



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TEMA:

**CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA ANÁLISIS
ESTRUCTURAL USANDO REGISTROS TIEMPO HISTORIA DE
ACELERACIONES**

AUTOR:

Plaza Ramos, Joselyne Nicole

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Civil**

TUTOR:

Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, MSc.

Guayaquil, Ecuador

26 de febrero del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Plaza Ramos, Joselyne Nicole**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____
Ing. Ponce Vásquez, Guillermo Alfonso, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther

Guayaquil, a los 26 del mes de febrero del año 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Plaza Ramos, Joselyne Nicole**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Consideraciones básicas para análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones**, 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 26 del mes de febrero del año 2020

LA AUTORA

f. _____
Plaza Ramos, Joselyne Nicole



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Plaza Ramos, Joselyne Nicole**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Consideraciones básicas para análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 26 del mes de febrero del año 2020

LA AUTORA:

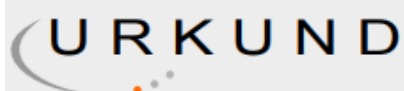
f. _____
Plaza Ramos, Joselyne Nicole



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

REPORTE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	Plaza Joselyne Final.docx (D64036697)
Submitted:	2/18/2020 12:59:00 AM
Submitted By:	claglas@hotmail.com
Significance:	1 %

Sources included in the report:

submission.pdf (D58743593)
20191118 Brian Cando - Carlos Guama.pdf (D59124422)

Instances where selected sources appear:

4

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por su bondad infinitiva por sus enseñanzas en cada momento de mi vida, dándome la fuerza y sabiduría necesario para afrontar las decisiones que he tomado día a día.

A mi mamá quien me ha apoyado incondicionalmente en cada proyecto que he realizado, compartiendo los mismos sueños y alentándome para no rendirme en momentos difíciles, enseñándome que las cosas buenas se ganan con esfuerzo y dedicación.

A mi papá quien con sus mensajes de aliento y gran esfuerzo ha logrado que me llene de motivación para cumplir mis metas, llenándome de sabios consejos los cuales me han permitido crecer como persona, procurando que nada me falte, lo cual estaré agradecida con ellos toda la vida.

Al resto de mi familia quienes me han brindado mensajes de apoyo que a pesar de la distancia siempre han estado en mis mejores momentos alentándome.

A la facultad de ingeniería de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y a todos los docentes quienes me han brindado una formación académica excelente, su dedicación y su conocimiento, les estaré eternamente agradecida.

De igual manera quiero agradecer a mi tutor el ingeniero Guillermo Ponce quien me ha brindado toda su confianza, sabiduría, ayudándome en cualquier inquietud y apoyo en este proceso.

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este trabajo de titulación a mis padres, a mi hermano y a Dios quienes me han brindado su apoyo incondicional, lo cual sin ellos no sería la persona que soy el día de hoy, todos mis logros actuales y futuros son por ustedes.

A mis amigos de toda la vida, a mis amigos quienes conocí en la universidad sin ustedes esta etapa no sería la misma, a mis amigos los cuales considero parte de mi familia por haberme dado palabras de aliento cuando lo necesitaba.

Y a todas las personas quienes hayan confiado en mí, viendo lo que soy capaz inclusive cuando yo no lo puede ver.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ALCÍVAR BASTIDAS, STEFANY ESTHER.
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

ING. HERNÁNDEZ BARREDO, JAIME.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. BARROS CABEZAS, JOSÉ.
OPONENTE

ÍNDICE

Capítulo 1	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	4
1.3 ALCANCE.....	4
Capítulo 2	5
2.1. ACELEROGRAMAS	5
2.1.1. ACELERÓMETROS.....	6
2.1.2. OBTENCIÓN DE REGISTROS	7
2.2. CONTENIDO DE FRECUENCIAS.....	9
2.2.1. TRANSFORMADA DE FOURIER	9
2.2.2. ESPECTRO DE RESPUESTA	10
2.3. CORRECCIONES EN LOS ACELEROGRAMAS	11
2.3.1. CORRECCIÓN POR LÍNEA BASE	11
2.3.2. CORRECCIÓN POR RUIDO.....	14
2.3.3. CORRECCIÓN POR DURACIÓN EFECTIVA	21
Capítulo 3	22
3.1. INFORMACIÓN ACERCA DE LOS REGISTROS A ANÁLIZAR	22
3.2. DESARROLLO DEL CÓDIGO EN MATLAB	23
3.2.1. IMPLEMENTACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN MATLAB	27

3.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE EN MATLAB.....	31
3.2.3. IMPLEMENTACIÓN PARA FILTRAR EL RUIDO MEDIANTE FILTROS BUTTERWORTH EN MATLAB.....	34
3.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA DURACIÓN EFECTIVA EN MATLAB.....	36
3.2.5. IMPLEMENTACIÓN DE TODAS LAS CORRECCIONES Y FILTROS AL REGISTRO EN MATLAB.....	44
Capítulo 4	49
4.1. DESARROLLO DEL CÓDIGO EN PYTHON	49
4.1.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE EN PYTHON	49
4.1.2. IMPLEMENTACIÓN PARA FILTRAR EL RUIDO MEDIANTE FILTROS BUTTERWORTH EN PYTHON	50
4.1.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA DURACIÓN EFECTIVA EN PYTHON.	50
4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN PYTHON	50
Capítulo 5	53
5.1. CONCLUSIONES	53
5.2. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS	56
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes tipos de acelerómetros instalados en el Ecuador	7
Tabla 2- Polinomios de Butterworth en forma factorizada	18
Tabla 3- Características principales de los sismos a analizar	22
Tabla 4-Valores máximos y mínimos de la aceleración antes del tratamiento del acelerograma	30
Tabla 5-Valores máximos y mínimos de la Velocidad antes del tratamiento del acelerograma.....	30
Tabla 6-Valores máximos y mínimos del Desplazamiento antes del tratamiento del acelerograma	31
Tabla 7-Duración efectiva de los registros analizados	44
Tabla 8-Valores máximos y mínimos de la aceleración después de tratar el acelerograma.....	45
Tabla 9-Valores máximos y mínimos de la velocidad después de tratar el acelerograma.....	45
Tabla 10-Valores máximos y mínimos del desplazamiento después de tratar el acelerograma	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Ejemplo de un acelerograma del IG-EPN formato Renac del sismo de Chimborazo de 2018 en Matlab	5
Figura 2. Formulario de descarga para registros con el formato Renac	8
Figura 3. Cuadro de búsqueda para registros con formato Cismid	8
Figura 4. Formulario de descarga para los registros con formato Peer	9
Figura 5. Modelo de un grado de libertad sometido a una excitación sísmica	10
Figura 6. A la izquierda ruido de alta frecuencia, A la derecha ruido de baja frecuencia (Hudson, 1979).....	14
Figura 7- Comportamiento del filtro de pasa baja	15
Figura 8- Comportamiento del filtro de pasa alta	15
Figura 9- Comportamiento del filtro de pasa banda	16
Figura 10- Respuesta del filtro Butterworth para distintos valores de n.....	17
Figura 11-Gráfica de la respuesta de un filtro Chebyshev tipo I, a la izquierda de orden 5 y a la derecha de orden 6	20
Figura 12- Menú principal del código en Matlab.....	23
Figura 13-Ejemplo de un registro sísmico formato Cismid	24
Figura 14-Ejemplo de un registro sísmico formato Renac.....	24
Figura 15-Ejemplo de un registro sísmico formato Peer	24
Figura 16-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo en Lima de 1974 antes del tratamiento	25
Figura 17-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del ensayo de simulación sísmica antes del tratamiento	26

Figura 18-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo en Pedernales de 2016 antes del tratamiento	26
Figura 19-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo Loma Prieta de 1989 antes del tratamiento	27
Figura 20-Espectro de Respuesta del sismo de Lima antes del tratamiento	28
Figura 21-Espectro de Respuesta del ensayo de simulación sísmica antes del tratamiento.....	28
Figura 22-Espectro de Respuesta del sismo de Pedernales antes del tratamiento.....	29
Figura 23-Espectro de Respuesta del sismo de Loma Prieta antes del tratamiento.....	29
Figura 24-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Lima	32
Figura 25-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del ensayo de simulación sísmica	32
Figura 26-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Pedernales	33
Figura 27-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Loma Prieta.....	33
Figura 28-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Lima por filtrado de ruido.....	34
Figura 29-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del ensayo de simulación sísmica por filtrado de ruido.....	35
Figura 30-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Pedernales por filtrado de ruido.....	35
Figura 31-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Loma Prieta por filtrado de ruido.....	36

Figura 32-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Lima componente Norte-Sur	37
Figura 33-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Lima componente Este-Oeste	38
Figura 34-Espectro de Fourier cada 5 segundos del ensayo de simulación sísmica	39
Figura 35-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Pedernales componente Norte-Sur	40
Figura 36-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Pedernales componente Este-Oeste	41
Figura 37-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Loma Prieta componente 180.....	42
Figura 38-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Loma Prieta componente 270.....	43
Figura 39-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Lima ...	46
Figura 40-Todas las correcciones y filtros aplicados en el ensayo de simulación sísmica.....	47
Figura 41-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Pedernales	47
Figura 42-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Loma Prieta	48
Figura 43-Espectro de Respuesta del sismo de Lima después del tratamiento	51
Figura 44-Espectro de Respuesta del ensayo de simulación sísmica después del tratamiento.....	51
Figura 45-Espectro de Respuesta del sismo de Pedernales después del tratamiento.....	52

Figura 46-Espectro de Respuesta del sismo de Loma Prieta después del
tratamiento.....52

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se presentarán varias recomendaciones a futuros y actuales ingenieros civiles, las cuales se deben tomar en consideración al momento de realizar análisis estructural usando registro tiempo historia de aceleraciones, se presentarán algoritmos en MATLAB y Python, los cuales al momento de usar dichos registros, los cuales son obtenidos en las diferentes instituciones, quienes son los que almacenan la información recopilada cuando se presenta un evento sísmico, o cualquier registro de una señal medida para lograr el correcto tratamiento de los acelerogramas, ya que pueden estar siendo influenciados o tomando en consideración aspectos ajenos a lo que se desea analizar y esto se logra usando los siguientes filtros y correcciones: línea base, ruido y duración efectiva. De los cuales se analizará tres registros sísmicos de tres instituciones diferentes (“Cismid”, “Peer” y “Renac”) y un registro de simulación sísmica (“Ensayo de laboratorio”) con el propósito de presentar las consideraciones para un buen empleo y una determinación más exacta y precisa de los valores obtenidos mediante los códigos en MATLAB y Python expresados en este trabajo.

Palabras Claves: MATLAB, acelerogramas, Python, análisis, línea base, ruido, duración efectiva

ABSTRACT

In the present degree work, several recommendations will be presented to future and current civil engineers, which should be taken into consideration when performing structural analysis using acceleration time history records. Algorithms will be presented in MATLAB and Python which are obtained from the different institutions when using these records, who are those who store the information collected when a seismic event occurs, or any record of a measured signal to achieve the correct treatment of the accelerographs, since they may be being influenced or taking into consideration aspects that are unrelated to what you want to analyze and this is achieved using the following filters and corrections: baseline, noise and effective duration. From which three seismic records from three different institutions will be analyzed ("Cismid", "Peer" and "Renac") and a seismic simulation record ("Laboratory Test") with the purpose of presenting the considerations for a good use and a more exact and precise determination of the values obtained through the codes in MATLAB and Python expressed in this work.

KEYWORDS: MATLAB, accelerograms, Python, analysis, baseline, noise, effective duration

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, en el Ecuador se ha notado un avance en los mecanismos de almacenamiento y procesamiento de datos, estos cambios se dan tanto en el registro de acelerogramas como en su tratamiento; se debe tomar en cuenta que, al estar en un país de alto riesgo sísmico, muchos aspectos se deben considerar al momento de realizar análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones.

Debido a nuestra ubicación geográfica, el Ecuador está influenciado por el fenómeno de subducción, por lo tanto, se debe tener en cuenta todos estos factores, ya que las obras civiles pueden verse afectadas por estos eventos sísmicos, y es una de las razones por las cuales deben considerarse cuando se diseña una estructura.

Para realizar un análisis estructural usando tiempo historia de aceleraciones, la cual implica una solución real de la ecuación dinámica del movimiento a lo largo de la duración de la carga aplicada y la subsiguiente vibración del sistema, proporcionando una verdadera simulación de la respuesta del sistema en todo momento, se requiere un historial de tiempo es decir tiempo historia de aceleraciones de eventos sísmicos representativos; es un análisis paso a paso de la respuesta dinámica de una estructura a una carga específica que puede variar con el tiempo.

En este trabajo se presentará conceptos básicos de carácter e interés para ingeniería sísmica y análisis estructural, de igual manera conceptos de cómo se utilizan en los tratamientos de los acelerogramas.

Capítulo 1

1.1 ANTECEDENTES

Con el progreso en los ámbitos computacionales que se han registrado en el transcurso de los últimos años, se ha observado que mediante softwares y equipos electrónicos se pueden realizar cálculos de niveles de gran complejidad en un menor tiempo, de igual manera con el análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones lo cual cada vez se está convirtiendo en un uso más común.

Al momento de usar análisis estructural, la parte sísmica en nuestro medio debe ser algo fundamental, debido a la ubicación geográfica en la cual se encuentra. Al ser Ecuador un país ubicado en fallas geológicas activas, este factor debe ser primordial al diseñar obras sismo-resistentes.

Existen varios medios para obtener los registros sísmicos los cuales se registran mediante acelerógrafos, estos registros son proporcionados por algunas instituciones, como: el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), el Cosmos Earthquake Database (VDC) de la Universidad de California en Santa Barbara, el Pacific Earthquake Engineering Research de la Universidad de California en Berkeley (PEER), Instituto geofísico del Perú (IGP), entre otros.

Por lo cual, estos registros dependiendo de la institución pueden venir con frecuencias las cuales no son necesarias para el análisis requerido, es por este motivo que es necesario aplicar filtros y correcciones.

De igual manera esto es usado en simulaciones sísmicas es decir ensayos con mesas vibratorias, y pueden estar influenciadas por el ruido y por la posición del acelerógrafo, de igual manera pueden estar considerando el movimiento de la mesa.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar un manual de recomendaciones para un correcto empleo de registros tiempo historia de aceleraciones en análisis estructural.

1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Presentar las consideraciones que se deben tener en cuenta con respecto a la línea base del registro tiempo historia de aceleraciones.
- Presentar las consideraciones que se deben tener en cuenta con respecto al ruido dentro del registro tiempo historia de aceleraciones y los filtrados necesarios.
- Presentar las consideraciones que se deben tener en cuenta con respecto a la duración efectiva del registro tiempo historia de aceleraciones.
- Presentar ejemplos de aplicación.

1.3 ALCANCE

Se analizarán varios registros tiempo historia de aceleraciones, aplicando herramientas de manejo de señales, creando un código en Matlab y se lo comparará con un código desarrollado en Python, empleando las consideraciones mencionadas anteriormente.

Se realizarán tres ejemplos de aplicación en sistemas elásticos de un grado de libertad, con registros de eventos sísmicos reales, y un ensayo de simulación sísmica.

Capítulo 2

2.1. ACELEROGRAMAS

Un acelerograma es la representación de la aceleración la cual experimenta el suelo durante un evento sísmico, estos registros almacenan los valores de la aceleración mediante acelerógrafos o acelerómetro, las cuales están en tres direcciones o mejor conocidas como coordenadas; dos horizontales y una vertical. Los acelerogramas tienen una característica principal, sus registros son altamente irregulares con pequeñas amplitudes iniciales que van creciendo hasta alcanzar valores máximos y mínimos hasta que el evento se acabe.

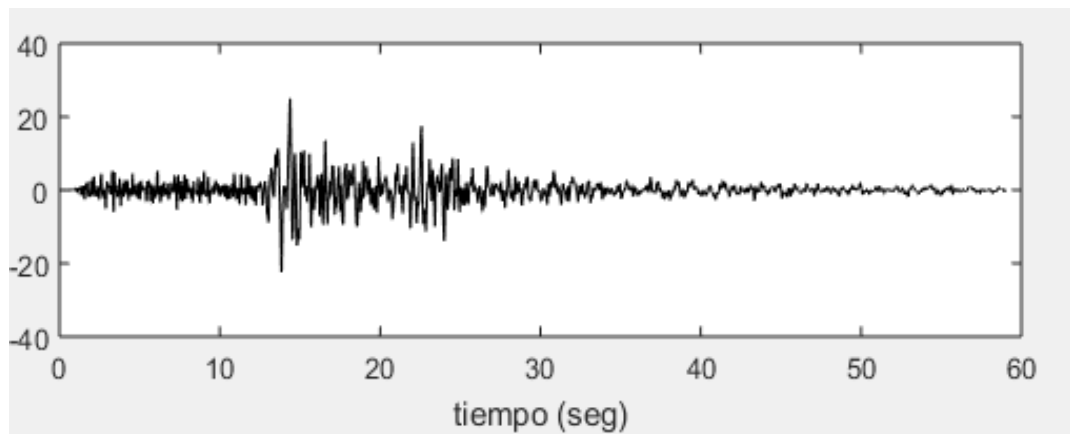


Figura 1-Ejemplo de un acelerograma del IG-EPN formato Renac del sismo de Chimborazo de 2018 en Matlab

Fuente: Autor

Según Mozón (2013) existen tres tipos de acelerogramas:

- Reales: son los acelerogramas que son registros verdaderos producidos por los sismos y registrados por los acelerógrafos.
- Artificiales: son registros que han sido generados para igualar un espectro de respuesta específico.

- Sintéticos: son acelerogramas generados en base a registros sismográficos captados a distancia y modificados por métodos determinísticos o estocásticos

Los típicos errores que aparecen al momento de usar estos acelerogramas se reducen a dos tipos: cuando se generan al registrarse el sismo y los que ocurren en el procesamiento de los acelerogramas. El primero corresponde a los errores inherentes del acelerógrafo ya sea porque el equipo no se calibro de la manera correcta, el segundo error puede ocurrir cuando se digitaliza un acelerograma.

2.1.1. ACELERÓMETROS

Un acelerómetro es un instrumento que es usado para registrar los movimientos del suelo durante un evento sísmico, este equipo posee una baja amplificación para así evitar la saturación.



Por lo general el movimiento sísmico en la proximidad de la fuente tiene un elevado contenido en altas frecuencias, el cual está comprendido prácticamente entre 0 y 0.1 segundos, de igual manera el amortiguamiento oscila entre el 50 y 100% del amortiguamiento crítico. Es por esta razón que el sensor con estas características obtendrá una curva plana de sensibilidad en aceleración para dicho rango de frecuencias.(Carreño et al., 1999)

El tipo de acelerógrafo va a depender del tipo de registro, los cuales pueden ser dos: análogos y digitales. Cuando son análogos pueden ser con registro gráfico directo o con registro en cinta magnética, cuando son digitales tiene una ventaja favorable debido a que tiene un mayor rango dinámico, memoria pre momento.(Hidalgo, 2011)

El Ecuador posee acelerómetros, el cual el primer instrumento instalado fue en la Escuela Politécnica Nacional, lo que eventualmente amplió su cobertura a tres regiones del país: Costa, Sierra y Oriente. Con sus respectivas estaciones en las ciudades más importantes, para así recopilar información valiosa para posteriormente usarla en investigaciones o estudios.(*Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN, s. f.*)

El acelerómetro fue diseñado para medir las aceleraciones del lugar de desplazamiento en función del tiempo, el cual en el país se han instalado los siguientes:

Tabla 1. Diferentes tipos de acelerómetros instalados en el Ecuador

Fabricante	Modelo	Descripción	Registro fotográfico
GURALP	CMG-5TDE	Se han instalado 51 equipos a nivel nacional. El cual cuenta con una memoria interna de 8 GB de almacenamiento y con transmisión de datos en tiempo real.	
REFTEK	130 - SMA	Este acelerómetro cuenta con 2 discos de 8 GB cada uno de almacenamiento y también con transmisión de datos en tiempo real, se han instalado a nivel nacional 28 equipos.	

Fuente: (Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN, s. f.)

En su totalidad el país cuenta con 79 acelerómetros instalados, tanto equipos Guralp como Reftek.

2.1.2. OBTENCIÓN DE REGISTROS

En este trabajo de titulación se presentarán tres diferentes formatos de registros sísmicos los cuales son Renac, Cismid y Peer. Para su obtención se debe ir a las paginas oficiales de las instituciones mencionadas anteriormente.

Por ejemplo con Renac que es un tipo de lenguaje formal, se debe pedir los registros mediante un formulario en la página web (<https://www.igepn.edu.ec/solicitud-de-datos/formulario-descarga-de-datos>) del instituto geofísico de la escuela politécnica nacional del Ecuador.

DESCARGA DE DATOS

Complete el formulario para solicitar de forma automática algunos datos proporcionados por el IGEPN. Recibirá un correo con los enlaces para realizar la descarga luego de llenar el formulario. Los datos publicados por el IGEPN son de libre acceso a la comunidad, en caso de ser utilizados en reportajes, informes, trabajos académicos, etc. por favor hacer la mención respectiva.

Nombre Completo: * Campo Requerido.

Correo Electrónico: * Campo Requerido.

Institución: * Campo Requerido.

Usaré los datos para:

caracteres restan. * Campo Requerido, por favor sea explícito.

Figura 2. Formulario de descarga para registros con el formato Renac

Fuente:(Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN, s. f.)

En el caso de Cismid que es el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería se puede acceder mediante el siguiente link <http://ceois.cismid-uni.org/red/#> el cual cuenta con un herramienta de búsqueda, el cual permite que sea de manera más rápida la recopilación de datos.

Red de Acelerógrafos del CISMID/FIC/UNI >

MAPA DETALLES

Últimos sismos procesados:

Filtro

Criterio de búsqueda:

Filtrar Limpiar

Figura 3. Cuadro de búsqueda para registros con formato Cismid

Fuente:(REDACIS - Red acelerográfica del CISMID/FIC/UNI, s. f.)

Para Peer Ground Motion Database de la Universidad de California se puede obtener los registros a través del siguiente link <https://ngawest2.berkeley.edu/spectras/251614/searches/new> en el cual se debe llenar un formulario con las características del sismo.

Figura 4. Formulario de descarga para los registros con formato Peer

Fuente:(*PEER Ground Motion Database—PEER Center*, s. f.)

2.2. CONTENIDO DE FRECUENCIAS

Ya contando con los registros de velocidad y desplazamientos obtenidos integrando la aceleración, es recomendable y necesario realizar un análisis frecuencial del acelerograma, por lo tanto, la herramienta que se utiliza es el espectro de Fourier y el espectro de respuesta.(Carreño et al., 1999)

2.2.1. TRANSFORMADA DE FOURIER

La transformada de Fourier es una herramienta de cálculo esencial en el procesamiento de señales, la cual es la que sirve para transformar una señal del dominio del tiempo a frecuencia, es decir es la herramienta para obtener

el espectro de frecuencia, todo esto servirá para determinar si es necesario aplicar un filtro adecuado.(Jiménez, 2007)

Se puede expresar matemáticamente como:

$$FS = \sqrt{\left[\int_0^{\tau} a(\tau) \cos(\omega \cdot \tau) \cdot d\tau \right]^2 + \left[\int_0^{\tau} a(\tau) \text{sen}(\omega \cdot \tau) \cdot d\tau \right]^2} \quad (1)$$

Una vez obtenido el espectro de Fourier, se puede deducir cuales son los periodos esenciales para el análisis del sismo, de igual manera se puede observar cual es la frecuencia o periodo predominante de un registro, el cual el espectro de Fourier de la aceleración alcanza su valor máximo, además tiene una correlación directa con la distancia epicentral.(Carreño et al., 1999)

2.2.2. ESPECTRO DE RESPUESTA

El espectro representa la respuesta máxima de un oscilador de un solo grado de libertad y masa unitaria, con una frecuencia ω_0 y amortiguamiento ξ , cuando esta siendo sometido a un movimiento del suelo dado por un acelerograma.(Carreño et al., 1999)

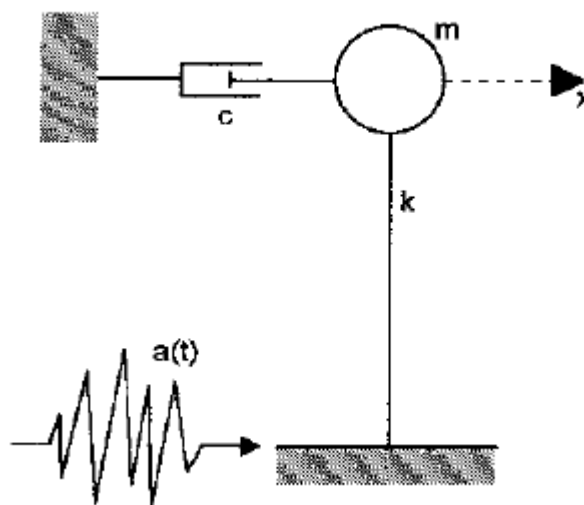


Figura 5. Modelo de un grado de libertad sometido a una excitación sísmica

Fuente: Registro y Tratamiento de Acelerogramas pág. 104.(Carreño et al., 1999)

En otras palabras, el espectro de respuesta toma en consideración el movimiento del suelo causado por un evento sísmico para representar de forma gráfica el comportamiento de las estructuras inducidas por el sismo.

No obstante, el gráfico es solamente una solución particular al problema de la dinámica de estructuras, y así para lograr una solución de manera general, las normas o códigos que se utilizan en el diseño emplean una serie de registros sísmicos, varios espectros de respuesta, estudios de amenaza sísmica, y entre otros factores para convertir a la acción sísmica en fuerzas laterales, esta se incrementa o disminuye dependiendo en función de la ubicación de la estructura a ser diseñada. Estas fuerzas laterales son solicitaciones de carácter dinámicas las cuales pueden obtenerse del espectro de diseño. (Paspuezán & Vargas, 2018)

El espectro de respuesta está dado por:

$$S_{dr}(\omega_o, \xi) = \max_{i=1,N} [x(\omega_o, \xi)] \quad (2)$$

$$S_{vr}(\omega_o, \xi) = \max_{i=1,N} [\dot{x}(\omega_o, \xi)] \quad (3)$$

$$S_{aa}(\omega_o, \xi) = \max_{i=1,N} [\ddot{y}(\omega_o, \xi)] \quad (4)$$

Donde , S_{dr} , S_{vr} y S_{aa} son los valores espectrales de desplazamiento, velocidad relativa de la base y aceleración absoluta o total, para los valores de amortiguamiento y frecuencia; de donde N es el número total de puntos discretos.

Para lograr construir un espectro normalmente se grafican en un rango de periodos de vibración que van desde 0 y 3 o 5 segundos, que son los valores comunes en construcción (Hidalgo, 2011)

2.3. CORRECCIONES EN LOS ACELEROGRAMAS

2.3.1. CORRECCIÓN POR LÍNEA BASE

La digitalización de un acelerograma consiste en representar el registro continuo mediante puntos característicos del mismo, es decir el procedimiento consiste en calcular mediante la integración la velocidad y el desplazamiento

del terreno. De igual manera con los espectros de respuesta, lo cual requiere conocer de antemano la posición de la línea de aceleraciones nulas, mejor conocida como línea base, es por esto que surge la necesidad de ajustar la línea base a las aceleraciones, y se lo realiza utilizando procedimientos matemáticos. (Rascón et al., 1951)

Suele ocurrir que los acelerogramas se encuentran algo desplazados con respecto a la línea cero de aceleración, esto puede ocurrir debido a que el equipo no esté nivelado de manera perfecta en su emplazamiento, o porque el sistema de registro provoque una deriva de los datos con respecto a la línea de base. Puede que este error no afecte a la aceleración, pero en lo que realmente se ve afectado es al momento de obtener la velocidad y desplazamiento por integración, por el motivo que se está contando con el área que hay entre la curva de aceleración y la línea de base. (Giner, 2011)

Se debe recordar que la velocidad y el desplazamiento son las integrales con respecto al tiempo de la aceleración y la velocidad respectivamente, es decir:

$$v = \int_0^{t_f} a \, dt \quad (5)$$

$$u = \int_0^{t_f} v \, dt \quad (6)$$

Por lo cual nos da a entender que si el acelerograma no se corrige por línea base, la velocidad y el desplazamiento generará errores. (Aguilar & Arias, 2019)

Para obtener una aceleración, velocidad y desplazamiento creíbles, se han propuesto algunos métodos en los muchos estudios, los métodos de corrección de línea base comúnmente usados se mencionan a continuación:

- ✓ Inicialización de la línea base: puede ocurrir por el efecto del ruido de fondo. Para asegurar que los registros de movimientos fuertes empiecen de cero, los registros deben ser procesados por la inicialización de la línea de base. Rong Mianshui utilizó el método del

mínimo cuadrado para eliminar la tendencia lineal que fue traída por la aceleración de la línea base de fondo. Por debajo del umbral de activación, ha habido un movimiento causado por el terremoto, y este valor de movimiento es mucho mayor que el valor del ruido de fondo. Es probable que se resten los registros de movimiento del suelo por debajo del umbral, lo que causará un promedio de sustracción mayor, afectando los resultados de corrección.(Hu Guorui, 2015)

- ✓ Trasladar la línea base original para obtener al final del registro una velocidad nula
- ✓ Aplicar una serie de impulsos al acelerograma para que el diagrama de velocidades oscile con respecto a la línea de ceros para así lograr una velocidad final nula.

Se debe cumplir con una condición de optimización la cual consiste en minimizar el valor cuadrático medio de la velocidad. Lo cual justifica debido a que en su mayoría de los eventos sísmicos de duración significativa, la velocidad oscila de manera simétrica alrededor del eje cero y al terminar el evento se aproxima a cero. (Hidalgo, 2011)

La corrección de la línea base se ajusta a una recta la cual tiene la ventaja de una justificación física más directa y una mínima introducción de información en los resultados, de igual manera, posee ventaja de carácter matemático ya que es un sistema de optimización por mínimos cuadrados. Pero existe una desventaja la cual radica en que los componentes de periodo largo que quedan en los desplazamientos del suelo generan una dudosa exactitud. (Hidalgo, 2011)

Para este trabajo se utilizó un método sencillo para comprobar si el acelerograma necesita corrección por línea base lo cual se lo debe hacer mediante la obtención del valor medio y la desviación estándar de la aceleración la cual no debe ser cero para concluir que el registro necesita ser corregido.

