

**MASTER DE ESTRUCTURAS
UNIVERSIDAD DE GRANADA**



**Periodos dominantes del
movimiento sísmico y su
relación con los tipos de
suelo en la zona de
Granada**

Joaquín Daniel Hidalgo García

Tutores:

Dr. Gerardo Alguacil de la Blanca.

Dr. Francisco Vidal Sánchez

Trabajo Fin de Master

Granada - Diciembre 2011

Quiero agradecer a D. Gerardo Alguacil de la Blanca y A D. Francisco Vidal Sánchez por el tiempo que han dedicado a este trabajo y por los comentarios sobre los resultados. Sin su ayuda y sobre todo, sin sus grandes conocimientos no podría haberlo desarrollado. Agradecer también al Instituto Andaluz de Geofísica los datos facilitados de su red de estaciones, así como los pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional. A Ingeniería Geológica Ronda 71 S.L., y su director técnico D. Juan Hidalgo Ruiz, por su ayuda y a Juan Miguel Hidalgo por los datos facilitados. Sin olvidar al resto de personal del IAG, que me ha abierto amablemente sus puertas. Y para terminar a Rocío Lara Tejero y la pequeña Andrea, por haberme aguantado todo este tiempo.

Granada, diciembre de 2011

Índice General

1. Introducción	Pag.9
2. Estado de la cuestión	Pag.13
3. Datos utilizados	Pag.18
▪ 3.1. Introducción	Pag.18
▪ 3.2. Clasificación y organización de datos	Pag.18
▪ 3.3. Registro de datos utilizados	Pag.18
▪ 3.4. Características de los datos utilizados	Pag.20
▪ 3.5. Presentación de los acelerogramas y tabla resumen de registros	Pag.20
▪ 3.6. Definición de los acelerogramas de la base de datos IGN.	Pag.24
▪ 3.7. Definición de los acelerogramas de la base de datos europea (<i>European Strong Motion Database</i>)	Pag.26
▪ 3.8. Definición de los acelerogramas de la base de datos IAG.	Pag.29
4. Metodología	Pag.32
▪ 4.1. Descripción del proceso de cálculo	Pag.32
▪ 4.2. Definición de los parámetros del tipo de suelo	Pag.33
▪ 4.2.1. Clasificación del tipo de suelo según NCSE	Pag.33
▪ 4.2.2. Clasificación del terreno según el Eurocodigo 8	Pag.36
▪ 4.2.3. Clasificación del terreno según NEHRP	Pag.38
▪ 4.2.4. Clasificación del terreno según ajuste del trabajo	Pag.42
▪ 4.3. Definición de los parámetros característicos	Pag.44
▪ 4.3.1. Espectro y análisis de Fourier	Pag.44
▪ 4.3.2. Espectro elástico de respuesta y su cálculo	Pag.46
▪ 4.3.3. Efecto del amortiguamiento en el espectro de respuesta	Pag.48
▪ 4.3.4. Periodo dominante y amplitud máxima de un terremoto	Pag.48
▪ 4.3.5. Relación PGA/PGV	Pag.51
▪ 4.3.6. Definición de T_m. Ecuación (1).	Pag.52
▪ 4.3.7. Definición de T_o. Ecuación (2).	Pag.54
▪ 4.3.8. Definición de T_{avg}. Ecuación (3).	Pag.56
▪ 4.3.9. Definición de T_p. Ecuación (4).	Pag.58
▪ 4.3.10. Definición de T_p de la Razón Espectral H/V. Ecuación (5).	Pag.59

▪ 4.3.11. Cálculo de la relación PGA / PGV	Pag.60
▪ 4.4. Relaciones empíricas que definen del tipo de suelo en función de la clasificación geotécnica propuesta por Bray y Rodríguez-Marek (1997). Relación 1	Pag.61
▪ 4.4.1. Definición del modelo teórico	Pag.62
▪ 4.5. Relaciones empíricas que definen el tipo de suelo en función de los parámetros T_o , T_{avg} y T_m . Relación 2	Pag.64
5. Resultados y discusión	Pag.70
▪ 5.1. Cálculo y clasificación del sitio en función de los periodos predominante T_p Y $T_{p(H/V)}$	Pag.70
▪ 5.2. Ajuste gráfico de los periodos predominantes en función de la distancia y ejemplo con la comparación de los periodos obtenidos mediante las relaciones de Rathje et al.	Pag.74
▪ Ajustes de los terremotos en función de los distintos periodos predominantes para distancias de 5 y 50 km. Suelo tipo C	Pag.71
▪ Ajustes de los terremotos en función de los distintos periodos predominantes para distancias de 5 y 50 km. Suelo tipo D	Pag.85
▪ Ajustes de los terremotos en función de los distintos periodos predominantes y las relaciones de Rathje et al. para distancias de 5 y 50 km. Suelo tipo C y D	Pag.96
▪ Tabla con los resultados medios de los parámetros característicos que definen el contenido en frecuencia de cada una de las estaciones para suelos tipo C y D	Pag.100
▪ 5.3. Parámetros obtenidos y ajustes	Pag.103
6. Conclusiones y líneas futuras	Pag.110
7. Bibliografía	Pag.114
8. Anexos	Pag.115
▪ Anexo 1. Definición del proceso de cálculo del Algoritmo	Pag.119
▪ Anexo 2. Algoritmo Versión 16	Pag.135
▪ Anexo 3. Mapas Estaciones	Pag.149
▪ Anexo 4. Tablas Análisis y clasificación	Pag.151

Índice de figuras

Figura 1. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 10 km y magnitudes $M_w= 3, 4, 5, 6$ y 7	Pag.67
Figura 2. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 50 km y magnitudes $M_w= 3, 4, 5, 6$ y 7	Pag.68
Figura 3. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 200 km y magnitudes $M_w= 3, 4, 5, 6$ y 7	Pag.69
Figura 4. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C	Pag.75
Figura 5. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C	Pag.75
Figura A. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C	Pag.76
Figura B. Ajuste 3D del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo C	Pag.76
Figura 6. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C	Pag.77
Figura 7. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C	Pag.77
Figura C. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo C	Pag.78
Figura D. Ajuste 3D del Periodo T_m en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo C	Pag.78
Figura 8. Ajuste del Periodo T_o en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C	Pag.79
Figura 9. Ajuste del Periodo T_o en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C	Pag.79
Figura E. Ajuste del Periodo T_o en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C	Pag.80
Figura F. Ajuste 3D del Periodo T_o en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo C	Pag.80
Figura 10. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C	Pag.81

- Figura 11.** Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C Pag.81
- Figura G.** Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C Pag.82
- Figura H.** Ajuste 3D del Periodo T_p en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo C Pag.82
- Figura 12.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C Pag.83
- Figura 13.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C Pag.83
- Figura I.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo C Pag.84
- Figura J.** Ajuste 3D del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo C Pag.84
- Figura 14.** Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D Pag.86
- Figura 15.** Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D Pag.86
- Figura K.** Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D Pag.87
- Figura L.** Ajuste 3D del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo D Pag.87
- Figura 16.** Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D Pag.88
- Figura 17.** Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D Pag.88
- Figura M.** Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D Pag.89
- Figura N.** Ajuste 3D del Periodo T_m en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo D Pag.89
- Figura 18.** Ajuste del Periodo T_o en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D Pag.90
- Figura 19.** Ajuste del Periodo T_o en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D Pag.90

- Figura O.** Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D Pag.91
- Figura P.** Ajuste 3D del Periodo T_0 en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo D Pag.91
- Figura 20.** Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D Pag.92
- Figura 21.** Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D Pag.92
- Figura R.** Ajuste 3D del Periodo T_p en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo D Pag.93
- Figura Q.** Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D Pag.93
- Figura 22.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D Pag.94
- Figura 23.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D Pag.94
- Figura S.** Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D Pag.95
- Figura T.** Figura P. Ajuste 3D del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, Magnitud M_w -3 para suelo Tipo D Pag.95
- Figura 24.** Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase C Pag.97
- Figura 25.** Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase C Pag.97
- Figura 26.** Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase D Pag.98
- Figura 27.** Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase D Pag.98
- Figura 28.** Relación M_w - T_m este trabajo vs. M_w - T_m Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase D Pag.99
- Figura 29.** Relación M_w - T_m este trabajo vs. M_w - T_m Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase D Pag.99
- Figura 30.** Clasificación del tipo de suelo en tipo C y D de acuerdo con la segunda aproximación. Ajustando los terremotos en función de la magnitud y distancia con los parámetros que definen el tipo de suelo dC vs dD. En el triángulo superior se

pueden observar los suelos clase C y en el triangulo inferior, los suelos clase D.

Pag.106

Figura 31. Clasificación del tipo de suelo en tipo C y D de acuerdo con la segunda aproximación. Ajustando las estaciones en función de la clasificación previa y de las distancias medias dC y dD. En el triángulo superior se pueden observar los suelos clase D y en el triangulo inferior, los suelos clase C.

Pag.107

Figura 32. Clasificación de los T_p de las estaciones de registro en función de la clasificación previa del tipo de suelo en C y D. En el eje de abcisas se representan los dos tipos de suelo C y D y en el eje de ordenadas, se representa el valor del periodo T_p .

