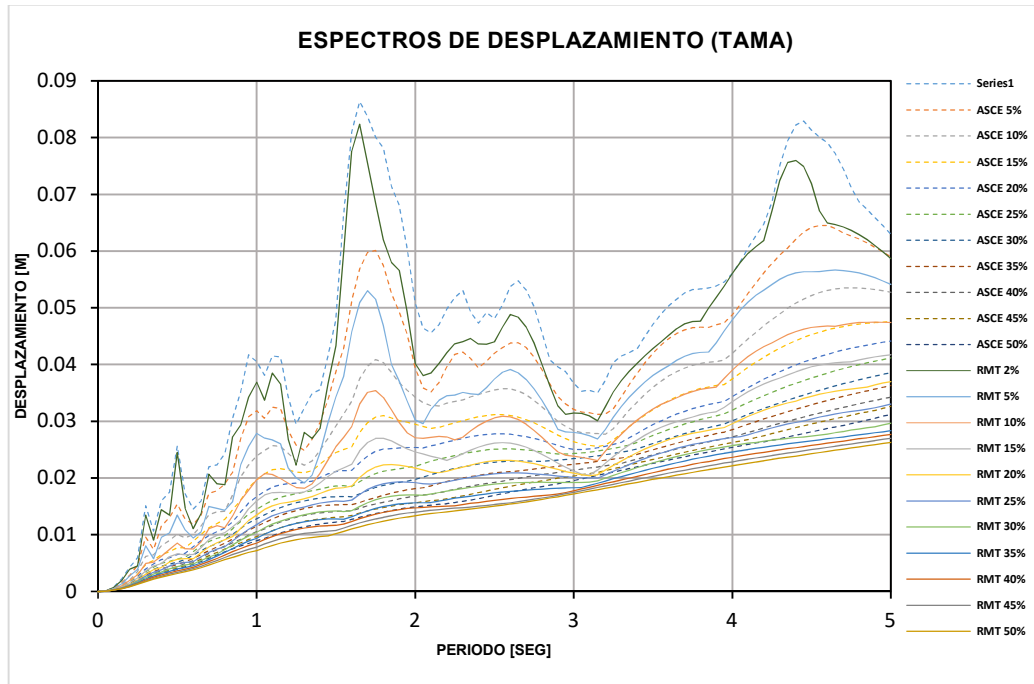


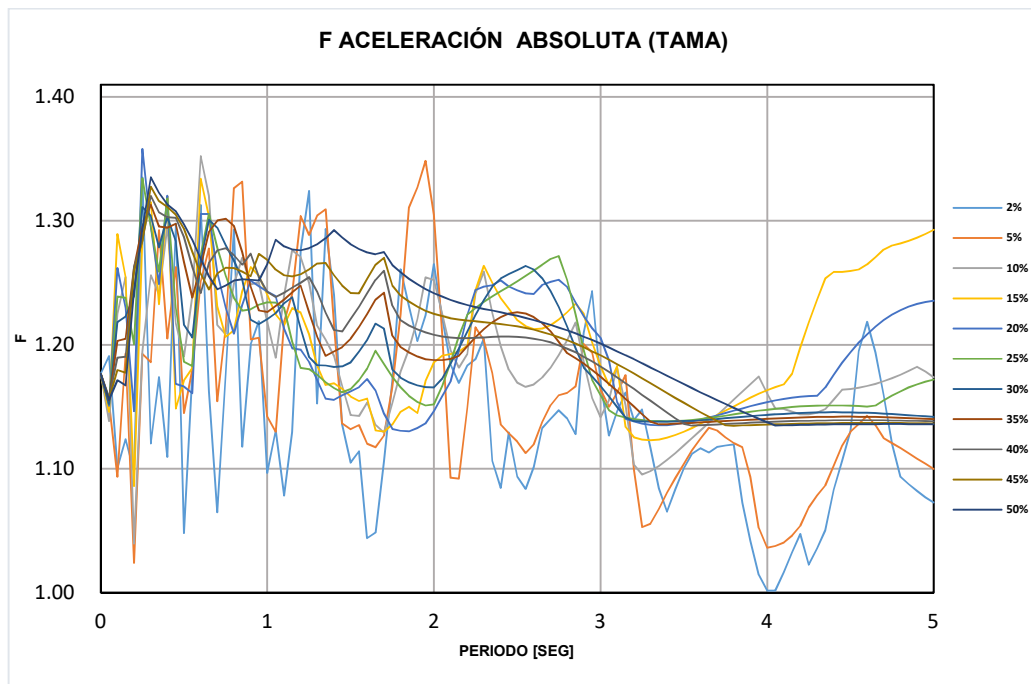
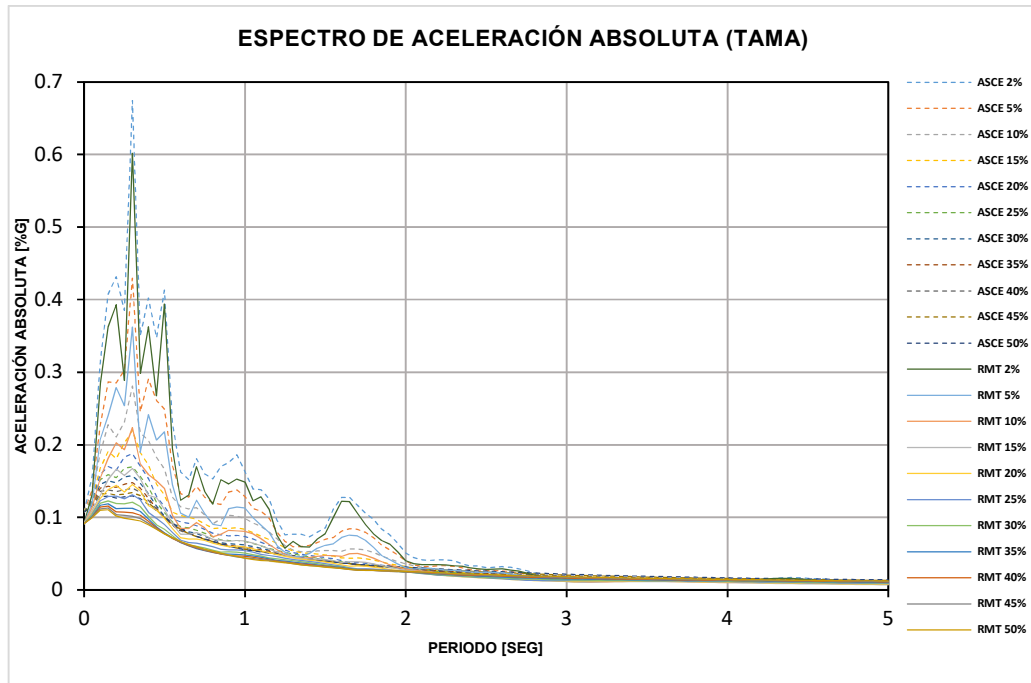
ESTACIÓN SMLC



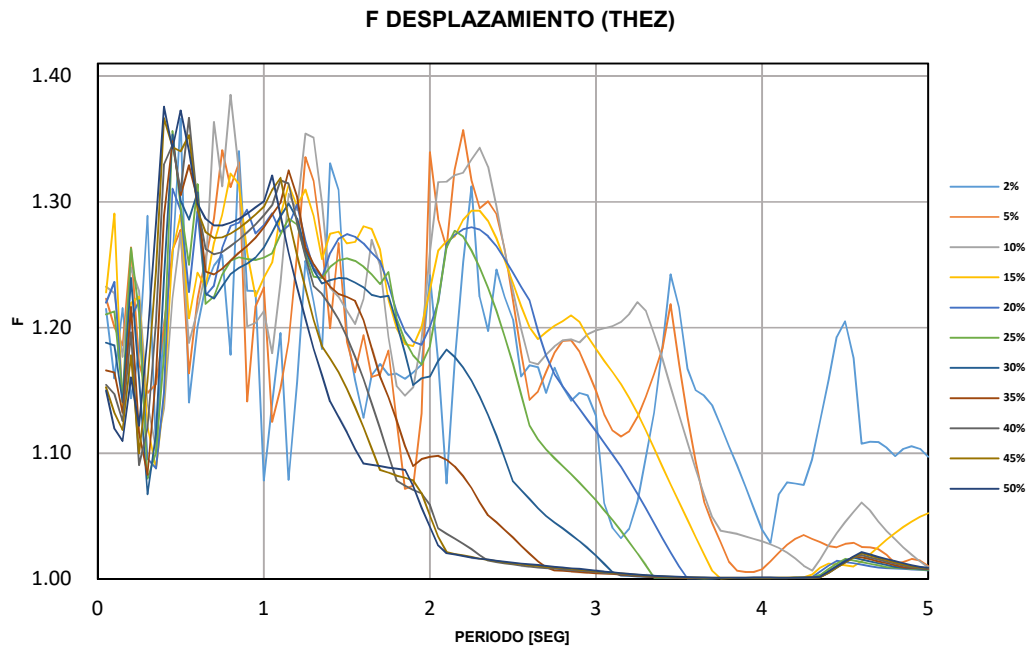
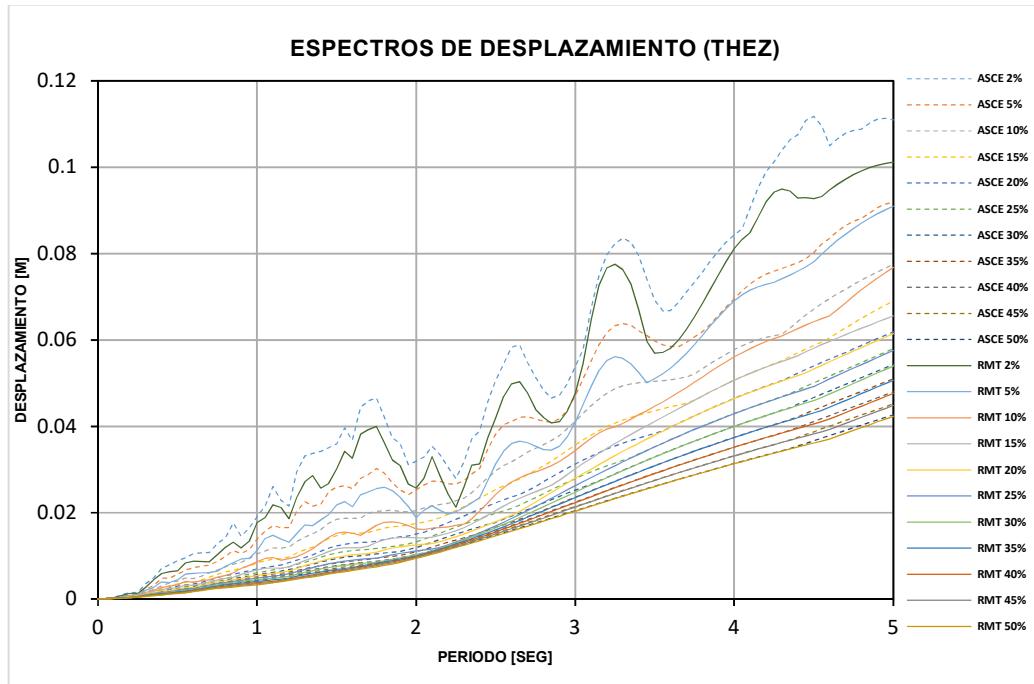