2.3.2. CORRECCIÓN POR RUIDO

Cuando el registro requiera corrección por línea base el siguiente paso es tomar en cuenta la repercusión que tiene el ruido sobre el acelerograma. Este puede ser causado por fenómenos naturales o por el tratamiento de los datos, es decir que el acelerograma es la suma de la señal sísmica más el efecto del ruido. (Giner, 2011)

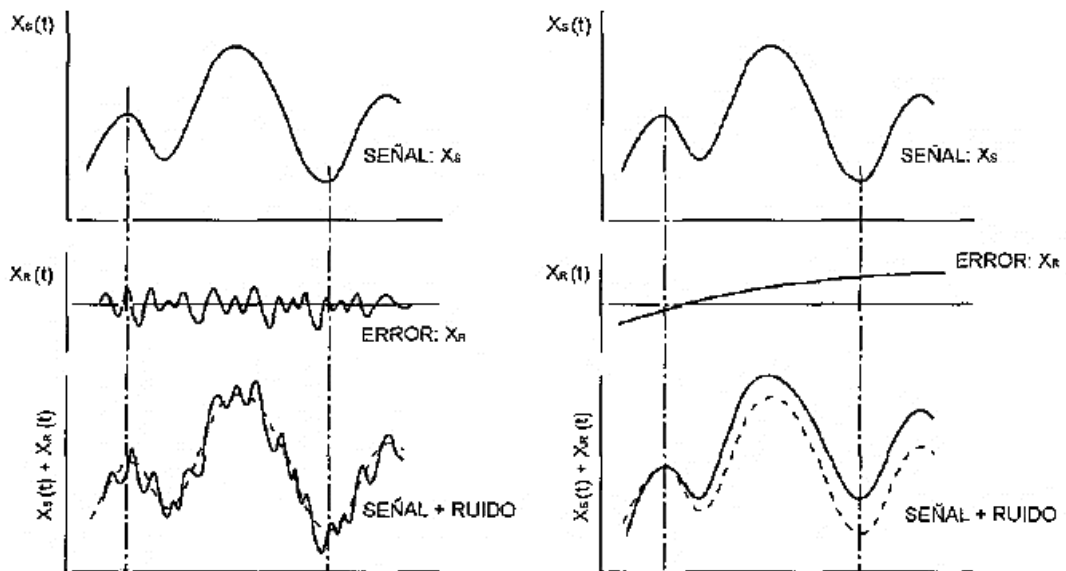


Figura 6. A la izquierda ruido de alta frecuencia, A la derecha ruido de baja frecuencia (Hudson, 1979)

Fuente: Registro y tratamiento de Acelerogramas pág. 98. (Carreño et al., 1999)

Este ruido puede presentarse de dos maneras como efecto de alta frecuencia y efecto de baja frecuencia. Al hablar de alta frecuencia se refiere cuando aparece por encima de la banda de frecuencia en la que se está trabajando, la cual afecta principalmente a los picos de aceleración, pero tiene una ventaja la cual no afecta mucho los valores de la velocidad y desplazamiento mediante integración debido a que el área bajo la curva es la misma que la señal corregida.

En cambio, el ruido de baja frecuencia aparece por debajo de la banda de frecuencia trabajadas, esta si afecta la integración al momento de sacar la velocidad y el desplazamiento.

Todos estos errores deben ser evitados, por lo cual se debe limitar la información a la banda de frecuencias deseada, en lugar de seguir con toda la información adicional a mayores y menores frecuencias, que esto da como consecuencia obtener un gran número de errores.

Existen tres tipos de filtros los cuales se clasifican de la siguiente manera: *pasa banda*, *pasa baja* y *pasa alta*, la cual para saber que filtro se debe utilizar debemos conocer que frecuencia tiene el registro:

- Los filtros “pasa baja” es para eliminar las altas frecuencias.

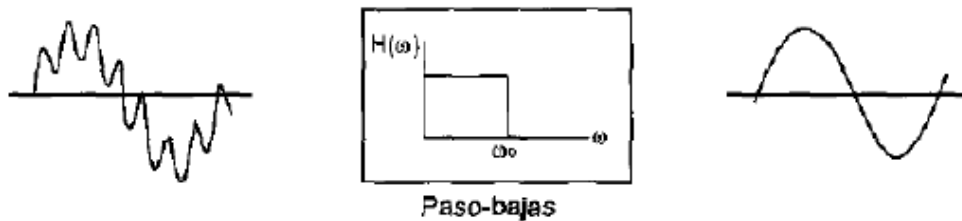


Figura 7- Comportamiento del filtro de pasa baja

Fuente: Registro y tratamiento de Acelerogramas pág. 98. (Carreño et al., 1999)

- Los filtros “pasa alta” para eliminar las bajas frecuencias.

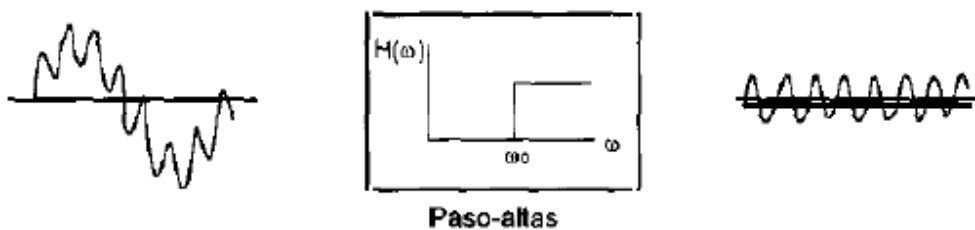


Figura 8- Comportamiento del filtro de pasa alta

Fuente: Registro y tratamiento de Acelerogramas pág. 98. (Carreño et al., 1999)

- Los filtros “pasan banda”, filtran el ruido de alta y baja frecuencia simultáneamente.

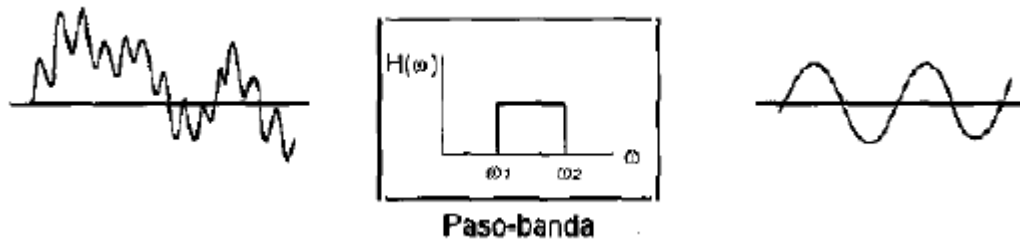


Figura 9- Comportamiento del filtro de pasa banda

Fuente: Registro y tratamiento de Acelerogramas pág. 98. (Carreño et al., 1999)

El factor más importante al momento de aplicar estos filtros, es elegir de manera correcta la frecuencia de corte, debido a que si está se escoge de una forma equivocada puede filtrar la parte de la señal que se necesita, o simplemente no filtra el ruido. (Giner, 2011)

Debido a que en la práctica los filtros ideales no se pueden utilizar debido a que su transferencia a través del tiempo es de longitud infinita, se debe utilizar filtros de aproximación como Box car, Chebyshev, Butterworth, entre otros.(Hidalgo, 2011)

- Butterworth

Este filtro tiene una respuesta plana en la banda de paso (llamada máximamente plana), a expensas de la respuesta en la región transición, la cual es de 20 dB/Década por polo. El módulo de la respuesta en frecuencia del filtro “pasa baja”, para ganancia G, y frecuencia de corte ω_c está dado por:

$$|H(j\omega)| = \frac{G}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^{2n}}} \quad (7)$$

Donde $n = 1, 2, \dots, k$. es el orden

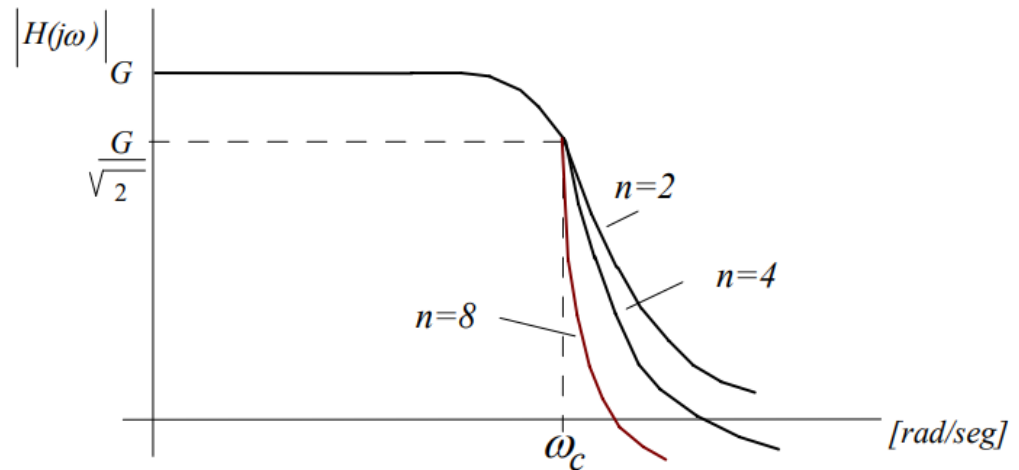


Figura 10- Respuesta del filtro Butterworth para distintos valores de n

Fuente: Filtros Activos, Conceptos Básicos y Diseño (Huircán, 2012)

Una respuesta máximamente plana tiene muchas derivadas que son cero en el origen, $\omega = 0$. Para ganancia unitaria y una frecuencia $\omega = \omega_c$, se tiene que:

$$|H(j\omega)| \cong \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

La cual es llamada $-3[\text{dB}]$. Para $\omega \gg \omega_c$, se tiene que

$$|H(j\omega)| \cong \frac{1}{\omega^n} \quad (9)$$

$$|H(j\omega)|_{\text{db}} \cong 20 \log\left(\frac{1}{\omega^n}\right) = -20n \log(\omega) \quad (10)$$

Siendo la segunda una variación de $-20n[\text{dB}]$ por década.

Siendo $G = 1$ y $\omega_c = 1$, haciendo $s = j\omega$, entonces $\omega = s/j$, reemplazando se tiene:

$$|H(j\omega)|^2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{s}{j}\right)^{2n}} = \frac{1}{1 + (-1)^n s^{2n}} \quad (11)$$

Y los polos de la función de transferencia se obtienen para

$$(-1)^n s^{2n} = -1 \quad (12)$$

Pero como $e^{j(2k-1)\pi} = -1$, entonces

$$(-1)^n s^{2n} = e^{j(2k-1)\pi} \quad (13)$$

Por lo tanto, los polos para $k= 1, 2, \dots, n$ estarían dados por

$$s_k = e^{\frac{j(2k+n-1)\pi}{2n}} \quad (14)$$

Los polinomios que se obtiene, son de la forma

$$H(s) = \frac{1}{(s - s_1)(s - s_2) \dots (s - s_n)} \quad (15)$$

Para $n=2$ se tiene que $s_1=e^{\frac{j3\pi}{4}}$ y $s_2=e^{\frac{j5\pi}{4}}$, luego

$$H(s) = \frac{1}{\left(s - e^{\frac{j3\pi}{4}}\right)\left(s - e^{\frac{j5\pi}{4}}\right)} = \frac{1}{s^2 + \sqrt{2}s + 1} \quad (16)$$

El denominador de la ecuación anterior corresponde a un polinomio de Butterworth indicado en la siguiente tabla:

Tabla 2- Polinomios de Butterworth en forma factorizada

n	Polinomios de Butterworth
1	$s + 1$
2	$s^2 + \sqrt{2}s + 1$
3	$(s^2 + s + 1) (s + 1)$
4	$(s^2 + 0.7653s + 1) (s^2 + 1.8477s + 1)$
5	$(s^2 + 0.6180s + 1) (s^2 + 1.6180s + 1) (s + 1)$
6	$(s^2 + 0.5176s + 1) (s^2 + \sqrt{2}s + 1) (s^2 + 1.9318s + 1)$

Fuente: Filtros Activos, Conceptos Básicos y Diseño (Huiracán, 2012)

- Chebyshev

Este filtro tiene una ondulación de forma ripple en la banda de paso. Mientras mayor sea el orden, mayor es la pendiente en la región de transición, pero mayor es el ripple y el número de ondulaciones en la banda de paso. (Huircán, 2012)

Los filtros de Chebyshev están definidos mediante los polinomios de Chebyshev, es decir:

$$T_N(x) = \begin{cases} \cos(N \cdot \cos^{-1}(x)) & |x| \leq 1 \\ \cosh(N \cdot \cosh^{-1}(x)) & |x| > 1 \end{cases} \quad (17)$$

Estos polinomios pueden ser generados de la siguiente manera:

$$T_{k+1}(x) = 2xT_k(x) - T_{k-1}(x) \quad k \geq 1 \quad (18)$$

Chebyshev se subdivide en dos tipos de filtros, Tipo I que es compuesto por polos con una banda pasante equiripple y decrecimiento monótonico en la banda de rechazo.

La magnitud de la respuesta viene dada en frecuencia por:

$$|Ha(j\Omega)|^2 = \frac{1}{1 + \varepsilon \cdot TN^2\left(\frac{\Omega}{\Omega_p}\right)} \quad (19)$$

Donde:

- N es el orden del filtro.
- Ω_p es la frecuencia de corte de la banda de paso.
- ε es el parámetro que controla la amplitud del ripple en la banda de paso

A medida que el orden del filtro va aumentando, el número de oscilaciones del ripple se incrementa y la transición entre la banda de paso y la de rechazo se va reduciendo. (Arrieta, 2011)

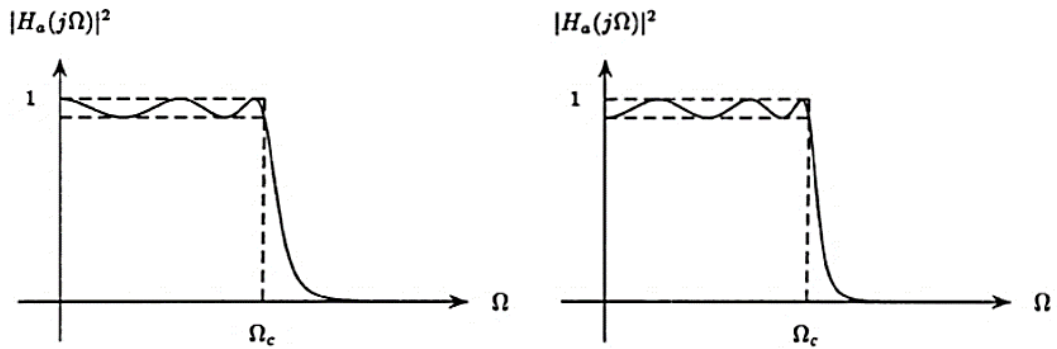


Figura 11-Gráfica de la respuesta de un filtro Chebyshev tipo I, a la izquierda de orden 5 y a la derecha de orden 6

Fuente: Procesamiento de Señales Digitales(Hayes, 1999)

La función de este filtro viene dada por:

$$H_a(s) = H_a(0) \prod_{k=0}^{N-1} \frac{-sk}{s - sk} \quad (20)$$

Donde sí N es par:

$$H_s(0) = (1 - \varepsilon^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (21)$$

Y sí N impar:

$$H_a(0) = 1 \quad (22)$$

Las correcciones iniciales por lo general se realizan en el dominio del tiempo y es usado para mitigar las tendencias no útiles. Generalmente en el ámbito sísmico es más común el uso del filtro Butterworth de **pasa banda** ya que combina los filtro **pasa baja y pasa alta** logrando eliminar ruidos de altas y bajas frecuencias alcanzando quitar toda contaminación de la señal, por lo cual los límites de corte establecidos en los filtros pasan banda quedan retenidos. Como el gráfico de la transformada rápida de Fourier(fft) se encuentra en el dominio de frecuencia resulta sencillo identificar el ruido de alta y baja frecuencia.

En este trabajo se utilizará el filtro Butterworth de orden 5 para las frecuencias de muestreo menores a 100 Hz y de orden 4 para menores a 200 Hz, y por las razones explicadas anteriormente los límites de corten vienen dado entre

0.1 y 20 Hz, ya que normalmente el sismo viene dado entre 0.05 y 10 segundos, pasando estos se pueden considerar otros factores ajenos al sismo ya sea por electricidad, por el tráfico de maquinaria pesada, el viento, actividad humana, entre otros.

Se utilizará Butterworth debido a que este filtro, aunque presente una caída menos pronunciada al momento de la transición de la banda de paso a la banda de rechazo, muestran una ganancia constante en la banda de paso.(Arrieta, 2011)

2.3.3. CORRECCIÓN POR DURACIÓN EFECTIVA

La corrección por duración efectiva se la denomina mediante el espectro de frecuencia que como es conocido es la que transforma la señal de tiempo a frecuencia. Por lo tanto, para ser más efectivo, se debe crear ventanas en las cuales cada 5 segundos se le aplica la transformada rápida de Fourier al acelerograma, y así determinar realmente cual es la duración del sismo en la cual es la más importante para el análisis, con la señal se procede a calcular los espectros de frecuencia para el determinado intervalo de tiempo.

Debido que ciertos registros en los primeros y últimos segundos del evento no son netamente del sismo, pueden estar siendo afectados por ciertos factores externos. Por lo cual, se los puede considerar como aceleraciones no serviciales, alterando el análisis, y las gráficas de la velocidad y desplazamiento.

Se recomienda que para determinar la duración efectiva se rechace aquellas amplitudes normalizadas que sean menores a 0.05 calculadas con el espectro de frecuencia, debido a que son muy pequeñas para ser tomadas en consideración, debido a que se puede observar de mejor manera. Aunque no exista mucha información acerca de este tema, se lo considera un factor importante, el cual permite escatimar más tiempo al hacer un análisis estructural.

Capítulo 3

3.1. INFORMACIÓN ACERCA DE LOS REGISTROS A ANÁLIZAR

Se escogió cuatro registros de los cuales son de tres diferentes formatos ya mencionados en el capítulo 2. Para el formato Cismid (El Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres) se obtiene un ejemplar, el sismo de Lima en 1974, el segundo registro se trata de un ensayo en laboratorio el cual consta de un proyecto realizado por el Ing. Guillermo Ponce llamado “Daño Sísmico Acumulado de Columnas de Puente de Concreto armado”

Para el formato Renac (Red Nacional de Acelerógrafos) está el sismo de Pedernales en 2016 en Ecuador, y para el formato Peer (The Pacific Earthquake Engineering Research Center) está el sismo de Loma Prieta en 1989. Para un mejor entendimiento se presenta en la siguiente tabla los datos requeridos de cada registro.

Tabla 3- Características principales de los sismos a analizar

REGISTRO	FECHA	ESTACIÓN	COMPONENTE	FRECUENCIA DE MUESTREO	MAGNITUD
Lima	09 de noviembre de 1974	The National Agrarian University, La Molina	Norte Sur Este Oeste	50 Hz	8 M _w
Ensayo Simulación Sísmica	2 de junio de 2017	PUCP	-	200 Hz	-
Pedernales	16 de abril de 2016	Manta (AMNT)	Norte Sur Este Oeste	100 Hz	7.8 M _w
Loma Prieta	17 de octubre de 1989	Alameda Naval Air Stn Hanger	180 270	200 Hz	6.9 M _w

Fuente: Autor

3.2. DESARROLLO DEL CÓDIGO EN MATLAB

En este capítulo se hablará acerca del desarrollo del tratamiento de registros en Matlab por lo cual se procedió a programar para que el usuario tenga la opción de visualizar los registros con y sin tratamiento, de igual manera que tenga la opción de compararlos y de acceder a tratar otro registro no mencionado.

```
TRATAMIENTO DE ACELEROGRAMAS

Este programa acepta formatos CISMID, PEER y RENAC

PRIMERA FASE: PROGRAMA SIN TRATAMIENTO

Sismos y Componentes a analizar

1. Lima 1974: Componente Este Oeste
2. Lima 1974: Componente Norte Sur
3. Ensayo de Laboratorio: Mesa Vibratoria
4. Pedernales 2016: Componente Este Oeste
5. Pedernales 2016: Componente Norte Sur
6. Loma Prieta 1989: Componente 195
7. Loma Prieta 1989: Componente 285
```

Figura 12- Menú principal del código en Matlab

La primera parte consta de mostrar los registros sin ningún cambio, sin correcciones y sin filtros, y obtener la velocidad y desplazamiento al integrar la aceleración, por lo cual se debe empezar cargando los valores que se obtienen de las páginas oficiales explicadas en el capítulo 2 en la sección 2.1.2, para posteriormente importarlos a Matlab con la función “**importdata**”.

El primer registro sísmico que se va a analizar es de formato Cismid, por lo tanto, viene en un solo archivo, los registros de los componentes en las direcciones (Norte-Sur y Este-Oeste) tal como se muestra en la figura 13 y se debe definir el salto del encabezado denominado “**headerlinesIn**”, la cual se define en que columna corresponde cada componente y definir la variable del tiempo que está en función del intervalo.

TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250 Lima 31
 Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170
 e-mail: f_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

```

1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
STATION NAME      : Moyobamba
STATION CODE     : MOY001
STATION LOCATION  : House, Moyobamba, Moyobamba
LATITUDE         : -6.0336
LONGITUDE        : -76.970
ALTITUDE (m)     : 891
ACCELEROMETER MODEL : RION SM10-B
SAMPLING FREQUENCY (Hz) : 200

2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE
DATE             : September 25, 2005
ORIGIN TIME (Local) : 20:55:41
LATITUDE        : -5.80
LONGITUDE       : -76.20
DEPTH (km)      : 115.00
MAGNITUDE       : 7.0 ML
INFORMATION SOURCE : IGP

3. INFORMATION ABOUT THE RECORD
RECORD TIME (Local) : 20:55:41
NUMBER OF SAMPLES  : 5440
MAXIMUM ACCELERATION : -131.36 -103.39 103.89
DATA UNITS         : cm/s2

4. COMMENTS

5. ACCELERATION DATA
      T           EW           NS           UD
0.0000      2.7881      -4.5862      13.6971
  
```

Figura 13-Ejemplo de un registro sísmico formato Cismid

Para el formato Renac y Peer cada componente tiene un archivo definido, por lo tanto, se obtiene dos archivos ya que se analiza en dos direcciones.

Archivo de aceleración parte de la Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC) Ecuador

```

Evento: 201604162358
Fecha del evento UTM (aammdd):          2016   4   16
Hora del registro UTM (hhmmss): 23   59 20.00
Estación:                               AMNT0
Componente:                             N
Frecuencia de muestreo (Hz):           1.000000e+02
Unidades: cm/s^2

10.1586 10.1819 11.3145 10.1791 6.4574 5.0018
8.3941 9.1768 10.9455 9.8641 6.9241 5.6216
3.7976 1.8919 -0.8133 -1.3549 -1.2158 -3.8206
-13.9779 -24.8397 -31.3829 -24.5289 -10.3237 2.2757
7.3908 8.9133 9.0168 8.7103 7.6678 6.5004
8.2646 11.5884 15.0474 15.4686 17.3287 18.9595
18.7245 15.9411 12.7690 10.4286 10.7876 12.5940
11.6653 6.1220 -2.0562 -7.2335 -10.1585 -16.0732
-18.4215 -16.7451 -11.3702 -4.8487 1.2488 2.0949
-0.8892 -8.3493 -14.6032 -16.5723 -12.1034 -6.1866
-1.3255 1.0008 -0.0374 -3.3377 -4.9341 -2.0644
3.3563 14.5404 26.3698 33.9002 29.6052 19.1712
4.9214 -8.7205 -17.9500 -22.9215 -22.1406 -15.5115
-9.3023 -8.4858 -10.5722 -8.8427 -4.7704 -2.1170
-1.7335 -1.9462 -2.7030 -3.7225 -1.6626 2.3325
  
```

Figura 14-Ejemplo de un registro sísmico formato Renac

```

PEER NGA STRONG MOTION DATABASE RECORD
Loma Prieta, 10/18/1989, Alameda Naval Air Stn Hanger, 270
ACCELERATION TIME SERIES IN UNITS OF G
NPTS= 5916, DT= .0050 SEC,
.5080824E-03 .5107276E-03 .5200343E-03 .5249146E-03 .5287266E-03
.5590232E-03 .5968573E-03 .6470138E-03 .6899745E-03 .7170855E-03
.7513295E-03 .7657403E-03 .7532499E-03 .7739160E-03 .8012127E-03
.8817984E-03 .1179124E-02 .1419733E-02 .1601864E-02 .1938192E-02
.2176202E-02 .2273906E-02 .2387540E-02 .2615442E-02 .2632147E-02
.2428681E-02 .2593009E-02 .2969598E-02 .2948552E-02 .3014496E-02
.3403618E-02 .3592273E-02 .3608898E-02 .3322631E-02 .3176948E-02
  
```

Figura 15-Ejemplo de un registro sísmico formato Peer

Tanto Peer como Renac sus reportes vienen dados por datos matriciales por lo cual se trabajó con la función creada por (Lascano, 2018) llamada "Peer_Vcol" y se la modifiqué para el formato de Renac llamada "Renac_Rcol" ver en el anexo (8), la cual permite cambiar estos datos por un vector columna, para el caso de Peer en la misma función se debía cambiar las unidades debido a que el registro viene en función de g, y se debe convertir a cm/seg^2 .

El registro del ensayo en laboratorio viene dado en un archivo tipo ".xlsx" el cual debe ser importado mediante la función "xlsread", indicando el rango y la hoja donde se encuentra el registro tal como se indica en el anexo (1) y se debe convertir a cm/seg^2 .

Para obtener los valores de la velocidad y el desplazamiento se procedió a utilizar la función "cumptraz", la cual representa la integración de la aceleración con respecto al tiempo para obtener la velocidad, y la integración de la velocidad con respecto al tiempo para obtener el desplazamiento.

De las cuales al ejecutar el código en Matlab dan las siguientes gráficas:

✓ Lima

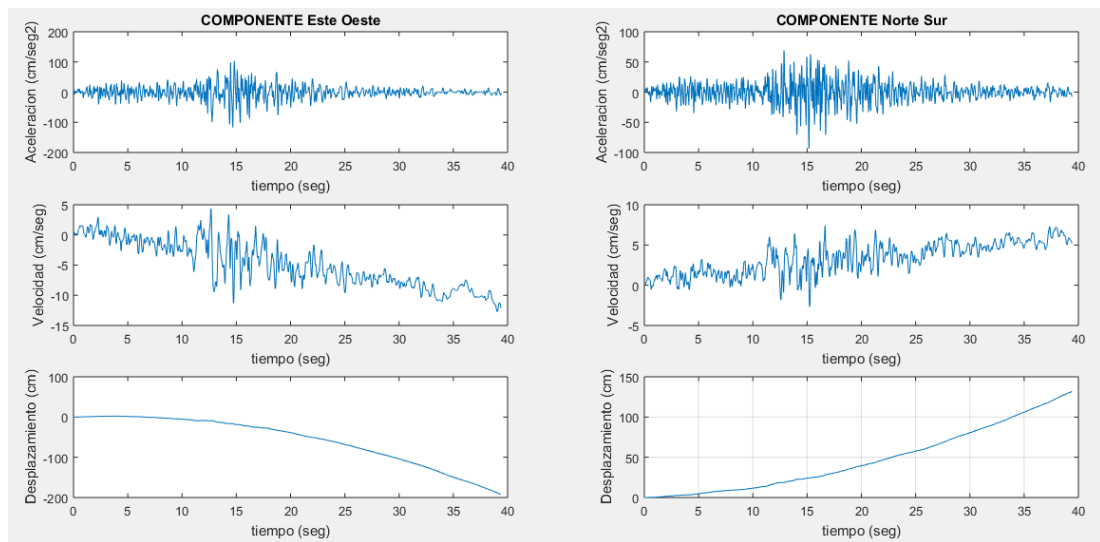


Figura 16-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo en Lima de 1974 antes del tratamiento

✓ Ensayo de Simulación Sísmica

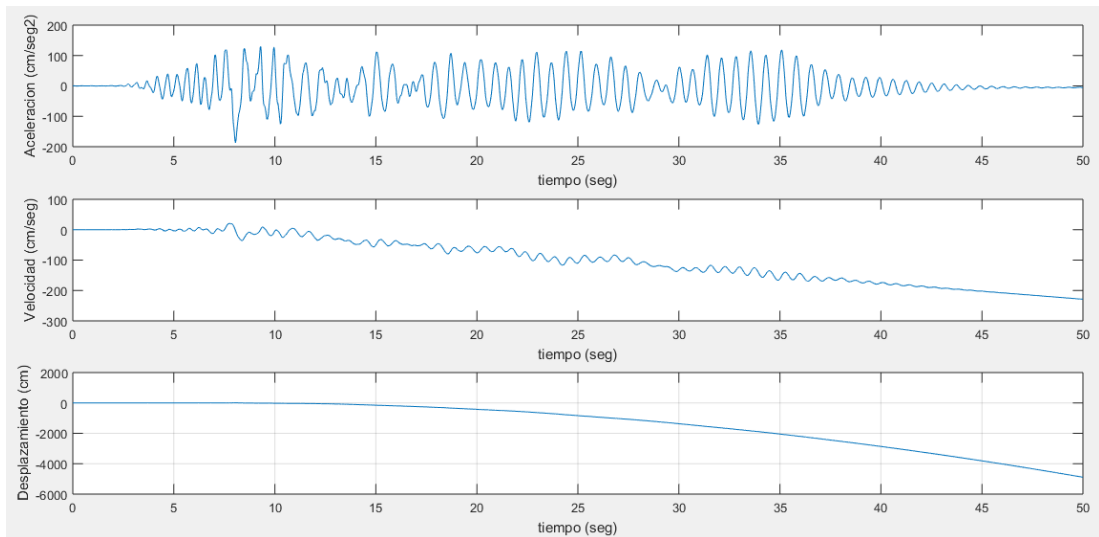


Figura 17-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del ensayo de simulación sísmica antes del tratamiento