Pag.108

Figura 33. Clasificación de los $T_{p(H/V)}$ de las estaciones de registro en función de la clasificación previa del tipo de suelo en C y D. En el eje de abcisas se representan los dos tipos de suelo C y D y en el eje de ordenadas, se representa el valor del periodo $T_{p(H/V)}$

Pag.109

Figuras Anexo 1

Figura a1. Representación gráfica de las tres componentes del acelerograma correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena. $M_w=4,3$

Pag.120

Figura a2. Representación gráfica de los *offset* a eliminar de las tres componentes del acelerograma. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena. $M_w=4,3$

Pag.120

Figura a3. Representación gráfica de las tres componentes del acelerograma corregidas sin *offsets*, correspondiente al Terremoto Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena. $M_w=4,3$

Pag.121

Figura a4. Representación gráfica valor máximo de la PGA. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, $M_w=4,3$

Pag.122

Figura a5. Representación gráfica valor máximo de la PGV. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, $M_w=4,3$

Pag.122

Figura a6. Representación gráfica correspondiente de la ventana analizada de la componente N-S, con una ventana *Hamming* aplicada. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.124

Figura a7. Representación gráfica espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente Norte-Sur. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.124

Figura a8. Representación gráfica de la ventana analizada de la componente E-O, con una ventana *Hamming* aplicada. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.125

Figura a9. Representación gráfica del espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente E-O. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.125

Figura a10. Representación gráfica de la ventana analizada de la componente Vertical, con una ventana *Hamming* aplicada. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.126

Figura a11. Representación gráfica del espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente Vertical. Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.126

Figura a12. Representación gráfica del espectro de potencia de la combinación de las componentes horizontales (N-S E-O). Terremoto Chimeneas 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, $M_w=4,3$

Pag.128

Figura a13. Representación gráfica de la amplitud vs. Frecuencia de la relación H/V (combinación de las componentes horizontales/componente vertical). Terremoto Chimeneas 28/12/1998. $M_w=4,3$

Pag.128

Figura a14. Representación gráfica de la amplitud de la relación H/V, combinación de las componentes horizontales/componente vertical. Terremoto Chimeneas 28/12/1998. $M_w=4,3$

Pag.129

Figura a15. Representación gráfica de la amplitud de la relación H/V, combinación de las componentes horizontales/componente vertical. Terremoto Chimeneas 28/12/1998. $M_w=4,3$

Pag.129

Índice de tablas

Tabla 0. Ubicación de las estaciones utilizadas en la provincia de Granada en este trabajo según latitud, longitud y ubicación de la estación	Pag.19
Tabla 1. Resumen de magnitudes utilizadas por las bases de datos consultadas	Pag.21
Tabla 2. Resumen de acelerogramas del IAG e IGN usados para el cálculo de los periodos predominantes de este trabajo en función de: la estación de registro, M_w , profundidad y distancia epicentral	Pag.22
Tabla 3. Resumen de acelerogramas de la base de datos europea de la zona euromediterránea usados en el cálculo de periodos predominantes de este trabajo	Pag.23
Tabla 4. Clasificación de sitio propuesto por Bray y Rodríguez-Marek (1997)	Pag.34
Tabla 5. Clasificación de suelos tipo C y D por Rathje et al. (2001) propuesta	Pag.34
Tabla 6. Clasificación del terreno según normativa española NCSE-02	Pag.36
Tabla 7. Valores coeficiente C normativa española NCSE-02	Pag.36
Tabla 8. Clasificación del terreno según EUROCODIGO 8	Pag.37
Tabla 9. Clasificación del tipo de suelo NEHRP	Pag.39
Tabla 10. Tabla clasificación previa del tipo de suelo en las estaciones de registro de la base de datos de nuestro trabajo según el NCSR-02 y la propuesta por Bray et al. (1997) según espesores de la estratigrafía	Pag.40
Tabla 11. Tabla clasificación del tipo de suelo según normativas utilizadas en este trabajo. Se han adaptado los tipos de terreno a la clasificación de Bray et al. (1997) en función del espesor, T_p , y velocidad de propagación.	Pag.43
Valores de los coeficientes de regresión y errores estándar para los coeficientes de regresión de las relaciones propuestas por Rathje et al. (2004) para clasificar los tipos de suelo C y D en su trabajo	Pag.64
Tabla 12. Clasificación del tipo de suelo en función de los periodos T_p y $T_{p(H/V)}$. Primera aproximación del trabajo.	Pag.70
Tabla 13. Tabla de resultados de los valores medios de los parámetros que definen el contenido en frecuencia. Terremotos de la base de datos de este trabajo clasificados por estaciones.	Pag.101
Tabla 14. Valores de coeficientes y errores estándar. Tipo de suelo C y D obtenidos mediante un ajuste robusto utilizando la matriz de covarianza.	Pag.103
Tabla 15. Valores de los coeficientes para tipo de suelo C y D de nuestro ajuste y los valores de los coeficientes de las relaciones propuestas por Rathje et al.	Pag.104
Tabla 16. Ejemplo de periodos discrepantes en el análisis de los valores obtenidos del T_p y del $T_{p(H/V)}$.	Pag.112

1

Introducción

La importancia de los efectos de sitio en la caracterización de los movimientos sísmicos es de gran importancia en el mundo ingenieril (Seed and Idriss 1982), y esta importancia se ha visto reflejada mediante la incorporación en los códigos técnicos, normativas y relaciones o clasificaciones que los definan. Uno de los primeros en incorporar la clasificación de las condiciones locales fue el código UBC (1976) (*Uniform Building Code*). En su código de 1977 incorpora la velocidad de ondas de corte en los 30 primeros metros del sitio como un solo parámetro de caracterización. Los trabajos de Trifunac (1971, 1973) son una referencia clásica en el estudio del efecto local debido a la incidencia de ondas SH sobre valles aluviales y cañones semicilíndricos. Por otro lado, es una práctica común en el diseño usar aproximaciones simplificadas que definen el tipo suelo (“suelo” vs. “roca”) o ignorar el efecto de la profundidad. Gracias al volumen de registros obtenidos en terremotos como el de Northridge de 1994 o el de Loma prieta de 1989, se dispone de una gran cantidad de información útil y se ha tenido la oportunidad de mejorar, evaluar y desarrollar relaciones empíricas basadas en la predicción de la respuesta en el sitio. Esto ha llevado a realizar amplios estudios para el cálculo de la respuesta del sitio como por ejemplo relacionarlos con la intensidad, factores de amplificación de largos y cortos periodos basados en las mediciones de velocidades de ondas en los 30 primeros metros (Borcherdt, 1994), factores de amplificación dependientes de la intensidad y el sitio que modifican la aceleración pico (PGA) en roca para tener en cuenta dichos factores (Seed et al. 1991) y que son utilizados junto con los espectros de respuesta normalizados de aceleración para desarrollar espectros de diseño dependientes del sitio.

Existen tres factores fundamentales en la propagación de ondas sísmicas que afectan al movimiento y contribuyen a su amplificación. La fuente del sismo, el medio por el cual las ondas se transmiten y por último y no menos importante, el efecto local o de sitio. La transmisión de las ondas a través del terreno provoca una

composición de ondas (directas y ondas reflejadas, ondas producto de la dispersión y difracción, y ondas superficiales) debida fundamentalmente a las propiedades geológicas y dinámicas del terreno, directividad e incidencia en la base rocosa y a la topografía superficial. El efecto que produce esta combinación de factores sobre el movimiento sísmico, se traduce en amplificaciones o atenuaciones del movimiento, variación del contenido en frecuencia, amplitudes máximas, duración, etc.

Aunque existe el hecho de que otra serie de efectos pueden producir daños en las estructuras, como la licuefacción, fallos del terreno, deficiencias estructurales, efectos topográficos, etc., enfatiza la necesidad de conocer y caracterizar los efectos potenciales de los depósitos de suelos en la amplificación de los movimientos sísmicos. Llegar al conocimiento de la geología superficial es un objetivo difícil ya que la obtención de los datos mediante investigaciones geológicas no es posible en todos los casos y tiene un alto coste económico (realizar este tipo de investigaciones requiere de financiación). Se complementa generalmente con otro tipo de información topográfica, mediante mapas geológicos, aproximaciones numéricas o investigaciones de aproximaciones instrumentales.

Como alternativa, existe un método de aproximación instrumental denominado “método de las razones espectrales H/V” o “HVSr”, análogo a la técnica *receiver-function technique* (función del receptor, Langston, 1979) consistente en hallar las razones espectrales suavizadas entre las componentes horizontales (Norte-Sur, Este-Oeste) y verticales, correspondientes a un emplazamiento definido. Se trata de un método sencillo y de poco coste económico. Nakamura (1989) desarrolló un método basado en esta técnica con la diferencia del tipo de registro utilizado. La técnica de función del receptor utiliza registros de aceleración, velocidad o desplazamientos sobre los que se calculan las razones espectrales, sin embargo la técnica de Nakamura se aplica sobre registros de ruido. Estas técnicas presentan algunos problemas como la correcta elección del emplazamiento de referencia, adecuadas técnicas de suavizado ya que una incorrecta aplicación de éstas puede ocultar rasgos importantes de las razones, o la ventana del registro elegida, si ésta no es adecuada puede que las amplitudes estimadas se contaminen con fases que estén fuera de los parámetros buscados.

Particularizando el estudio y caracterización del efecto de sitio, la provincia de Granada se encuentra en la zona de mayor peligrosidad sísmica de España con los valores más elevados de aceleración sísmica básica de toda la geografía nacional (0.23g, NCSE 2002). Esto se debe a que en regiones como las Béticas donde existe

una sismicidad moderada y ocasionalmente grande, la influencia que las condiciones de la estructura geológica superficial tienen en la modificación de las características de las ondas procedentes de la sacudida sísmica es de gran importancia. Además se produce la circunstancia de que la ciudad de Granada se asienta sobre una cuenca de materiales con series potentes de materiales sedimentarios poco consolidados formando un acuífero. Esto implica que puedan darse fenómenos de amplificación local; fenómenos que se han reflejado tras los terremotos históricos que han asoldado la provincia de Granada como por ejemplo el terremoto de Albolote del 19 de abril de 1956; terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1884; terremoto de Cabo de San Vicente (Lisboa) del 1 noviembre de 1775 o el terremoto de Atarfe de julio de 1431. El terremoto de Lisboa de 1755 (llamado así porque los mayores daños se produjeron en esta ciudad) aunque evidentemente no tuvo su epicentro en la provincia de Granada, sí afectó a muchos términos municipales. En el pueblo de Güevéjar hay constancia de haberse producido deslizamiento de laderas. Este pueblo se encuentra situado en la falda de una montaña donde después del terremoto y durante las horas siguientes se produjo un lento pero continuo deslizamiento del terreno que obligó a desalojarlo. Curiosamente un fenómeno análogo se reprodujo posteriormente en este mismo pueblo con el sismo de Andalucía de 1884 (Martinez S., 2001)

Por lo tanto, podemos resumir que la respuesta sísmica del sitio y la amplificación del movimiento de tierra están afectadas por la combinación de efectos debido a la rigidez del suelo y a su espesor (Rodríguez-Marek, Abrahamson 1999). Y el trabajo que vamos a desarrollar intentará proponer en función de una serie de parámetros que han sido definidos para caracterizar el contenido en frecuencia de un sismo (Rathje et al. 2004), unas relaciones cuya finalidad será predecir dichos efectos en función de la tipología del suelo (Rodríguez-Marek et al. 2001).