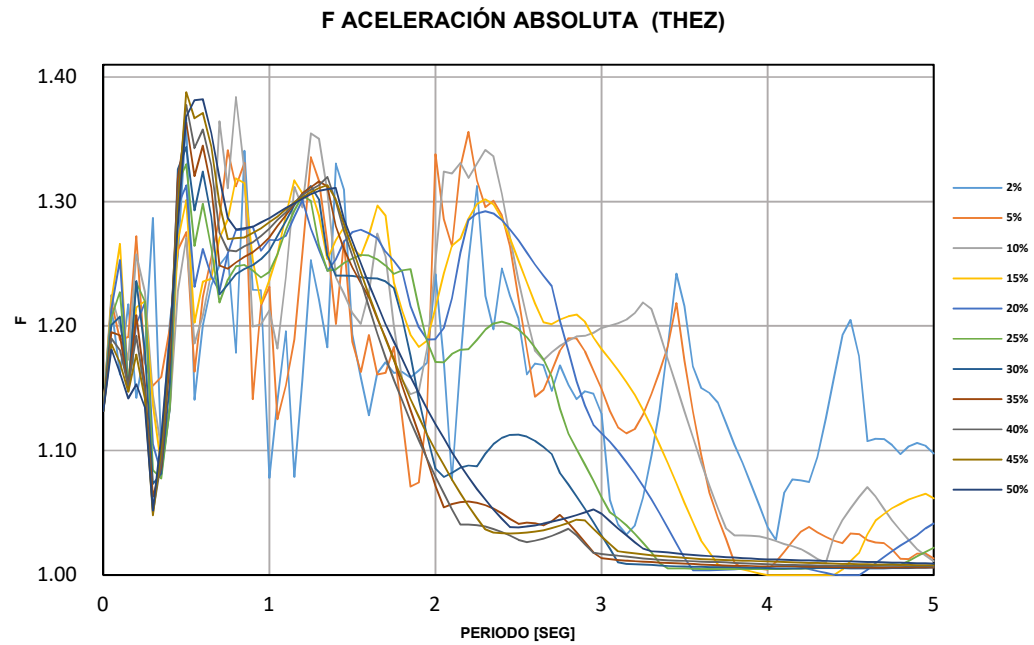
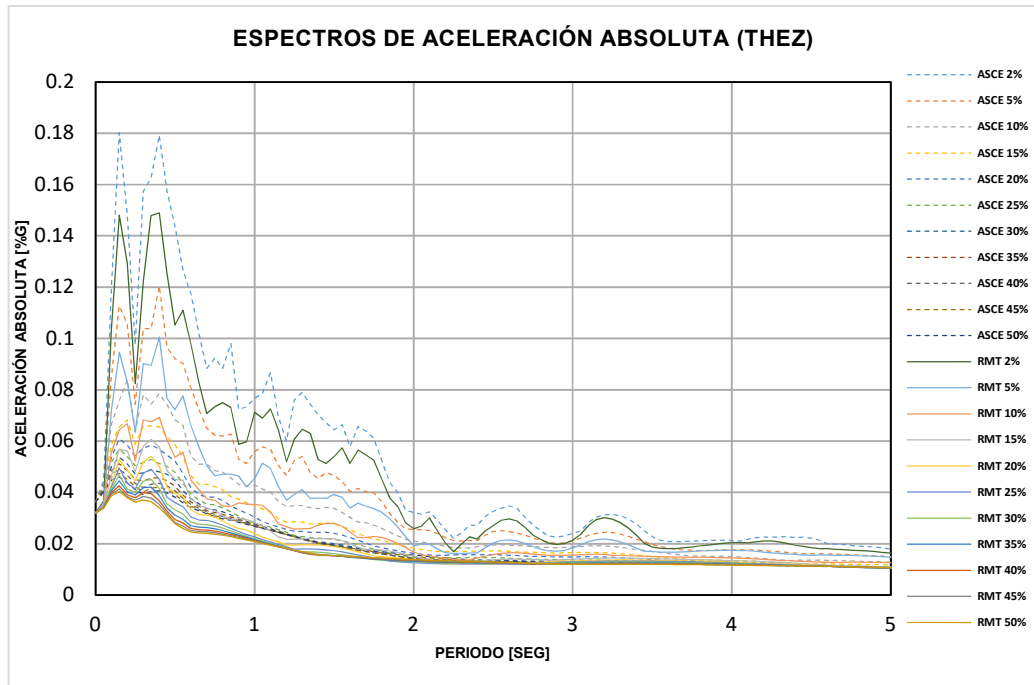
ESTACIÓN TAMA



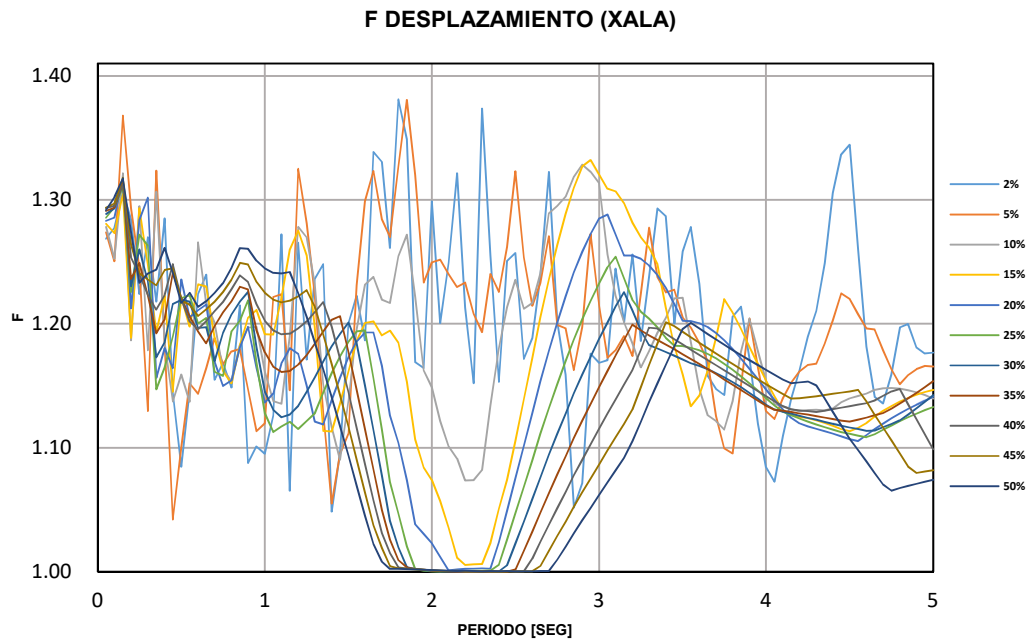
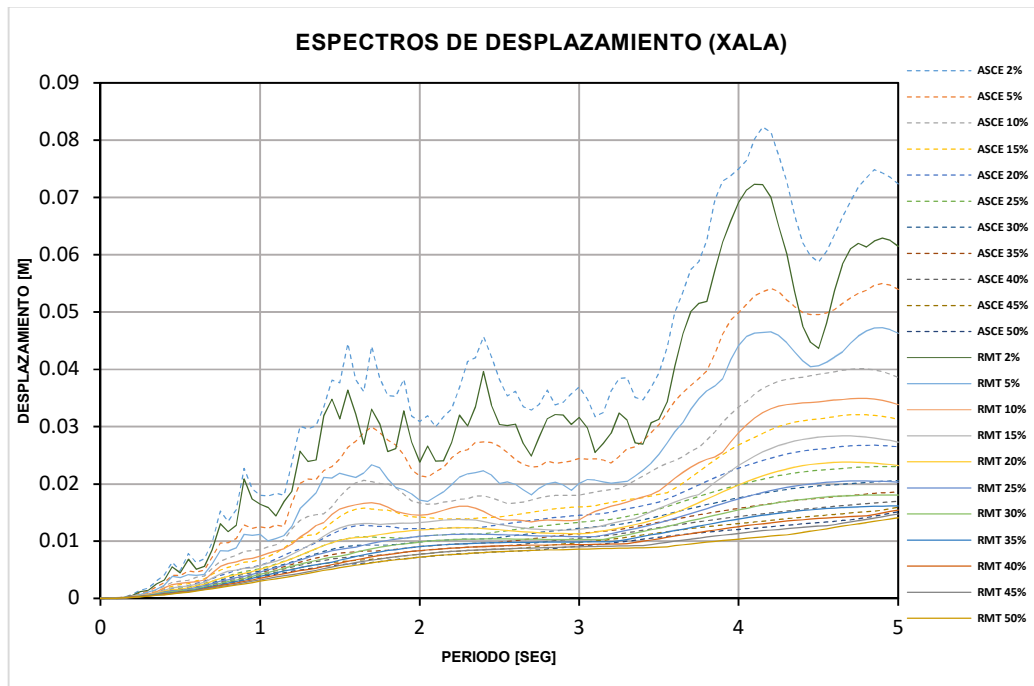