✓ Pedernales

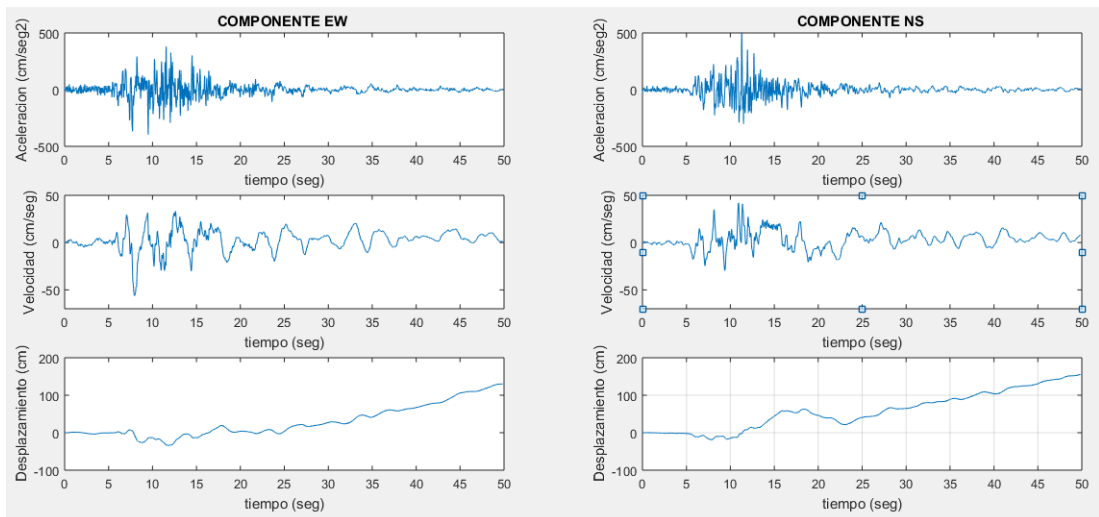


Figura 18-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo en Pedernales de 2016 antes del tratamiento

✓ Loma Prieta

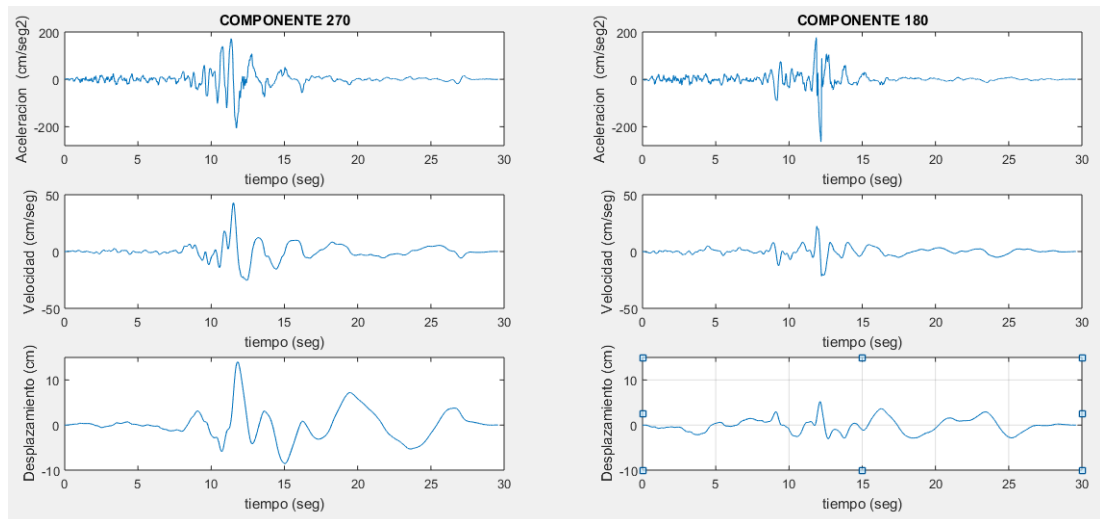


Figura 19-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo Loma Prieta de 1989 antes del tratamiento

3.2.1. IMPLEMENTACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN MATLAB

La programación para calcular el espectro de respuesta mediante el método basado en la solución exacta que rige la ecuación diferencial para sucesivos segmentos lineales de la excitación y estimando la respuesta en intervalos de tiempo discretos conocido como la interpolación lineal de la carga Nigam y Jennings (1969), en Matlab fue creada el 2017 por Manuel Ceballos de la Universidad de Cauca en Colombia, en el cual para determinar el espectro de respuesta considerando la pseudo aceleración, la pseudo velocidad y le desplazamiento se necesita el periodo y la aceleración, y se resuelve usando la función de respuesta a impulso unitario realizando la integral de convolución, el cual está descrito en el anexo (5) y se obtiene los siguientes espectros:

✓ Lima

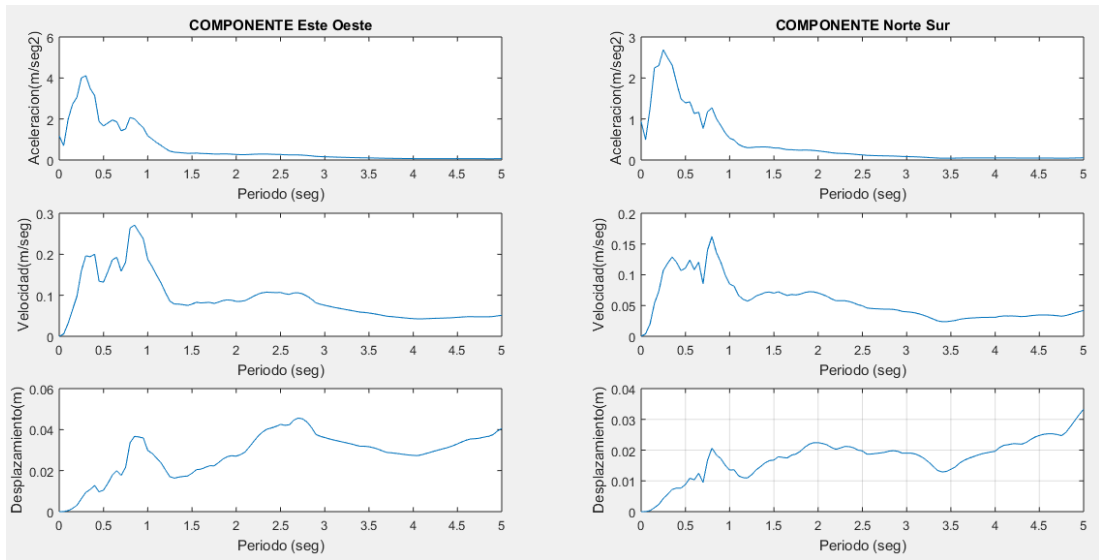


Figura 20-Espectro de Respuesta del sismo de Lima antes del tratamiento

✓ Ensayo de Simulación Sísmica

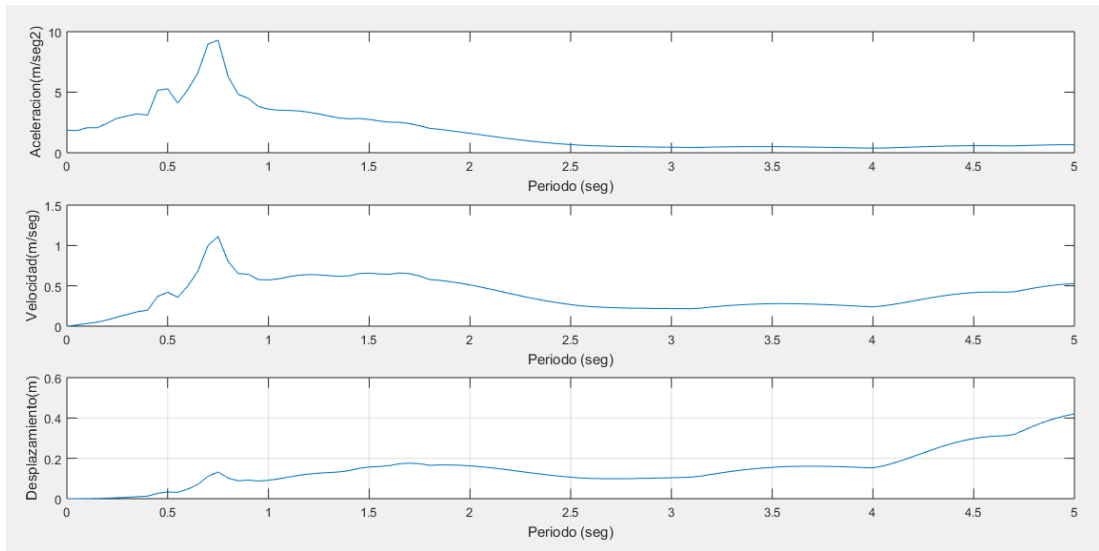


Figura 21-Espectro de Respuesta del ensayo de simulación sísmica antes del tratamiento

✓ Pedernales

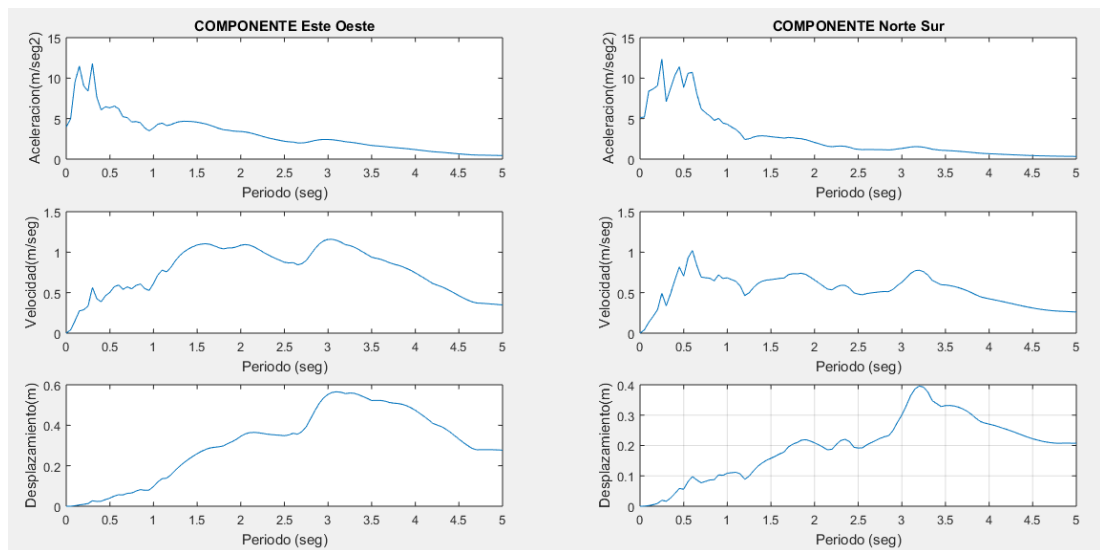


Figura 22-Espectro de Respuesta del sismo de Pedernales antes del tratamiento

✓ Loma Prieta

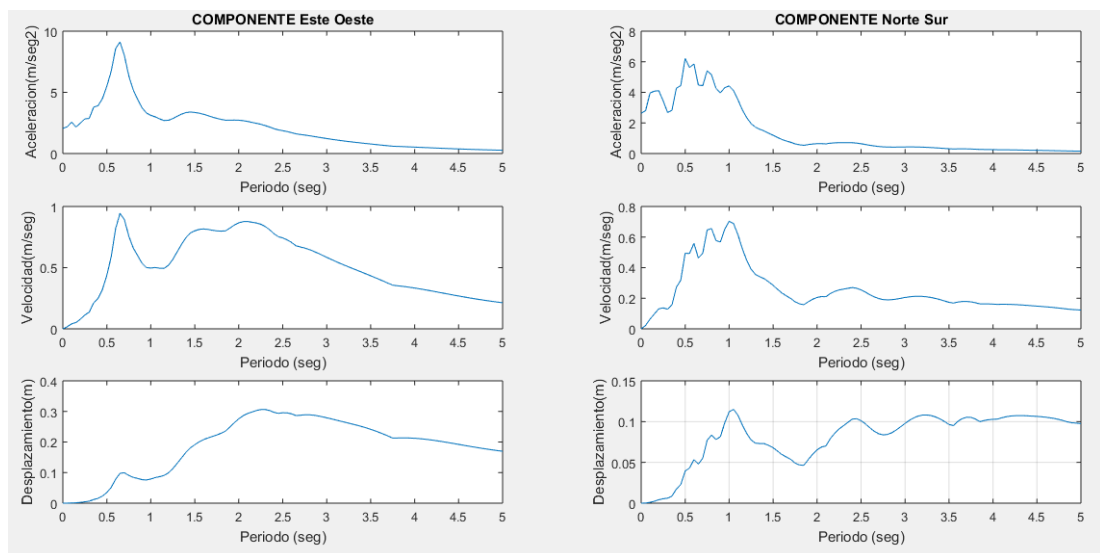


Figura 23-Espectro de Respuesta del sismo de Loma Prieta antes del tratamiento

En la tabla 4 se encuentran los valores obtenidos de los registros y en las tablas 5 y 6 se podrán ver los valores máximos y mínimos obtenidos con la función explicada anteriormente correspondientes a la velocidad y el desplazamiento.

Tabla 4-Valores máximos y mínimos de la aceleración antes del tratamiento del acelerograma

Registro		ACELERACIÓN (cm/seg ²)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	103.76	68.85
	Mínimo	-117.08	-93.56
Simulación Sísmica	Máximo	129.26	
	Mínimo	-186.87	
Pedernales	Máximo	382.32	514.26
	Mínimo	-397.12	-302.56
Loma Prieta	Máximo	171.75	176.79
	Mínimo	-205.37	-263.21

Fuente: Autor

Tabla 5-Valores máximos y mínimos de la Velocidad antes del tratamiento del acelerograma

Registro		VELOCIDAD (cm/seg)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	4.39	7.37
	Mínimo	-12.72	-2.68
Simulación Sísmica	Máximo	20.43	
	Mínimo	-228.69	
Pedernales	Máximo	33.05	42.19
	Mínimo	-56.41	-29.41
Loma Prieta	Máximo	42.77	22.18
	Mínimo	-25.35	-21.76

Fuente: Autor

Tabla 6-Valores máximos y mínimos del Desplazamiento antes del tratamiento del acelerograma

Registro		DESPLAZAMIENTO (cm)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	2.31	131.67
	Mínimo	-192.56	0
Simulación Sísmica	Máximo	5.80	
	Mínimo	-4880	
Pedernales	Máximo	130.10	155.76
	Mínimo	-33.84	-18.61
Loma Prieta	Máximo	14.03	5.20
	Mínimo	-8.56	-3.01

Fuente: Autor

3.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE EN MATLAB

En la segunda parte del código se encuentra ya el tratamiento del acelerograma el cual establece en poder decidir cuál es la corrección o filtro que se desea aplicar

Por lo tanto, para lograr la corrección por línea base como se mencionó en el capítulo 2 se debe sacar la desviación estándar para comprobar el estado del registro para después utilizar la función “**Detrend**” la cual básicamente resta la media o una línea de mejor ajuste en el sentido de mínimos cuadrados del vector de la aceleración. y posteriormente integrarla corregida para obtener la velocidad y el desplazamiento.

De las cuales presentan las siguientes gráficas:

✓ Lima

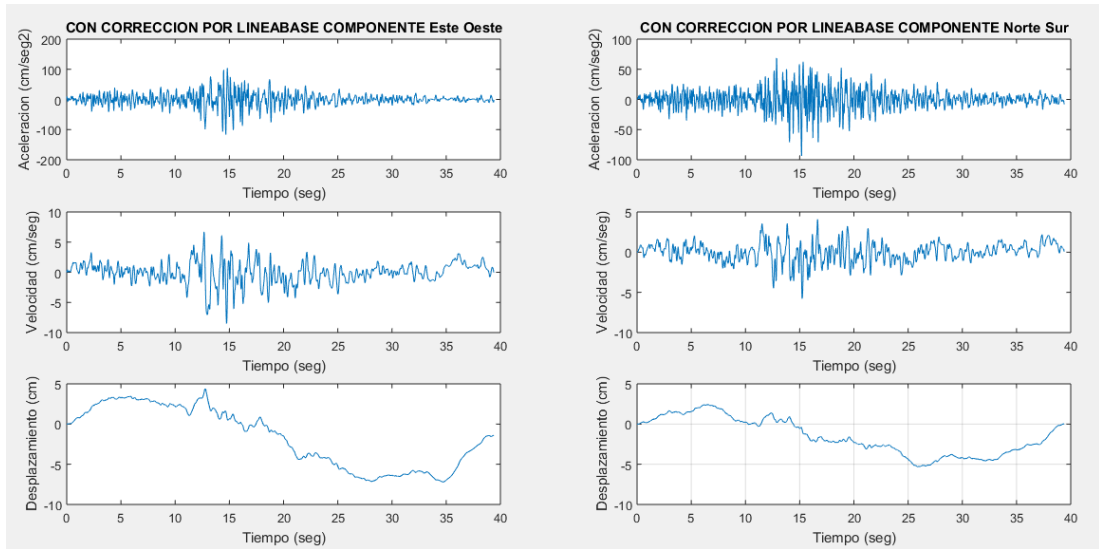


Figura 24-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Lima

✓ Ensayo de Simulación Sísmica

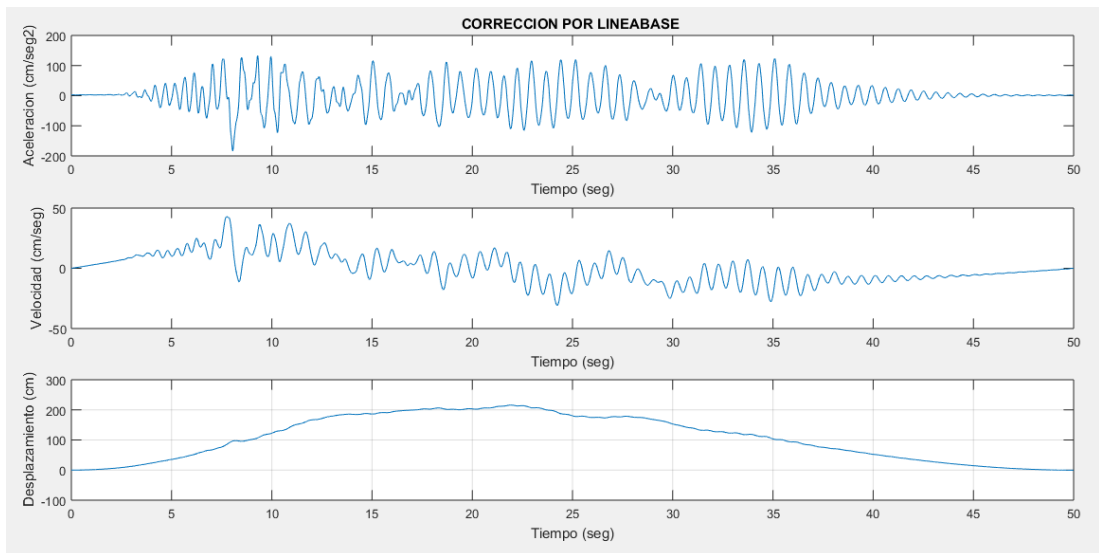


Figura 25-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del ensayo de simulación sísmica

✓ Pedernales

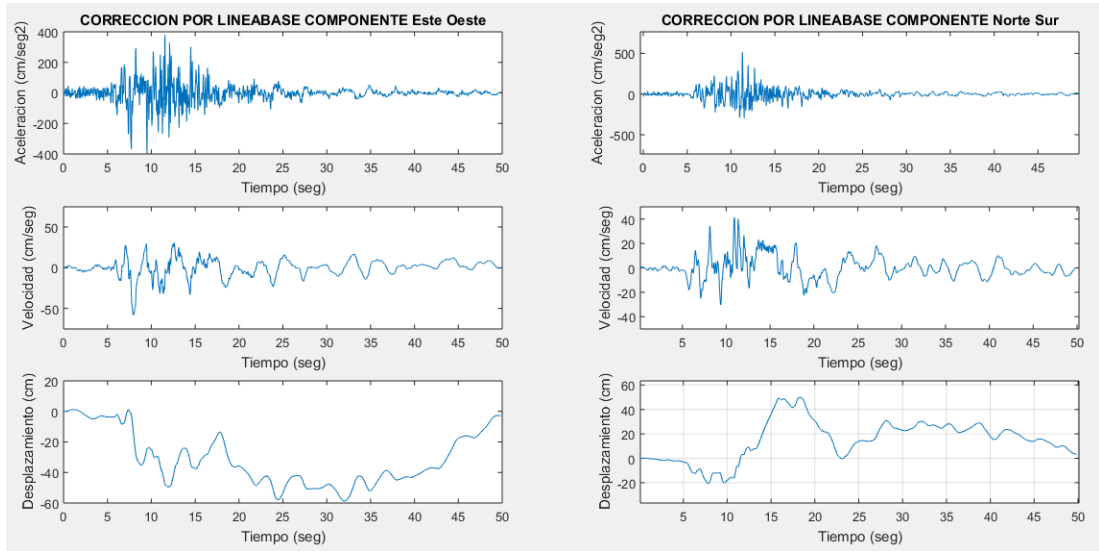


Figura 26-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Pedernales

✓ Loma Prieta

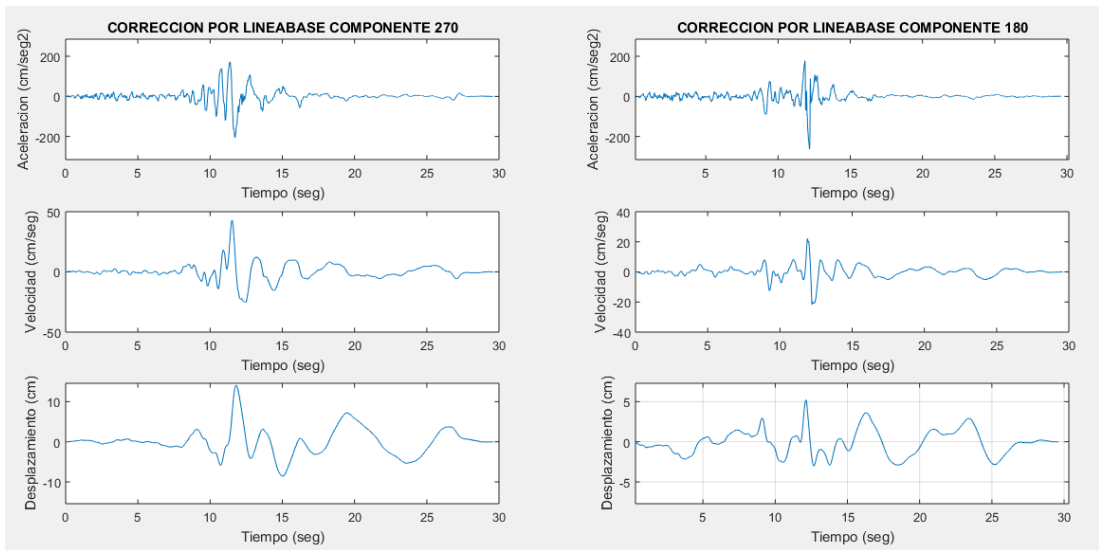


Figura 27-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento por corrección de línea base del sismo de Loma Prieta

3.2.3. IMPLEMENTACIÓN PARA FILTRAR EL RUIDO MEDIANTE FILTROS BUTTERWORTH EN MATLAB

La segunda parte de la segunda etapa se basa en filtrar el ruido, por lo tanto, se implementa la función “**butter**” (Butterworth) y la función “**filter**”, en la cual como ya se mencionó para frecuencias de muestreo menores a 100 Hz se utiliza un orden de 5 y para menores a 200 Hz un orden de 4, con una frecuencia de corte de 0.1 y 20 Hz es decir para periodos de 0.05 y 10 segundos para los registros sísmicos y para el ensayo de simulación sísmica las frecuencias de corte son de 0.66 y 3.33 Hz ya que en este ensayo los periodos tienen un rango de trabajo aproximadamente de 0.30 y 1.50 segundos, dando como resultado las siguientes gráficas:

✓ Lima

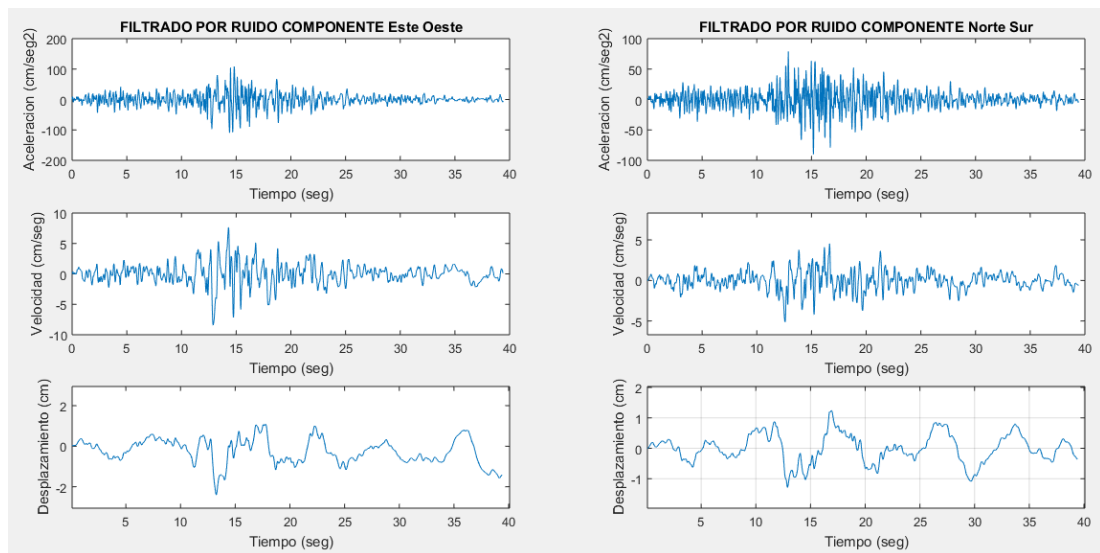


Figura 28-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Lima por filtrado de ruido

✓ Ensayo de simulación sísmica

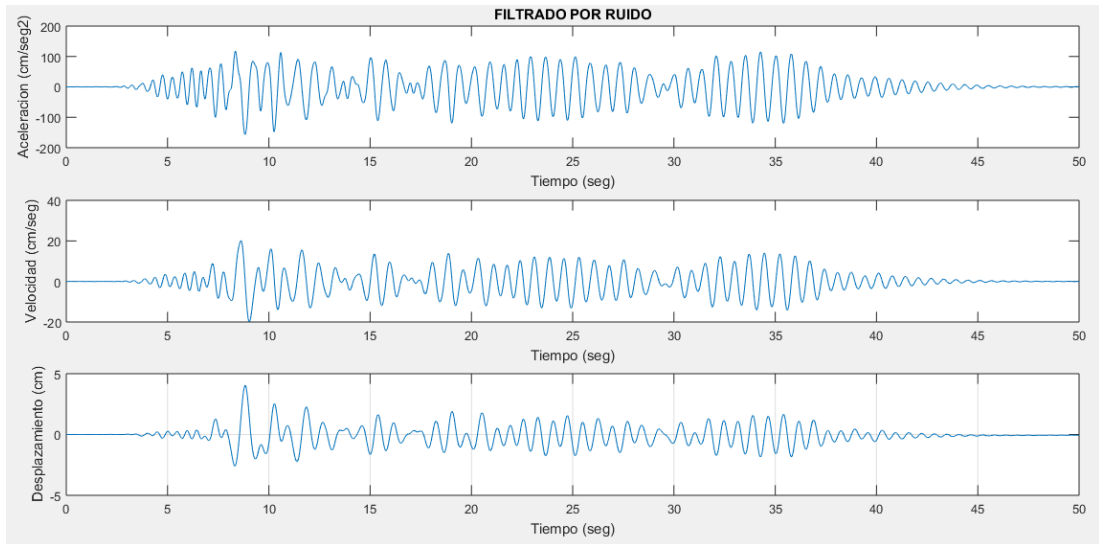


Figura 29-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del ensayo de simulación sísmica por filtrado de ruido

✓ Pedernales

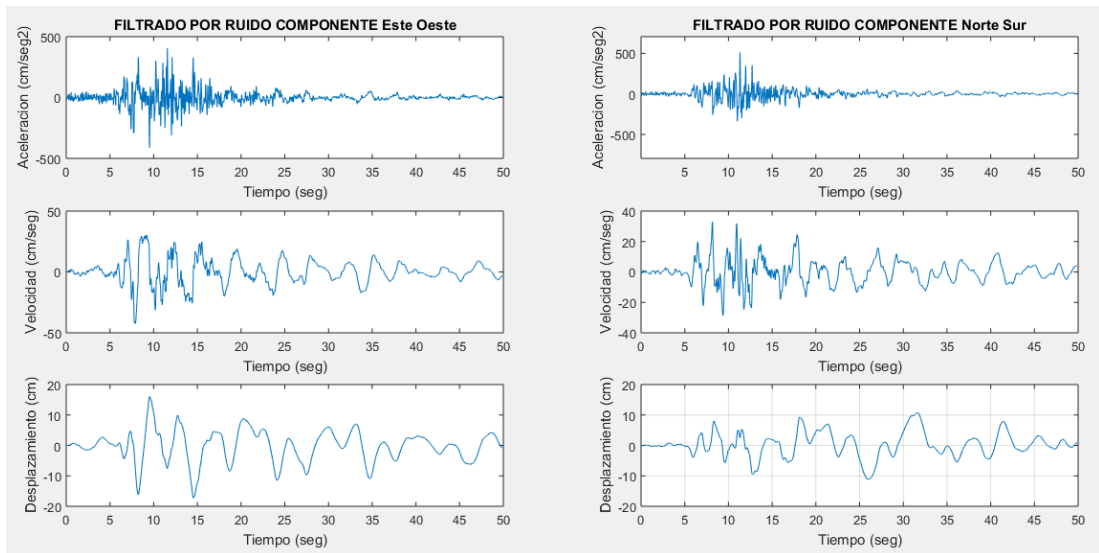


Figura 30-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Pedernales por filtrado de ruido

✓ Loma Prieta

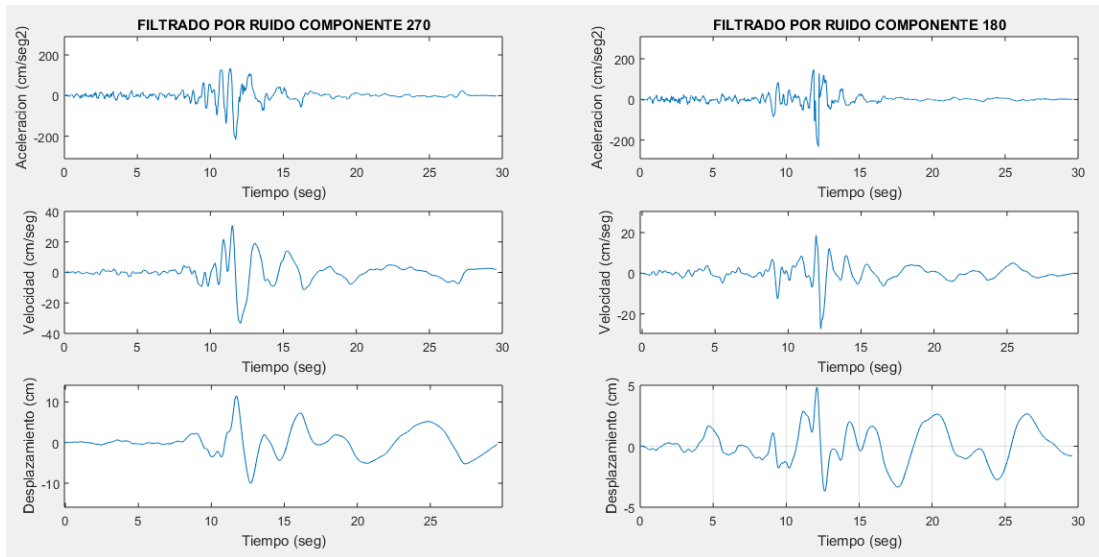


Figura 31-Aceleración, Velocidad y Desplazamiento del sismo de Loma Prieta por filtrado de ruido

3.2.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA DURACIÓN EFECTIVA EN MATLAB

Como está explicado en la sección 2.3.3. para cada 5 segundos del registro sísmico se procede a calcular el espectro de Fourier mediante la función “**fft**” para determinar todas aquellas amplitudes mayores a 0.05 y proceder a determinar la duración efectiva en el cual se puede observar mejor en el anexo (4).