El trabajo desarrollado se divide básicamente en cuatro partes. Una primera parte consistente en la recopilación y clasificación de acelerogramas procedentes de diversas fuentes de registro y bases de datos en función de una serie de parámetros que fundamentalmente serán: epicentro del sismo, magnitud, distancia y profundidad. Con estos parámetros clasificados en nuestra propia base de datos podremos empezar a analizar el contenido en frecuencia que los definen y calcular los periodos dominantes utilizando las relaciones empíricas descritas por diversos autores (Rathje et al. 2004, Tso et al. 1991, Nakamura 1989, 2009). Esta sería la

segunda parte del trabajo. A continuación la tercera parte corresponde a la clasificación del tipo de terreno que hay en las estaciones de registro en función de estos parámetros y de los métodos de clasificación de la normativa vigente (Rodríguez-Marek, Abrahamson 1999, NCSE-02, EUROCODIGO-8). Para finalizar, llegamos a la cuarta parte del trabajo donde realizamos los ajustes necesarios para obtener nuestras propias relaciones que definan el tipo de terreno adaptando las de Rathje et al. 2004.

Señalar que ha sido necesaria implementar unas rutinas mediante el programa Matlab para poder realizar los análisis en frecuencia necesarios. Serán presentadas en el anexo de este trabajo.

2

Estado de la cuestión

Existe la observación repetida en multitud de terremotos (e.j., Caracas 1967, Ciudad de México 1985, Loma Prieta 1989, Northridge 1984, Kobe 1995), de que las sacudidas sísmicas presentan en muchos sitios periodos dominantes y eso produce que los daños se concentren en edificaciones que tienen periodos cercanos a esos periodos dominantes, Rodríguez-Marek et al. (2001). La correlación entre efecto de sitio y daño en edificación se refleja en el trabajo de Seed et al. (1972) para el terremoto de Caracas de 1967. De una manera generalizada el mayor daño se produjo cuando el periodo natural de las edificaciones “coincidió” con el periodo natural de los depósitos del suelo. Estas observaciones y otras muchas en la misma dirección indican la necesidad de cuantificar el efecto de sitio como una componente necesaria en la valoración de la amenaza sísmica.

La importancia del efecto de sitio en la caracterización de los movimientos sísmicos ha sido ampliamente estudiada y reconocida (e.j. Seed and Idriss 1982). Borchardt (1994) desarrolló factores de dependencia de intensidad y de amplificación de largos y cortos periodos basados en las mediciones medias de la velocidad de las ondas de cizalla sobre los 30 primeros metros de un sitio.

Por otra parte, una caracterización del sitio no es suficiente. También esta comprobado y estudiado que un mismo terremoto se registre de distinta manera en sitios distintos. En el terremoto de México de 1985 donde se alcanzó una magnitud de $M_s=8,1$, se tubo una intensidad percibida en el distrito federal (situada a 400 km) de grado IX en la escala MM. Se pudo comprobar como la aceleración pico (PGA) fue cuatro veces mayor en la zona de arcilla lacustre que el la zona de basalto en las colinas. Los valores de aceleración pico (PGA) en la capital a 400 km del epicentro fueron similares a los epicentrales.

En la práctica ingenieril se tiende muchas veces a caracterizar el contenido en frecuencia mediante un único parámetro para facilitar su aplicación practica Rathje et al. (1997). En esta línea se desarrolla nuestro trabajo ya que por una

parte, vamos a caracterizar los parámetros característicos que definen el contenido en frecuencia, los periodos dominantes (T_p , T_m , T_o , T_{avg} , $T_{p(H/V)}$) en función del sitio, y seguidamente buscaremos una relación de los periodos dominantes en función, no solamente del sitio, sino también de la magnitud y la distancia. Tso et al. (1991) en su trabajo analiza una serie de 45 registros de terremotos buscando el significado de la relación PGA/PGV como parámetro que caracterice las propiedades dinámicas de un movimiento sísmico, encontrando que la A/V es un parámetro que caracteriza bien la relación Magnitud (M)–Distancia epicentral (R) asociada al movimiento. Esto indica que gracias a la relación M – R, la A/V da gran información relacionada con el contenido relativo de frecuencia y duración de la sacudida para movimientos de tierra en diferentes ambientes sísmicos (Tso et al. 1991).

En términos de implicaciones ingenieriles, la sacudida sísmica define dos importantes características, el contenido en frecuencia y la duración. Debido a esto caracterizar el contenido en frecuencia de un movimiento sísmico será muy importante ya que afecta a la respuesta dinámica de los sistemas geotécnicos y estructurales. Esta respuesta dinámica de los sistemas sujeta a la sacudida sísmica, se ve afectada por el contenido en frecuencia del *input* del terremoto (Rathje et al. (2004). Cuando el contenido en frecuencia de un terremoto se acerca al periodo natural de un sistema geotécnico (e.j., depósito de suelo, presa) o estructural (e.j., puente, edificio), la respuesta dinámica se ve afectada, incrementándose las tensiones que se ejercen en el sistema (geotécnico o estructural) produciéndose daños significativos (Kramer 1996, Chopra 2001).

Solo unos pocos estudios han tenido como finalidad predecir el contenido en frecuencias de un terremoto y muchos de estos estudios han elegido el periodo espectral predominante (T_p) como el parámetro que caracteriza este contenido en frecuencia. Gutenberg and Richter (1956) fueron los primeros en estudiar el contenido en frecuencia de los sismos considerando el periodo “de las ondas de máxima amplitud” que normalmente se asociaba al periodo predominante espectral. Seed et al (1969) sugirió en su estudio una relación entre T_p y la distancia para sismos de distintas magnitudes, con la limitación de los datos con los que trabajaba. Idriss (1991) modificó las relaciones propuestas por Seed et al. (1969) basándose en los registros de movimiento del terremoto de Loma Prieta de 1989 ($M_w=6.9$). Rathje et al (1998) realizó un estudio empírico-estadístico de parámetros escalares que definen el contenido en frecuencia utilizando una base de

datos con 306 registros procedentes de 20 terremotos en zonas tectónicamente activas para desarrollar relaciones predictivas de T_p , del periodo principal y del periodo principal suavizado T_o . El estudio concluye que T_m y T_o caracterizan mejor el contenido en frecuencia de un terremoto que T_p y además estos dos parámetros pueden ser calculados de una forma más exacta. En el trabajo posterior, Rathje et al. (2004) reexaminan los parámetros descritos en Rathje et al. (1998) e introducen un nuevo parámetro llamado periodo espectral medio T_{avg} y se calcula a partir del Espectro de Amplitud de Fourier.

Cuatro son los parámetros escalares propuestos en el trabajo de Rathje et al. (2004) para caracterizar el contenido en frecuencia de un movimiento sísmico:

- (1) el período medio (T_m)
- (2) el período medio espectral (T_{avg})
- (3) el periodo espectral predominante suavizado (T_o)
- (4) el periodo predominante (T_p)

El periodo predominante (T_p) es un parámetro de sencillo cálculo que se utiliza habitualmente para caracterizar el contenido en frecuencia el cual se define como el periodo para el cual el espectro de respuesta de aceleración alcanza su valor máximo. No es adecuado para describir el contenido en frecuencia para sismos de grandes magnitudes con lo cual no está recomendado su cálculo y definición en estos casos. Otro parámetro es el periodo espectral predominante suavizado (T_o) el cual toma un promedio de los valores del espectro de respuesta de aceleración, ponderando cada periodo mediante el logaritmo natural del espectro de aceleración en este periodo. T_o se ve afectado por el contenido de altas frecuencias. Schnabel (1973) describe la frecuencia principal cuadrada como la frecuencia media en el espectro de amplitud de Fourier, ponderada cada frecuencia por el cuadrado de esta amplitud de esta. De la misma forma el periodo medio (T_m) promedia los periodos en el espectro de Fourier usando la misma formula de ponderación. La frecuencia central está basada en la densidad espectral de potencia e identifica donde se concentra la densidad espectral de potencia (Vanmarcke 1976). Boore (1983) introduce dos estimaciones de contenido en frecuencia que son similares a la frecuencia central, Rathje et al. (1997). El periodo espectral suavizado (T_{avg}) utiliza el espectro de respuesta de aceleración con un amortiguamiento del 5% y periodos

medios (sobre un rango de frecuencias especificado) promediado por la aceleración espectral. Los periodos T_m y T_{avg} son calculados para caracterizar el contenido en bajas frecuencias de los movimientos sísmicos. T_m esta definido a partir del Espectro de Amplitud de Fourier, mientras que T_{avg} y T_o están definidos a partir del espectro de respuesta de aceleración.

Posteriormente se desarrollaran relaciones empíricas a partir de las propuestas por Rathje et al. basadas en el sistema de clasificación definido por Rodríguez-Marek et a. (2001), donde propone una nueva clasificación geotecnia del terreno para considerar los efectos de sitio en la valoración probabilista de la amenaza sísmica. La clasificación propuesta se fundamenta en la caracterización general del sitio, incluyendo suelo profundo y suelo rígido. Además, tiene el objetivo de reducir el error producido en las relaciones de atenuación del método de comparación (simple) “suelo” – “roca”. Estas relaciones empíricas aproximan los tres parámetros (T_m , T_{avg} y T_o) en función de la magnitud del sismo, distancia de la fuente al sitio, directividad, condiciones locales, y el mecanismo de ruptura.