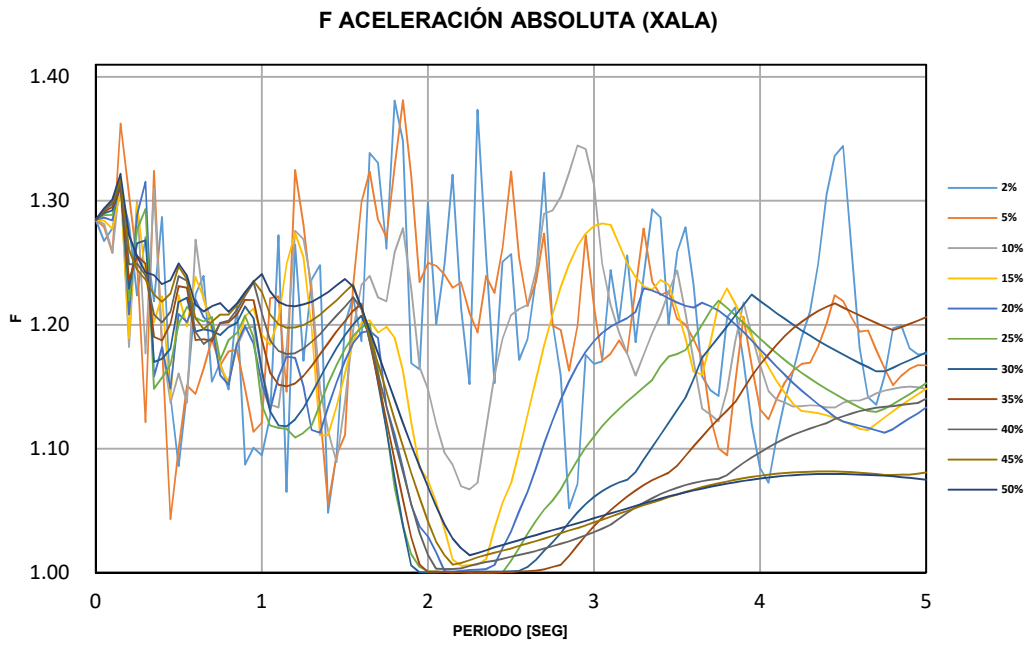
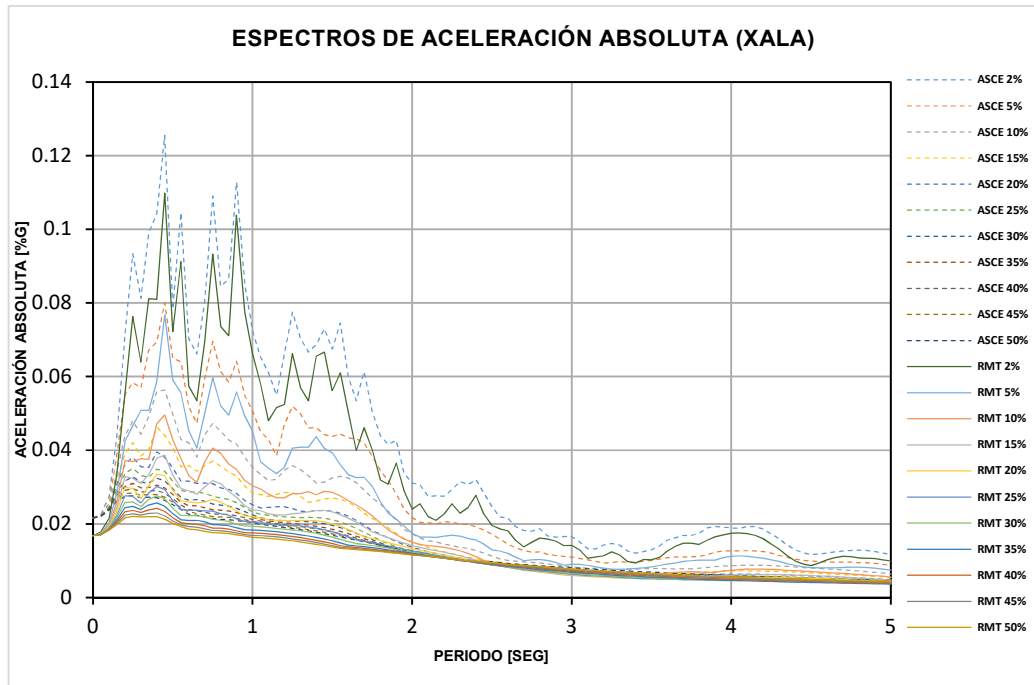
ESTACIÓN THEZ



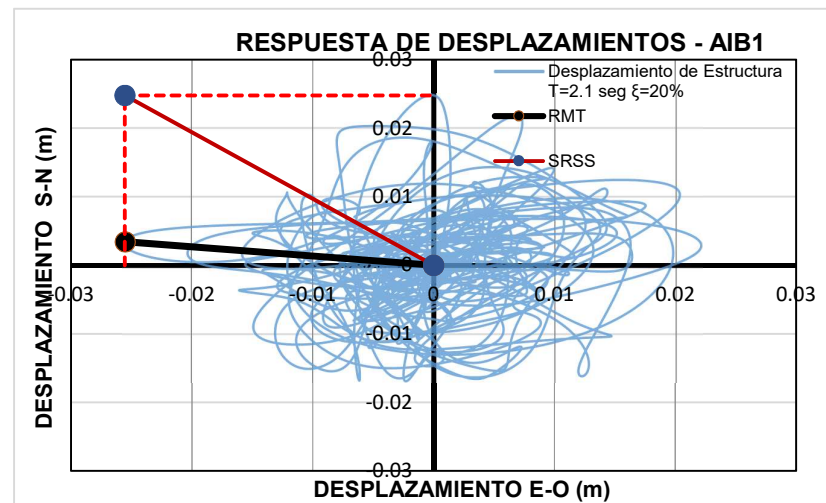
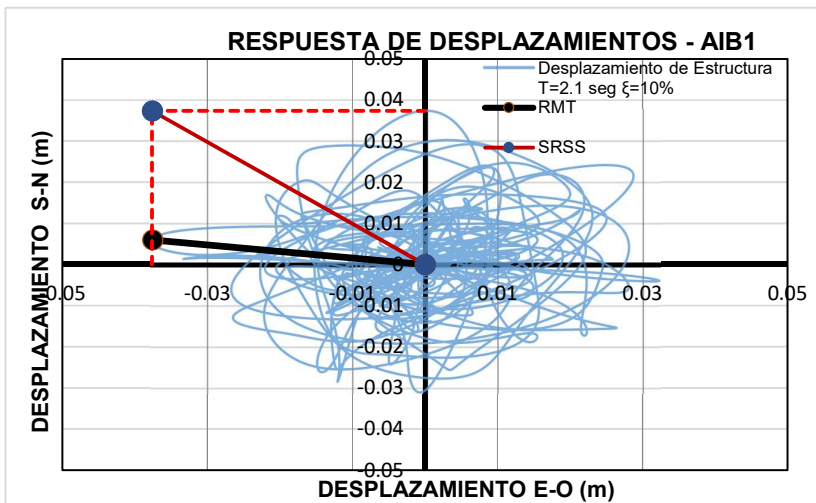
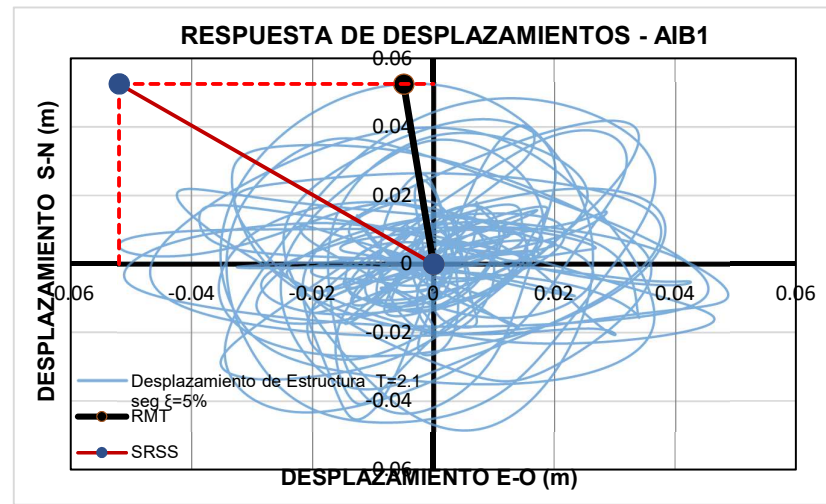
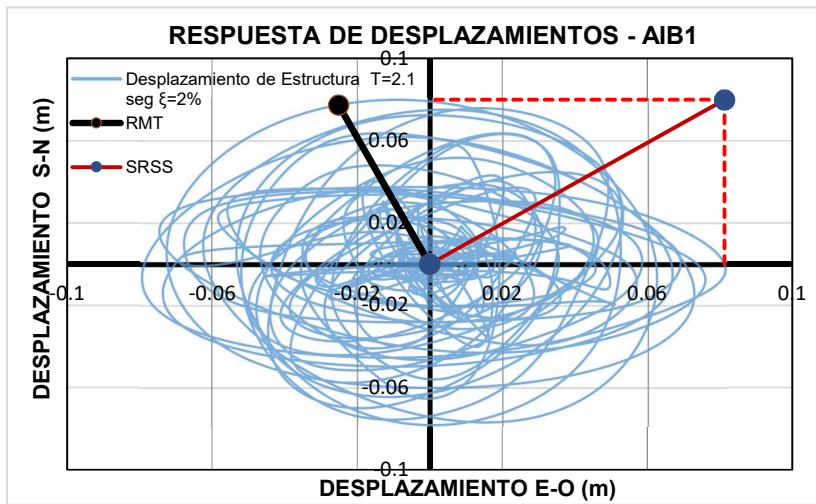