Por lo tanto, al ejecutar el código se obtiene:

✓ Lima

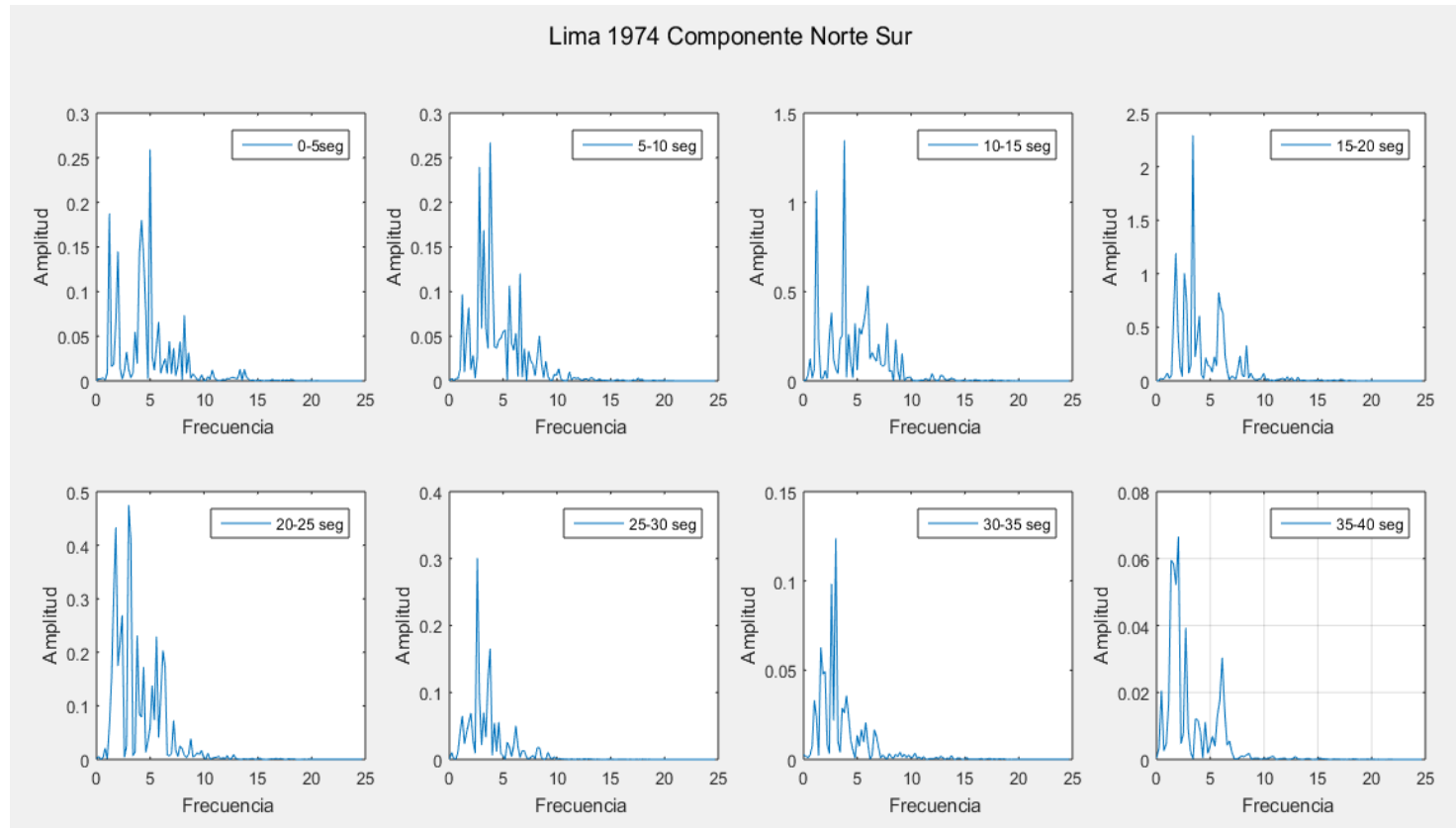


Figura 32-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Lima componente Norte-Sur

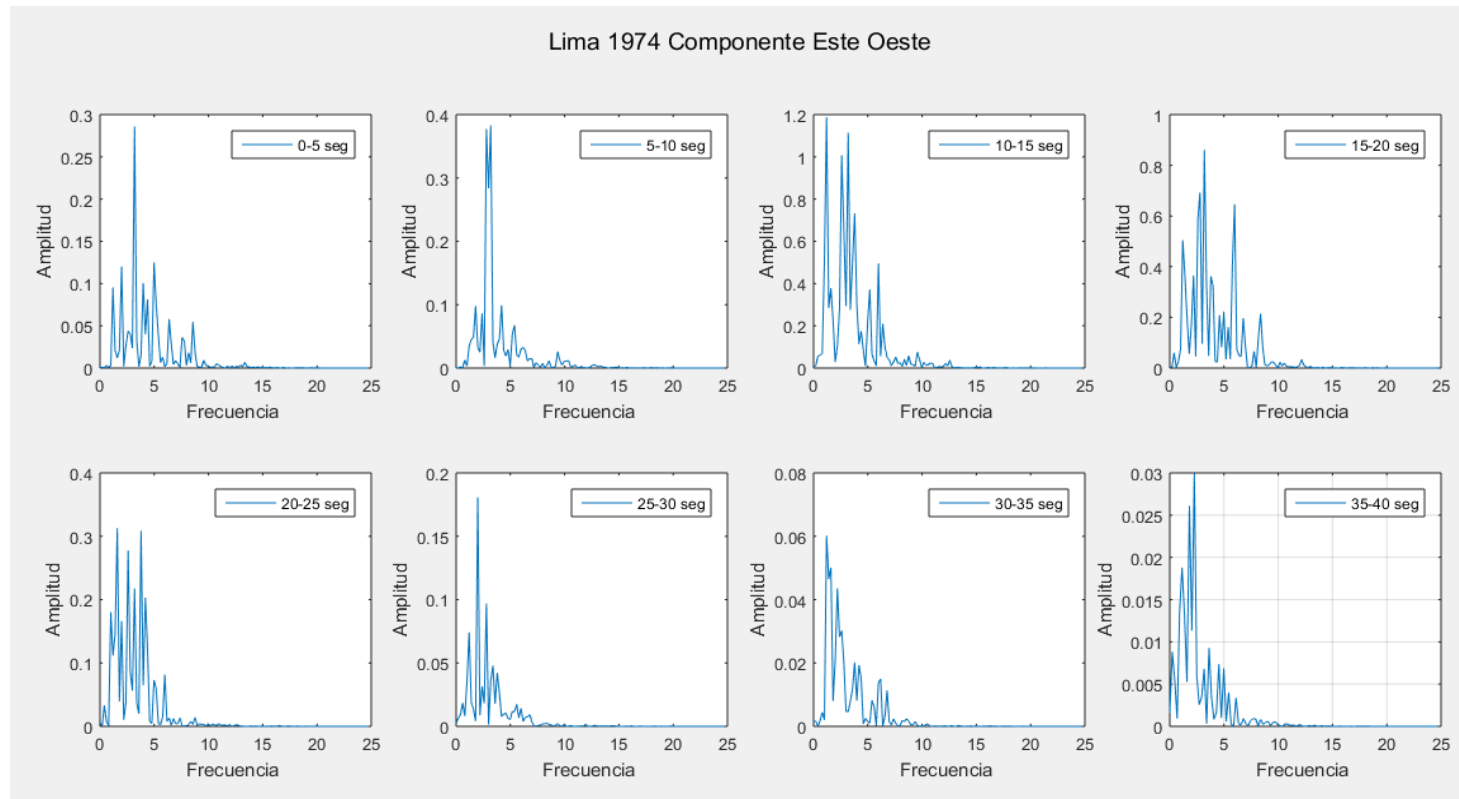


Figura 33-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Lima componente Este-Oeste

Por lo cual se puede observar en la figura 32 y en la figura 33 la duración efectiva se define que para el componente Norte Sur la duración es de 0 a 40 segundos y para el componente Este Oeste es de 0 a 35 segundos.

✓ Ensayo de simulación sísmica

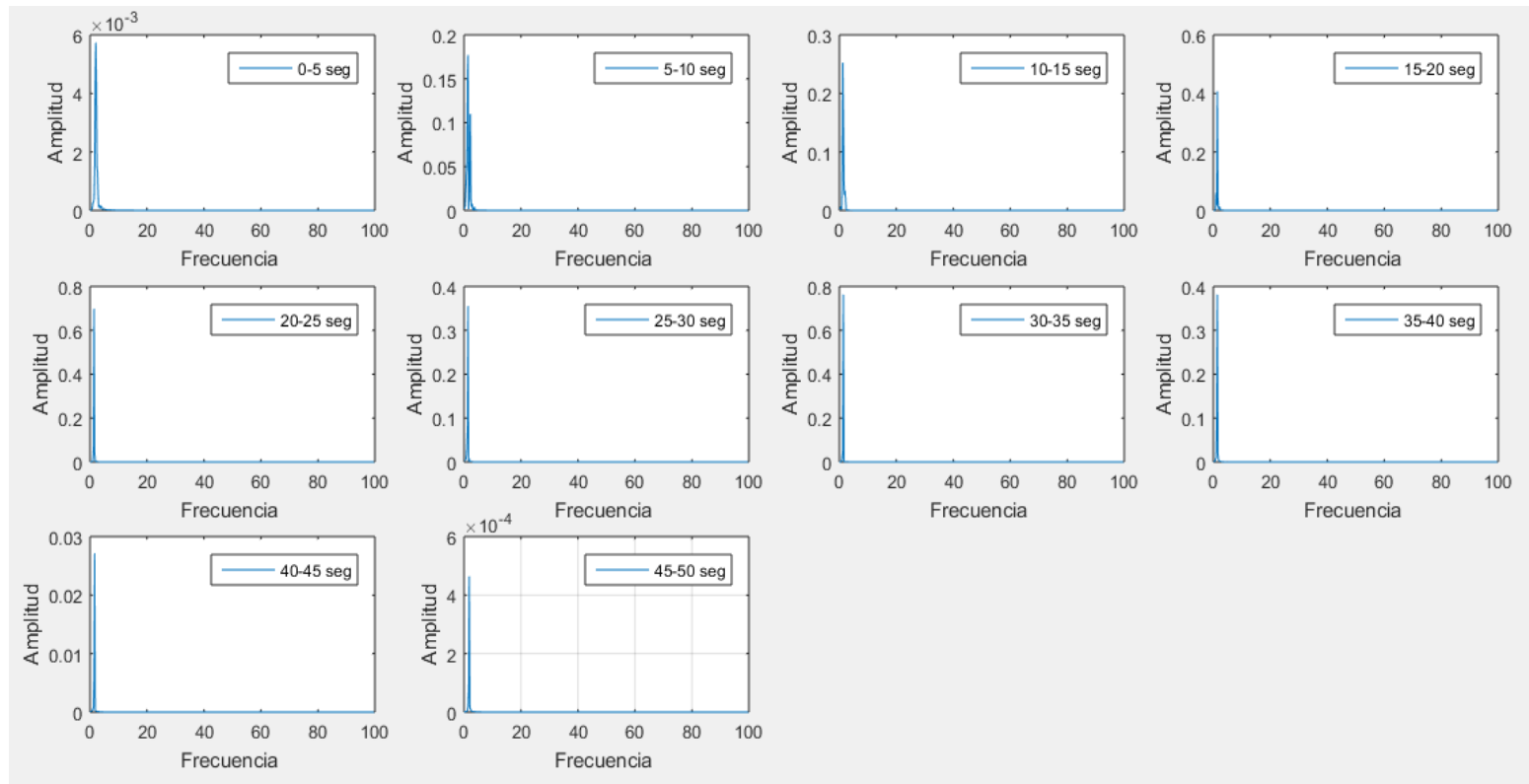


Figura 34-Espectro de Fourier cada 5 segundos del ensayo de simulación sísmica

Dando como resultado una duración efectiva de 5 a 40 segundos.

✓ Pedernales

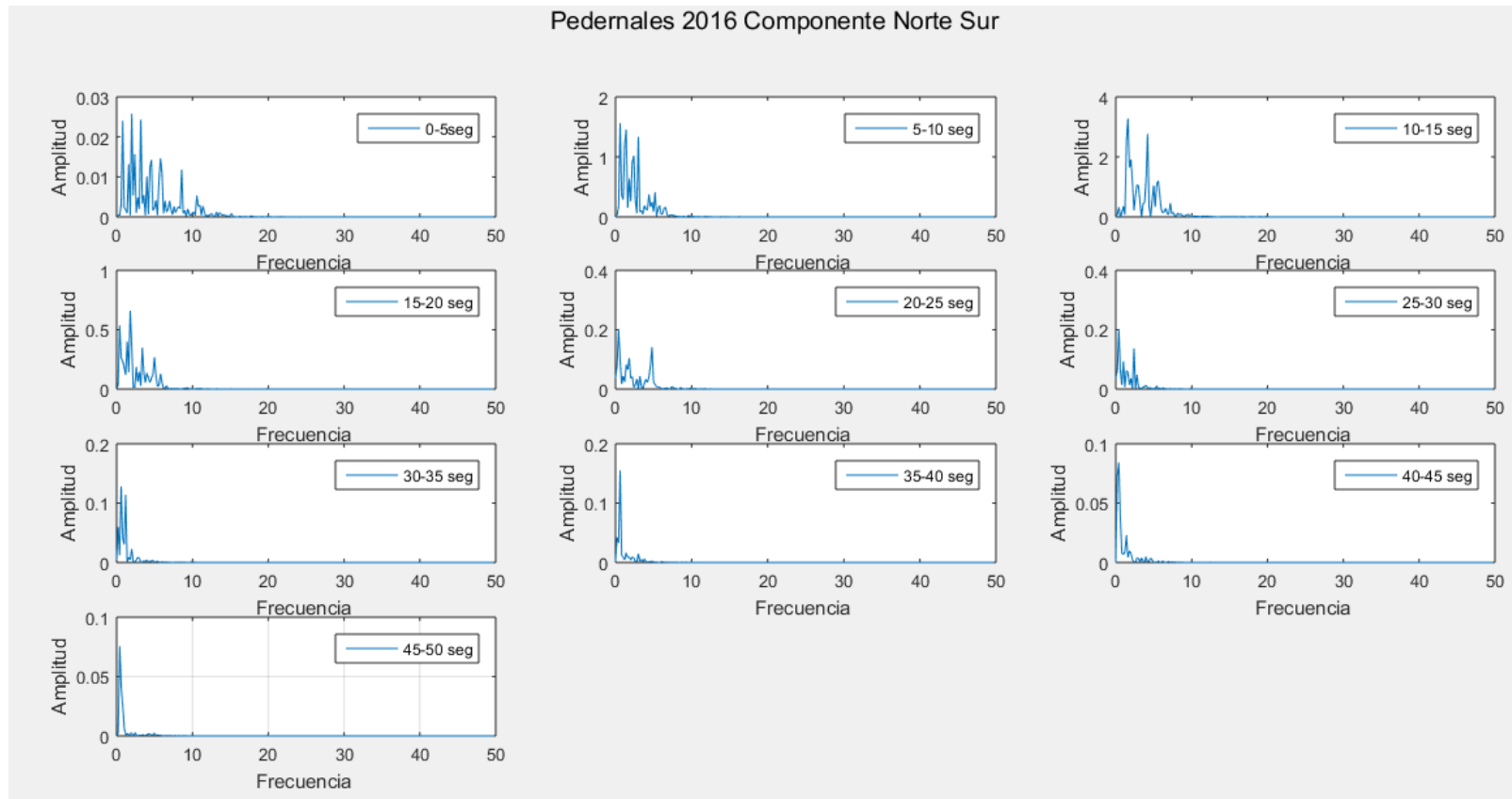


Figura 35-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Pedernales componente Norte-Sur

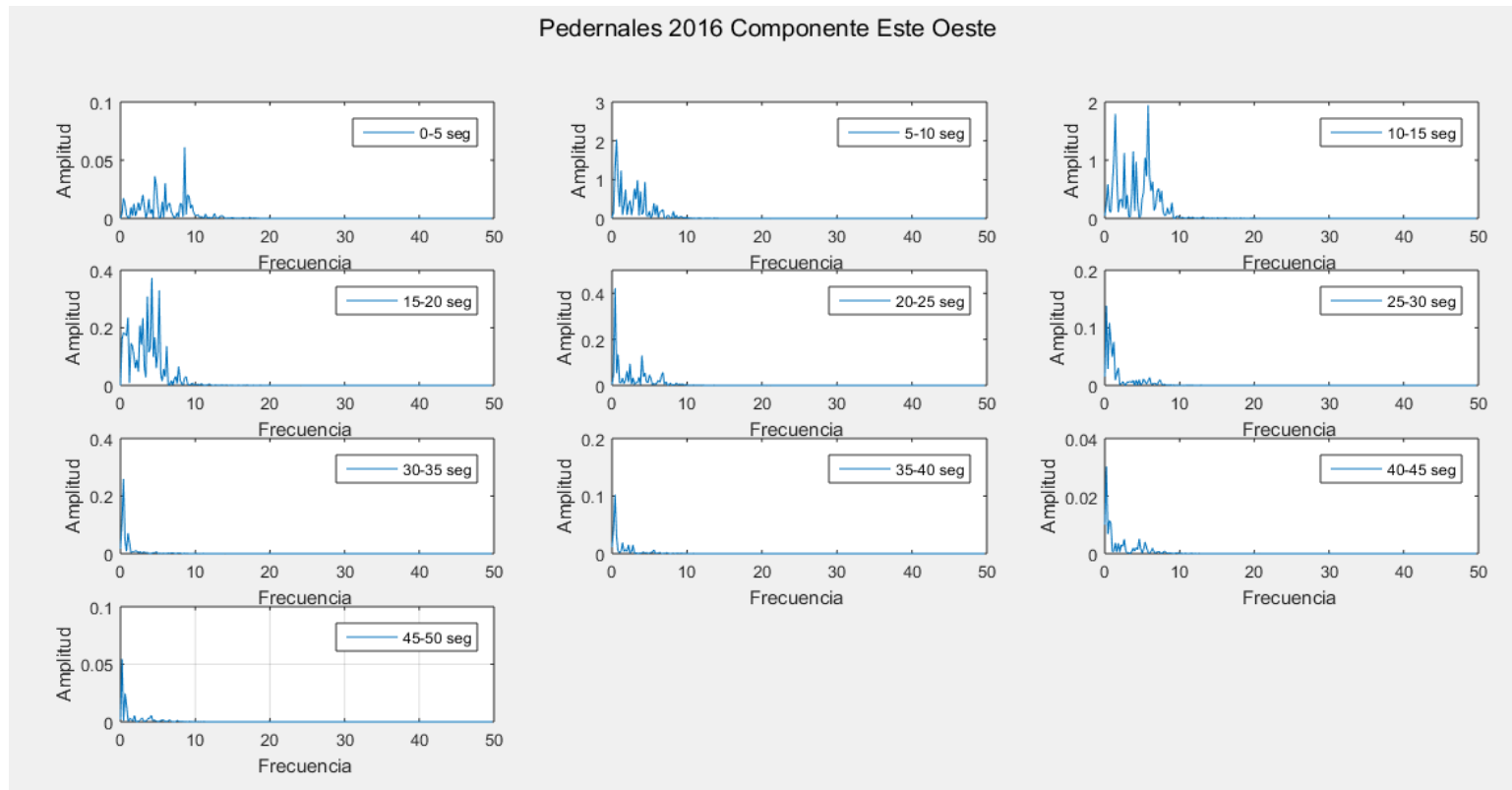


Figura 36-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Pedernales componente Este-Oeste

Por lo tanto, se puede observar que la duración efectiva se define para el componente Norte Sur de 5 a 50 segundos y para el componente Este Oeste de 0 a 40 segundos.

✓ Loma Prieta

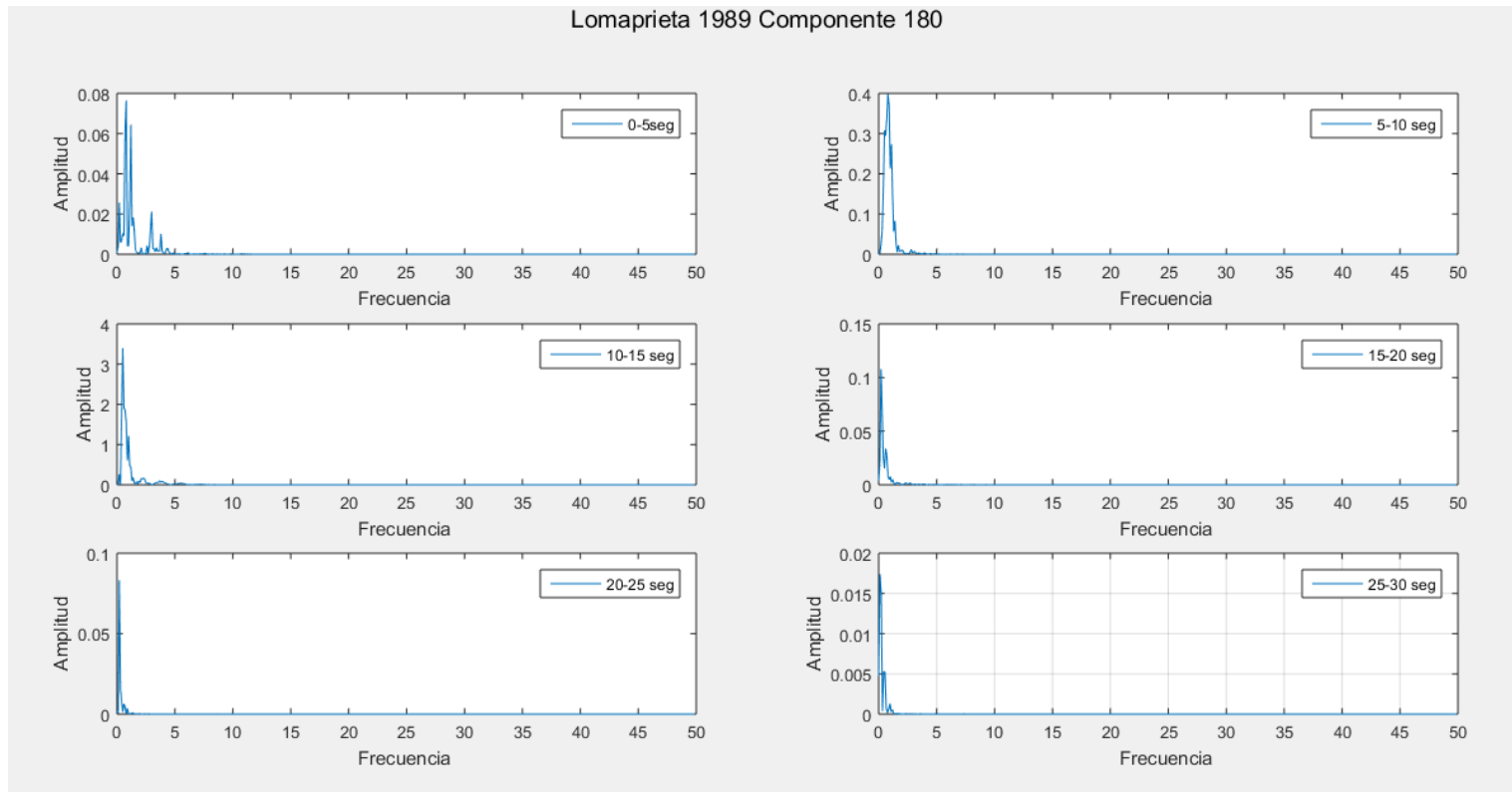


Figura 37-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Loma Prieta componente 180

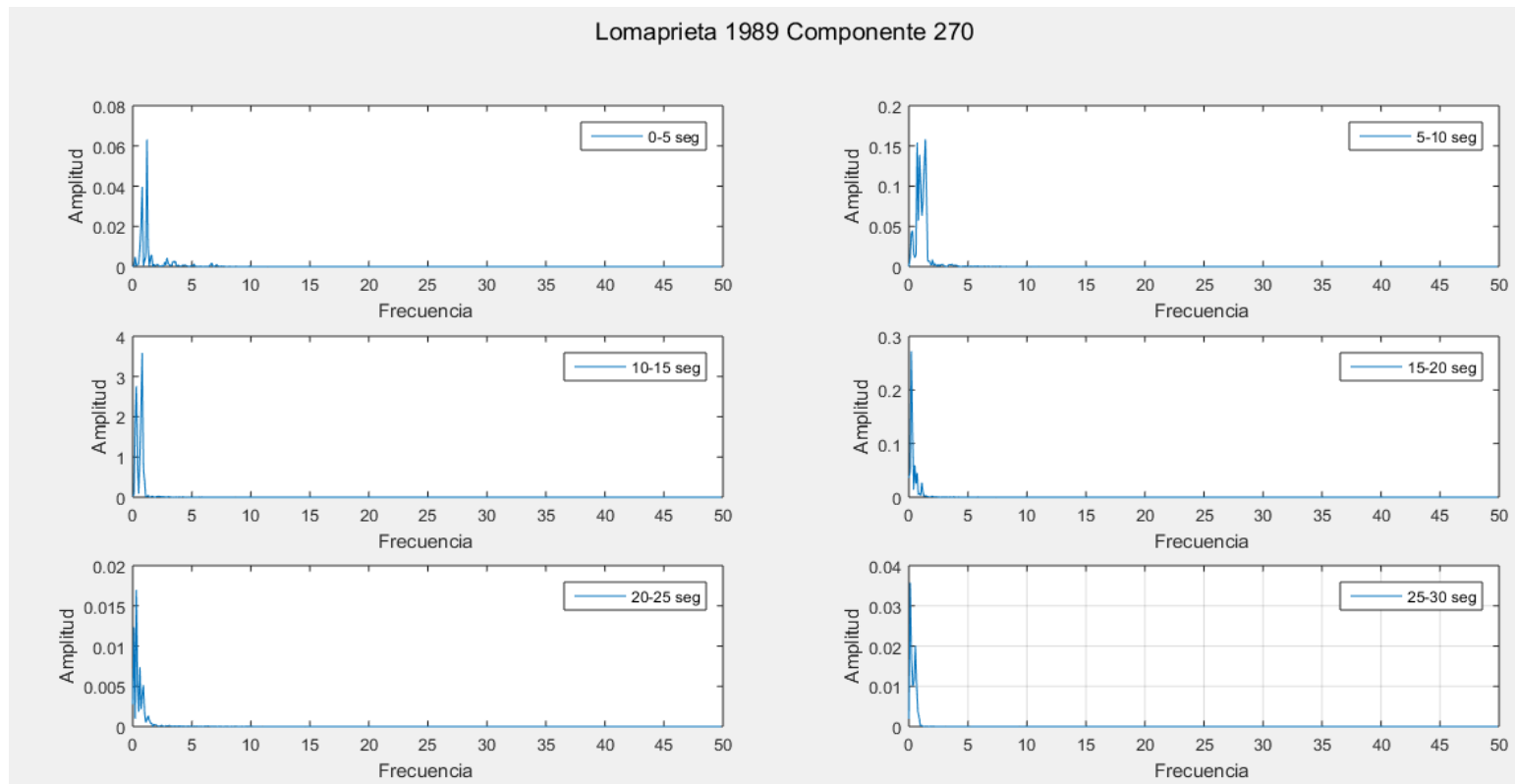


Figura 38-Espectro de Fourier cada 5 segundos del sismo de Loma Prieta componente 270

Dando como resultado una duración efectiva para el componente Norte Sur de 0 a 25 segundos, y para el componente Este Oeste de 0 a 20 segundos.