Desde otro punto de vista la mejor aproximación para comprender las condiciones locales es a través de la observación directa de los sismos. Los daños causados por los últimos terremotos ocurridos son debidos a la relación directa de las condiciones geológicas existentes que afectan a los movimientos de tierra (Nakamura, 2009). Dichos estudios de observación directa están restringidos a áreas con alta sismicidad. Debido a este tipo de restricción de limitación a solo a áreas con alta sismicidad y la no existencia de un adecuado sistema de clasificación de sitio, han sido aplicados métodos que no relacionan de una forma adecuada el tipo de suelo en estudios de respuesta de sitio. Por este motivo Nakamura propone el uso de los microtremor, siendo una herramienta muy práctica para estimar el efecto de la geología de superficie en un movimiento sísmico sin necesidad de otra información geológica

La técnica H/V, *QTS*, *Quasi-Transfer Spectra*, se ajusta muy bien a esta descripción. Ha recibido gran aceptación por su sencillez gracias a la rápida información que se puede obtener sobre las características dinámicas de la tierra y las estructuras. Ofrece la facilidad de recopilación de datos y se puede aplicar en las zonas de baja sismicidad o incluso sin ella. Aunque varios investigadores afirmaron que la base teórica de esta técnica no está clara, ha habido muchos estudios experimentales realizados con éxito.

La técnica H/V fue desarrollada por Nakamura relacionando investigaciones en sondeos junto con el análisis de registros de movimientos fuertes en diferentes condiciones de sitio. Se formuló la hipótesis de que la componente vertical del ruido ambiental en la superficie del suelo mantiene las mismas características del suelo en el basamento. Además la componente vertical está relativamente influenciada por las ondas Rayleigh de las capas sedimentarias y por lo tanto se puede utilizar para eliminarlo tanto de la fuente, como de los efectos de las ondas Rayleigh de las componentes horizontales.

En definitiva, es una técnica efectiva para identificar la frecuencia de resonancia fundamental de una capa sedimentaria con efectos de amplificación. Siendo los resultados más realistas que los obtenidos de las relaciones roca-suelo. Se ha demostrado por muchos investigadores (ej. Ohmachi et al, 1991; Lermo et al, 1992;. Field y Jacob, 1993, 1995) cómo la relación H/V de ruido puede ser utilizada para identificar la frecuencia de resonancia fundamental y factor de amplificación de los sedimentos. Observando los ejemplos de estudio de Nogoshi and Igarashi (1971) los cuales compararon la H/V de las ondas Rayleigh con las del microtremor, concluyeron que los microtremor estaban compuestos de forma general en ondas Rayleigh, alguno de los estudios teóricos (Lachet and Bard, 1994; Konno and Ohmachi, 1998; Bard, 1998) sugirieron que el pico de la H/V podía ser explicado con el modo fundamental de las ondas Rayleigh. Si pensamos que estas aproximaciones son ciertas los microtremor podrían considerarse compuestos solo por ondas Rayleigh. Por otro lado si comprobamos los ejemplos dados en Nogoshi y Igarashi (1971) minuciosamente, podemos ver claramente que en el pico de la frecuencia de la H/V de la onda Rayleigh la energía de esta es muy pequeña, cercana a cero. La onda Rayleigh tiene su máximo de energía proximo al canal de frecuencia de la H/V. Por este motivo el pico de la H/V del microtremor no puede ser explicado por la energía de la onda Rayleigh. Según Nakamura (1989) la H/V del microtremor en el rango de la frecuencia pico puede ser explicado con la incidencia vertical de la onda SH.

3

Datos utilizados

3.1. Introducción

La selección de terremotos de los catálogos podrá hacerse en función del sistema de clasificación de la base de datos, seleccionando los registros que nos interesan, por ejemplo la base de datos del IGN permite el filtrado de datos por intensidad, profundidad, fecha, latitud, longitud, etc. Si no están bien clasificados, el trabajo se puede volver más tedioso, no pudiendo hacer un filtrado previo y teniendo que trabajar con registros que pueden no estar correctamente almacenados. La elección de los datos del trabajo irá en función de que nos interesa calcular. Para nuestro trabajo necesitaremos los terremotos de mayor magnitud disponibles.

3.2. Clasificación y organización de datos

Para el desarrollo de este trabajo nos hemos centrado en terremotos con epicentro en la provincia de Granada y cuyos acelerogramas han sido registrados principalmente por estaciones situadas en la ciudad de Granada y núcleos urbanos de toda la provincia. El motivo del uso de acelerogramas se debe a que estos se encuentran situados en poblaciones y nos interesa más caracterizar las zonas urbanas que zonas no pobladas.

3.3. Registro de datos utilizados

Un acelerógrafo es un instrumento sismográfico que registra la aceleración del terreno en función del tiempo. Lo utilizaremos para registrar los movimientos en campo cercano. Posee una baja amplificación para evitar la saturación. El movimiento sísmico en el campo cercano muy próximo a la fuente posee un alto

contenido en altas frecuencias; el periodo natural del acelerógrafo puede estar comprendido entre 0 y 0.1 segundos y el amortiguamiento puede oscilar entre el 50 y el 100% del amortiguamiento crítico para conseguir que el acelerómetro quede preparado para el nuevo movimiento después de cada oscilación.

No hemos incluido en nuestro catalogo de terremotos registros obtenidos por sismógrafos (su destino es el de registrar movimientos fuertes) debido a que normalmente se encuentran situados en zonas alejadas de los núcleos urbanos. Por lo tanto el uso de estos sismogramas no será práctico para el desarrollo de nuestro trabajo.

Los acelerogramas han sido facilitados por el *Instituto Andaluz de Geofísica* (IAG) a través del cual hemos podido obtener los correspondientes al *Instituto Geográfico Nacional* (IGN) y la base de datos *European Strong Motion Database*, registrados en el área euromediterránea.

Tabla 0. Ubicación de las estaciones en la provincia de Granada utilizadas en este trabajo según latitud, longitud y ubicación de la estación.

DATOS ESTACIONES DE REGISTRO PROVINCIA DE GRANADA			
Localidad	Latitud (g, m,1)	Longitud (g, m,1)	Ubicación
Adra	36°45'05"N	03°00'45"W	Refugio Plaza
Agrón	37°01'54"N	03°49'41"W	Cámara Agraria
Albolote	37°13'53"N	03°39'18"W	Biblioteca
Alhama de Granada	37°00'17"N	03°59'03"W	Mancomunidad
Arenas del Rey	36°57'33"N	03°54'27"W	Ayuntamiento
Cacín	37°03'42"N	03°54'53"W	Escuela Vieja
Chimeneas	37°08'03"N	03°49'22"W	Ayuntamiento
Churriana	37°08'57"N	03°38'40"W	Ayuntamiento
Dílar	37°04'34"N	03°36'04"W	Ayuntamiento
Dúrcal	36°59'12"N	03°33'54"W	Hotel Mariami
Granada	37°10'42"N	03°35'27"W	Caballerizas (Alhambra)
Granada	37°10'59"N	03°36'51"W	Facultad de Ciencias
Granada	37°10'44"N	03°35'18"W	Torre de Comares (Alhambra)
Guadix	37°18'48"N	03°07'39"W	Parque de Bomberos
Jayena	36°57'02"N	03°49'18"W	Ayuntamiento
Loja	37°10'02"N	04°08'37"W	Ambulatorio
Motril	36°43'50"N	03°32'20"W	Puerto
Santa Fe	37°11'28"N	03°34'01"W	Ayuntamiento
Ventas de Huelma	37°04'06"N	03°49'13"W	Ayuntamiento

3.4. Características de los datos utilizados

La selección de acelerogramas la haremos principalmente en función de tres parámetros:

- El epicentro esté situado en la provincia de Granada
- Esté registrado por el mayor número de estaciones de Granada
- Tengan una intensidad superior a $M_w > 2,4$

Debido a que no se tienen registros de terremotos con grandes intensidades en Granada hemos seleccionado sismos con epicentros en otras provincias con intensidades $M_w > 3 - 6$ y que han sido registrados por las estaciones de la provincia de Granada. Hemos incluido también terremotos registrados por pocas estaciones pero cuya intensidad estaba dentro de nuestro rango de cálculo.

Indicar que se han incluido los acelerogramas registrados en estaciones que no están en la provincia de Granada y que han sido procesados pero que no han sido tenidos en cuenta a la hora de analizar los resultados de los cálculos (anexo 3).

3.5. Presentación de los acelerogramas y tabla resumen de registros

Los datos correspondientes a los acelerogramas se presentan de dos tablas distintas. Por una parte los correspondientes a la base de datos del IGN e IAG y por la otra, los referidos al proyecto *ISESD* del *European Strong Motion Database*. El motivo de separarlos en dos tablas se debe a la cantidad de información con la que se suministran dichos acelerogramas. Cada uno está registrado de una forma diferente siendo necesaria su separación a la hora de analizarlo. Los diferentes tipos de registros serán definidos a continuación.

Una vez seleccionados los acelerogramas creamos la base de datos de nuestro trabajo donde los clasificaremos principalmente en función de las siguientes variables:

- Estación de registro
- Magnitud (Magnitud momento M_w)
- Distancia Epicentral (K_m)
- Profundidad (K_m)

El resto de variables terminan de definir el acelerograma dando valores como el nombre, la fecha, la hora, latitud y longitud del epicentro, aceleraciones máximas, etc.; estos datos no serán de utilidad a la hora del cálculo.