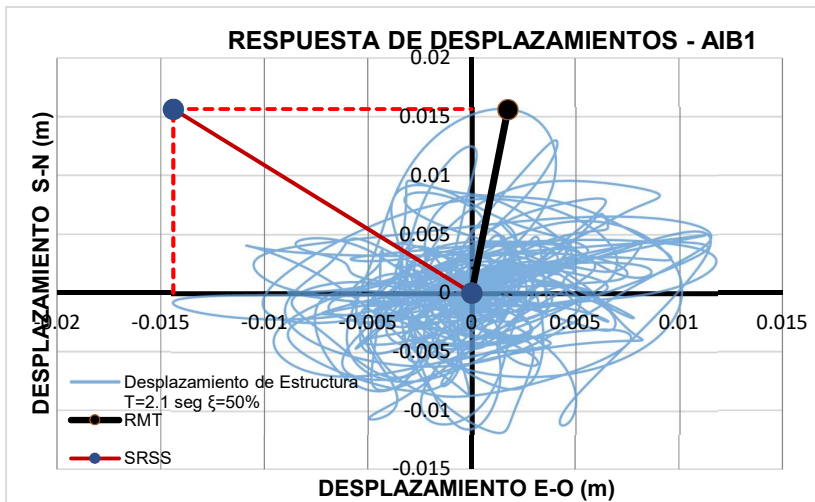
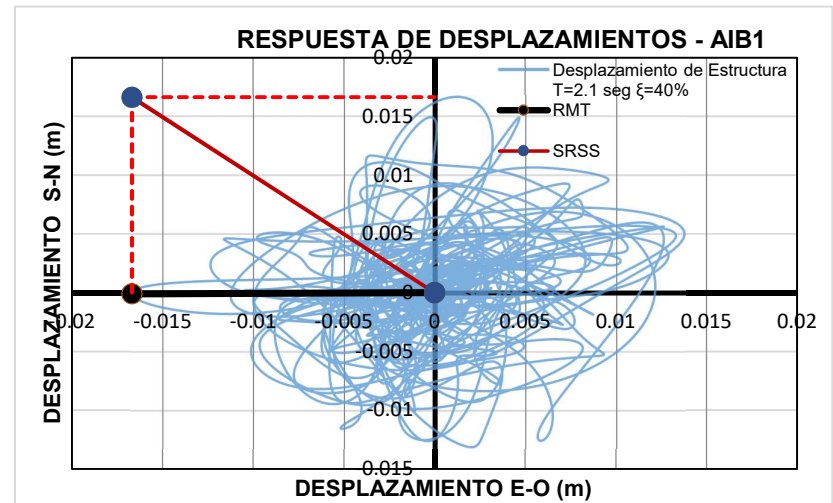
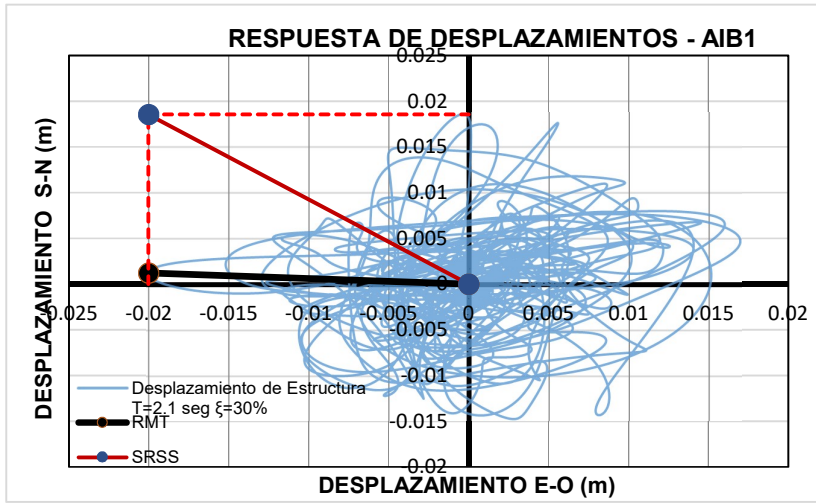
ESTACIÓN XALA

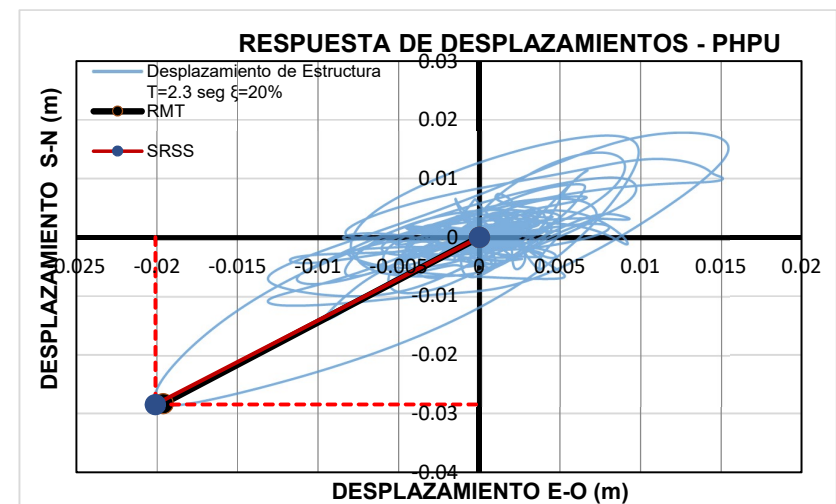
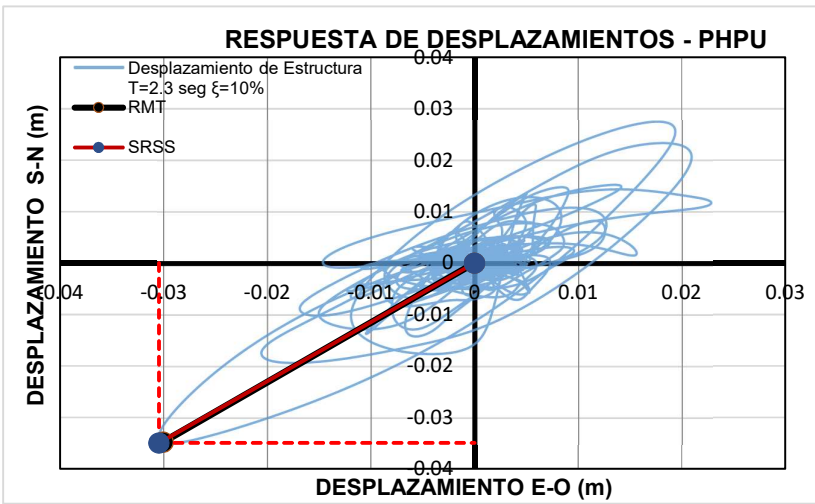
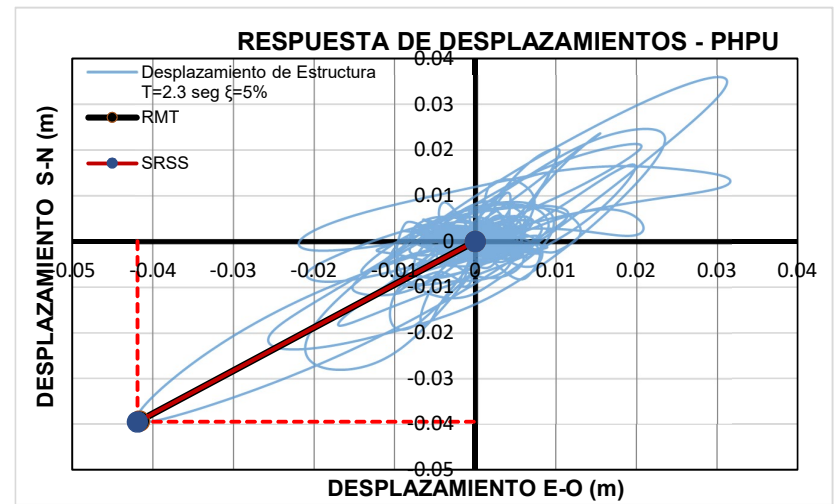
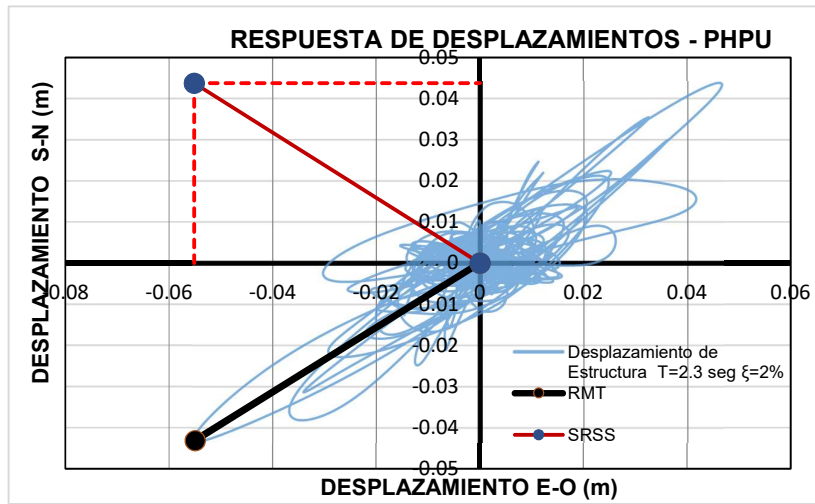