En la siguiente tabla se resumen las duraciones efectivas de los registros a tratar

Tabla 7-Duración efectiva de los registros analizados

SISMO	DURACIÓN EFECTIVA (segundos)	
	Componente Norte-Sur	Componente Este-Oeste
Lima 1974	0 - 40	0 - 35
	5-40	
Ensayo de Simulación Sísmica	5-40	
Pedernales 2016	5 - 50	0 - 40
	Componente 180	Componente 270
Loma Prieta 1989	0 - 25	0 - 20

Fuente: Autor

3.2.5. IMPLEMENTACIÓN DE TODAS LAS CORRECCIONES Y FILTROS AL REGISTRO EN MATLAB.

El código tiene otra opción la cual permite corregir por línea base, filtrar el ruido, y mostrar ya con la duración efectiva, se lo logra utilizando todas las funciones mencionadas anteriormente, en ese orden respectivamente, es decir primero se corrige primero por línea base, para luego filtrar el ruido, y posteriormente mostrar con la duración efectiva, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 8-Valores máximos y mínimos de la aceleración después de tratar el acelerograma

Registro		ACELERACIÓN (cm/seg ²)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	108.42	79.16
	Mínimo	-109.32	-89.94
Simulación Sísmica	Máximo	117.65	
	Mínimo	-156.59	
Pedernales	Máximo	405.33	511.70
	Mínimo	-413.25	-339.01
Loma Prieta	Máximo	134.20	147.48
	Mínimo	-216.23	-232.86

Fuente: Autor

Tabla 9-Valores máximos y mínimos de la velocidad después de tratar el acelerograma

Registro		VELOCIDAD (cm/seg)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	7.63	4.54
	Mínimo	-8.46	-5.08
Simulación Sísmica	Máximo	20.01	
	Mínimo	-19.88	
Pedernales	Máximo	30.39	33.05
	Mínimo	-42.58	-28.48
Loma Prieta	Máximo	30.71	18.65
	Mínimo	-33.40	-27.40

Fuente: Autor

Tabla 10-Valores máximos y mínimos del desplazamiento después de tratar el acelerograma

Registro		DESPLAZAMIENTO (m)	
		Componente Este-Oeste	Componente Norte-Sur
Lima	Máximo	1.05	1.27
	Mínimo	-2.38	-1.30
Simulación Sísmica	Máximo	4.04	
	Mínimo	-2.58	
Pedernales	Máximo	16.12	10.53
	Mínimo	-17.23	-11.28
Loma Prieta	Máximo	11.40	4.82
	Mínimo	-10.02	-3.70

Fuente: Autor

Dando las siguientes gráficas:

✓ Lima

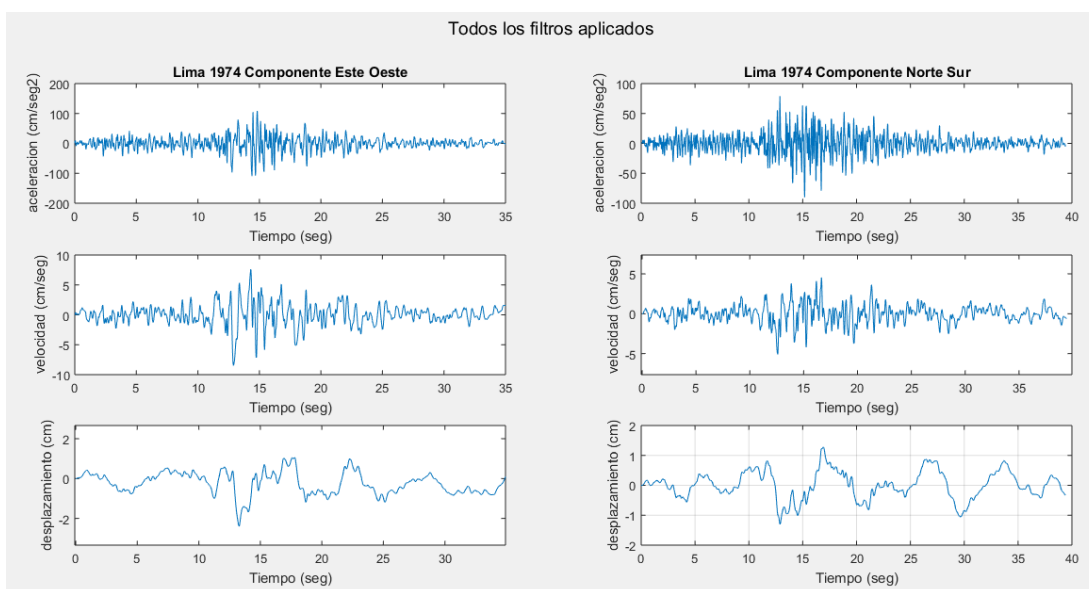


Figura 39-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Lima

✓ **Ensayo de Simulación Sísmica**

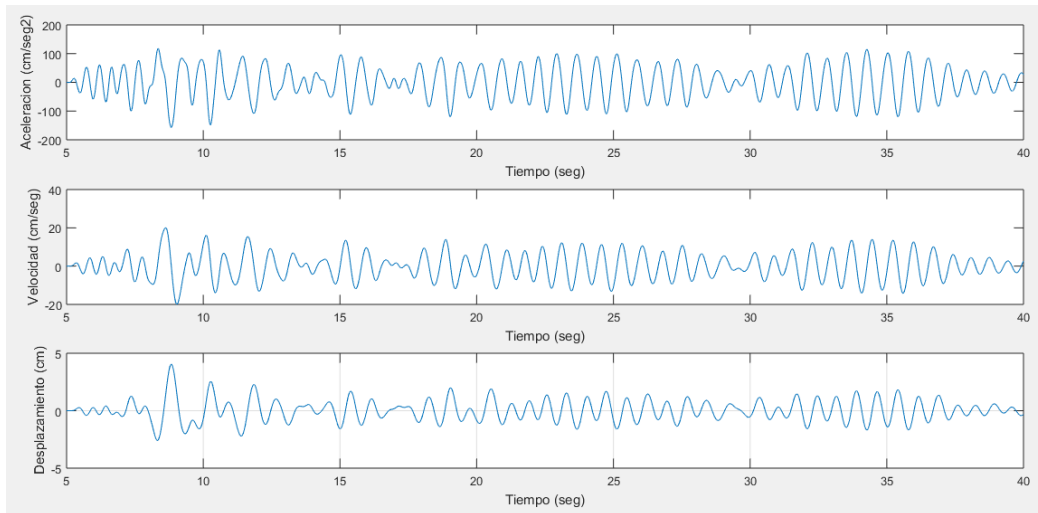


Figura 40-Todas las correcciones y filtros aplicados en el ensayo de simulación sísmica

✓ **Pedernales**

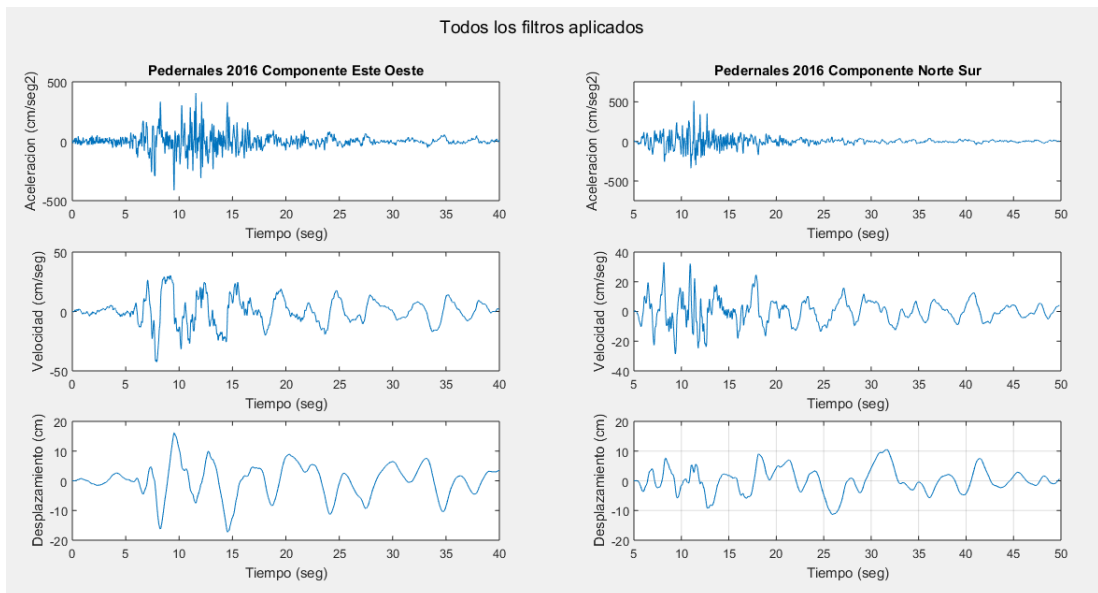


Figura 41-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Pedernales

✓ Loma Prieta

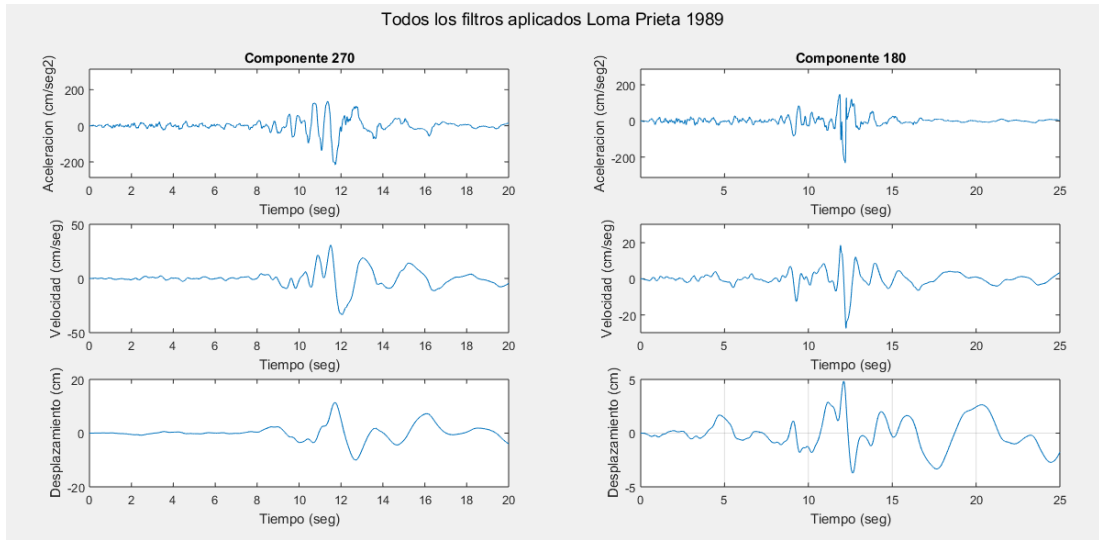


Figura 42-Todas las correcciones y filtros aplicados en el sismo de Loma Prieta

Capítulo 4

4.1. DESARROLLO DEL CÓDIGO EN PYTHON

Se procedió a programar las mismas funciones explicadas en el capítulo 3 pero en Python para eventualmente compararlas. Se debe recordar que Python es un software de descarga gratis en el cual los códigos se desarrollaron en Spyder que es un entorno científico escrito en Python, en estos entornos se deben importar primero las bibliotecas donde se encuentran las funciones, o comandos a utilizar, Se debe recalcar que este código servirá como comparación con el código en Matlab explicado en el capítulo anterior.

Al igual que en Matlab se debe importar el registro, sin embargo, en Python se debe importar desde las bibliotecas **“numpy”** como **“np”** para lograr la función de **“np.loadtxt”**, la cual permite cargar archivos formatos “.txt”, numpy permite utilizar como un contenedor multidimensional de datos genéricos y definir datos arbitrarios dando oportunidad de integrar una amplia variedad de base de datos, para importar los registros se debe indicar el salto de encabezado y la columna correspondiente para el caso de los formatos Cismid.

De igual manera para poder mostrar los gráficos se debe importar **“matplotlib.pyplot”** como **“plt”** la cual permite generar diagramas, histogramas, espectros de potencia, gráficos de barras, diagramas de error, etc., con tan solo pocas líneas de código tal como se indica en el anexo (6).

4.1.1. IMPLEMENTACIÓN DE LA CORRECCIÓN DE LÍNEA BASE EN PYTHON

Para corregir la línea base primero se debe importar **“signal”** de la librería **“scipy”**, la cual es un vector proporcionado por el módulo numpy y la función para realizarlo es **“signal.detrend”**, para posteriormente integrar la señal para obtener la velocidad y el desplazamiento mediante la función **“integrate.cumtrapz”** de la librería **“scipy”**.

4.1.2. IMPLEMENTACIÓN PARA FILTRAR EL RUIDO MEDIANTE FILTROS BUTTERWORTH EN PYTHON

Lo primero que se debe hacer es importar **“butter”** y **“filter”** de la librería **“scipy.signal”**, para así crear las funciones del método de Butterworth las cuales permiten especificar que tipo de filtro, la cual en el caso de este proyecto es pasa banda, se requiere la frecuencia de muestreo, definir las frecuencias de corte y el orden del filtro, que son las mismas definidas en el capítulo 3, para después integrar y obtener la velocidad y el desplazamiento respectivamente, la cual el código creado se podrá observar en el anexo(6).

4.1.3. IMPLEMENTACIÓN DE LA DURACIÓN EFECTIVA EN PYTHON

Para la determinación de la duración efectiva se requiere **“fft”** de **“scipy”**, para obtener el espectro de respuesta mediante la transformada rápida de Fourier como se indicó en el capítulo 3 sección 3.2.3.

Es decir, obtener el espectro cada 5 segundos de la señal, y mostrar n ventanas necesarias para definir la duración efectiva. Para lograr entender mejor véase el anexo (6).

4.1.4. IMPLEMENTACIÓN DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN PYTHON

Como se explicó anteriormente, ya aplicando todas las correcciones y filtros se procede a calcular el espectro de respuesta con la aceleración ya tratada y se incorporó el espectro sin tratar para comparar los resultados, para el cálculo del espectro se utilizó el paquete de **“eqsig”**.

El cual es un procesamiento de señales para datos de campo y experimentales para ingeniería sísmica, que proporciona funciones comunes para calcular los parámetros del movimiento del suelo y realizar el procesamiento de la señal.

Las funciones se implementan en matrices numpy o en un objeto de señal que utiliza el almacenamiento en caché para evitar el costoso recálculo de parámetros ampliamente utilizados, los paquetes que se utilizaron fueron **“eqsig.single”** y **“eq.sdof”** en el cual existen funciones para generar el espectro de respuesta considerando las pseudo aceleraciones y pseudo velocidades mediante el método de Nigam y Jennings (1969), y de igual manera se realiza la integral de Duhamels

para obtener el desplazamiento el cual viene incluido en el paquete de eqsig, se considera los mismos parámetros que en Matlab, es decir para un amortiguamiento de 5%, y un periodo establecido el cual tiene un paso de 0.05

✓ Lima

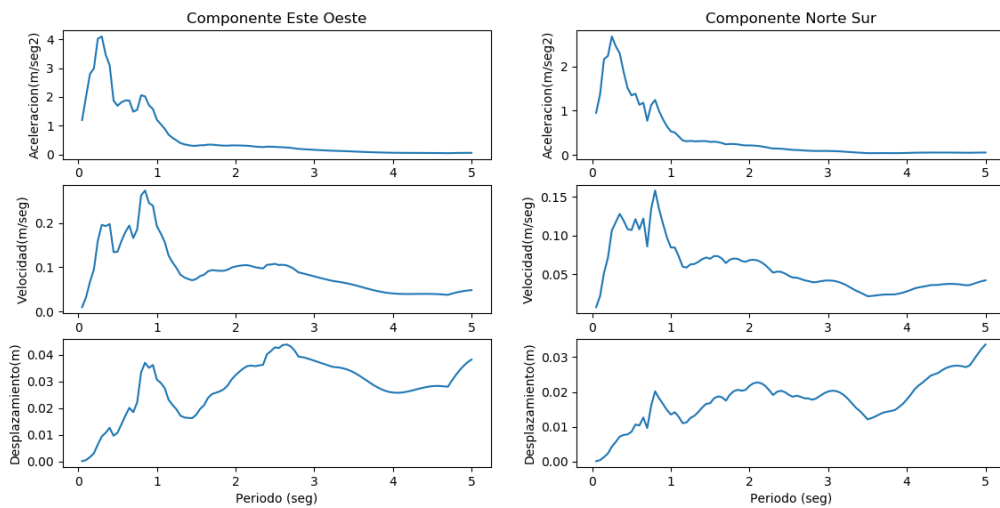


Figura 43-Espectro de Respuesta del sismo de Lima después del tratamiento

✓ Ensayo de Simulación Sísmica

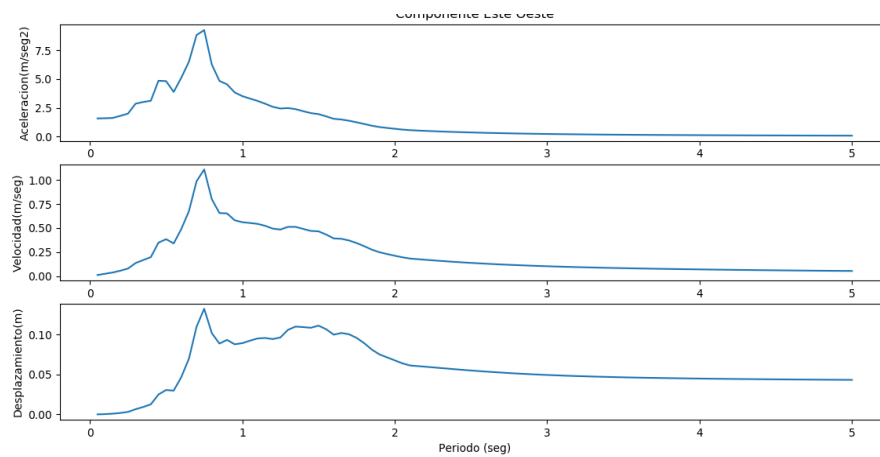


Figura 44-Espectro de Respuesta del ensayo de simulación sísmica después del tratamiento

✓ Pedernales

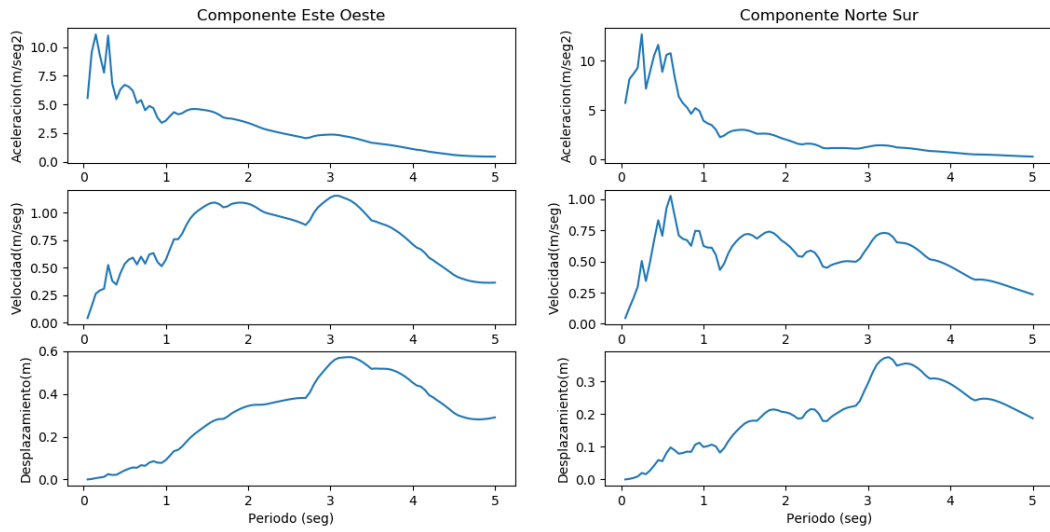


Figura 45-Espectro de Respuesta del sismo de Pedernales después del tratamiento

✓ Loma Prieta

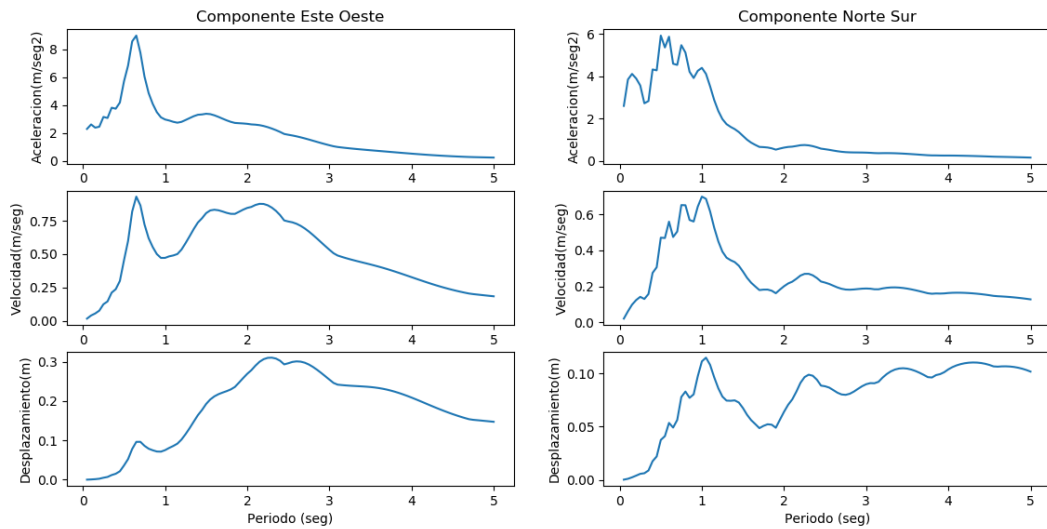


Figura 46-Espectro de Respuesta del sismo de Loma Prieta después del tratamiento

Capítulo 5

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ El registro mientras más alejado del epicentro obtendrá menores valores de aceleración lo cual lleva a que el espectro tanto para valores altos y bajos del periodo no varíen en gran magnitud.
- ✓ La mejor manera de darse cuenta si un acelerograma necesita ser tratada es observando el comportamiento de las gráficas de velocidad y desplazamiento contra el tiempo calculadas, si estas se ven principalmente la del desplazamiento con una tendencia que va aumentando como una parábola y no regresa a su comportamiento inicial, es decir que al final del registro no obtiene valores cercanos a cero o con tendencia a disminuir, lo cual es un gran indicio de que el registro debe ser corregido.
- ✓ El concepto de filtrado de ruido y corrección de línea base no solo se aplica en registros sísmicos también se aplica a cualquier señal medida ya sea ensayos de laboratorios, vibraciones ambientales, monitoreo de salud estructural y eventos sísmicos.
- ✓ Para integrar con éxito una señal dada, es necesario filtrar el ruido de baja frecuencia. Esta operación es problemática "por sí mismo", ya que generalmente es extremadamente difícil distinguir los datos del ruido dentro de los valores medidos, lo que requiere que ambos componentes se eliminen por completo, es por eso que el filtro de pasa banda es el más utilizado.
- ✓ Se llegó a la conclusión de que un rango apropiado para definir la duración efectiva sea toda aquella señal mayor a 0.05 de la amplitud normalizada calculada con el espectro de Fourier, debido a que valores menores a estos no influirían en la respuesta esperada.
- ✓ Como se puede observar a simple vista no varía a gran escala el espectro de respuesta de los registros sísmicos, por lo tanto, se recalca la importancia de hacer un tratamiento a los acelerogramas, debido a

que pueden ser excluidos por esta razón, no obstante, es primordial realizarlo ya que las gráficas antes del tratamiento de acelerogramas comparando con las de después del tratamiento se nota el gran cambio tanto en las gráficas como en los valores que se obtienen, para lograr un resultado más certero, esto se debe a que cuando se tiene ensayos en péndulos simples en un grado de libertad no existe mucha diferencia, existe este cambio cuando se tiene respuesta de sitio, estructuras con respuestas no lineales y sistemas que tienen amortiguador.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que para corregir línea base usar mediante la función detrend, la cual básicamente resta la media o una línea de mejor ajuste en el sentido de mínimos cuadrados del vector de la aceleración y posteriormente integrarla corregida para obtener la velocidad y el desplazamiento
- ✓ Para filtrar el ruido es importante definir claramente las frecuencias de corte debido a que definen los límites del filtro de pasa banda, lo cual se recomienda que al ingresar un nuevo registro darle prioridad, y estudiar a fondo cuales son las frecuencias que se quiere filtrar, es decir cuáles son los rangos de trabajo de la señal a analizar.
- ✓ Es recomendable que al usar el filtro pasa banda de Butterworth para frecuencias de muestreo de 200 Hz o mayores usar un orden de 4 y para frecuencias de muestreo de 100 Hz o menores usar un orden de 5.
- ✓ Revisar la presencia o no de pre eventos para la duración efectiva del registro, que podrían detectarse en el espectro de frecuencia alterando el análisis.
- ✓ Revisar el origen de cada registro para obtener detalles como: unidades, frecuencia de muestreo, ubicación de la estación (en el caso de registro sísmico).
- ✓ Para el cálculo del espectro de respuesta es recomendable usar el método de Nigam y Jennings debido a que es considerado un método

más certero al calcular las pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y desplazamiento, se recomienda de igual manera que se estudie más a fondo, el método presentado para el valor del amortiguamiento dado.

REFERENCIAS

- Aguilar, P. S., & Arias, S. G. (2019). PROPUESTA DE REFORZAMIENTO DE UN EDIFICIO AFECTADO EN EL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 UBICADO EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO UTILIZANDO DISIPADORES DE ENERGÍA DE FLUIDO VISCOSO. Escuela Politécnica Nacional.
- Arrieta, E. A. (2011). TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES Y CONSTRUCCIÓN DE UN CATÁLOGO SÍSMICO CON EVENTOS DEL CLUSTER PISAYAMBO. Universidad Politécnica Salesiana.
- Carreño, E., Bravo, B., Suárez, A., & Tordesillas, J. M. (1999). Registro y Tratamiento de Acelerogramas.
- Giner, J. (2011). TRATAMIENTO DE ACELEROGRAMAS.
- Hayes, M. H. (1999). Schaum's outline of theory and problems of digital signal processing. McGraw Hill.
- Hidalgo, D. H. (2011). PROCESAMIENTO DE LOS ACELEROGRAMAS DE LA RED DE ACELERÓGRAFOS DE LA CIUDAD DE QUITO. Escuela Politécnica Nacional.
- Hu Guorui, L. T. (2015). Review on Baseline Correction of Strong-Motion Accelerogram. International Journal of Science, Technology and Society, 3, 309-314.

Huircán, J. I. (2012). Filtros Activos, Conceptos Básicos y Diseño. Universidad de La Frontera Departamento de Ingeniería Eléctrica.

Jiménez, C. O. (2007). PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES SISMICAS EN ENTORNO MATLAB.

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). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Monzón, A. J. (2013). Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.

Paspuezán, P., & Vargas, L. (2018). Evaluación de las respuestas máximas obtenidas a través del análisis paso a paso en el tiempo con acelerogramas artificiales generados mediante software, en cuatro edificios de distinto periodo, ubicados en Quito y Pedernales. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

PEER Ground Motion Database—PEER Center. (s. f.). Recuperado 5 de febrero de 2020, de <https://ngawest2.berkeley.edu/spectras/260507/searches/new>

Rascón, O., Chavez, M., Alonso, L., & Palencia, V. (1951). Corrección de línea base de registro de temblores. 98.

Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)—Instituto Geofísico—EPN. (s. f.).