Es importante comprobar la magnitud en la que vienen expresados los sismos ya que los ajustes que tendremos que realizar para encontrar nuestras relaciones según Rathje et al. (2004) vienen expresados en M_w mientras que las magnitudes de las bases de datos consultadas se expresan de la siguiente forma:

Tabla 1. Resumen de magnitudes utilizadas por las bases de datos consultadas

Magnitudes expresadas			
Base de datos	I.G.N.	I.A.G.	ISESD
	M_b	M_c	M_w
	Magnitud de Onda	Magnitud Coda	Magnitud Momento
Magnitud	Magnitud calculada a partir de la formula desarrollada por Gutenberg	Se calcula en función de la duración del sismo	Se calcula en función del Momento sísmico escalar M_o
	$M_b = \log \cdot (A(D)/T) + F_b + (D, h)$	$M_c = a \cdot \log(Tc) + d \cdot D + C$	$M_w = \text{Log}((M_o)/1.5) - 10.7$

La magnitud es un valor único y es una medida cuantitativa del sismo relacionada con la energía sísmica liberada en el foco. Es una medida instrumental que cuantifica el tamaño de los terremotos y está basada en el valor de la amplitud de las ondas sísmicas registradas por un sismógrafo / acelerógrafo. Teóricamente la magnitud no tiene margen superior pero está limitada por la resistencia de las rocas en la corteza terrestre y la longitud de ruptura probable en la falla. Para su determinación han sido creadas diferentes escalas dependiendo del tipo de onda en que se basa la medición (Magnitud local M_L ; Magnitud momento M_w ; Magnitud Coda M_c ; Magnitud de ondas internas m_b ; Magnitud de ondas superficiales M_s ; Magnitud momento sísmico escalar M_o ; Magnitud duración M_i)

La relación para pasar de Magnitud Coda (M_c) a Magnitud Momento (M_w) en esta zona de estudio es la siguiente según Havskov et al. (2001):

$$M_c = 1.04 \cdot M_w + 0.12$$

$$M_w = \frac{M_c - 0.12}{1.04}$$

Tabla 2. Resumen de acelerogramas del IAG e IGN usados para el cálculo de los periodos predominantes de este trabajo en función de: la estación de registro, M_w , profundidad y distancia epicentral

ACELEROGRAMAS USADOS EN EL CÁLCULO

Datos del Sismo						
Epicentro	Sismo:	Hora origen	Magnitud	Profundidad	Distancia epicentral	Nº
	Fecha	(GTM)	(M_w)	(km)	(km)	Registros
Almuñecar (GR)	24/06/1984	14:30	4,5	5,00	20,0	3
Padul (GR)	07/11/1990	7:25	3,8	5,00	17,0	2
Zubia (GR)	21/03/1993	9:55	3,0	3,00	10,8	1
Zubia (GR)	21/03/1993	10:01	3,4	2,00	11,8	2
Arenas del Rey (GR)	22/12/1993	20:11	3,4	3,00	3,6	3
Adra (AL)	23/12/1993	14:22	4,7	8,00	7,5	16
Adra (AL)	23/12/1993	18:00	3,8	2,00	2,9	2
Alh. de Granada (GR)	08/01/1994	22:48	3,5	1,00	7,5	6
Vegas del Genil (GR)	24/02/1994	1:05	2,6	3,00	0,9	2
Granada (GR)	06/12/1994	9:28	3,0	3,00	3,6	3
Chimeneas (GR)	17/03/1995	14:04	3,7	2,00	5,3	15
Albuñuelas (GR)	12/04/1995	6:46	3,0	2,00	11,0	2
Padul (GR)	27/07/1995	9:40	2,7	2,00	7,7	2
Jayena (GR)	28/09/1995	15:02	3,3	1,00	11,1	7
Cacín (GR)	09/01/1996	7:36	3,5	3,00	7,6	9
SW Albuñuelas (GR)	24/01/1996	8:36	3,1	8,00	17,0	3
Montilla (CO)	16/04/1996	22:43	3,8	8,00	3,5	19
Chimeneas (GR)	28/12/1996	7:30	4,0	0,00	4,5	16
Ventas de Huelma (GR)	24/02/1997	7:09	4,1	5,00	1,4	19
W Chimeneas (GR)	31/03/1997	19:58	3,3	5,00	1,8	8
N Zafarraya (GR)	17/04/1997	17:24	3,4	2,00	15,1	1
N Zafarraya (GR)	17/04/1997	18:46	3,6	2,00	18,2	1
Ventas de Huelma (GR)	21/04/1997	3:21	3,0	6,00	1,3	3
Alhama de Granada (GR)	07/05/1998	20:38	3,3	0,80	1,4	6
Granada (GR)	04/06/1998	17:38	2,9	0,00	2,5	5
Granada (GR)	04/06/1998	19:28	2,4	0,00	1,7	1
Granada (GR)	04/06/1998	19:32	3,0	0,00	1,3	5
Granada (GR)	05/06/1998	19:07	3,3	0,00	1,3	6
Granada (GR)	12/06/1998	6:31	2,8	0,00	1,8	4
SE. Jayena (GR)	18/11/1998	23:18	3,9	0,10	4,4	15
W. Padul (GR)	11/02/1999	5:43	3,1	0,00	7,6	6
Cijuela (GR)	04/03/1999	22:28	2,8	0,00	6,6	3
W. Atarfe (GR)	07/06/1999	10:03	3,5	1,40	3,5	13
N. Ventas de Huelma (GR)	04/07/1999	20:32	2,8	1,20	2,4	3

W. Albuñuelas (GR)	13/07/1999	17:27	3,0	0,00	11,8	5
SW de Alhama de Granada (GR)	12/03/2000	5:58	2,8	0,00	14,4	2
Agrón (GR)	21/04/2000	4:52	3,2	0,00	17,4	9
Arenas del Rey (GR)	17/07/2000	15:43	3,0	2,00	7,1	5
NE de Jayena (GR)	02/12/2000	4:23	2,6	2,00	10,8	5
Armillá (GR)	02/03/2001	15:02	2,6	0,00	3,2	3
NE de Arenas del Rey (GR)	22/05/2001	3:36	3,5	0,00	5,0	9
W de Padul (GR)	01/05/2002	4:59	3,3	0,00	17,7	7
SW La Zubia (GR)	30/08/2002	10:44:17	2,8	0,00	5,8	2
SW de Maracena (GR)	01/07/2003	0:42:19	2,9	0,00	4,1	5
E de Chimeneas (GR)	10/09/2003	20:22:47	3,5	0,00	2,1	14
Ventas de Huelma (GR)	05/10/2003	20:48:05	3,0	1,00	1,3	6
SE de Gabia (GR)	10/10/2003	15:03:05	2,9	0,00	2,4	3
NE de Alhendin (GR)	10/10/2003	18:11:01	3,2	0,00	3,4	2
SW Alhucemas (Marruecos)	24/02/2004	2:27:43	6,0	0,00	170,1	19
N Arenas del Rey (GR)	03/08/2004	18:17:30	2,9	10,00	5,4	4
SE de Castell de Ferro (GR)	06/11/2004	13:24:26	3,3	0,00	11,8	6
N de Arenas del Rey (GR)	30/08/2005	1:04:36	2,6	0,00	6,6	3

Tabla 3. Resumen de acelerogramas de la base de datos europea de la zona euromediterránea usados en los cálculos de de este trabajo.

Date	Time [UTC]	Name	Magnitude	Station Name	Local Geology	Δ [km]
24/06/1984	14:30:51	Cazulas	4,9Mw	Presa de Béznar 504	rock	24
24/06/1984	14:30:51	Cazulas	4,9Mw	Ayuntamiento de Santa Fe	soft soil	39
23/12/1993	14:22:34	Strait of Gibraltar	5,2Mw	Adra-Refugio de la Plaza	rock	6
04/01/1994	8:03:15	Strait of Gibraltar	4,9Mw	Adra-Refugio de la Plaza	rock	25
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Ayuntamiento de Santa Fe	soft soil	9
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Albolote-Biblioteca	stiff soil	2
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Granada-Facultad de Ciencias	soft soil	7
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Granada-Caballerizas Alhambra	soft soil	9
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Granada-Torre de Comares Alhambra	stiff soil	9
28/12/1996	7:30:36	Chimeneas	3,9Mw	Granada-Paseo de Ronda Alhambra	stiff soil	9
24/02/1997	7:09:50	Ventas de Huelma	4,2Mw	Agrón	soft soil	1
24/02/1997	7:09:50	Ventas de Huelma	4,2Mw	Ayuntamiento de Ventas de Huelma	stiff soil	3
24/02/1997	7:09:50	Ventas de Huelma	4,2Mw	Ayuntamiento de Jayena	stiff soil	10
24/02/1997	7:09:50	Ventas de Huelma	4,2Mw	Cacín	stiff soil	8

3.6. Definición de los acelerogramas de la base de datos IGN.

Los datos procedentes del IGN se encuentran estructurados de la siguiente forma:

Los datos se dividen en acelerogramas correspondientes a equipos KINEMATRICS SSA-1 y SSA-2 y acelerogramas correspondientes a equipos GEOSIG GSR-18. Así que, se encuentran separados en carpetas diferentes que a su vez, se clasifican según el año del suceso. La forma de presentación de los datos varía de unos equipos a otros, la escala y unidad de los valores de aceleración son especificados en cada fichero (pudiendo variar el orden de la presentación de las componentes entre distintos equipos del mismo tipo y para distintas fechas).

Todos los ficheros presentan una cabecera que ofrece información sobre la estación y el acelerograma. Los valores de tiempo que aparecen en los acelerogramas corresponden a tiempo U.T.C. y en el caso de los equipos GSR-18 que disponen de GPS.

La calidad de los datos esta avalada por las periódicas calibraciones que se realizan en los equipos y la forma de presentarlos en función del tipo de equipo es la siguiente:

Equipos GEOSIG GSR-18: Los datos ofrecidos corresponden a los datos de aceleración registrados en los equipos corregidos de error instrumental pero sin filtrar. Y las distintas componentes se presentan en tres columnas consecutivas verticalmente separadas por el nombre de cada de las mismas. A estas columnas les precede una cabecera con información sobre la estación, el instrumento y el acelerograma.

En aquellos ficheros en los que no aparecen valores de **mg**, sino solo valores de cuentas para cada instante del tiempo, el factor multiplicador para transformar las cuentas en **mg** es:

2.39×10^{-4} mg/cuenta	para equipos de 0.5 g
4.77×10^{-4} mg/cuenta	para equipos de 1 g

Por esto será importante revisar el fichero de clasificación del tipo de estaciones para los ficheros de datos que presenten esta peculiaridad y, comprobar el rango dinámico del equipo que se encontraba instalado en la fecha del registro.

Equipos KINEMATRICS SSA-1 y SSA-2: Los datos ofrecidos corresponden a los datos de aceleración registrados por los equipos corregidos instrumentalmente y filtrados con un filtro muy ligero de paso-banda para la eliminación de ruidos.