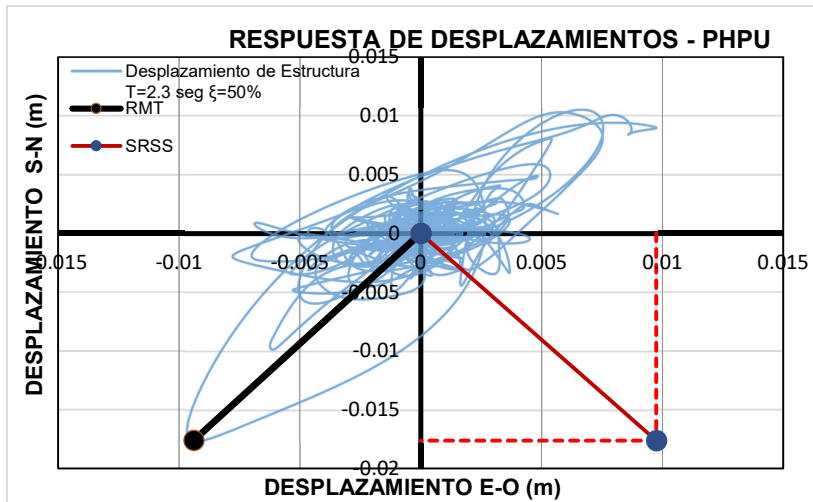
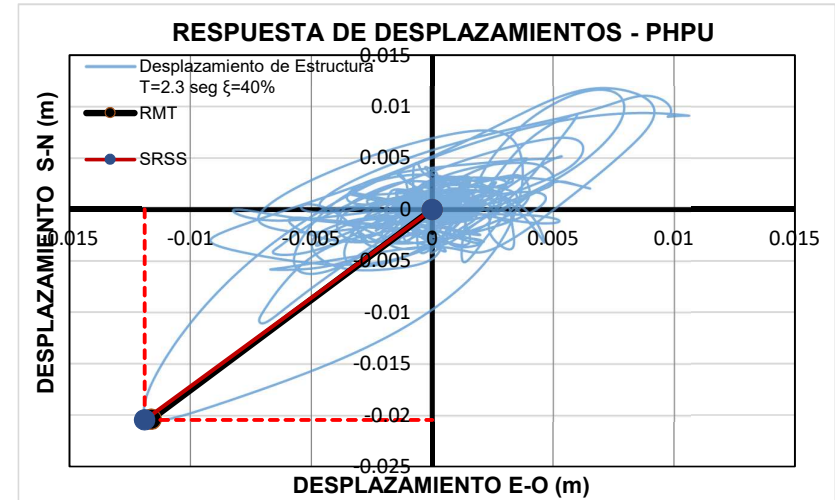
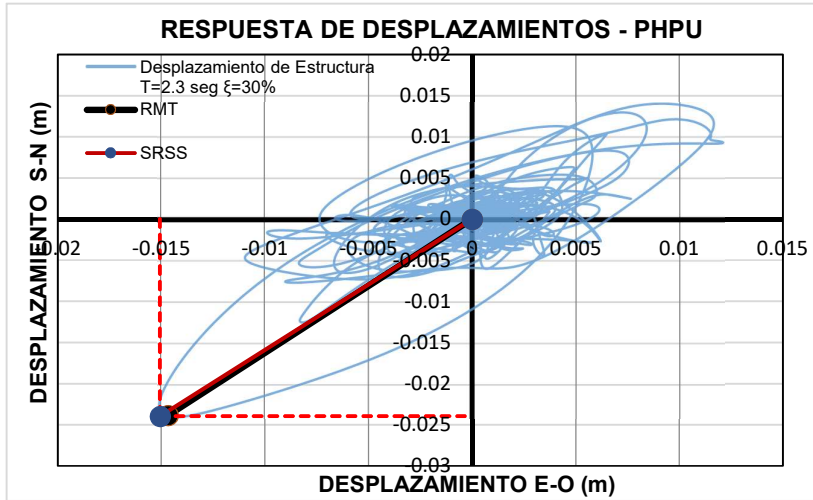


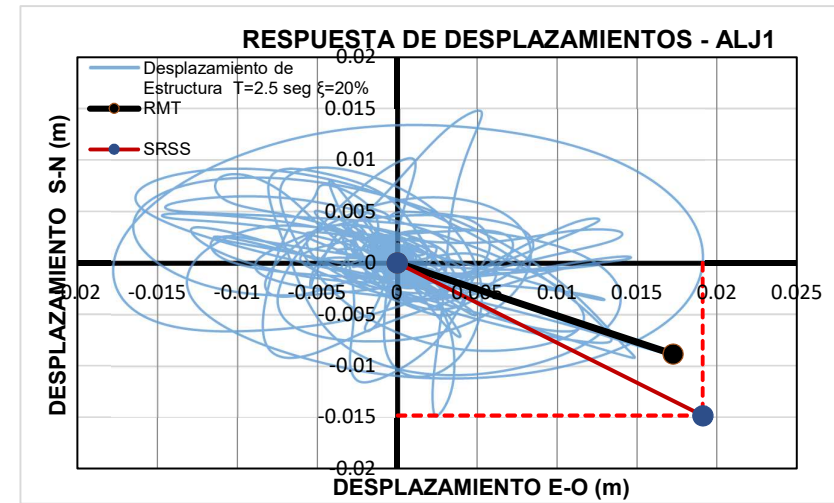
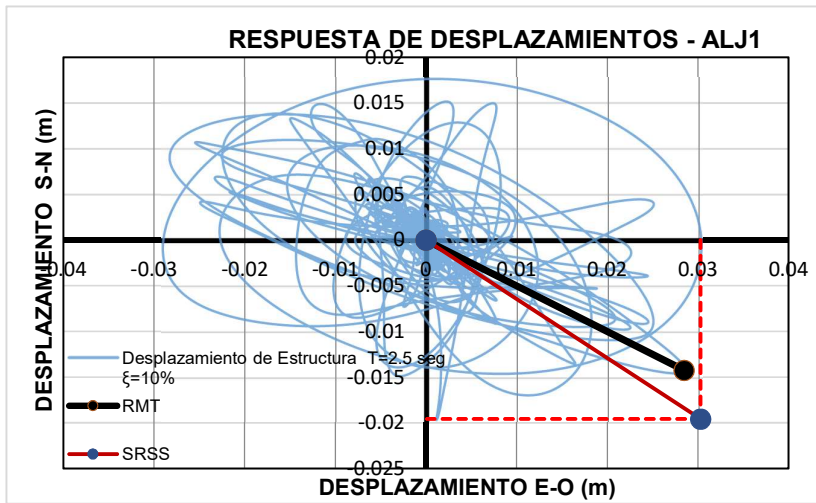
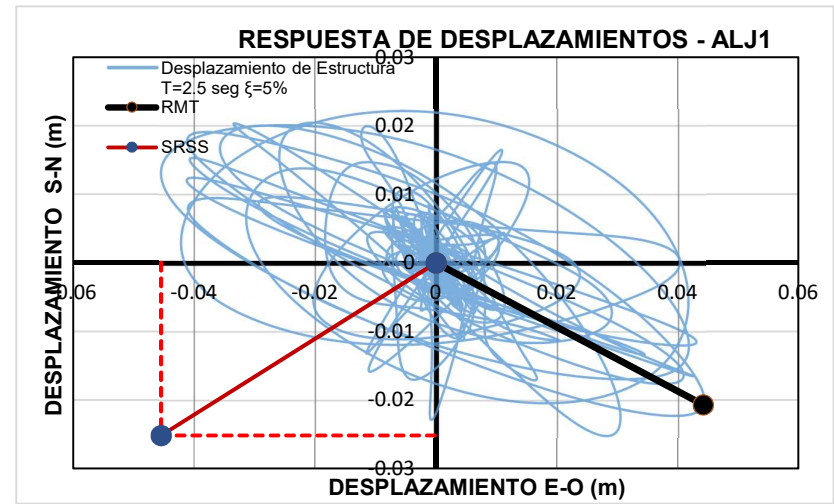
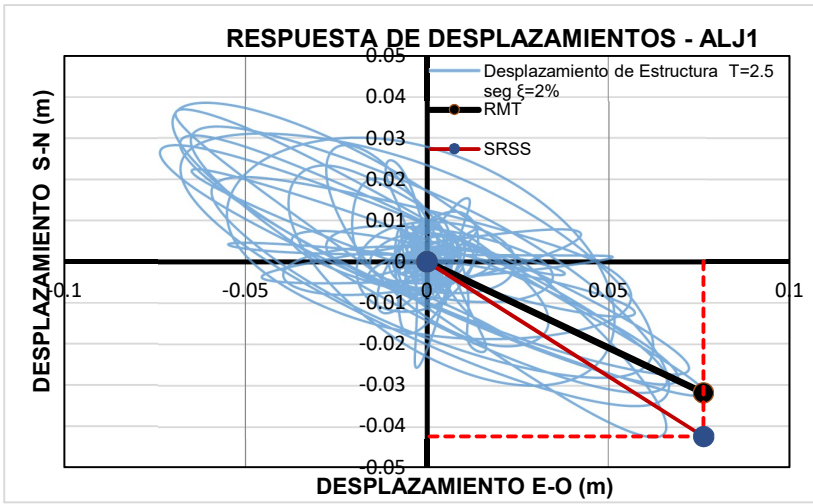
Anexo 3