Recuperado 27 de diciembre de 2019, de

<https://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>

REDACIS - Red acelerográfica del CISMID/FIC/UNI. (s. f.). Recuperado 5 de

febrero de 2020, de <http://ceois.cismid-uni.org/red/#>

ANEXOS

ANEXO 1: CÓDIGO UTILIZADO EN MATLAB ANTES DE CORREGIR Y FILTRAR

```
case 1
filename='MOL_19741109075954.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=37;
A_1=importdata ('MOL_19741109075954.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

[CCol_EW] =A_1.data (: ,2);
[CCol_NS] =A_1.data (: ,3);
[m1, ~] =size (CCol_EW);
dt=0.02;
t=0: dt: m1*dt-dt;
t=transpose(t);

fm=50;

V1EW=cumtrapz (t, CCol_EW);
V1NS=cumtrapz (t, CCol_NS);
D1EW=cumtrapz (t, V1EW);
D1NS=cumtrapz (t, V1NS);

figure

subplot (3,2,1); plot (t, CCol_EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (t, CCol_NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (t, V1EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t, V1NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t, D1EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,6); plot (t, D1NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lima 1974');
grid on

Y1=fft (CCol_EW, m1);
Pyy1=Y1. * conj(Y1) /m1;

Y2=fft (CCol_NS, m1);
Pyy2=Y2. * conj(Y2) /m1;
f=(fm) * (0:m1/2-1) /m1;
```

```

figure
subplot (1,2,1); plot (f, Pyy1(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente EW');
ylabel ('amplitud');
title ('FRECUENCIA DEL Lima 1974');
subplot (1,2,2); plot (f, Pyy2(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente NS');
ylabel('amplitud');
grid on

%%Lima 1974
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T=0.05:0.05:5;

Ac1=CCol_EW/100;
Ac2=CCol_NS/100;
maxu_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length (T);
clear u_EW v_EW a_EW u_NS v_NS a_NS; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u_EW=dt * conv (h, -Ac1); %se calcula los desplazamientos mediante la
convolución entre h(t) y las aceleraciones
u_NS=dt*conv (h, -Ac2);
maxu_EW(i)=max(abs(u_EW)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
maxu_NS(i)=max(abs(u_NS));
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v_EW=gradient (u_EW, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a_EW=gradient (v_EW, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_EW_abs=a_EW (1: length (Ac1)) +Ac1; %acumula las aceleraciones máximas
absolutas para cada periodo

v_NS=gradient (u_NS, dt);
a_NS=gradient (v_NS, dt);
a_NS_abs=a_NS (1: length (Ac2)) +Ac2;
%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv_EW(i)=max(abs(v_EW)); %acumula las velocidades máximas absolutas para cada
oscilador
maxa_EW(i)=max(a_EW_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
cada oscilador

maxv_NS(i)=max(abs(v_NS));

```

```

maxa_NS(i)=max(a_NS_abs);
%Pseudo-Velocidad:
pv_EW(i)=maxu_EW(i)*wn;
pv_NS(i)=maxu_NS(i)*wn;
%Pseudo-Aceleración:
pa_EW(i)=maxu_EW(i)*wn^2;
pa_NS(i)=maxu_NS(i)*wn^2;
end
T= [0, T];
maxa_EW = [max (abs (Ac1)), maxa_EW];
pa_EW = [max (abs (Ac1)), pa_EW];

maxa_NS = [max (abs (Ac2)), maxa_NS];
pa_NS = [max (abs (Ac2)), pa_NS];

figure
subplot (3,2,1); plot (T_, pa_EW_); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (T_, pa_NS_); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (T_, [0, pv_EW]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,4); plot (T_, [0, pv_NS]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,5); plot (T_, [0, maxu_EW]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
subplot (3,2,6); plot (T_, [0, maxu_NS]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Lima 1974');
grid on

break
case 2
%Mesa Vibratoria
filename='P1 F1 final.xlsx';
sheet=1;
xlRange='F9:F10008';
MCol1=xlsread ('P1 F1 final.xlsx', sheet, xlRange);
MCol=MCol1*981;
[m1, n1] =size (MCol);

dt=0.005;
t=0: dt: m1*dt-dt;
t=transpose(t);
fm=200;

V=cumtrapz (t, MCol);
D=cumtrapz (t, V);

figure
subplot (3,1,1); plot (t, MCol); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)');
subplot (3,1,2); plot (t, V); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t, D); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Mesa Vibratoria');

```

```

grid on

Y=fft (MCol, m1);
Pyy=Y.*conj(Y)/m1;

f=(fm)*(0:m1/2-1) /m1;

figure
plot (f, Pyy(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente EW'); ylabel ('amplitud');
title ('FRECUENCIA DEL ENSAYO DE LABORATORIA "MESA VIBRATORIA"');
grid on

%MESA VIBRATORIA
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T1=0.05:0.05:5;
Ac3=MCol/100;
maxu=zeros(size(T1)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv=zeros(size(T1)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa=zeros(size(T1)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv=zeros(size(T1)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa=zeros(size(T1)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T1);
clear u v a; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T1(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u=dt*conv (h, -Ac3); %se calcula los desplazamientos mediante la convolución
entre h(t) y las aceleraciones
maxu(i)=max(abs(u)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v=gradient (u, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a=gradient (v, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_abs=a (1: length (Ac3)) +Ac3; %acumula las aceleraciones máximas absolutas
para cada periodo

%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv(i)=max(abs(v)); %acumula las velocidades máximas absolutas para cada
oscilador
maxa(i)=max(a_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para cada
oscilador

%Pseudo-Velocidad:
pv(i)=maxu(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa(i)=maxu(i)*wn^2;
end
T1 = [0, T1];
maxa = [max (abs (Ac3)), maxa];
pa = [max (abs (Ac3)), pa];

```

```

figure
subplot (3,1,1); plot (T1_, pa_); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)');
subplot (3,1,2); plot (T1_, [0, pv]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,1,3); plot (T1_, [0, maxu]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Mesa Vibratoria');
grid on

break
case 3
filename='AMNT_201604162359_E_100.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=13;
A_3=importdata ('AMNT_201604162359_E_100.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

filename2='AMNT_201604162359_N_100.txt';
delimiterIn2=' ';
headerlinesIn2=13;
A_33=importdata ('AMNT_201604162359_N_100.txt', delimiterIn2, headerlinesIn2);

[RCol_EW3] =Renac_Rcol(A_3.data);
[RCol_NS3] =Renac_Rcol(A_33.data);
[m1, ~] =size (RCol_EW3);
dt=0.01;
t=0: dt: m1*dt-dt;
t=transpose(t);
fm=100;

V3EW=cumtrapz (t, RCol_EW3);
V3NS=cumtrapz (t, RCol_NS3);
D3EW=cumtrapz (t, V3EW);
D3NS=cumtrapz (t, V3NS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t, RCol_EW3); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE EW ');
subplot (3,2,2); plot (t, RCol_NS3); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE NS ');
subplot (3,2,3); plot (t, V3EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t, V3NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t, D3EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,6); plot (t, D3NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Pedernales 2016');
grid on

Y1=fft (RCol_EW3, m1);

```

```

Pyy1=Y1. * conj(Y1) /m1;

Y2=fft (RCol_NS3, m1);
Pyy2=Y2. * conj(Y2) /m1;
f=(fm)*(0:m1/2-1) /m1;

figure
subplot (1,2,1); plot (f, Pyy1(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente EW');
ylabel ('amplitud');
title ('FRECUENCIA DEL SISMO Pedernales 2016');
subplot (1,2,2); plot (f, Pyy2(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente NS');
ylabel ('amplitud');
grid on
%%Pedernales 2016
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T2=0.05:0.05:5;
Ac5=RCol_EW3/100;
Ac6=RCol_NS3/100;
maxu_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T2);
clear u_EW5 v_EW5 a_EW5 u_NS5 v_NS5 a_NS5; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T2(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u_EW5=dt*conv (h, -Ac5); %se calcula los desplazamientos mediante la
convolución entre h(t) y las aceleraciones
u_NS5=dt*conv (h, -Ac6);
maxu_EW5(i)=max (abs(u_EW5)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
maxu_NS5(i)=max (abs(u_NS5));
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v_EW5=gradient (u_EW5, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a_EW5=gradient (v_EW5, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_EW5_abs=a_EW5(1: length (Ac5)) +Ac5; %acumula las aceleraciones máximas
absolutas para cada periodo

v_NS5=gradient (u_NS5, dt);
a_NS5=gradient (v_NS5, dt);
a_NS5_abs=a_NS5(1: length (Ac6)) +Ac6;
%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv_EW5(i)=max(abs(v_EW5)); %acumula las velocidades máximas absolutas para
cada oscilador

```



```

maxa_EW5(i)=max(a_EW5_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
cada oscilador

maxv_NS5(i)=max(abs(v_NS5));
maxa_NS5(i)=max(a_NS5_abs);
%Pseudo-Velocidad:
pv_EW5(i)=maxu_EW5(i)*wn;
pv_NS5(i)=maxu_NS5(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa_EW5(i)=maxu_EW5(i)*wn^2;
pa_NS5(i)=maxu_NS5(i)*wn^2;
end
T2_ = [0, T2];
maxa_EW5_ = [max(abs(Ac5)), maxa_EW5];
pa_EW5_ = [max(abs(Ac5)), pa_EW5];

maxa_NS5_ = [max(abs(Ac6)), maxa_NS5];
pa_NS5_ = [max(abs(Ac6)), pa_NS5];

figure
subplot(3,2,1); plot(T2_, pa_EW5_); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title('COMPONENTE Este Oeste');
subplot(3,2,2); plot(T2_, pa_NS5_); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title('COMPONENTE Norte Sur');
subplot(3,2,3); plot(T2_, [0, pv_EW5]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot(3,2,4); plot(T2_, [0, pv_NS5]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot(3,2,5); plot(T2_, [0, maxu_EW5]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
subplot(3,2,6); plot(T2_, [0, maxu_NS5]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle('Espectro de respuesta Pedernales 2016');
grid on

break
case 4
filename='RSN738_LOMAP_NAS270.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=4;
A_4=importdata('RSN738_LOMAP_NAS270.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

filename2='RSN738_LOMAP_NAS180.txt';
delimiterIn2=' ';
headerlinesIn2=4;
A_44=importdata('RSN738_LOMAP_NAS180.txt', delimiterIn2, headerlinesIn2);

[VCol_EW4] =Peer_Vcol(A_4.data);
[VCol_NS4] =Peer_Vcol(A_44.data);
[m1, ~] =size(VCol_EW4);
dt=0.005;
t=0: dt: m1*dt-dt;
t=transpose(t);

fm=200;

```

```

V4EW=cumtrapz (t, VCol_EW4);
V4NS=cumtrapz (t, VCol_NS4);
D4EW=cumtrapz (t, V4EW);
D4NS=cumtrapz (t, V4NS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t, VCol_EW4); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE 270');
subplot (3,2,2); plot (t, VCol_NS4); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Aceleración (cm/seg2)'); title ('COMPONENTE 180');
subplot (3,2,3); plot (t, V4EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t, V4NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t, D4EW); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,6); plot (t, D4NS); xlabel ('tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Loma Prieta 1989')
grid on

Y1=fft (VCol_EW4, m1);
Pyy1=Y1. * conj(Y1) /m1;
Y2=fft (VCol_NS4, m1);
Pyy2=Y2. * conj(Y2) /m1;
f=(fm)*(0:m1/2-1) /m1;

figure
subplot (1,2,1); plot (f, Pyy1(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente 270');
ylabel('amplitud');
title ('FRECUENCIA DEL SISMO 1989');
subplot (1,2,2); plot (f, Pyy2(1:m1/2)); xlabel ('frecuencia componente 180');
ylabel('amplitud');
grid on

%%Loma Prieta 1989
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T3=0.05:0.05:5;
Ac7=VCol_EW4/100;
Ac8=VCol_NS4/100;
maxu_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%

```

```

z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T3);
clear u_EW7 v_EW7 a_EW7 u_NS7 v_NS7 a_NS7; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T3(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u_EW7=dt*conv (h, -Ac7); %se calcula los desplazamientos mediante la
convolución entre h(t) y las aceleraciones
u_NS7=dt*conv (h, -Ac8);
maxu_EW7(i)=max(abs(u_EW7)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
maxu_NS7(i)=max(abs(u_NS7));
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v_EW7=gradient (u_EW7, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a_EW7=gradient (v_EW7, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_EW7_abs=a_EW7(1: length (Ac7)) +Ac7; %acumula las aceleraciones máximas
absolutas para cada periodo

v_NS7=gradient (u_NS7, dt);
a_NS7=gradient (v_NS7, dt);
a_NS7_abs=a_NS7(1: length (Ac8)) +Ac8;
%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv_EW7(i)=max(abs(v_EW7)); %acumula las velocidades máximas absolutas para
cada oscilador
maxa_EW7(i)=max(a_EW7_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
cada oscilador

maxv_NS7(i)=max(abs(v_NS7));
maxa_NS7(i)=max(a_NS7_abs);
%Pseudo-Velocidad:
pv_EW7(i)=maxu_EW7(i)*wn;
pv_NS7(i)=maxu_NS7(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa_EW7(i)=maxu_EW7(i)*wn^2;
pa_NS7(i)=maxu_NS7(i)*wn^2;
end
T3_ = [0, T3];
maxa_EW7_ = [max (abs (Ac7)), maxa_EW7];
pa_EW7_ = [max (abs (Ac7)), pa_EW7];

maxa_NS7_ = [max (abs (Ac8)), maxa_NS7];
pa_NS7_ = [max (abs (Ac8)), pa_NS7];

figure
subplot (3,2,1); plot (T3_, pa_EW7_); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (T3_, pa_NS7_); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (T3 , [0, pv_EW7]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,4); plot (T3 , [0, pv_NS7]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,5); plot (T3 , [0, maxu_EW7]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
subplot (3,2,6); plot (T3_, [0, maxu_NS7]); xlabel('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');

```

```
suptitle ('Espectro de respuesta Loma Prieta 1989');  
grid on
```

ANEXO 2: CÓDIGO UTILIZADO EN MATLAB PARA CORREGIR LÍNEA BASE

```
%LIMA 1974  
  
dt=0.02;  
  
t1=0: dt:m1*dt-dt;  
  
t1=transpose(t1);  
  
S1=std (CCol_EW);  
  
S11=std (CCol_NS);  
  
fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a = ' , S1);  
fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a = ' ,S11);  
fprintf ('Por lo tanto se debe realizar la corrección \n');  
  
%COMPONENTE ESTE OESTE%%  
A1=detrend (CCol_EW);  
V1=cumtrapz (t1, A1);  
D1=cumtrapz (t1, V1);  
  
%COMPONENTE NORTE OESTE%%  
A2=detrend (CCol_NS);  
V2=cumtrapz (t1, A2);  
D2=cumtrapz (t1, V2);  
  
figure  
subplot (3,2,1); plot (t1, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración  
(cm/seg2)'); title ('CON CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE Este Oeste');  
subplot (3,2,2); plot (t1, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración  
(cm/seg2)'); title ('CON CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE Norte Sur');  
subplot (3,2,3); plot (t1, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad  
(cm/seg)');  
subplot (3,2,4); plot (t1, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad  
(cm/seg)');  
subplot (3,2,5); plot (t1, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento  
(cm)');  
subplot (3,2,6); plot (t1, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento  
(cm)');  
suptitle ('Lima 1974');  
grid on  
  
%MESA VIBRATORIA
```

```

dt=0.005;

t2=0: dt: m1*dt-dt;

t2=transpose(t2);

S2=std (MCol);

S22=std (MCol);

fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S2);
fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S22);
fprintf ('Por lo tanto se debe realizar la corrección');

A1=detrend (MCol);
V1=cumtrapz (t2, A1);
D1=cumtrapz (t2, V1);

figure
subplot (3,1,1); plot (t2, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('CORRECCION POR LINEABASE ');
subplot (3,1,2); plot (t2, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t2, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Mesa Vibratoria ');
grid on

%PEDERNALES 2016

dt=0.01;

t3=0: dt: m1*dt-dt;

t3=transpose(t3);

S3=std (RCol_EW3);

S33=std (RCol_NS3);

fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S3);
fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S33);
fprintf ('Por lo tanto se debe realizar la corrección');

%COMPONENTE ESTE OESTE%%
A1=detrend (RCol_EW3);
V1=cumtrapz (t3, A1);
D1=cumtrapz (t3, V1);

%COMPONENTE NORTE OESTE%%
A2=detrend (RCol_NS3);
V2=cumtrapz (t3, A2);
D2=cumtrapz (t3, V2);

figure

```

```

subplot (3,2,1); plot (t3, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (t3, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (t3, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t3, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t3, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
subplot (3,2,6); plot (t3, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Pedernales 2016');
grid on

%LOMA PRIETA
dt=0.005;

t4=0: dt: m1*dt-dt;

t4=transpose(t4);

S4=std (VCol_EW4);

S44=std (VCol_NS4);

fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S4);
fprintf ('%s \n','La desviación estándar es igual a =',S44);
fprintf ('Por lo tanto no se debe realizar la corrección');

%COMPONENTE ESTE OESTE%%
A1=detrend (VCol_EW4);
V1=cumtrapz (t4, A1);
D1=cumtrapz (t4, V1);

%COMPONENTE NORTE OESTE%%
A2=detrend (VCol_NS4);
V2=cumtrapz (t4, A2);
D2=cumtrapz (t4, V2);

figure
subplot (3,2,1); plot (t4, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE 270');
subplot (3,2,2); plot (t4, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('CORRECCION POR LINEABASE COMPONENTE 180');
subplot (3,2,3); plot (t4, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t4, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t4, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
subplot (3,2,6); plot (t4, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Loma Prieta 1989');
grid on

```

ANEXO 3: CÓDIGO UTILIZADO EN MATLAB PARA FILTRAR EL RUIDO

```
%LIMA

dt=0.02;

t1=0: dt: m1*dt-dt;

t1=transpose(t1);

fm=50; %Frecuencia de muestreo%
n=5; %Orden de muestreo
fn=0.5*fm; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]= butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

%componente EW
A1=filter (b, a, CCol EW);
A2=filter (b, a, CCol NS);

V1=cumtrapz (t1, A1);
V2=cumtrapz (t1, A2);
D1=cumtrapz (t1, V1);
D2=cumtrapz (t1, V2);

figure
subplot (3,2,1); plot (t1, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (t1, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (t1, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t1, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t1, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
subplot (3,2,6); plot (t1, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Lima 1974');
grid on

%MESA VIBRATORIA
dt=0.005;

t2=0: dt: m1*dt-dt;
```

```

t2=transpose(t2);

fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.66;
x2=3.33;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

A1=filter (b, a, MCol);
V1=cumtrapz (t2, A1);
D1=cumtrapz (t2, V1);

figure
subplot (3,1,1); plot (t2, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO');
subplot (3,1,2); plot (t2, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t2, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Mesa Vibratoria');
grid on

%PEDERNALES
dt=0.01;

t3=0: dt:m1*dt-dt;

t3=transpose(t3);

fm=100; %Frecuencia de muestreo%
n=5; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado
%componente EW
A1=filter (b, a, RCol_EW3);
A2=filter (b, a, RCol_NS3);

V1=cumtrapz (t3, A1);
V2=cumtrapz (t3, A2);
D1=cumtrapz (t3, V1);
D2=cumtrapz (t3, V2);

figure
subplot (3,2,1); plot (t3, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (t3, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (t3, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t3, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');

```



```

subplot (3,2,5); plot (t3, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
subplot (3,2,6); plot (t3, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Pedernales 2016');
grid on

%LOMA PRIETA

dt=0.005;

t4=0: dt:m1*dt-dt;

t4=transpose(t4);

fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]= butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado
%componente EW
A1=filter (b, a, VCol_EW4);
A2=filter (b, a, VCol_NS4);
V1=cumtrapz (t4, A1);
V2=cumtrapz (t4, A2);
D1=cumtrapz (t4, V1);
D2=cumtrapz (t4, V2);

figure
subplot (3,2,1); plot (t4, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE 270');
subplot (3,2,2); plot (t4, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('FILTRADO POR RUIDO COMPONENTE 180');
subplot (3,2,3); plot (t4, V1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,4); plot (t4, V2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t4, D1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
subplot (3,2,6); plot (t4, D2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
suptitle ('Loma Prieta 1989');
grid on

```

ANEXO 4: CÓDIGO UTILIZADO EN MATLAB PARA DETERMINAR LA DURACIÓN EFECTIVA

```
case 1
%Determinar duración efectiva Lima 1974
[ma, ~] =size(A1);
[mb, ~] =size(A2);
dt=0.02;
t1=0: dt: ma*dt-dt;
t1=transpose(t1);
fm=50;
%EW
Ya=fft (A1, ma);
Pyya=Ya. * conj (Ya)/ma;
%NS
Yb=fft (A2, mb);
Pyyb=Yb. * conj (Yb)/mb;
%%%Se deben crear ventanas cada 5 seg
%%%De 0-5 seg
a1NS=A2(1:251);
[m1, n1]=size(a1NS);
a1EW=A1(1:251);

y1=fft (a1EW, m1);
Pyy1=y1. * conj(y1) /m1;
f1=fm*(0:m1/2-1) /m1;
Pyy1=Pyy1/max (Pyya);

y2=fft (a1NS, m1);
Pyy2=y2. * conj(y2) /m1;
Pyy2=Pyy2/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 5-10 seg
a2NS=A2(251:501);
a2EW=A1(251:501);

y3=fft (a2EW, m1);
Pyy3=y3. * conj(y3) /m1;
Pyy3=Pyy3/max (Pyya);

y4=fft (a2NS, m1);
Pyy4=y4. * conj(y4) /m1;
Pyy4=Pyy4/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 10-15 seg
a3NS=A2(501:751);
a3EW=A1(501:751);
```

```

y5=fft (a3EW, m1);
Pyy5=y5. * conj(y5)/m1;
Pyy5=Pyy5/max (Pyya);

y6=fft (a3NS, m1);
Pyy6=y6. * conj(y6)/m1;
Pyy6=Pyy6/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%
%%De 15-20 seg
a4NS=A2(751:1001);
a4EW=A1(751:1001);

y7=fft (a4EW, m1);
Pyy7=y7. * conj(y7) /m1;
Pyy7=Pyy7/max (Pyya);

y8=fft (a4NS, m1);
Pyy8=y8. * conj(y8) /m1;
Pyy8=Pyy8/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%
%%De 20-25 seg
a5NS=A2(1001:1251);
a5EW=A1(1001:1251);

y9=fft (a5EW, m1);
Pyy9=y9. * conj(y9) /m1;
Pyy9=Pyy9/max (Pyya);

y10=fft (a5NS, m1);
Pyy10=y10. * conj(y10) /m1;
Pyy10=Pyy10/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%
%%De 25-30 seg
a6NS=A2(1251:1501);
a6EW=A1(1251:1501);

y11=fft (a6EW, m1);
Pyy11=y11. * conj(y11) /m1;
Pyy11=Pyy11/max (Pyya);

y12=fft (a6NS, m1);
Pyy12=y12. * conj(y12) /m1;
Pyy12=Pyy12/max (Pyyb);
%%%%%%%%%%
%%De 30-35 seg
a7NS=A2(1501:1751);
a7EW=A1(1501:1751);

y13=fft (a7EW, m1);
Pyy13=y13. * conj(y13) /m1;
Pyy13=Pyy13/max (Pyya);

y14=fft (a7NS, m1);

```

```

Pyy14=y14. * conj(y14) /m1;
Pyy14=Pyy14/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 35-40 seg
a8NS=A2(1751:1971);
[m2, ~] =size(a8NS);
a8EW=A1(1751:1971);

f2=fm*(0:m2/2-1) /m2;
y15=fft (a8EW, m2);
Pyy15=y15. * conj(y15) /m2;
Pyy15=Pyy15/max (Pyya);

y16=fft (a8NS, m2);
Pyy16=y16. * conj(y16) /m2;
Pyy16=Pyy16/max (Pyyb);
%%%%%%%%%%%%%%

figure
subplot(2,4,1);plot(f1,Pyy1(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5 seg');
subplot(2,4,2);plot(f1,Pyy3(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(2,4,3);plot(f1,Pyy5(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(2,4,4);plot(f1,Pyy7(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(2,4,5);plot(f1,Pyy9(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('20-25 seg');
subplot(2,4,6);plot(f1,Pyy11(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
subplot(2,4,7);plot(f1,Pyy13(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('30-35 seg');
subplot(2,4,8);plot(f2,Pyy15(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('35-40 seg');
suptitle('Lima 1974 Componente Este Oeste');
grid on
figure
subplot(2,4,1);plot(f1,Pyy2(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5seg');
subplot(2,4,2);plot(f1,Pyy4(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(2,4,3);plot(f1,Pyy6(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(2,4,4);plot(f1,Pyy8(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(2,4,5);plot(f1,Pyy10(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('20-25 seg');
subplot(2,4,6);plot(f1,Pyy12(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
subplot(2,4,7);plot(f1,Pyy14(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('30-35 seg');
subplot(2,4,8);plot(f2,Pyy16(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('35-40 seg');
suptitle('Lima 1974 Componente Norte Sur');
grid on

```

```

break
case 2

dt=0.02;
filename='MOL_19741109075954.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=37;
A_1=importdata ('MOL_19741109075954.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

[CCol_EW] =A_1.data (:, 2);
[CCol_NS] =A_1.data (:, 3);
CCol_EW1= CCol_EW (1:1751);
CCol_NS1= CCol_NS (1:1971);

t1=0: dt: 1751*dt-dt;
t1=transpose(t1);

t11=0: dt: 1971*dt-dt;
t11=transpose(t11);

fm=50; %Frecuencia de muestreo%
n=5; %Orden de muestreo
fn=0.5*fm; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;

x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

%componente EW
aEW=filter (b, a, CCol_EW1);
aNS=filter (b, a, CCol_NS1);

vEW=cumtrapz (t1, aEW);
dEW=cumtrapz (t1, vEW);

vNS=cumtrapz (t11, aNS);
dNS=cumtrapz (t11, vNS);
figure
subplot (3,2,1); plot (t1, aEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente EW');
subplot (3,2,3); plot (t1, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t1, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t11, aNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente NS');
subplot (3,2,4); plot (t11, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t11, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lima 1974');
grid on

break
case 3

```

```

%Filtrar el principio Lima 1974
dt=0.02;
filename='MOL_19741109075954.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=37;
A_1=importdata ('MOL_19741109075954.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

[CCol_EW] =A_1.data(:,2);
[CCol_NS] =A_1.data(:,3);
CCol_EW1 =CCol_EW (1:1971);
CCol_NS1 =CCol_NS (1:1971);

t1=0: dt:1971*dt-dt;
t1=transpose(t1);

t11=0: dt:1971*dt-dt;
t11=transpose(t11);

fm=50; %Frecuencia de muestreo%
n=5; %Orden de muestreo
fn=0.5*fm; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

%componente EW
aEW=filter (b, a, CCol_EW1);
aNS=filter (b, a, CCol_NS1);

vEW=cumtrapz (t1, aEW);
dEW=cumtrapz (t1, vEW);

vNS=cumtrapz (t11, aNS);
dNS=cumtrapz (t11, vNS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t1, aEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente EW ');
subplot (3,2,3); plot (t1, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t1, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t11, aNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente NS');
subplot (3,2,4); plot (t11, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t11, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lima 1974 Filtrando el principio ');
grid on

break
case 4
%Filtrar el final Lima 1974

dt=0.02;

```

```

filename='MOL_19741109075954.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=37;
A_1=importdata ('MOL_19741109075954.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

[CCol_EW] =A_1.data(:,2);
[CCol_NS] =A_1.data(:,3);
CCol_EW1=CCol_EW (1:1751);
CCol_NS1=CCol_NS (1:1971);

t1=0: dt:1751*dt-dt;
t1=transpose(t1);

t11=0: dt:1971*dt-dt;
t11=transpose(t11);

fm=50; %Frecuencia de muestreo%
n=5; %Orden de muestreo
fn=0.5*fm; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

%componente EW
aEW=filter (b, a, CCol_EW1);
aNS=filter (b, a, CCol_NS1);

vEW=cumtrapz (t1, aEW);
dEW=cumtrapz (t1, vEW);

vNS=cumtrapz (t11, aNS);
dNS=cumtrapz (t11, vNS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t1, aEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente EW ');
subplot (3,2,3); plot (t1, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t1, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t11, aNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente NS');
subplot (3,2,4); plot (t11, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t11, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lima 1974 Filtrando el final ');
grid on
break

case 1
%Determinar duración efectiva Mesa Vibratoria
[ma, ~]=size(A1);
dt=0.005;
t2=0: dt: ma*dt-dt;
t2=transpose(t2);

```

```

fm=200;

Ya=fft (A1, ma);
Pyya=Ya. * conj (Ya)/ma;

%%%Se deben crear ventanas cada 5 seg
%%%De 0-5 seg
a1=A1(1:1001);
[m1, ~] =size(a1);

f1=fm*(0:m1/2-1) /m1;
y1=fft (a1, m1);
Pyy1=y1. * conj(y1) /m1;
Pyy1=Pyy1/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 5-10 seg
a2=A1(1001:2001);

y3=fft (a2, m1);
Pyy3=y3. * conj(y3) /m1;
Pyy3=Pyy3/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 10-15 seg
a3=A1(2001:3001);

y5=fft (a3, m1);
Pyy5=y5. * conj(y5) /m1;
Pyy5=Pyy5/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 15-20 seg
a4=A1(3001:4001);

y7=fft (a4, m1);
Pyy7=y7. * conj(y7) /m1;
Pyy7=Pyy7/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 20-25 seg
a5=A1(4001:5001);

y9=fft (a5, m1);
Pyy9=y9. * conj(y9) /m1;
Pyy9=Pyy9/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 25-30 seg
a6=A1(5001:6001);

y11=fft (a6, m1);
Pyy11=y11. * conj(y11) /m1;
Pyy11=Pyy11/max (Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```



```

%%%De 30-35 seg
a7=A1(6001:7001);

y13=fft(a7,m1);
Pyy13=y13.*conj(y13)/m1;
Pyy13=Pyy13/max(Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 35-40 seg
a8=A1(7001:8001);

y15=fft(a8,m1);
Pyy15=y15.*conj(y15)/m1;
Pyy15=Pyy15/max(Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 40-45 seg
a9=A1(8001:9001);

y17=fft(a9,m1);
Pyy17=y17.*conj(y17)/m1;
Pyy17=Pyy17/max(Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 45-50 seg
a10=A1(9001:10000);
[m2,~]=size(a10);

f2=fm*(0:m2/2-1)/m2;
y19=fft(a10,m2);
Pyy19=y19.*conj(y19)/m2;
Pyy19=Pyy19/max(Pyya);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure
subplot(3,4,1);plot(f1,Pyy1(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5 seg');
subplot(3,4,2);plot(f1,Pyy3(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(3,4,3);plot(f1,Pyy5(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(3,4,4);plot(f1,Pyy7(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(3,4,5);plot(f1,Pyy9(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('20-25 seg');
subplot(3,4,6);plot(f1,Pyy11(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
subplot(3,4,7);plot(f1,Pyy13(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('30-35 seg');
subplot(3,4,8);plot(f1,Pyy15(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('35-40 seg');
subplot(3,4,9);plot(f1,Pyy17(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('40-45 seg');
subplot(3,4,10);plot(f2,Pyy19(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud')
;legend('45-50 seg');
suptitle('Mesa Vibratoria');
grid on

```

```

break

case 2

%Mesa Vibratoria Duración efectiva
dt=0.005;
filename='P1 F1 final.xlsx';
sheet=1;
xlRange='F9:F10008';
MCol1=xlsread ('P1 F1 final.xlsx', sheet, xlRange);
MCol=MCol1*981;
MCol2=MCol (1001:8001);
t2=5: dt: 8001*dt-dt;
t2=transpose(t2);

fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.66;
x2=3.33;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

a1=filter (b, a, MCol22);
v1=cumtrapz (t2, a1);
d1=cumtrapz (t2, v1);

figure
subplot (3,1,1); plot (t2, a1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva Mesa Vibratoria');
subplot (3,1,2); plot (t2, v1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t2, d1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
grid on

break

case 3

%Filtrar el principio Mesa Vibratoria
dt=0.005;

filename='P1 F1 final.xlsx';
sheet=1;
xlRange='F9:F10008';
MCol1=xlsread ('P1 F1 final.xlsx', sheet, xlRange);
MCol=MCol1*981;
MCol2=MCol (1001:10000);
t2=5: dt:10000*dt-dt;
t2=transpose(t2);

fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.66;
x2=3.33;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

```

```

a1=filter (b, a, MCol2);
v1=cumtrapz (t2, a1);
d1=cumtrapz (t2, v1);

figure
subplot (3,1,1); plot (t2, a1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva Filtrando el principio');
subplot (3,1,2); plot (t2, v1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t2, d1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
grid on
break

case 4
%Filtrar el final Mesa Vibratoria
dt=0.005;

filename='P1 F1 final.xlsx';
sheet=1;
xlRange='F9:F10008';
MCol1=xlsread ('P1 F1 final.xlsx', sheet, xlRange);
MCol=MCol1*981;
MCol2=MCol (1:8001);
t2=0: dt:8001*dt-dt;
t2=transpose(t2);
fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.66;
x2=3.33;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado

a1=filter (b, a, MCol2);
v1=cumtrapz (t2, a1);
d1=cumtrapz (t2, v1);

figure
subplot (3,1,1); plot (t2, a1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva Filtrando el final');
subplot (3,1,2); plot (t2, v1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,1,3); plot (t2, d1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Desplazamiento
(cm)');
grid on

break
case 1
%Determinar la duración efectiva Pedernales 2016
[ma, na] =size(A1);
[mb, nb] =size(A2);
dt=0.01;

```

```

t3=0: dt: ma*dt-dt;
t3=transpose(t3);
fm=100;

%EW
Ya=fft (A1, ma);
Pyya=Ya. * conj (Ya)/ma;
%NS
Yb=fft (A2, mb);
Pyyb=Yb. * conj (Yb)/mb;