El filtro de *Ormsby* paso-banda utilizado es:

0.200	0.050	20.000	2.000
0.200	0.050	20.000	2.000
0.200	0.050	20.000	2.000

Donde para cada componente se definen los valores como:

0.200 Hz	Límite superior del filtro paso altas	
0.050 Hz	Transición que nos da el límite inferior del filtro paso altas	$0.200 - 0.050 = 0.150$
20.000 Hz	Límite superior del filtro paso bajas.	
2.000 Hz	Transición que nos da el límite inferior del filtro paso bajas	$20.000 + 2.000 = 22.000$

En los ficheros ASCII suministrados además de los datos de aceleración corregidos y filtrados se ofrecen los datos de pseudo-velocidad y pseudo-desplazamiento resultantes de la integración de la aceleración.

Así los fichero ASCII presenta la siguiente estructura:

1. Una cabecera donde figuran:

Nombre de la estación.
Nombre del fichero.
Número de la componente y su nombre.
Fecha y hora del inicio del evento.
Periodo natural del instrumento.
Amortiguamiento.
Número de muestras.

Duración del evento.
Tiempo entre dos muestras.
Los valores límite del filtro.
Los picos de aceleración, velocidad y desplazamiento en cm/s^2, cm/s y cm, respectivamente, y sus tiempo respecto al origen.

2. Después de los valores iniciales de velocidad, aparecen los valores de aceleración, velocidad y desplazamiento, en filas consecutivas y separadas la etiqueta de los mismos. Los valores de aceleración, velocidad y desplazamiento se dan en cm/s^2 , cm/s y cm , respectivamente.

La estructura es igual para las tres componentes (componente Norte – Sur, Este – Oeste, Vertical) que se presentan de forma consecutivas.

3.7. Definición de los acelerogramas de la base de datos europea (*European Strong Motion Database*)

Antes de definir el formato de datos de dicha base, comentaremos brevemente el origen de dicha base de datos.

Los registros de la base de datos utilizada (*ISESD*) empleados en este estudio se obtuvieron durante el periodo 1984-1995. Las características más destacables de estas señales son que el valor de la magnitud es reducido y que la distancia epicentral de la mayor parte de los registros no supera los 40 km.

La web de European Strong Motion Database “http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/” pone a nuestra disposición toda una serie de información referente al proyecto. Permite la consulta interactiva en la base de datos de terremotos de la Unión Europea y la obtención de datos de la selección de registros que queramos hacer.

Los parámetros asociados a más de 3.000 registros de aceleración de terremotos en Europa y regiones adyacentes son archivados en la base de datos. Han sido archivados más de 2.000 registros de aceleración corregidos y sin corregir, como registros junto con los espectros de respuesta elástica correspondientes. Estos registros son catalogados y puestos a disposición pública

por una serie de investigadores, organizaciones y organismos, pudiendo ser descargados desde el sitio web como registros digitales.

Los objetivos de este proyecto en el marco del 5 ° Programa Marco de la Comisión Europea, Dirección General de Investigación-, Medio Ambiente y el Clima son:

- I. Establecer una plataforma de libre acceso con una base de datos fiable de movimientos fuertes y una base de datos asociada con los parámetros sísmicos de los terremotos en las áreas metropolitanas de Europa.
- II. Poner en funcionamiento una plataforma permanente en Internet en el Imperial College de Ciencia, Tecnología y Medicina de Londres (Reino Unido), en la Universidad de Islandia, en Reykjavik, en la Universidad de Trieste (Italia) y en el Instituto de Ingeniería de Sismología e Ingeniería Sísmica en Tesalónica (Grecia).
- III. Proporcionar a los usuarios finales, los ingenieros y científicos, parámetros sísmicos de movimientos fuertes de alta calidad y estimaciones de terremotos en territorio europeo.
- IV. Validar y, si es necesario, volver a calcular o re-calcular, instrumental y parámetros específicos de sitio sísmicos.
- V. Para recuperar, tratar y conservar archivos en la plataforma europea de movimientos fuertes, los datos registrados por instrumentos analógicos antes del año 2000, así como para procesar y almacenar todos los registros de movimientos fuertes, analógicos y digitales, generados durante el período del proyecto.
- VI. Para fomentar y mejorar el acceso a los datos de movimientos fuertes de tierra y a la información de redes de Europa.
- VII. En colaboración con la Asociación Europea de Ingeniería Sísmica, asegurar el funcionamiento de la plataforma después de la finalización del proyecto, por uno o más de los sitios de Internet establecidos en el proyecto.

El trabajo se distribuye entre cuatro organizaciones:

- The Imperial College of Science, Technology and Medicine, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, London, United Kingdom.
- Universidad de Islandia, el Instituto de Investigación de Ingeniería, Laboratorio de Mecánica Aplicada, de Reykjavík,

- Universidad de Trieste, del Departamento de Ciencias de la Tierra, Italia, Universidad Kiril y Metodij, Instituto de Ingeniería Sísmica e Ingeniería Sísmológica, Skopje, Antigua República Yugoslava de Macedonia, actúa como subcontratista
- Ministerio de Obras Públicas y Medioambiente, Instituto de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Tesalónica, Grecia.

A su vez, ponen a disposición subrutinas de Matlab para importar y exportar archivos en el formato de archivo utilizado por la base de datos (ISESD):

Raw_in: Importar archivos. Corregir la aceleración de los registros.

Raw_out: Exportar archivos. Corregir la aceleración de los registros.

Cor_in: Importar. Corregir la aceleración y la velocidad de los registros.

Cor_out: Exportar. Corregir la aceleración y la velocidad de los registros.

Spc_in: Importar espectros de respuesta.

Spc_out: Exportar los espectros de respuesta.

Aunque la base de datos tenga clasificados un gran número de terremotos con epicentro en nuestro país, hay que indicar que un porcentaje alto no tienen los archivos digitales con los acelerogramas, disminuyendo la gran utilidad con la que nació dicho proyecto de clasificación y recopilación de sismos.

En nuestro trabajo solo hemos podido obtener datos de 14 sismos registrados en estaciones de la provincia de Granada de un total de 112 que aparecen como disponibles en la base de datos; los acelerogramas se organizan de la siguiente manera:

Cada componente se graba en un archivo distinto, con lo que trabajamos con tres archivos cuya extensión final será XA (componente Norte – Sur), YA (componente Este – Oeste) y ZA (componente Vertical).

1. La cabecera de los ficheros

Nombre del fichero.
Código de sismo asignado

Código de la estación
Código de la forma de onda
Canales de registro
Orientación del transductor
Tipo de instrumento
Sensibilidad
Frecuencia natural
Amortiguamiento
Escala completa de amplitud
Resolución de conversor A/D
Filtro fc o filtro anti-alias
Número de polos del filtro anti-alias
Operador del Instrumento
Fecha de la primera muestra
Periodo de la muestra
Numero de muestras
Longitud de la muestra
Unidades en las que se presentan las muestras
Referencia

2. A continuación aparecen comentarios sobre quien procesa la señal, las características y parámetros del transductor, si se le aplica una corrección instrumental, el tipo de filtro y las frecuencias en las que trabaja, si se ha realizado el filtrado de las aceleraciones y si se ha corregido la línea base en los datos de aceleración y velocidad.

3.8. Definición de los acelerogramas de la base de datos IAG.

La red instrumental del IAG está compuesta por la siguiente tipología de estaciones (web IAG):

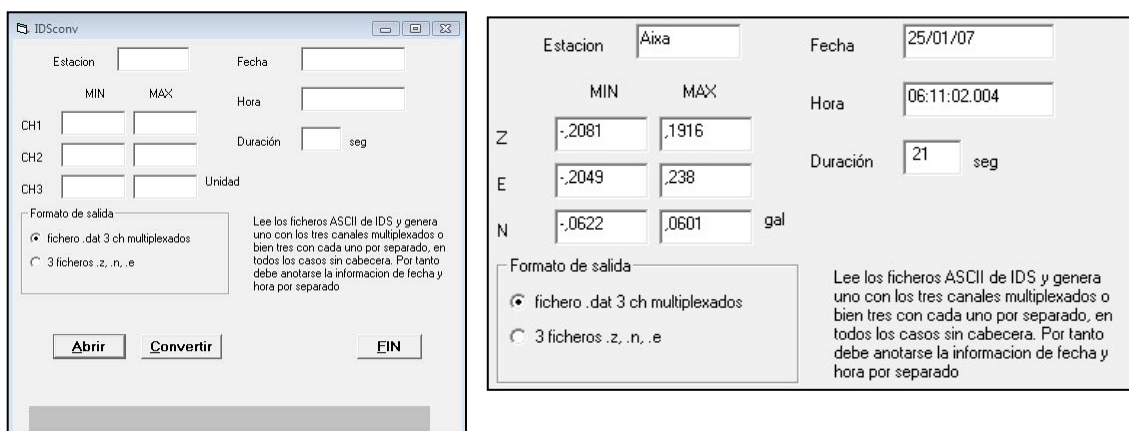
Red de Periodo Corto: La red de microsismicidad tiene 8 estaciones, desplegadas en torno a la Depresión de Granada y equipadas con sensores (Mark o Ranger) verticales de 1 segundo de periodo natural.

Red de banda ancha: El Instituto Andaluz de Geofísica ha comenzado la remodelación de su red sísmica con la incorporación de equipos de banda ancha. Esta red constará de un total de 15 -16 estaciones. Las estaciones de banda ancha están instaladas en cuevas naturales o túneles, para asegurar un ambiente estable en temperatura y disminuir el ruido superficial. Con instrumentación Delta-Sigma de diseño propio, digitalizadores marca Earth Data, sensores Streckeissen modelo STS-2.

Red de movimiento fuerte: Constituida por 4 acelerógrafos del tipo Terra Technology 3602A de 16 bits de resolución y 132 dB de margen dinámico, 6 acelerógrafos Kinometrics de 18 bits tipo ETNA y 3 GURALP CMG-eTD. Algunos de estos equipos se encuentran completando las estaciones de banda-ancha.