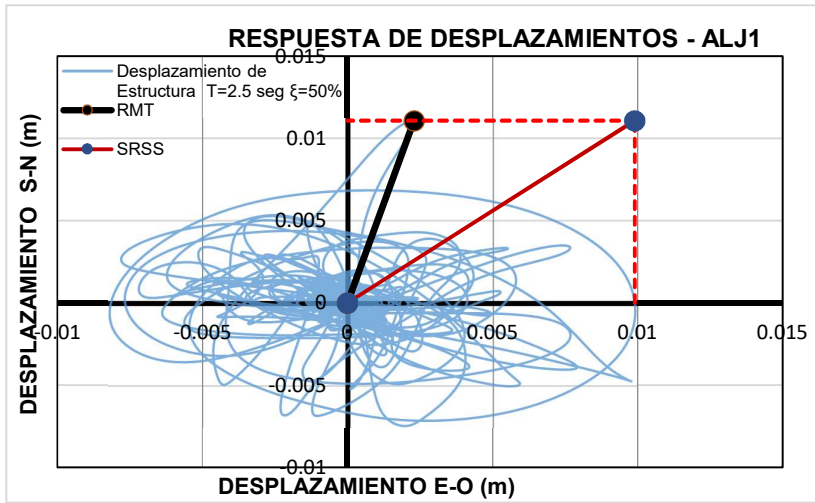
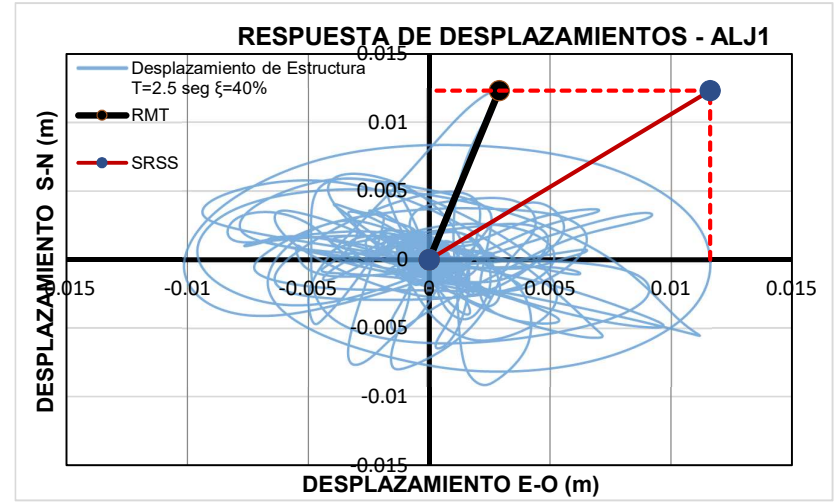
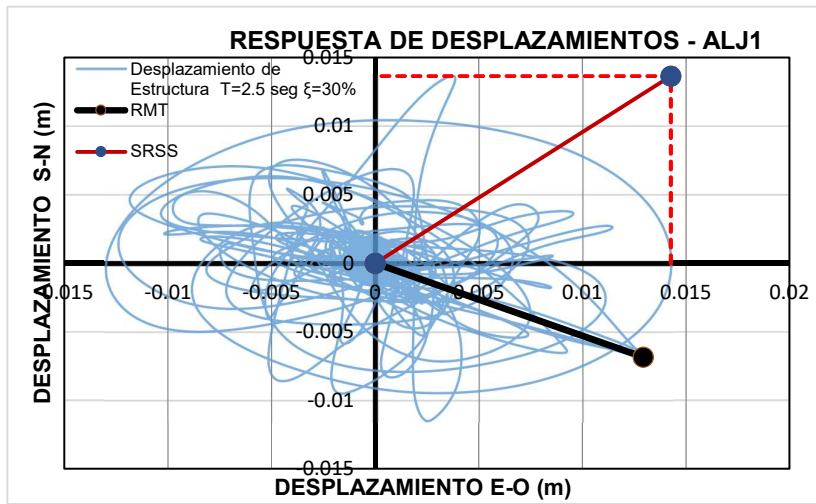


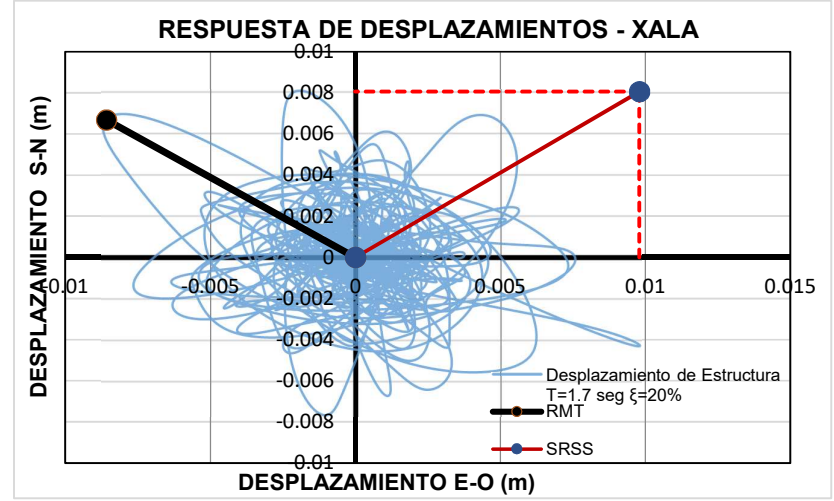
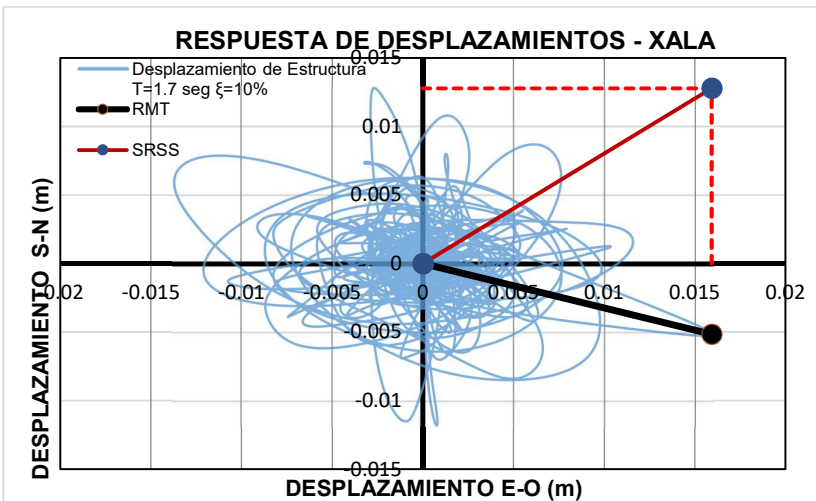
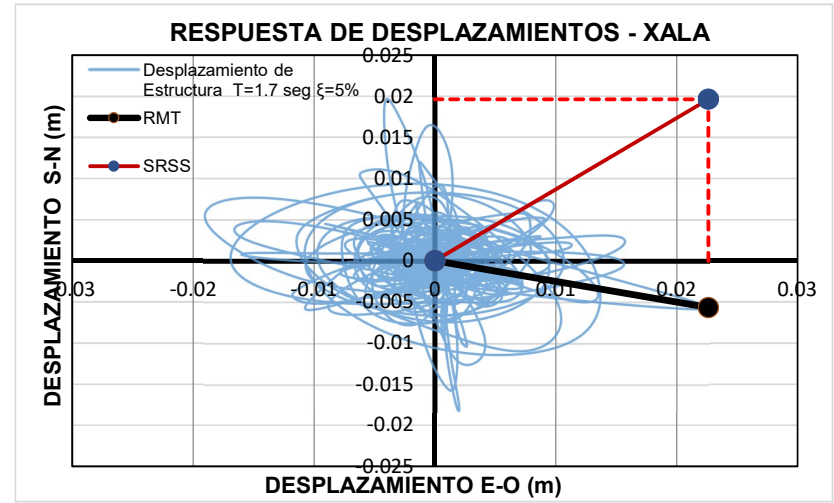
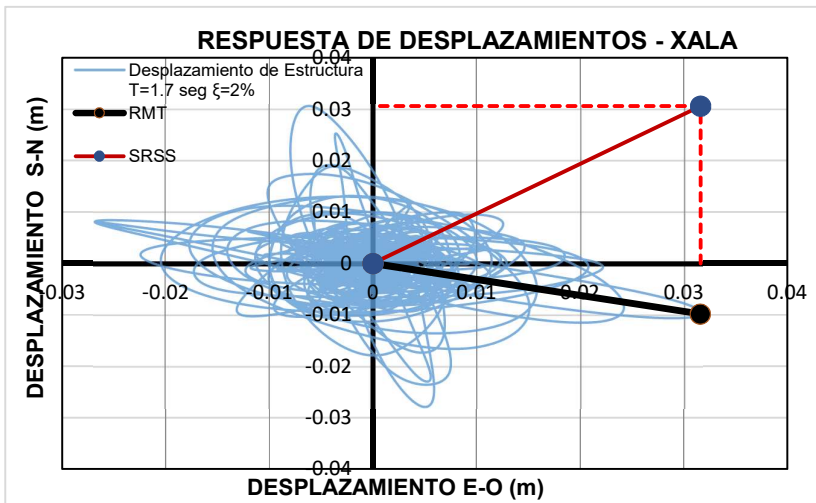