%%%Se deben crear ventanas cada 5 seg
%%%De 0-5 seg
a1NS=A2(1:501);
[m1, n1]=size(a1NS);
a1EW=A1(1:501);

y1=fft (a1EW, m1);
Pyy1=y1. * conj (y1) /m1;
f1=fm*(0:m1/2-1) /m1;
Pyy1=Pyy1/max (Pyya);

y2=fft (a1NS, m1);
Pyy2=y2. * conj (y2) /m1;
Pyy2=Pyy2/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 5-10 seg
a2NS=A2(501:1001);
a2EW=A1(501:1001);
y3=fft (a2EW, m1);
Pyy3=y3. * conj (y3) /m1;
Pyy3=Pyy3/max (Pyya);

y4=fft (a2NS, m1);
Pyy4=y4. * conj (y4) /m1;
Pyy4=Pyy4/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 10-15 seg
a3NS=A2(1001:1501);
a3EW=A1(1001:1501);

y5=fft (a3EW, m1);
Pyy5=y5. * conj (y5) /m1;
Pyy5=Pyy5/max (Pyya);

y6=fft (a3NS, m1);
Pyy6=y6. * conj (y6) /m1;
Pyy6=Pyy6/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%%De 15-20 seg
a4NS=A2(1501:2001);
a4EW=A1(1501:2001);

y7=fft (a4EW, m1);

```

```

Pyy7=y7. * conj(y7) /m1;
Pyy7=Pyy7/max (Pyya);

y8=fft (a4NS, m1);
Pyy8=y8. * conj(y8) /m1;
Pyy8=Pyy8/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 20-25 seg
a5NS=A2(2001:2501);
a5EW=A1(2001:2501);

y9=fft (a5EW, m1);
Pyy9=y9. * conj(y9) /m1;
Pyy9=Pyy9/max (Pyya);

y10=fft (a5NS, m1);
Pyy10=y10. * conj(y10) /m1;
Pyy10=Pyy10/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 25-30 seg
a6NS=A2(2501:3001);
a6EW=A1(2501:3001);

y11=fft (a6EW, m1);
Pyy11=y11. * conj(y11) /m1;
Pyy11=Pyy11/max (Pyya);
y12=fft (a6NS, m1);
Pyy12=y12. * conj(y12) /m1;
Pyy12=Pyy12/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 30-35 seg
a7NS=A2(3001:3501);
a7EW=A1(3001:3501);

y13=fft (a7EW, m1);
Pyy13=y13. * conj(y13) /m1;
Pyy13=Pyy13/max (Pyya);

y14=fft (a7NS, m1);
Pyy14=y14. * conj(y14) /m1;
Pyy14=Pyy14/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 35-40 seg
a8NS=A2(3501:4001);
a8EW=A1(3501:4001);

y15=fft (a8EW, m1);
Pyy15=y15. * conj(y15) /m1;
Pyy15=Pyy15/max (Pyya);

y16=fft (a8NS, m1);
Pyy16=y16. * conj(y16) /m1;
Pyy16=Pyy16/max (Pyyb);

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%De 40-45 seg
a9NS=A2(4001:4501);
a9EW=A1(4001:4501);

y17=fft(a9EW,m1);
Pyy17=y17.*conj(y17)/m1;
Pyy17=Pyy17/max(Pyya);

y18=fft(a9NS,m1);
Pyy18=y18.*conj(y18)/m1;
Pyy18=Pyy18/max(Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%De 45-50 seg
a10NS=A2(4501:4986);
[m2,~]=size(a10NS);
a10EW=A1(4501:4986);

f2=fm*(0:m2/2-1)/m2;
y19=fft(a10EW,m2);
Pyy19=y19.*conj(y19)/m2;
Pyy19=Pyy19/max(Pyya);

y20=fft(a10NS,m2);
Pyy20=y20.*conj(y20)/m2;
Pyy20=Pyy20/max(Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

figure
subplot(4,3,1);plot(f1,Pyy1(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5 seg');
subplot(4,3,2);plot(f1,Pyy3(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(4,3,3);plot(f1,Pyy5(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(4,3,4);plot(f1,Pyy7(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(4,3,5);plot(f1,Pyy9(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('20-25 seg');
subplot(4,3,6);plot(f1,Pyy11(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
subplot(4,3,7);plot(f1,Pyy13(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('30-35 seg');
subplot(4,3,8);plot(f1,Pyy15(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('35-40 seg');
subplot(4,3,9);plot(f1,Pyy17(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('40-45 seg');
subplot(4,3,10);plot(f2,Pyy19(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud')
;legend('45-50 seg');
suptitle('Pedernales 2016 Componente Este Oeste');
grid on

figure

```

```

subplot(4,3,1);plot(f1,Py2(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5seg');
subplot(4,3,2);plot(f1,Py4(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(4,3,3);plot(f1,Py6(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(4,3,4);plot(f1,Py8(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(4,3,5);plot(f1,Py10(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('20-25 seg');
subplot(4,3,6);plot(f1,Py12(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
subplot(4,3,7);plot(f1,Py14(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('30-35 seg');
subplot(4,3,8);plot(f1,Py16(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('35-40 seg');
subplot(4,3,9);plot(f1,Py18(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('40-45 seg');
subplot(4,3,10);plot(f2,Py20(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud')
;legend('45-50 seg');
suptitle('Pedernales 2016 Componente Norte Sur');
grid on
break

case 1
%Determinar la duración efectiva Loma Prieta 1989

[ma, na] =size(A1);
[mb, nb] =size(A2);
fm=100;

%EW
Ya=fft (A1, ma);
Pyya=Ya. * conj (Ya)/ma;
%NS
Yb=fft (A2, mb);
Pyyb=Yb. * conj (Yb)/mb;
%%Se deben crear ventanas cada 5 seg
%%De 0-5 seg
a1NS=A2(1:1001);
[m1, n1]=size(a1NS);
a1EW=A1(1:1001);

y1=fft (a1EW, m1);
Pyy1=y1. * conj (y1) /m1;
f1=fm*(0:m1/2-1) /m1;
Pyy1=Pyy1/max (Pyya);

y2=fft (a1NS, m1);
Pyy2=y2. * conj (y2) /m1;
Pyy2=Pyy2/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%
%%De 5-10 seg
a2NS=A2(1001:2001);
a2EW=A1(1001:2001);

```

```

y3=fft (a2EW, m1);
Pyy3=y3. * conj(y3) /m1;
Pyy3=Pyy3/max (Pyya);

y4=fft (a2NS, m1);
Pyy4=y4. * conj(y4) /m1;
Pyy4=Pyy4/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 10-15 seg
a3NS=A2(2001:3001);
a3EW=A1(2001:3001);

y5=fft (a3EW, m1);
Pyy5=y5. * conj(y5) /m1;
Pyy5=Pyy5/max (Pyya);

y6=fft (a3NS, m1);
Pyy6=y6. * conj(y6) /m1;
Pyy6=Pyy6/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 15-20 seg
a4NS=A2(3001:4001);
a4EW=A1(3001:4001);

y7=fft (a4EW, m1);
Pyy7=y7. * conj(y7) /m1;
Pyy7=Pyy7/max (Pyya);

y8=fft (a4NS, m1);
Pyy8=y8. * conj(y8) /m1;
Pyy8=Pyy8/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 20-25 seg
a5NS=A2(4001:5001);
a5EW=A1(4001:5001);

y9=fft (a5EW, m1);
Pyy9=y9. * conj(y9) /m1;
Pyy9=Pyy9/max (Pyya);

y10=fft (a5NS, m1);
Pyy10=y10. * conj(y10) /m1;
Pyy10=Pyy10/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%%%%%
%%De 25-30 seg
a6NS=A2(5001:5920);
[m2, ~] =size(a6NS);
a6EW=A1(5001:5920);

f2=fm*(0:m2/2-1) /m2;
y11=fft (a6EW, m2);
Pyy11=y11. * conj(y11) /m2;
Pyy11=Pyy11/max (Pyya);

```



```

y12=fft (a6NS, m2);
Pyy12=y12. * conj(y12) /m2;
Pyy12=Pyy12/max (Pyyb);

%%%%%%%%%%

figure
subplot(3,2,1);plot(f1,Pyy1(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('0-5 seg');
subplot(3,2,2);plot(f1,Pyy3(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('5-10 seg');
subplot(3,2,3);plot(f1,Pyy5(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('10-15 seg');
subplot(3,2,4);plot(f1,Pyy7(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('15-20 seg');
subplot(3,2,5);plot(f1,Pyy9(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('20-25 seg');
subplot(3,2,6);plot(f2,Pyy11(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
suptitle('Lomaprieta 1989 Componente 270');
grid on

figure
subplot(3,2,1);plot(f1,Pyy2(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('0-5seg');
subplot(3,2,2);plot(f1,Pyy4(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('5-10 seg');
subplot(3,2,3);plot(f1,Pyy6(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('10-15 seg');
subplot(3,2,4);plot(f1,Pyy8(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');l
egend('15-20 seg');
subplot(3,2,5);plot(f1,Pyy10(1:m1/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('20-25 seg');
subplot(3,2,6);plot(f2,Pyy12(1:m2/2));xlabel('Frecuencia');ylabel('Amplitud');
legend('25-30 seg');
suptitle('Lomaprieta 1989 Componente 180');
grid on

break
case 2
filename='RSN738_LOMAP_NAS270.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=4;
A_4=importdata('RSN738_LOMAP_NAS270.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

filename2='RSN738_LOMAP_NAS180.txt';
delimiterIn2=' ';
headerlinesIn2=4;
A_44=importdata('RSN738_LOMAP_NAS180.txt', delimiterIn2, headerlinesIn2);
dt=0.005;
[VCol_EW4] =Peer Vcol(A_4.data);
[VCol_NS4] =Peer Vcol(A_44.data);

VCol_EW4=VCol_EW4(1:4001);

```

```

VCol_NS4=VCol_NS4(1:5001);

t4=0: dt:4001*dt-dt;
t4=transpose(t4);

t44=0: dt:5001*dt-dt;
t44=transpose(t44);
fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado
%componente EW
A1=filter (b, a, VCol_EW4);
A2=filter (b, a, VCol_NS4);

vEW=cumtrapz (t4, A1);
dEW=cumtrapz (t4, vEW);
vNS=cumtrapz (t44, A2);
dNS=cumtrapz (t44, vNS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t4, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva Lomaprieta 1989 componente 270');
subplot (3,2,3); plot (t4, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t4, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t44, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva Lomaprieta 1989 componente 180');
subplot (3,2,4); plot (t44, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t44, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
grid on

break
case 3
%Filtrar el principio Lomaprieta 1989
filename='RSN738_LOMAP_NAS270.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=4;
A_4=importdata ('RSN738_LOMAP_NAS270.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

filename2='RSN738_LOMAP_NAS180.txt';
delimiterIn2=' ';
headerlinesIn2=4;
A_44=importdata ('RSN738_LOMAP_NAS180.txt', delimiterIn2, headerlinesIn2);
dt=0.005;
[VCol_EW4] =Peer Vcol(A_4.data);
[VCol_NS4] =Peer Vcol(A_44.data);

VCol_EW4=VCol_EW4(1:5920);
VCol_NS4=VCol_NS4(1:5920);

```

```

t4=0: dt:5920*dt-dt;
t4=transpose(t4);

t44=0: dt:5920*dt-dt;
t44=transpose(t44);
fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado
%componente EW
A1=filter (b, a, VCol_EW4);
A2=filter (b, a, VCol_NS4);

vEW=cumtrapz (t4, A1);
dEW=cumtrapz (t4, vEW);
vNS=cumtrapz (t44, A2);
dNS=cumtrapz (t44, vNS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t4, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente 270');
subplot (3,2,3); plot (t4, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t4, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t44, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente 180');
subplot (3,2,4); plot (t44, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t44, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lomaprieta 1989 Filtrado del principio');
grid on
break
case 4
%Filtrar el final Lomaprieta 1989
filename='RSN738_LOMAP_NAS270.txt';
delimiterIn=' ';
headerlinesIn=4;
A_4=importdata ('RSN738_LOMAP_NAS270.txt', delimiterIn, headerlinesIn);

filename2='RSN738_LOMAP_NAS180.txt';
delimiterIn2=' ';
headerlinesIn2=4;
A_44=importdata ('RSN738_LOMAP_NAS180.txt', delimiterIn2, headerlinesIn2);
dt=0.005;
[VCol_EW4] =Peer Vcol(A_4.data);
[VCol_NS4] =Peer Vcol(A_44.data);

VCol_EW4=VCol_EW4(1:4001);

```

```

VCol_NS4=VCol_NS4(1:5001);

t4=0: dt:4001*dt-dt;
t4=transpose(t4);

t44=0: dt:5001*dt-dt;
t44=transpose(t44);
fm=200; %Frecuencia de muestreo%
n=4; %Orden de muestreo
fn=fm/2; %Frecuencia de Nyquist
x1=0.1;
x2=20;
Wn= [x1 x2]/fn; %Ventana del filtrado
[b, a]=butter (n, Wn); %Calculo del coeficiente del filtrado
%componente EW
A1=filter (b, a, VCol_EW4);
A2=filter (b, a, VCol_NS4);

vEW=cumtrapz (t4, A1);
dEW=cumtrapz (t4, vEW);
vNS=cumtrapz (t44, A2);
dNS=cumtrapz (t44, vNS);

figure
subplot (3,2,1); plot (t4, A1); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente 270');
subplot (3,2,3); plot (t4, vEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,5); plot (t4, dEW); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
subplot (3,2,2); plot (t44, A2); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Aceleración
(cm/seg2)'); title ('Duración efectiva componente 180');
subplot (3,2,4); plot (t44, vNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel ('Velocidad
(cm/seg)');
subplot (3,2,6); plot (t44, dNS); xlabel ('Tiempo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento (cm)');
suptitle ('Lomapieta 1989 Filtrado del final');
grid on
break

```

ANEXO 5: CÓDIGO UTILIZADO EN MATLAB PARA CALCULAR EL ESPECTRO DE RESPUESTA

```
%%Lima 1974
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T=0.05:0.05:5;

Ac1=CCol_EW/100;
Ac2=CCol_NS/100;
maxu_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS=zeros(size(T)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T);
    clear u EW v EW a EW u NS v NS a NS; % (borra todas las variables)
    wn=2*pi/T(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
    wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
    h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
    1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
```

```

    u_EW=dt*conv (h, -Ac1); %se calcula los desplazamientos mediante la convolución
    entre h(t) y las aceleraciones
    u_NS=dt*conv (h, -Ac2);
    maxu_EW(i)=max(abs(u_EW)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
    maxu_NS(i)=max(abs(u_NS));
    %Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
    v_EW=gradient (u_EW, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
    a_EW=gradient (v_EW, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
    a_EW_abs=a_EW (1: length (Ac1)) +Ac1; %acumula las aceleraciones máximas
    absolutas para cada periodo

    v_NS=gradient (u_NS, dt);
    a_NS=gradient (v_NS, dt);
    a_NS_abs=a_NS (1: length (Ac2)) +Ac2;
    %Cálculo del Espectro de Respuesta:
    maxv_EW(i)=max(abs(v_EW)); %acumula las velocidades máximas absolutas para cada
    oscilador
    maxa_EW(i)=max(a_EW_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
    cada oscilador

    maxv_NS(i)=max(abs(v_NS));
    maxa_NS(i)=max(a_NS_abs);
    %Pseudo-Velocidad:
    pv_EW(i)=maxu_EW(i)*wn;
    pv_NS(i)=maxu_NS(i)*wn;

    %Pseudo-Aceleracion:
    pa_EW(i)=maxu_EW(i)*wn^2;
    pa_NS(i)=maxu_NS(i)*wn^2;
end
T_ = [0, T];
maxa_EW_ = [max (abs (Ac1)), maxa_EW];
pa_EW_ = [max (abs (Ac1)), pa_EW];

maxa_NS_ = [max (abs (Ac2)), maxa_NS];
pa_NS_ = [max (abs (Ac2)), pa_NS];

figure
subplot (3,2,1); plot (T_, pa_EW_); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (T_, pa_NS_); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (T_, [0, pv_EW]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,4); plot (T_, [0, pv_NS]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,5); plot (T_, [0, maxu_EW]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
subplot (3,2,6); plot (T_, [0, maxu_NS]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Lima 1974');
grid on

%MESA VIBRATORIA
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T1=0.05:0.05:5;

```

```

Ac3=MCol/100;
maxu=zeros(size(T1)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv=zeros(size(T1)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa=zeros(size(T1)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv=zeros(size(T1)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa=zeros(size(T1)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T1);
clear u v a; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T1(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u=dt*conv (h, -Ac3); %se calcula los desplazamientos mediante la convolución
entre h(t) y las aceleraciones
maxu(i)=max(abs(u)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v=gradient (u, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a=gradient (v, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_abs=a (1: length (Ac3)) +Ac3; %acumula las aceleraciones máximas absolutas
para cada periodo

%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv(i)=max(abs(v)); %acumula las velocidades máximas absolutas para cada
oscilador
maxa(i)=max(a_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para cada
oscilador

%Pseudo-Velocidad:
pv(i)=maxu(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa(i)=maxu(i)*wn^2;
end
T1_ = [0, T1];
maxa_ = [max (abs (Ac3)), maxa];
pa_ = [max (abs (Ac3)), pa];

figure
subplot (3,1,1); plot (T1_, pa_); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)');
subplot (3,1,2); plot (T1_, [0, pv]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,1,3); plot (T1_, [0, maxu]); xlabel ('Periodo(seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Mesa Vibratoria');
grid on

%%Pedernales 2016
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T2=0.05:0.05:5;

```

```

Ac5=RCol_EW3/100;
Ac6=RCol_NS3/100;
maxu_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS5=zeros(size(T2)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T2);
clear u_EW5 v_EW5 a_EW5 u_NS5 v_NS5 a_NS5; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T2(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u_EW5=dt*conv (h, -Ac5); %se calcula los desplazamientos mediante la
convolución entre h(t) y las aceleraciones
u_NS5=dt*conv (h, -Ac6);
maxu_EW5(i)=max(abs(u_EW5)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
maxu_NS5(i)=max(abs(u_NS5));
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v_EW5=gradient (u_EW5, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a_EW5=gradient (v_EW5, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_EW5_abs=a_EW5 (1: length (Ac5)) +Ac5; %acumula las aceleraciones máximas
absolutas para cada periodo

v_NS5=gradient (u_NS5, dt);
a_NS5=gradient (v_NS5, dt);
a_NS5_abs=a_NS5 (1: length (Ac6)) +Ac6;
%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv_EW5(i)=max(abs(v_EW5)); %acumula las velocidades máximas absolutas para
cada oscilador
maxa_EW5(i)=max(a_EW5_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
cada oscilador

maxv_NS5(i)=max(abs(v_NS5));
maxa_NS5(i)=max(a_NS5_abs);
%Pseudo-Velocidad:
pv_EW5(i)=maxu_EW5(i)*wn;
pv_NS5(i)=maxu_NS5(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa_EW5(i)=maxu_EW5(i)*wn^2;
pa_NS5(i)=maxu_NS5(i)*wn^2;
end
T2 = [0, T2];
maxa_EW5 = [max (abs (Ac5)), maxa_EW5];
pa_EW5 = [max (abs (Ac5)), pa_EW5];

maxa_NS5_ = [max (abs (Ac6)), maxa_NS5];

```



```

pa_NS5_ = [max (abs (Ac6)), pa_NS5];

figure
subplot (3,2,1); plot (T2_, pa_EW5_); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (T2_, pa_NS5_); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (T2_, [0, pv_EW5]); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,4); plot (T2_, [0, pv_NS5]); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,5); plot (T2_, [0, maxu_EW5]); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Desplazamiento(m)');
subplot (3,2,6); plot (T2_, [0, maxu_NS5]); xlabel ('Periodo(seg)');
ylabel('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Pedernales 2016');
grid on

%%Lomaprieta 1989
%%Espectro de respuesta Método de interpolación lineal de la carga
%%Nigam & Jennings
T3=0.05:0.05:5;
Ac7=VCol_EW4/100;
Ac8=VCol_NS4/100;
maxu_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_EW7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

maxu_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar desplazamientos máximos
maxv_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar velocidades máximas
maxa_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar aceleraciones máximas
pv_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudovelocidades
pa_NS7=zeros(size(T3)); %vector para cargar Pseudoaceleraciones

%%%%%%%%%%
z=0.05; %porcentaje de amortiguamiento de la estructura
%%%%%%%%%%
for i=1: length(T3);
clear u_EW7 v_EW7 a_EW7 u_NS7 v_NS7 a_NS7; % (borra todas las variables)
wn=2*pi/T3(i); %calcula la frecuencia natural para el periodo dado
wd=(wn)*sqrt(1-z^2); %calcula la frecuencia amortiguada
h=(1/wd). * (exp(-z*wn*t)). * sin (wd. * t); %Función de respuesta del sma de
1GDL (obtenida mediante un impulso unitario)
u_EW7=dt*conv (h, -Ac7); %se calcula los desplazamientos mediante la
convolución entre h(t) y las aceleraciones
u_NS7=dt*conv (h, -Ac8);
maxu_EW7(i)=max(abs(u_EW7)); %Acumula en un vector los desplazamientos máximos
maxu_NS7(i)=max(abs(u_NS7));
%Cálculo la aceleración y velocidad time-histories:
v_EW7=gradient (u_EW7, dt); %Velocidad-calcula la derivada de u(t)
a_EW7=gradient (v_EW7, dt); %Aceleracion-calcula la derivada de v(t)
a_EW7 abs=a_EW7 (1: length (Ac7)) +Ac7; %acumula las aceleraciones máximas
absolutas para cada periodo
v_NS7=gradient (u_NS7, dt);
a_NS7=gradient (v_NS7, dt);

```

```

a_NS7_abs=a_NS7 (1: length (Ac8)) +Ac8;

%Cálculo del Espectro de Respuesta:
maxv_EW7(i)=max(abs(v_EW7)); %acumula las velocidades máximas absolutas para
cada oscilador
maxa_EW7(i)=max(a_EW7_abs); %acumula las aceleraciones máximas absolutas para
cada oscilador

maxv_NS7(i)=max(abs(v_NS7));
maxa_NS7(i)=max(a_NS7_abs);
%Pseudo-Velocidad:
pv_EW7(i)=maxu_EW7(i)*wn;
pv_NS7(i)=maxu_NS7(i)*wn;
%Pseudo-Aceleracion:
pa_EW7(i)=maxu_EW7(i)*wn^2;
pa_NS7(i)=maxu_NS7(i)*wn^2;
end
T3_ = [0, T3];
maxa_EW7_ = [max (abs (Ac7)), maxa_EW7];
pa_EW7_ = [max (abs (Ac7)), pa_EW7];

maxa_NS7_ = [max (abs (Ac8)), maxa_NS7];
pa_NS7_ = [max (abs (Ac8)), pa_NS7];

figure
subplot (3,2,1); plot (T3_, pa_EW7_); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Este Oeste');
subplot (3,2,2); plot (T3_, pa_NS7_); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Aceleración(m/seg2)'); title ('COMPONENTE Norte Sur');
subplot (3,2,3); plot (T3_, [0, pv_EW7]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,4); plot (T3_, [0, pv_NS7]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Velocidad(m/seg)');
subplot (3,2,5); plot (T3_, [0, maxu_EW7]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
subplot (3,2,6); plot (T3_, [0, maxu_NS7]); xlabel ('Periodo (seg)'); ylabel
('Desplazamiento(m)');
suptitle ('Espectro de respuesta Loma Prieta 1989');
grid on

```

ANEXO 6: CÓDIGO UTILIZADO EN PYTHON

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import eqsig.s dof
from scipy import integrate
from scipy import fft
from scipy import signal
from scipy.signal import butter, lfilter
from scipy.signal import freqz

#SIN TRATAMIENTO COMPONENTE EW LIMA 1974
AEW=np.loadtxt('MOL_19741109075954.txt', skiprows=37, usecols=1)
ANS=np.loadtxt('MOL_19741109075954.txt', skiprows=37, usecols=2)
A_EW=AEW/100
A_NS=ANS/100

dt=0.02 #intervalo de tiempo
fm=50 #Frecuencia de muestreo
t= np.arange (0, 39.42, dt)
VEW=integrate.cumtrapz (AEW, t, initial=0)
DEW=integrate.cumtrapz (VEW, t, initial=0)

VNS=integrate.cumtrapz (ANS, t, initial=0)
```

```

DNS=integrate.cumtrapz (VNS, t, initial=0)

plt.figure (1)
plt.subplot (3,2,1); plt.plot (t, AEW);
plt.title (['SIN TRATAMIENTO COMPONENTE EW'])
plt.xlabel ('tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,2); plt.plot (t, ANS);
plt.title (['SIN TRATAMIENTO COMPONENTE NS'])
plt.xlabel ('tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,3); plt.plot (t, VEW);
plt.xlabel ('tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,4); plt.plot (t, VNS);
plt.xlabel ('tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg2)')

plt.subplot(3,2,5); plt.plot (t, DEW);
plt.xlabel ('tiempo (seg)')
plt.ylabel ('Desplazamiento (cm/seg2)')

plt.subplot(3,2,6); plt.plot (t, DNS);
plt.xlabel ('tiempo (seg)')
plt.ylabel ('Desplazamiento (cm/seg2)')
plt.show ()

n=np.size (t)
fr=(fm/2) * np.linspace (0, 1, n/2)

x1=fft (AEW, n)
xm1=x1* np.conjugate (x1) /n
x_m1=xm1 [0: np.size (fr)]

x2=fft (ANS, n)
xm2=x2 * np.conjugate (x2) /n
x_m2=xm2 [0: np.size (fr)]

plt.figure (2)
plt.subplot (1,2,1); plt.plot (fr, x_m1)
plt.title ('SIN TRATAMIENTO COMPONENTE EW')
plt.xlabel ('Frecuencia (Hz)')
plt.ylabel ('Magnitud')

plt.subplot (1,2,2); plt.plot (fr,x_m2)
plt.title ('SIN TRATAMIENTO COMPONENTE NS')
plt.xlabel ('Frecuencia (Hz)')

```

```

plt.ylabel ('Magnitud')
plt.show ()

periods = np.linspace (0.05, 5, 100) # compute the response for 100 periods
between T=0.05s and 5.0s
record = eqsig.AccSignal (A_EW, dt)
record.generate_response_spectrum (response_times=periods, xi=0.05)
times = record.response_times

record2 = eqsig.AccSignal (A_NS, dt)
record2.generate_response_spectrum (response_times=periods, xi=0.05)
times2 = record2.response_times

plt.figure (3)
plt.subplot (3,2,1); plt.plot (times, record.s_a);
plt.xlabel ('Periodo (seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title ('Componente Este Oeste')

plt.subplot(3,2,3);plt.plot(times, record.s_v);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Velocidad(m/seg)')

plt.subplot(3,2,5);plt.plot(times, record.s_d);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Desplazamiento(m)')

plt.subplot (3,2,2); plt.plot (times2, record2.s_a);
plt.xlabel ('Periodo (seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title ('Componente Norte Sur')

plt.subplot (3,2,4); plt.plot (times2, record2.s_v);
plt.xlabel ('Periodo (seg)')
plt.ylabel ('Velocidad(m/seg)')

plt.subplot (3,2,6); plt.plot (times2,record2.s_d);
plt.xlabel ('Periodo (seg)')
plt.ylabel ('Desplazamiento(m)')
plt.show ()

#con tratamiento
#Corregir línea base

adet =signal.detrend (AEW)
vdet=integrate.cumtrapz (adet, t, initial=0)
ddet=integrate.cumtrapz (vdet, t, initial=0)

adet2=signal.detrend (ANS)
vdet2=integrate.cumtrapz(adet2, t, initial=0)

```

```

ddet2=integrate.cumtrapz(vdet2, t, initial=0)

plt.figure (4)
plt.subplot (3,2,1);plt.title ('Corrección de línea base COMPONENTE EW');
plt.plot (t, adet)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,3); plt.plot (t, vdet);
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')

plt.subplot (3,2,5); plt.plot (t, ddet);
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Desplazamiento (cm)')

plt.subplot (3,2,2); plt.title ('Corrección de línea base COMPONENTE NS')
plt.plot (t,adet2)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,4);plt.plot(t,vdet2);
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')

plt.subplot (3,2,6);plt.plot(t,ddet2);
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Desplazamiento (cm)')
plt.show ()

#Filtrar ruido

def butter_bandpass (lowcut, highcut, fm, order=5):
    nyq=0.5*fm
    low=lowcut/nyq
    high=highcut/nyq
    b, a=butter (order, [low, high], btype='band')
    return b, a

def butter_bandpass_filter (AEW, lowcut, highcut, fm, order=5):
    b, a=butter_bandpass (lowcut, highcut, fm, order=order)
    y=filter (b, a, AEW)
    return y
lowcut=0.1
highcut=20
y=butter_bandpass_filter (AEW, lowcut, highcut, fm, order=5)
v=integrate.cumtrapz (y, t, initial=0)
d=integrate.cumtrapz (v, t, initial=0)

y2=butter_bandpass_filter (ANS, lowcut, highcut, fm, order=5)

```

```

v2=integrate.cumtrapz (y2, t, initial=0)
d2=integrate.cumtrapz (v2, t, initial=0)

b, a = butter_bandpass (lowcut, highcut, fm, order=5)
w, h = freqz (b, a, worN=2000)
plt.figure (5)
plt.plot ((fm * 0.5 / np.pi) * w, abs(h))
plt.xlabel ('Frequency (Hz)')
plt.ylabel ('Filter Gain')
plt.show ()

plt.figure (6)
plt.subplot (3,2,1); plt.plot (t, y);
plt.title ('Filtrado de ruido COMPONENTE EW')
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,3); plt.plot (t, v)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')

plt.subplot (3,2,5); plt.plot (t, d)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')

plt.subplot (3,2,2); plt.plot (t, y2)
plt.title ('Filtrado de ruido COMPONENTE NS')
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Aceleracion (cm/seg2)')

plt.subplot (3,2,4); plt.plot (t, v2)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')

plt.subplot (3,2,6); plt.plot (t, d2)
plt.xlabel ('Tiempo(seg)')
plt.ylabel ('Velocidad (cm/seg)')
plt.show ()

#DURACION EFECTIVA
n=np.size (t)
fra=(fm/2) * np.linspace(0,1,n/2)

x1=fft (y, n)
xm1=x1*np.conjugate(x1)/n
x_m1=xm1[0:np.size(fra)]

x2=fft(y2,n)
xm2=x2*np.conjugate(x2)/n
x_m2=xm2[0:np.size(fra)]