Array sísmico: La Red Portátil de Arrays Sísmicos consta de 14 unidades del array SEISAD18 y 144 geófonos Mark L28 de 4.5 Hz. con amplificador extensor de respuesta hasta 1 Hz. Su gran ventaja consiste en su portabilidad debida a su reducido tamaño y peso, y en su bajo consumo, cualidades que lo hacen ideal para su traslado e instalación inmediata en zonas de crisis.

Los datos procedentes del IAG se encuentran registrados en múltiples formatos dependiendo de los equipos en las estaciones de registro. Para los archivos en formato IDS, el IAG dispone de un programa de lectura y conversión de acelerogramas (*IDSconv*) en archivos con dos formatos diferentes. El programa lee los ficheros ASCII de *IDS* y genera un archivo con los tres canales multiplexados o bien con cada uno por separado (z, n, e), en todos los casos sin cabecera. Por tanto debe anotarse la información de fecha y hora por separado.



Por ejemplo, la imagen superior muestra el sencillo formato de presentación del programa.

Los ficheros son guardados en formato **.dat*, pudiendo ser tratados o leídos posteriormente por ejemplo a través del programa Matlab. Cada una de las componentes es grabada en una columna según el orden que muestran los distintos canales (CH1, CH2 y CH3).

Otra información que nos da, es el valor máximo y mínimo de cada una de las componentes (en gal), la fecha del evento, la hora, duración y estación de registro. Por ejemplo, en la imagen superior se muestra la lectura de un registro correspondiente a la estación Aixa, de un terremoto del 25 de enero de 2007, con una duración de 21 segundos.

Los archivos de registros con extensión PGC, PHE, CRT, AIXA, etc. del IAG corresponden con las estaciones pertenecientes a la red del instituto donde se han tomado. La nomenclatura del fichero corresponde al mes, día del evento, y hora (por ejemplo, *03311958.PGC*, correspondería con un terremoto ocurrido el 31 de marzo a las 19:58 horas, registrado en la estación del Parque de las Ciencias de Granada). No necesitará de ningún programa específico para su lectura pudiendo leerse mediante el *bloc de notas* de *Windows*. En nuestro caso hemos implementado una rutina de Matlab para poder tratarlos de forma automática. Poseen una cabecera común con los datos referentes a la estación y a la configuración del equipo de registro. Las magnitudes en las que están clasificados los terremotos del Instituto de Geofísica Andaluz están en magnitud Coda. Las relaciones para pasar de magnitud Coda a Momento definidas para la zona de estudio han sido presentadas en el punto 3.5 de esta memoria.

Tienen una cabecera donde figuran:

Latitud – Longitud - Elevación
Nombre de la estación
Fecha y hora del inicio del evento.
Conexión con GPS para envío de señales (opcional)
Aceleración pico de cada componente
Configuración del canal 1 (Z). N° de muestras, duración, etc.
Configuración del canal 2 (N). N° de muestras, duración, etc
Configuración del canal 3 (W). N° de muestras, duración, etc
Registros de aceleración

4

Metodología

4.1. Descripción del proceso de cálculo

El objetivo fundamental del trabajo consiste en, “predecir” los periodos dominantes (T_p , T_m , T_o , T_{avg}) del movimiento en función del sitio (en cada ubicación de la que se disponen datos geológicos e información previa del tipo de suelo), para terremotos de distintas magnitudes y distancias, en la provincia de Granada. Intentaremos determinar cuales son los periodos dominantes más probables en función de la magnitud y de la distancia y seguidamente, buscaremos una relación de los periodos dominantes en función, del sitio, magnitud y distancia.

En la primera parte del cálculo, partiendo del trabajo realizado por Rathje et al. (2004), buscaremos unas relaciones empíricas similares a las propuestas en su estudio que junto con los valores correspondientes a las variables T_o , T_m , T_p y T_{avg} (periodo espectral suavizado, periodo principal, periodo dominante, periodo espectral medio), previamente calculadas, nos den una clasificación del tipo de suelo. Por otro lado, incluiremos la relación espectral H/V, relacionando la componente horizontal del movimiento con la vertical (Nakamura, 1989). Y para terminar, calcularemos la razón PGA/PGV; que puede dar una buena estimación de las frecuencias dominantes del movimiento del suelo (Tso et al., 1992, Bommer & Alarcón, 2006).

El sistema de clasificación geotécnico del sitio (SGS como Simplified geotechnical site categories) descrito por Rodríguez-Marek et al. (2001) será utilizado para clasificar las condiciones locales de sitio en las estaciones de registro de nuestro trabajo. El sistema de clasificación diferencia entre roca (clase B; profundidad suelo <6 m), roca erosionada/blanda y suelo superficial duro (clase C, profundidad suelo <60 m), y suelo duro profundo (clase D, profundidad suelo > 60 m). Estos criterios de profundidad están basados en aproximaciones del periodo del

sitio (T , 0,2 s para clase B; T , 0,8 s para clase C; T , 0,2 s para clase D) y se establecieron por consideraciones de diferencias estadísticas entre los registros de movimiento del terremoto de Northridge y de Loma Prieta. La clasificación de sitio como suelo blando (clase E, suelo blando espesor > 3 m) no ha sido utilizado en este trabajo. En estudios previos Rathje et al (1998) combina la clase B y C en una sencilla clasificación de categoría roca/suelo-superficial. No obstante recientes desarrollos (e.j. Rodríguez-Marek et al. 2001) indican que hay una diferencia significativa entre los terremotos registrado en roca y los suelos duros, por lo tanto estas categorías se definen de forma independiente. Una vez hecho los ajustes de datos y basándonos en la clasificación geotécnica en la segunda parte del cálculo compararemos dichos ajustes con las relaciones propuestas por Rathje et al. (2004) para ver la consistencia del método y propondremos unas relaciones adaptadas a las magnitudes, distancias epicentrales y sitios con los de nuestro trabajo.

Aclaremos que el rango de magnitudes de los sismos donde nos vamos a mover es inferior al usado por Rathje et al. (2004), (terremoto de Chi-Chi, Taiwán, 1999, $M_w=7,1$; Northridge, 1994, $M_w=6,7$; Loma Prieta, 1989, $M_w=6,9$; Coalinga, 1983, $M_w=6,4$; etc.) ya que las magnitudes de su trabajo varían entre los $M_w=4,7$ del terremoto de Oroville (1974) a una magnitud $M_w=7,6$ del terremoto de Chi-Chi (1999) y de la zona de Andalucía oriental (provincia de Granada) no se poseen por no haberse registrado, ó no existen acelerogramas de magnitudes similares a los usados por los citados autores. El rango estará definido entre $M_w=1,8$ y $M_w=6,0$. Incluyéndose en algún caso terremotos con epicentros fuera de la provincia registrados en las estaciones de Granada para completar la base de datos.

4.2. Definición de los parámetros del tipo de suelo

Para empezar consideraremos la simplificación geotécnica basada en el sistema de clasificación de sitio propuesto por Bray y Rodríguez-Marek (1997) y Rodríguez-Marek et al. (2001), (*Geotechnical site categories, Proceedings, First PEER-PG&E workshop on seismic reliability of utility lifelines, San Francisco, CA, Agust, 1997*). La tabla 1 corresponde al sistema de clasificación del sitio (SGS), con todos los tipos de suelos definidos en función del T_p . La segunda tabla corresponde al estudio particularizado anteriormente mencionado donde se definen de una

forma más concisa los rangos de periodos que caracterizan cada subclase de tipo de suelo (clase C y clase D).

Tabla 4. Clasificación de sitio propuesto por Bray y Rodríguez-Marek (1997)

Site Class		Description	Site Period (s)	Comments
A		Hard Rock	≤ 0.1	Hard, strong, intact rock; $V_s \geq 1500$ m/s
B		Rock	≤ 0.2	Most “unweathered” California rock cases ($V_s \geq 760$ m/s or < 6 m of soil)
C	C-1	Weathered/soft rock	≤ 0.4	Weathered zone > 6 m and 30 m ($V_s > 360$ m/s increasing to > 700 m/s)
	C-2	Shallow stiff soil	≤ 0.5	Soil depth > 6 m and < 30 m
	C-3	Intermediate depth stiff soil	≤ 0.8	Soil depth > 30 m and < 60 m
D	D-1	Deep stiff Holocene soil, either sand or clay	≤ 1.4	Soil depth > 60 m and < 200 m. Sand has low fines content ($< 15\%$) or nonplastic fines ($PI < 5$). Clay has high fines content ($> 15\%$) and plastic fines ($PI > 5$).
	D-2	Deep stiff Pleistocene soil, either sand or clay	≤ 1.4	Soil depth > 60 m and < 200 m. See D1 for S or C sub-categorization.
	D-3	Very deep stiff soil	≤ 2	Soil depth > 200 m
E	E-1	Medium Depth Soft Clay	≤ 0.7	Thickness of soft clay layer 3 m to 12 m
	E-2	Deep Soft Clay Layer	≤ 1.4	Thickness of soft clay layer > 12 m
F		Special, e.g., Potentially Liquefiable Sand or Peat	≤ 1	Holocene loose sand with high water table ($Z_w \leq 6$ m) or organic peat.

Tabla 5. Clasificación de suelos tipo C y D por Rathje et al. (2001) propuesta

Site Class	Description	Depth (m)			V_s (m/s)			T_p (s)		
		> 6	Depth	< 30	$360 <$	V_s	≤ 700	$0.2 <$	T_p	≤ 0.4
C	C-1	> 6	Depth	< 30	$360 <$	V_s	≤ 700	$0.2 <$	T_p	≤ 0.4
	C-2	> 6	Depth	< 30	-			$0.4 <$	T_p	≤ 0.5
	C-3	> 30	Depth	< 60	-			$0.5 <$	T_p	≤ 0.8
D	D-1	> 60	Depth	< 200	-			$0.8 <$	T_p	≤ 1.4
	D-2	> 60	Depth	< 200	-			$0.8 <$	T_p	≤ 1.4
	D-3	> 200			-			$1.4 <$	T_p	≤ 2.0

4.2.1. Clasificación del tipo de suelo según NCSE

En la norma sismorresistente española NCSE-02 los terrenos se clasifican en los siguientes tipos en función del tipo de terreno y las velocidades de propagación de las ondas:

Tabla 6. Clasificación del terreno según normativa española NCSE-02

Clasificación	Tipo de Terreno y Velocidad de Propagación
Terreno Tipo I	Roca compactada, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s > 750$ m/s.
Terreno Tipo II	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $750 \text{ m/s} \geq V_s > 400$ m/s.
Terreno Tipo III	Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq V_s > 200$ m/s.
Terreno Tipo IV	Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $V_s \leq 200$ m/s.