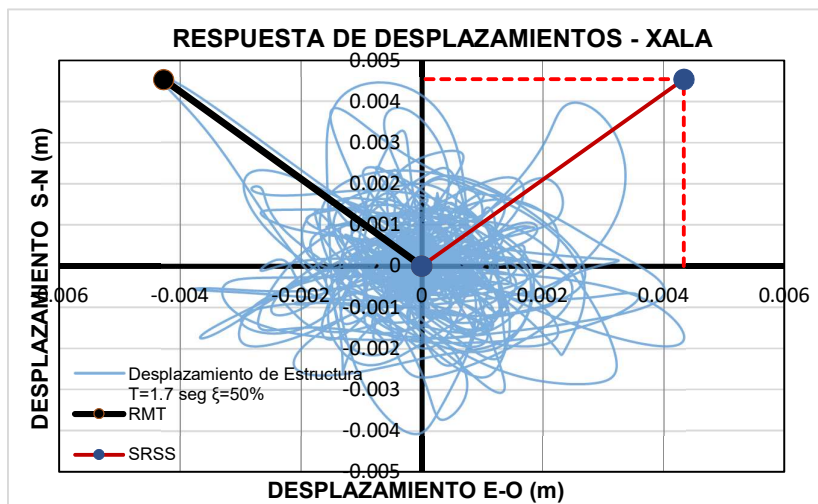
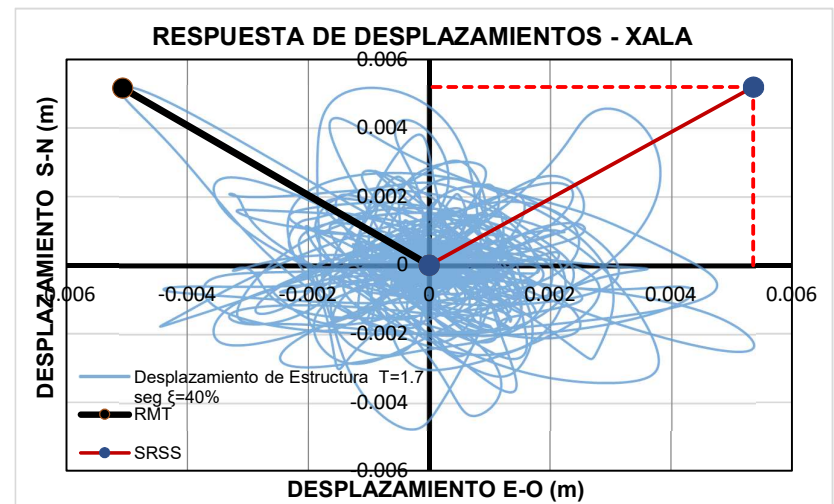
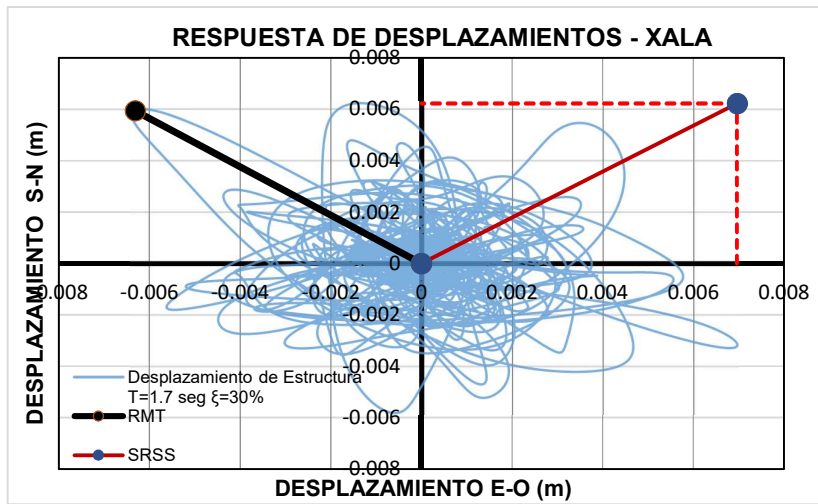