```

```

#DE 0-5 SEG
a0_5=y[1:251]
n0_5=np.size(a0_5)
fr1=(fm/2)*np.linspace(0,1,n0_5/2)
x0_5=fft(a0_5,n0_5)
xm0_5=x0_5*np.conjugate(x0_5)/n0_5
x_m0_5=xm0_5[0:np.size(fr1)]
x_m0_5=x_m0_5/max(xm1)

aa0_5=y2[1:251]
nn0_5=np.size(aa0_5)
xx0_5=fft(aa0_5,nn0_5)
xxm0_5=xx0_5*np.conjugate(xx0_5)/nn0_5
xx_m0_5=xxm0_5[0:np.size(fr1)]
xx_m0_5=xx_m0_5/max(xm2)

#DE 5-10 SEG
a5_10=y[251:501]
n5_10=np.size(a5_10)
x5_10=fft(a5_10,n5_10)
xm5_10=x5_10*np.conjugate(x5_10)/n5_10
x_m5_10=xm5_10[0:np.size(fr1)]
x_m5_10=x_m5_10/max(xm1)

aa5_10=y2[251:501]
nn5_10=np.size(aa5_10)
xx5_10=fft(aa5_10,nn5_10)
xxm5_10=xx5_10*np.conjugate(xx5_10)/nn5_10
xx_m5_10=xxm5_10[0:np.size(fr1)]
xx_m5_10=xx_m5_10/max(xm2)

#DE 10-15 SEG
a10_15=y[501:751]
n10_15=np.size(a10_15)
x10_15=fft(a10_15,n10_15)
xm10_15=x10_15*np.conjugate(x10_15)/n10_15
x_m10_15=xm10_15[0:np.size(fr1)]
x_m10_15=x_m10_15/max(xm1)

aa10_15=y2[501:751]
nn10_15=np.size(aa10_15)
xx10_15=fft(aa10_15,nn10_15)
xxm10_15=xx10_15*np.conjugate(xx10_15)/nn10_15
xx_m10_15=xxm10_15[0:np.size(fr1)]
xx_m10_15=xx_m10_15/max(xm2)

#DE 15-20 SEG
a15_20=y[751:1001]
n15_20=np.size(a15_20)

```



```

x15_20=fft(a15_20,n15_20)
xm15_20=x15_20*np.conjugate(x15_20)/n15_20
x_m15_20=xm15_20[0:np.size(fr1)]
x_m15_20=x_m15_20/max(xm1)

aa15_20=y2[751:1001]
nn15_20=np.size(aa15_20)
xx15_20=fft(aa15_20,nn15_20)
xxm15_20=xx15_20*np.conjugate(xx15_20)/nn15_20
xx_m15_20=xxm15_20[0:np.size(fr1)]
xx_m15_20=xx_m15_20/max(xm2)

#DE 20-25 SEG
a20_25=y[1001:1251]
n20_25=np.size(a20_25)
x20_25=fft(a20_25,n20_25)
xm20_25=x20_25*np.conjugate(x20_25)/n20_25
x_m20_25=xm20_25[0:np.size(fr1)]
x_m20_25=x_m20_25/max(xm1)

aa20_25=y2[1001:1251]
nn20_25=np.size(aa20_25)
xx20_25=fft(aa20_25,nn20_25)
xxm20_25=xx20_25*np.conjugate(xx20_25)/nn20_25
xx_m20_25=xxm20_25[0:np.size(fr1)]
xx_m20_25=xx_m20_25/max(xm2)

#DE 25-30 SEG
a25_30=y[1251:1501]
n25_30=np.size(a25_30)
x25_30=fft(a25_30,n25_30)
xm25_30=x25_30*np.conjugate(x25_30)/n25_30
x_m25_30=xm25_30[0:np.size(fr1)]
x_m25_30=x_m25_30/max(xm1)

aa25_30=y2[1251:1501]
nn25_30=np.size(aa25_30)
xx25_30=fft(aa25_30,nn25_30)
xxm25_30=xx25_30*np.conjugate(xx25_30)/nn25_30
xx_m25_30=xxm25_30[0:np.size(fr1)]
xx_m25_30=xx_m25_30/max(xm2)

#DE 30-35 SEG
a30_35=y[1501:1751]
n30_35=np.size(a30_35)
x30_35=fft(a30_35,n30_35)
xm30_35=x30_35*np.conjugate(x30_35)/n30_35
x_m30_35=xm30_35[0:np.size(fr1)]
x_m30_35=x_m30_35/max(xm1)

```

```

aa30_35=y2[1501:1751]
nn30_35=np.size(aa30_35)
xx30_35=fft(aa30_35,nn30_35)
xxm30_35=xx30_35*np.conjugate(xx30_35)/nn30_35
xx_m30_35=xxm30_35[0:np.size(fr1)]
xx_m30_35=xx_m30_35/max(xm2)

```

```
#DE 35-40 SEG
```

```

a35_40=y[1751:1971]
n35_40=np.size(a35_40)
fr2=(fm/2)*np.linspace(0,1,n35_40/2)
x35_40=fft(a35_40,n35_40)
xm35_40=x35_40*np.conjugate(x35_40)/n35_40
x_m35_40=xm35_40[0:np.size(fr2)]
x_m35_40=x_m35_40/max(xm1)
aa35_40=y2[1751:1971]
nn35_40=np.size(aa35_40)
xx35_40=fft(aa35_40,nn35_40)
xxm35_40=xx35_40*np.conjugate(xx35_40)/nn35_40
xx_m35_40=xxm35_40[0:np.size(fr2)]
xx_m35_40=xx_m35_40/max(xm2)

```

```

plt.figure(7)
plt.subplot(4,2,1)
plt.plot(fr1,x_m0_5,label="0-5 seg");plt.title('COMPONENTE EW');
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,2)
plt.plot(fr1,x_m5_10,label="5-10 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,3)
plt.plot(fr1,x_m10_15,label="10-15 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,4)
plt.plot(fr1,x_m15_20,label="15-20 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,5)
plt.plot(fr1,x_m20_25,label="20-25 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,6)
plt.plot(fr1,x_m25_30,label="25-30 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,7)
plt.plot(fr1,x_m30_35,label="30-35 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,8)

```

```
plt.plot(fr2,x_m35_40,label="35-40 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.show
```

```
plt.figure(8)
plt.subplot(4,2,1)
plt.plot(fr1,xx_m0_5,label="0-5 seg");plt.title('COMPONENTE NS');
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,2)
plt.plot(fr1,xx_m5_10,label="5-10 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,3)
plt.plot(fr1,xx_m10_15,label="10-15 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,4)
plt.plot(fr1,xx_m15_20,label="15-20 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,5)
plt.plot(fr1,xx_m20_25,label="20-25 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,6)
plt.plot(fr1,xx_m25_30,label="25-30 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,7)
plt.plot(fr1,xx_m30_35,label="30-35 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.subplot(4,2,8)
plt.plot(fr2,xx_m35_40,label="35-40 seg");
plt.legend(loc="upper right");plt.xlabel('Frecuencia');plt.ylabel('Magnitud')
plt.show()
```

#TODAS LAS CORRECCIONES Y FILTROS

#PRIMERO SE CORRIGIR LINEABASE

aEW=AEW [1:1751]

aNS=ANS [1:1971]

t2=np.arange(0,1751*dt-dt, dt)

t22=np.arange(0,1971*dt-dt, dt)

aadet=signal.detrend(aEW)

aadet2=signal.detrend(aNS)

#SEGUNDO SE FILTRA EL RUIDO

```
def butter_bandpass_filter (aadet, lowcut, highcut, fm, order=5):
```

```
    b, a=butter_bandpass (lowcut, highcut, fm, order=order)
```

```
    y=lfilter (b, a, aadet)
```

```
    return y
```

```
lowcut=0.1
```

```

highcut=20
ya=butter_bandpass_filter (aadet, lowcut, highcut, fm, order=5)
yb=butter_bandpass_filter (aadet2, lowcut, highcut, fm, order=5)

vvdet1=integrate.cumtrapz(ya, t2, initial=0)
dddet1=integrate.cumtrapz(vvdet1, t2, initial=0)

vvdet2=integrate.cumtrapz(yb, t22, initial=0)
dddet2=integrate.cumtrapz(vvdet2, t22, initial=0)

plt.figure(9)
plt.subplot(3,2,1);plt.title('TODOS LOS FILTROS COMPONENTE EW');
plt.plot(t2,ya)
plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Aceleracion (cm/seg2)');

plt.subplot(3,2,3)
plt.plot(t2,vvdet1);plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Velocidad (cm/seg)');

plt.subplot(3,2,5);plt.plot(t2,dddet1);
plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Desplazamiento (cm)');

plt.subplot(3,2,2);plt.title('TODOS LOS FILTROS COMPONENTE NS');
plt.plot(t22,yb)
plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Aceleracion (cm/seg2)');

plt.subplot(3,2,4);plt.plot(t22,vvdet2);
plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Velocidad (cm/seg)')
plt.subplot(3,2,6);plt.plot(t22,dddet2);
plt.xlabel('Tiempo(seg)');plt.ylabel('Desplazamiento (cm)');

plt.show()

ya_1=ya/100
yb_1=yb/100

periods = np.linspace (0.05, 5, 100) # compute the response for 100 periods
between T=0.05s and 5.0s
record3 = eqsig.AccSignal (ya_1,dt)
record3.generate_response_spectrum (response_times=periods, xi=0.05)
times3 = record3.response_times

record4 = eqsig.AccSignal (yb_1,dt)
record4.generate_response_spectrum (response_times=periods, xi=0.05)
times4 = record4.response_times

plt.figure (10)
plt.subplot(3,2,1);plt.plot(times3,record3.s_a);
plt.xlabel('Periodo (seg)')

```

```
plt.ylabel('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title('Componente Este Oeste')
```

```
plt.subplot(3,2,3);plt.plot(times3,record3.s_v);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Velocidad(m/seg)')
```

```
plt.subplot(3,2,5);plt.plot(times3,record3.s_d);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Desplazamiento(m)')
```

```
plt.subplot(3,2,2);plt.plot(times4,record4.s_a);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title('Componente Norte Sur')
```

```
plt.subplot(3,2,4);plt.plot(times4,record4.s_v);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Velocidad(m/seg)')
```

```
plt.subplot(3,2,6);plt.plot(times4,record4.s_d);
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Desplazamiento(m)')
```

```
plt.show ()
```

```
plt.figure (11)
plt.subplot (3,2,1); plt.plot (times, record.s_a, label='sin');
plt.plot(times3,record3.s_a,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title('Componente Este Oeste')
plt.subplot(3,2,3); plt.plot (times, record.s_v, label='sin');
plt.plot(times3,record3.s_v,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Velocidad(m/seg)')
```

```
plt.subplot(3,2,5); plt.plot (times, record.s_d, label='sin');
plt.plot(times3,record3.s_d,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Desplazamiento(m)')
```

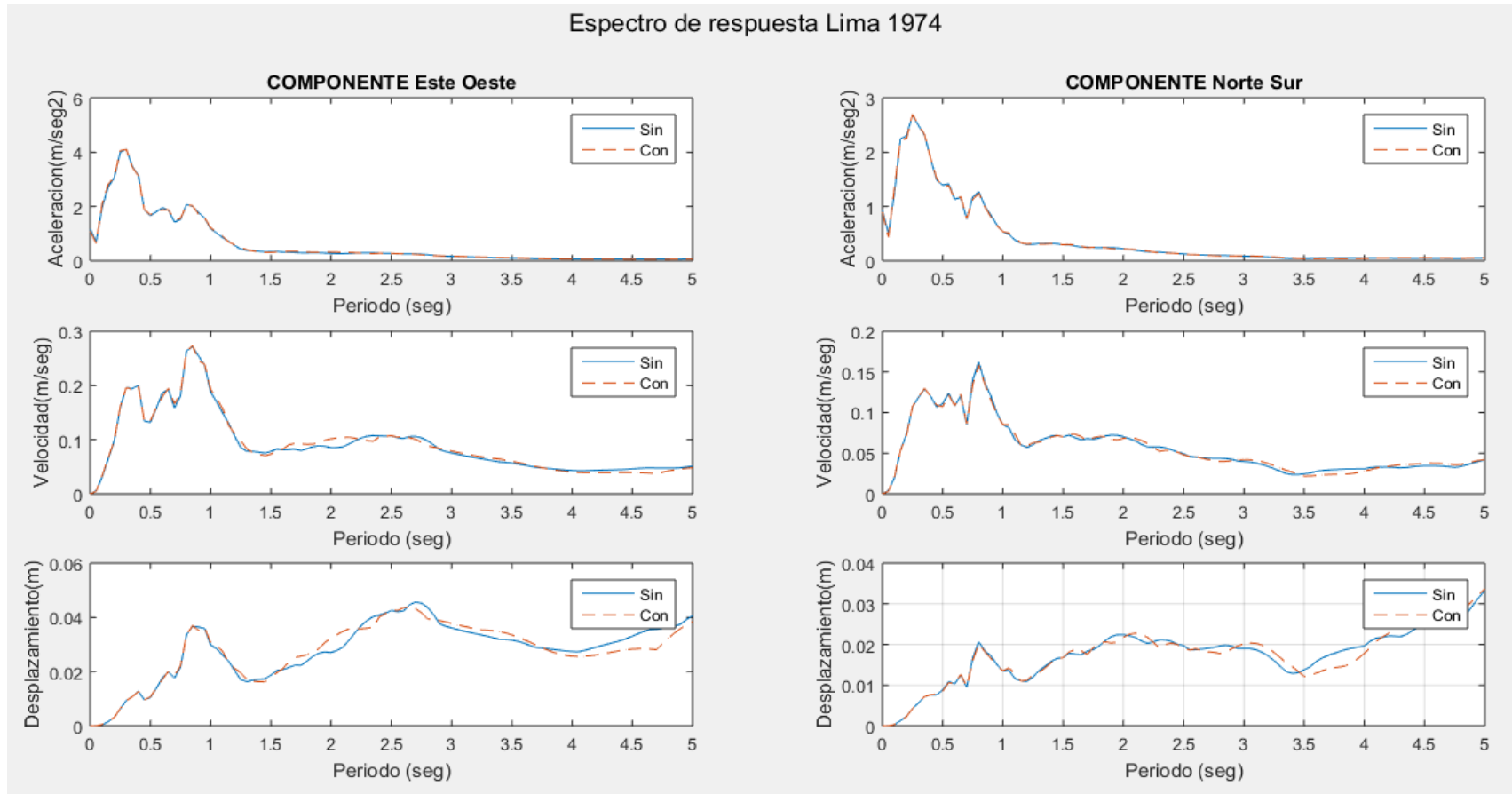
```
plt.subplot(3,2,2);plt.plot(times2,record2.s_a,label='sin');
plt.plot(times4,record4.s_a,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
```

```
plt.ylabel('Aceleracion(m/seg2)')
plt.title('Componente Norte Sur')
```

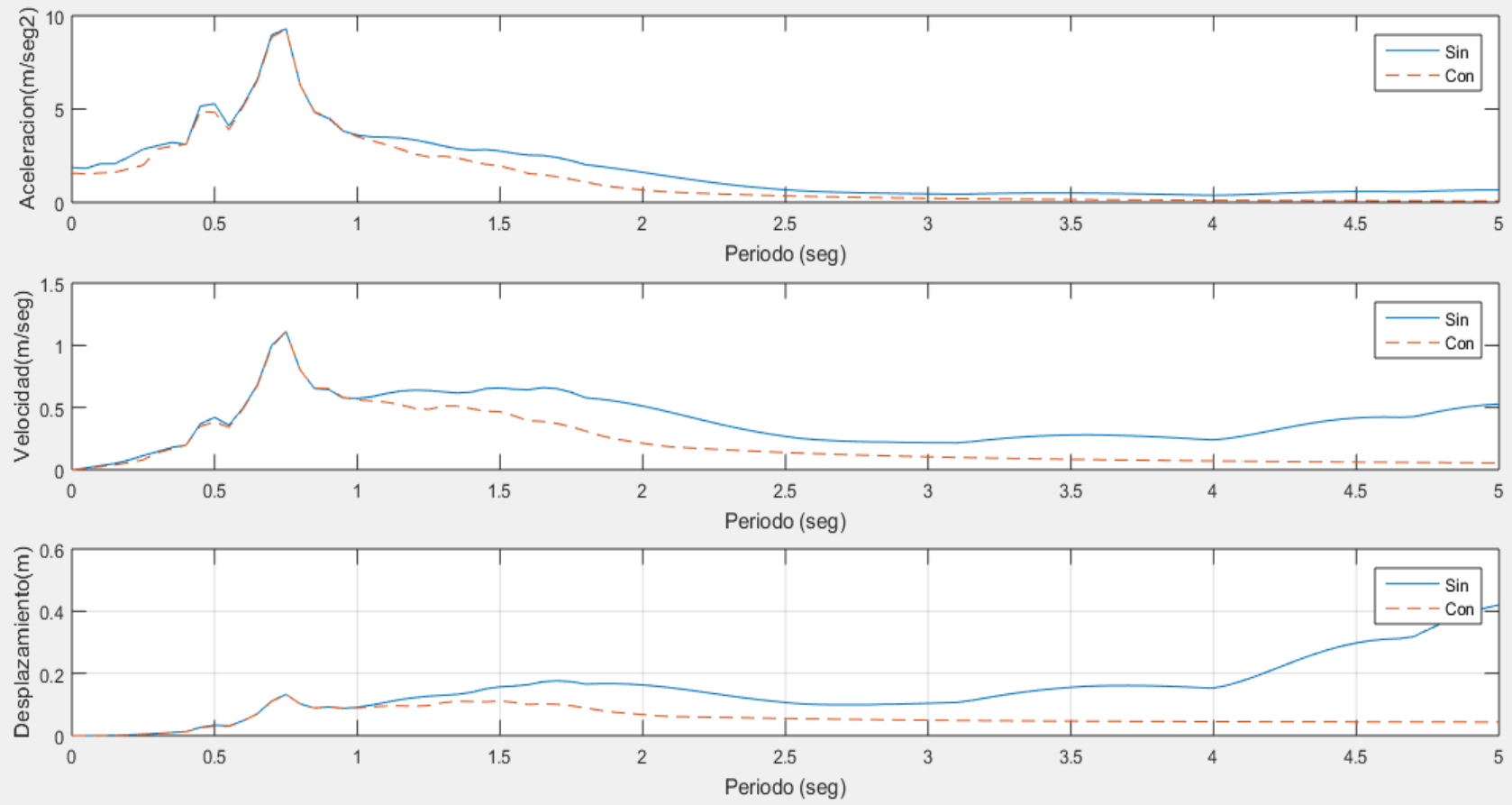
```
plt.subplot(3,2,4);plt.plot(times2,record2.s_v,label='sin');
plt.plot(times4,record4.s_v,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Velocidad(m/seg)')
```

```
plt.subplot(3,2,6);plt.plot(times2,record2.s_d,label='sin');
plt.plot(times4,record4.s_d,'--',label='con')
plt.legend(loc="upper right")
plt.xlabel('Periodo (seg)')
plt.ylabel('Desplazamiento(m)')
plt.show ()
```

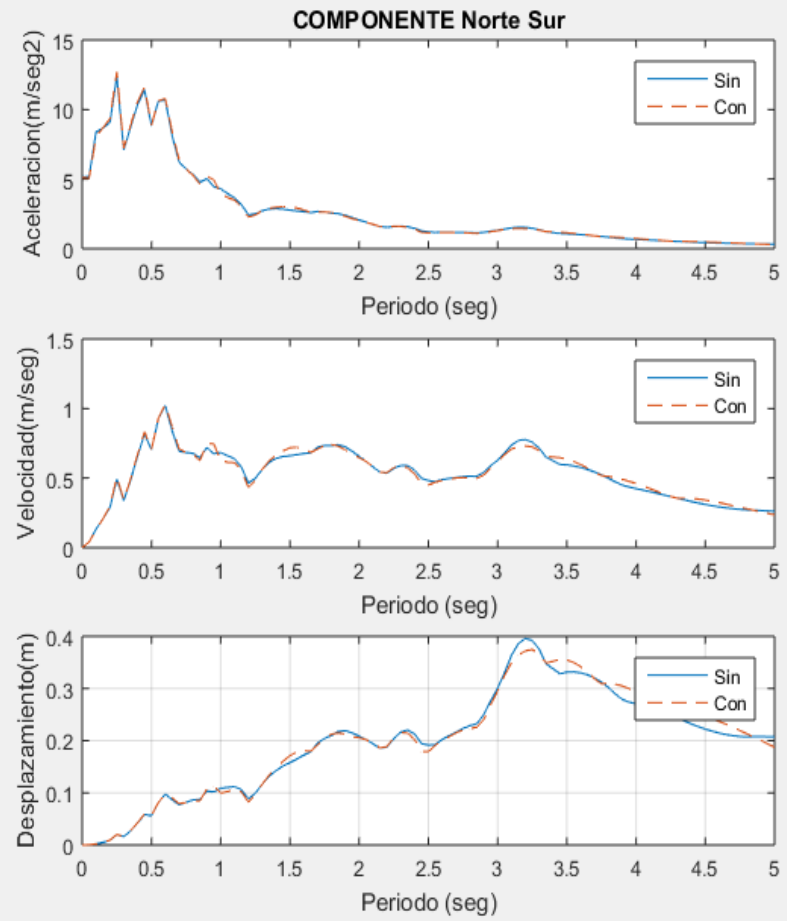
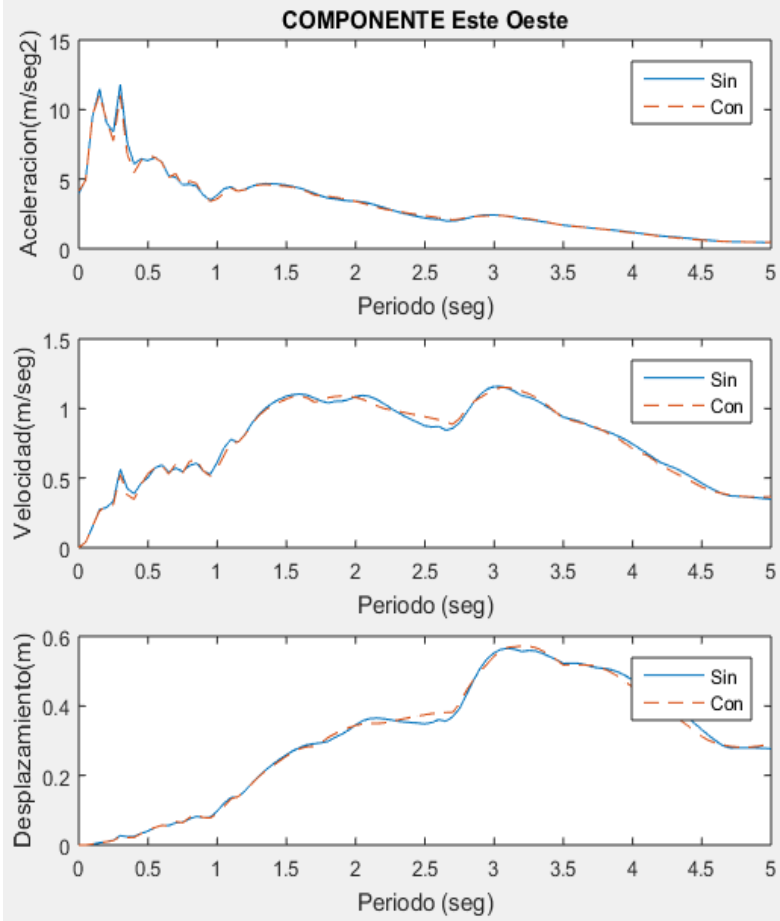
ANEXO 7: COMPARACIÓN DE LAS GRÁFICAS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO EN MATLAB



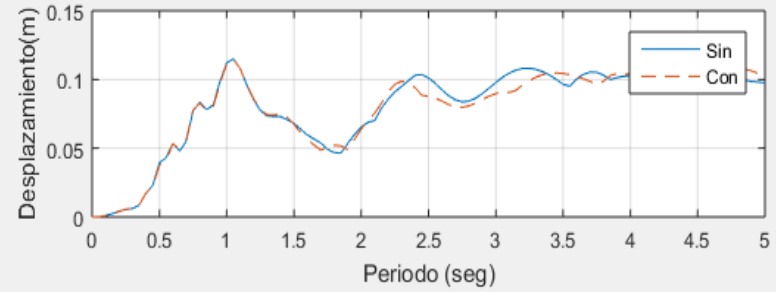
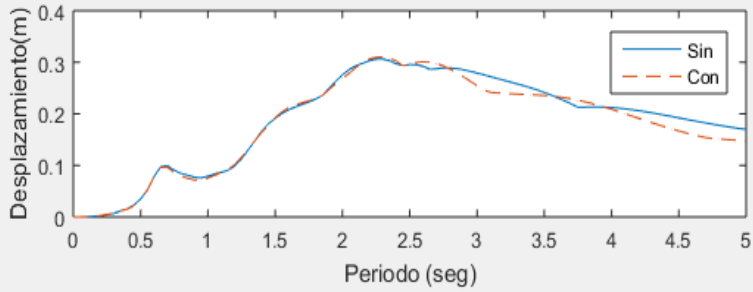
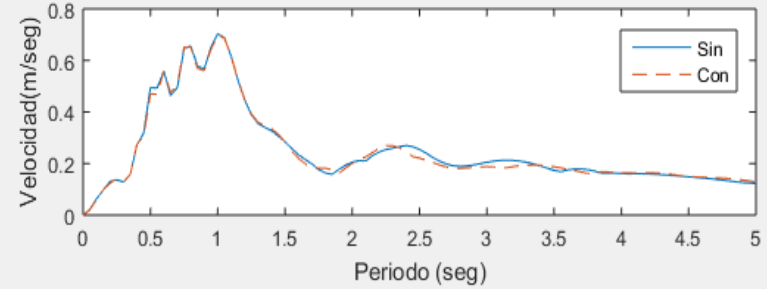
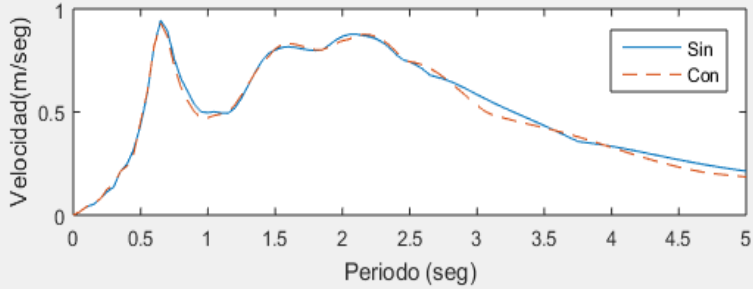
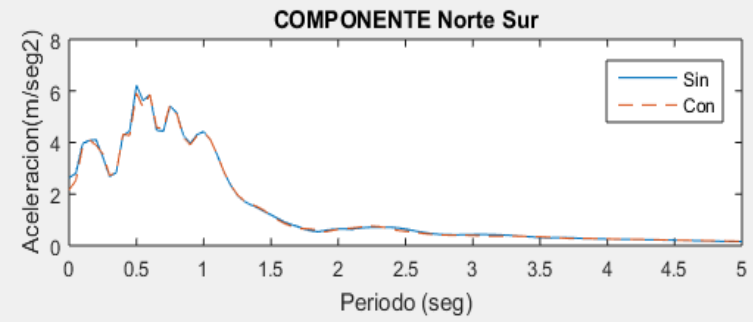
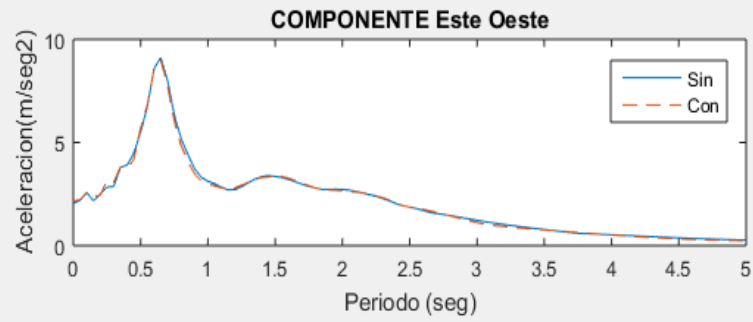
Espectro de respuesta Mesa Vibratoria



Espectro de respuesta Pedernales 2016



Espectro de respuesta Loma Prieta 1989



ANEXO 8: FUNCIONES VCOL Y RCOL

```
function [VCol] = Peer_Vcol (Peer)

%Esta función Cambia los datos matriciales obtenidos del Peer a un Vector
columna

[nFilas, nCol] =size (Peer);
VCol=zeros(nFilas*nCol,1);

k=1;

    for i=1: nFilas
        for j=1: nCol
            VCol(k)=Peer (i, j);
            k=k+1;
        end
    end

VCol=VCol*981;
end

function [RCol] = Renac_Rcol (Renac)

%Esta función Cambia los datos matriciales obtenidos del RENAC a un Vector
columna

[nFilas, nCol] = size (Renac);
RCol=zeros(nFilas*nCol,1);

k=1;

    for i=1: nFilas
        for j=1: nCol
            RCol(k)=Renac (i, j);
            k=k+1;
        end
    end

end
end
```

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Plaza Ramos, Joselyne Nicole** con C.C: # 0930481098 autora del trabajo de titulación: **Consideraciones básicas para análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones** 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, **26 de febrero de 2020**

f. _____

Nombre: **Plaza Ramos, Joselyne Nicole**

C.C: **0930481098**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Consideraciones básicas para análisis estructural usando registros tiempo historia de aceleraciones.		
AUTOR	Joselyne Nicole, Plaza Ramos		
REVISOR/TUTOR	Ing. Guillermo Ponce Vásquez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	26 de febrero de 2020	No. DE PÁGINAS:	133 p.
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Sísmica, Análisis estructural, Dinámica estructural		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Matlab, acelerogramas, Python, análisis, línea base, ruido, duración efectiva		
RESUMEN/ ABSTRACT:	<p>En el presente trabajo de titulación se presentarán varias recomendaciones a futuros y actuales ingenieros civiles, las cuales se deben tomar en consideración al momento de realizar análisis estructural usando registro tiempo historia de aceleraciones, se presentarán algoritmos en MATLAB y Python, los cuales al momento de usar dichos registros, los cuales son obtenidos en las diferentes instituciones, quienes son los que almacenan la información recopilada cuando se presenta un evento sísmico, o cualquier registro de una señal medida para lograr el correcto tratamiento de los acelerogramas, ya que pueden estar siendo influenciados o tomando en consideración aspectos ajenos a lo que se desea analizar, y esto se logra usando los siguientes filtros y correcciones: línea base, ruido y duración efectiva. De los cuales se analizará tres registros sísmicos de tres instituciones diferentes ("Cismid", "Peer" y "Renac") y un registro de simulación sísmica ("Ensayo de laboratorio") con el propósito de presentar las consideraciones para un buen empleo y una determinación más exacta y precisa de los valores obtenidos mediante los códigos en MATLAB y Python expresados en este trabajo.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	+593-4-985132522	Email:joselyne-plaza96@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN(COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Glas Cevallos, Clara		
	Teléfono: +593-98-461-6792		
	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):			