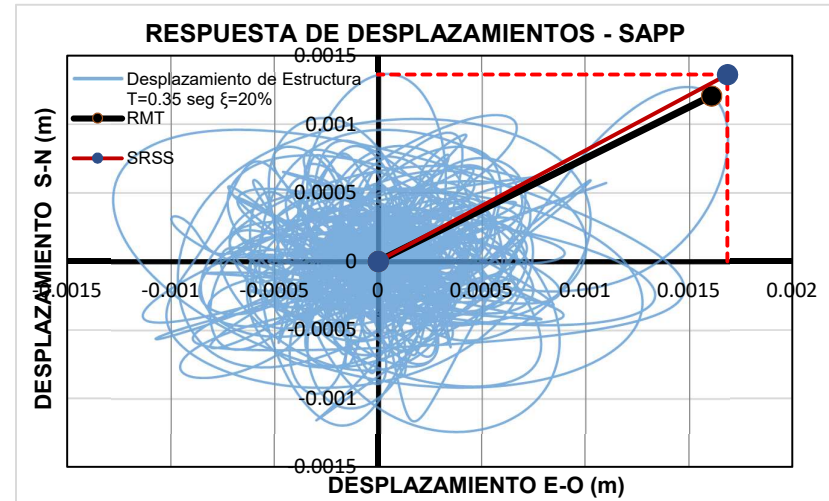
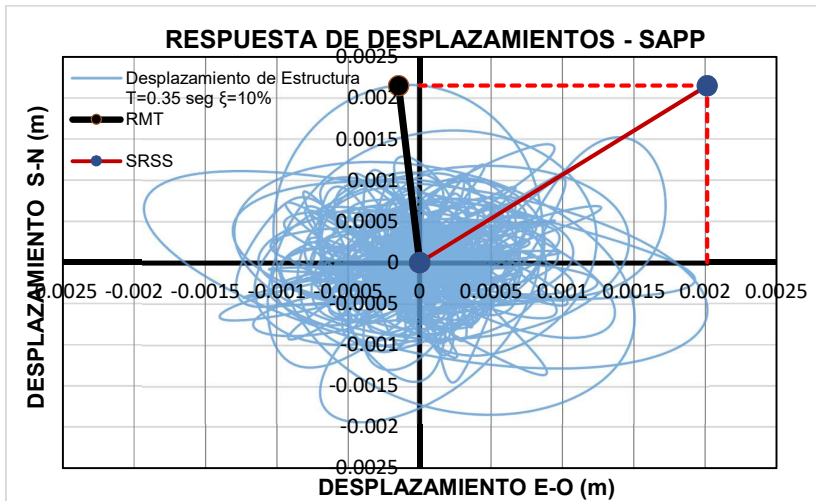
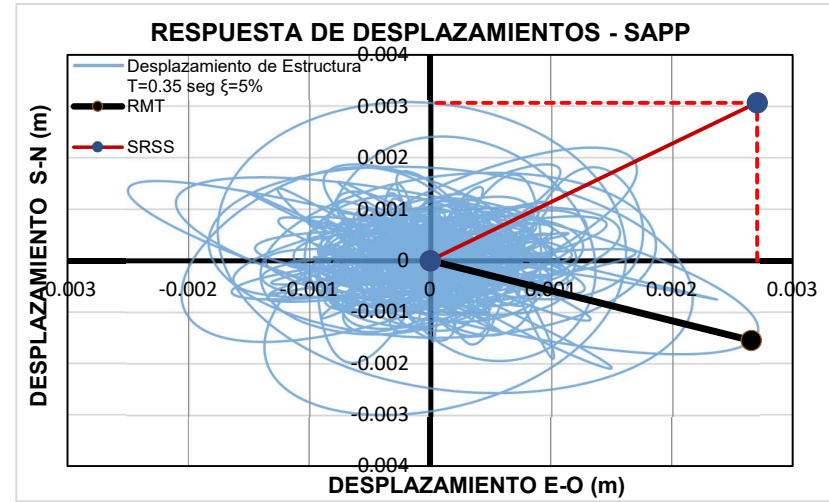
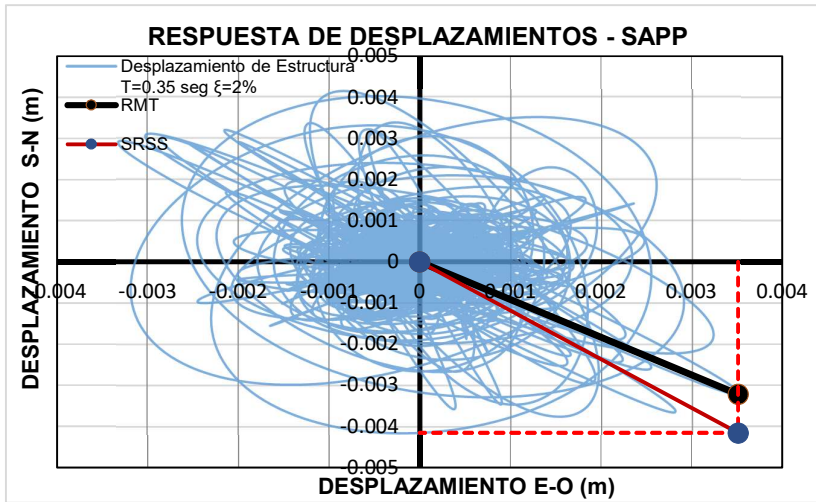


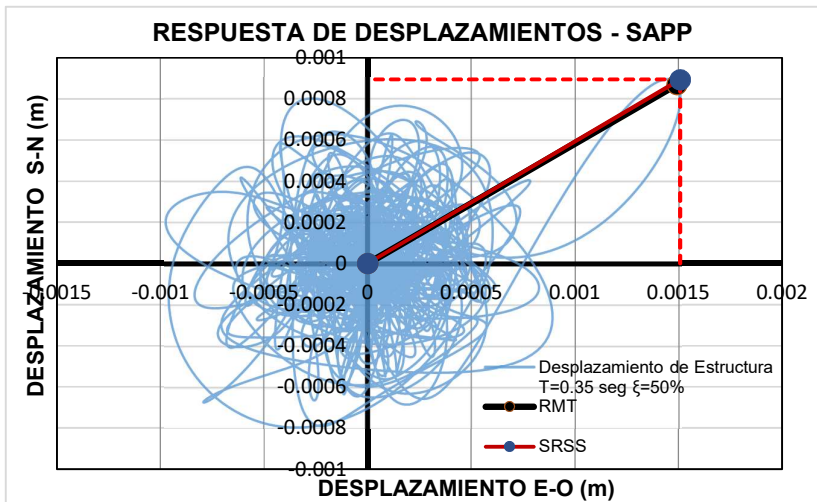
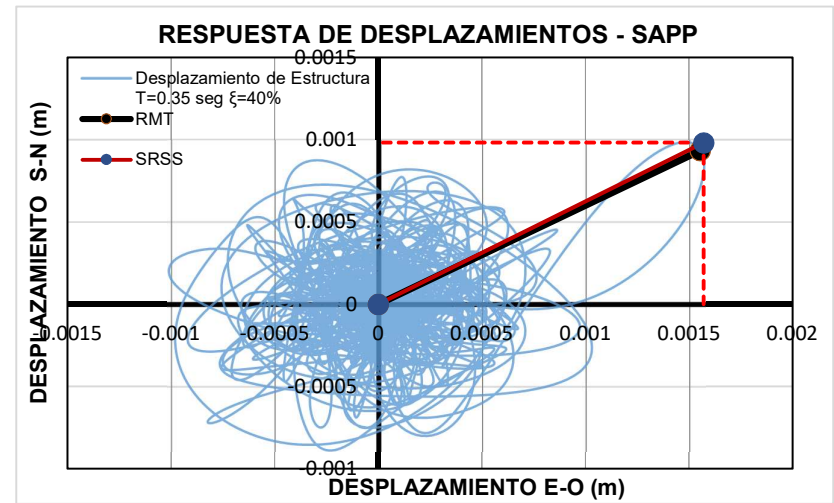
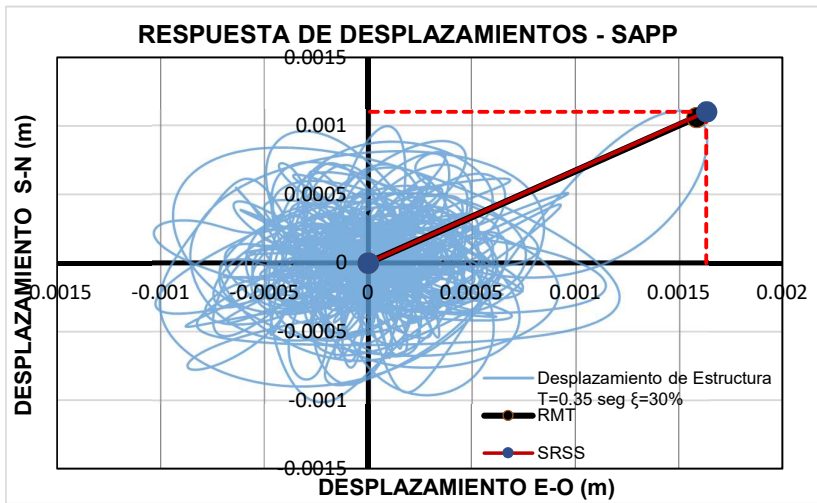












DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Villao Maruri, Ángela María Gracia** con C.C: # **0926265885** autor del trabajo de titulación: **Comparación del método de respuestas máximas en el tiempo (RMT) para combinación de componentes horizontales en registros sísmicos con el método SRSS (ASCE 7) para diferentes valores de amortiguamiento** previo a la obtención del título de **Ingeniero 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 2018**

f. _____

Nombre: **Villao Maruri, Ángela María Gracia**

C.C: **0926265885**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Comparación del método de respuestas máximas en el tiempo (RMT) para combinación de componentes horizontales en registros sísmicos con el método SRSS (ASCE 7) para diferentes valores de amortiguamiento		
AUTOR	Ángela María Gracia, Villao Maruri		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Jaime Francisco, Hernández Barredo		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de septiembre de 2018	No. DE PÁGINAS:	276
ÁREAS TEMÁTICAS:	Registros Sísmicos, Espectro de Respuesta, Combinación de Espectro		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Amortiguamiento, método de combinación espectral, acelerogramas, espectros de respuesta.		

En el presente trabajo de titulación se estudia la influencia del porcentaje de amortiguamiento crítico (ξ) en las diferencias entre los métodos de combinación de componentes horizontales SRSS y RMT.

El método SRSS es el propuesto por el ASCE7 para la combinación de componentes horizontales de registros sísmicos, y el método RMT es el propuesto por Lascano (2018) el cual considera la máxima respuesta real de la estructura.

Para evaluar las diferencias entre métodos se calculó el factor F definido por Lascano (2018) como el cociente de la respuesta obtenida mediante el método SRSS y la respuesta obtenida mediante el método RMT. Estos valores se obtuvieron por medio de un algoritmo en Matlab desarrollado en este estudio.

Se procesaron 62 pares de acelerogramas (29 registros del sismo de Pedernales 2016, y 33 registros

del sismo de Chiapas 2017) considerando 11 valores diferentes de porcentaje de amortiguamiento (entre 2% y 50%).

Los parámetros de evaluación corresponden a los valores F máximo, mínimo y promedio de las respuestas de desplazamiento y aceleraciones absolutas.

Tal como lo hizo Lascano (2018), se clasificaron los registros según su PGA y distancia a la falla para evaluar la influencia de estos parámetros en los valores F.

Finalmente, se estudiaron casos específicos para identificar la razón de los cambios o similitud de los factores F al variar el porcentaje de amortiguamiento crítico de dichas estructuras.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-4-4610645	E-mail: maria.gracia.villao.maruri@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos	
	Teléfono: +593-4 -2206956	
	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):		