A continuación, se le asigna a cada uno de los tipos de terreno referidos en la tabla 3 un valor del coeficiente del terreno C:

Tabla 7. Valores coeficiente C normativa española NCSE-02

Tipo de Terreno	Coficiente C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

Para obtener el valor del coeficiente C de cálculo se determinaran los espesores e_1 , e_2 , e_3 y e_4 de los terrenos de Tipo I, II, III y IV respectivamente, existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie. Se adoptará como valor de C el valor medio obtenido al ponderar los coeficientes C_i de cada estrato con su espesor e_i , en metros, mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot e_i}{30}$$

Cuando el valor de $C > 1.8$ la norma señala que el espectro de respuesta definido con las reglas anteriores no puede aplicarse a las construcciones con periodo fundamental mayor de T_B . Tomando para este caso, $T > T_B$, un valor de $\alpha(T) = 2,5$ a menos que se determine un espectro de respuesta específico del emplazamiento.

4.2.2. Clasificación del terreno según el EUROCODIGO 8

Define cinco tipos de terrenos para cuantificar la influencia de las condiciones locales del terreno en caso de una acción sísmica. Establece además que el lugar del emplazamiento de la estructura no debería presentar riesgos del siguiente tipo en caso de terremoto:

- Ruptura del terreno
- Inestabilidad de taludes
- Asentamientos permanentes causados por la licuefacción
- Asentamientos permanentes causados por la densificación del terreno

Debemos indicar que, según el Eurocódigo-8 y dependiendo de la importancia de la estructura, será o no, preciso realizar un estudio exhaustivo del terreno.

Tabla 8. Clasificación del terreno según EUROCODIGO 8

Tipo de Terreno	Perfil Estratigráfico	Parámetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT}	C_u (kPa)
A	Roca u otra formación geológica similar a roca, incluyendo como máximo 5 m de material más débil en superficie	>800	-	-
B	Depósitos de arena muy densa, gravas, o arcilla muy dura, de al menos, varias decenas de metros de espesor caracterizado por un incremento de las propiedades mecánicas en profundidad	360-800	>50	>250
C	Depósitos profundos de arena densa o de densidad media, grava o arcilla muy dura con un espesor de una decenas de metros hasta muchos centenares de metros	180-360	15-50	70-250
D	Depósitos de suelo suelto de cohesión media a no cohesivo, con o sin algunas capas de débil cohesión, o de suelo de ligera a gran cohesión predominantemente	<180	<15	<70
E	Un perfil de suelo formado por una capa aluvial superficial con valores de V_s de tipo C o D, y con un espesor entre 5 y 20 m, encima de un material duro de $V_s > 800$ m/s	-	-	-
S_1	Depósitos consistiendo o conteniendo una capa de 10m de espesor como mínimo, con arcillas/limos blandos con un índice de plasticidad alto ($IP > 40$) y un alto contenido en agua	<100 (indicativo)	-	10-20
S_2	Depósitos de suelos licuefactables, arcillas sensibles, o cualquier otro perfil no incluido entre los tipos desde A-E o S_1	-	-	-

Para sitios con condiciones de suelo que se corresponden con uno de los dos tipos especiales de suelo S_1 o S_2 se requerirán estudios adicionales para la definición de la acción sísmica. Para estas categorías, en especial para S_2 , se tendrá en cuenta la posibilidad de un fallo del suelo bajo la acción sísmica.

Deberemos prestar una atención especial a los depósitos en suelos tipo S_1 . Dichos suelos poseen unos valores típicos de V_s muy bajos, un amortiguamiento interno bajo y una amplia gama de comportamiento no lineal que producir anomalías en la amplificación sísmica del sitio y en los efectos de interacción suelo-estructura. En este caso deberá hacerse un estudio particular para definir las acciones sísmicas donde se establecerán la dependencia del espectro de respuesta con el espesor y en el valor de V_s de la capa de arcilla/limo blanda y en la rigidez existente entre esta capa y el material suelto.

El sitio puede ser clasificado de acuerdo a los valores de la velocidad de la onda a cortante, $V_{S,30}$ (m/s) si este valor se encuentra disponible. En otro caso se puede usar el valor del N_{SPT} . El promedio de la velocidad de la onda a cortante $V_{S,30}$ (m/s) debería ser calculada de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Donde:

h_i = espesor en metros

V_i = velocidad de la onda de cizalla

Con un nivel de deformación a cizalladura de 10^{-5} o menor, de la capa i -ésima, de un total de N capas, existentes en los primeros 30 metros de profundidad.

4.2.3. Clasificación del terreno según NEHRP

The National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) es un programa desarrollado para el gobierno federal de EE.UU. con el fin de reducir los victimas, heridos y perdidas de propiedades causadas por un terremoto. El congreso Estadounidense creó *NEHRP* en 1997 dirigido por cuatro agencias federales que coordinan sus actividades con la mejora y mantenimiento del programa. Estas agencias son el *FEMA*, *National Institute of Standards and*

Technology (NIST), National Science Foundation (NSF), y U.S. Geological Survey (USGS).

Tabla 9. Clasificación del tipo de suelo NEHRP

Tipo de terreno NEHRP	Tipo de Terreno	Descripción	Rango Velocidad onda de corte $V_{s,30}$ (m/s)	Espesor de capa H	Periodo (s)	Comentarios
A	A	Roca dura	≥ 1524	-	$\leq 0,1$	Dura, sólida, no disgregada
B	B	Roca erosionada/Roca blanda	≥ 762	$H < 6\text{m}$ de suelo	$\leq 0,2$	La mayoría de las rocas de California inalteradas
C	C-1	Roca blanda/Disgregada	≈ 366 aumentando a 610	$6\text{m} > H < 30,48\text{m}$	$\leq 0,4$	Zonas erosionadas
	C-2	Suelo duro superficial		$6\text{m} > H < 30,48\text{m}$	$\leq 0,5$	Profundidad de suelo
	C-3	Suelo duro profundidad media		$30,48\text{m} > H < 60,96\text{m}$	$\leq 0,8$	Profundidad de suelo
D	D-1	Suelo duro profundo del Holoceno, también S (arena) o C (arcilla)	≥ 180	Suelos profundo $60\text{m} > H < 213,36\text{m}$	$\leq 1,4$	Las arenas poseen un bajo contenido en finos (<15%) o no poseen finos plásticos (PI>5). Las arcillas poseen alto contenido en finos (>15%) y finos plásticos (PI>5).
	D-2	Suelo duro profundo del Pleistoceno, también S (arena) o C (arcilla)		Suelo profundo $60\text{m} > H < 213,36\text{m}$	$\leq 1,4$	Ver D ₁ para subcategorías S o C
	D-3	Suelo duro muy profundo		Suelo profundo $H > 213,36\text{m}$	≤ 2	-
E	E-1	Suelo de arcilla blanda poco profundas	< 180	Espesor capa arcilla blanda entre: 3 – 12,19m	$\leq 0,7$	-
	E-2	Capa profunda de arcilla blanda		Espesor capa arcilla blanda $H > 12,19\text{m}$	$\leq 1,4$	-
F	F	Especial, e.j., arena o turba potencialmente licuefactable	No especificado	No especificado	≈ 1	Arena suelta del Holoceno con alto nivel freático o turba orgánica

Los tipos de suelos que podemos encontrar en la zona de California y con los que trabajan en su artículo Bray y Rodríguez-Marek (1997) corresponden con los tipos C y D. Por este motivo su clasificación está centrada en esta tipología de terrenos. De igual modo será preciso hacer una clasificación previa del tipo de suelo que tenemos en las zonas donde se encuentran las estaciones de registro de nuestro estudio (provincia de Granada). Para realizar esta clasificación previa se ha utilizado datos procedentes de ensayos geotécnicos (sondeos y SPT) y mapas geológicos (MAGNA), siendo particular su uso para la definición de cada tipo de suelo.

Tabla 10. Tabla clasificación previa del tipo de suelo en las estaciones de registro de la base de datos de nuestro trabajo según el NCSR-02 y la propuesta por Bray et al. (1997) según espesores de la estratigrafía

Datos Geológicos de las Estaciones de Registro								
n°	Localidad	Comentarios	Clasificación			Clasificación		
			NCSE - 02			Bray et al.		
			Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3	Espesor 1	Espesor 2	Espesor 3
1	Adra	Zona Sur y Oriental del pueblo: Delta: gravas, arenas, limos y arcillas Espesor ≥ 40 metros. Tipo IV. Zona Norte: Micaesquistos y micaesquistos grafitosos con intercalancias calcareníticas y decimétricas de cuarcitas. Espesor > 300 metros. Tipo I	IV	I		D3	B	
2	Agrón	Estratigrafía compleja. Aluvial poco potente (Espesor ≤ 5 metros) de arcillas firmes y arenas (tipo IV) sobre limos compactos predominantes con niveles de areniscas, arcillas y yesos (tipo III). En contacto con estas afloran calizas triásicas (marmoles) con espesor ≥ 100 metros (tipo I)	IV	III	I	D2	D1	B
3	Albolote	Arcillas rojas, gravas y arenas en ciclos más o menos regulados con predominancia de arcillas en superficie. Espesor ≥ 50 metros	III			D1		
4	Alhama de Granada	Calcarenitas bioclásticas (Espesor ≈ 80 metros)	I			D1		
5	Arenas del Rey	Arenas y limos compactos (Espesor ≈ 200 metros). Tipo III cerca de la superficie (Espesor hasta 10 - 15 metros) y tipo II en el resto	III	II		D2	C3	
6	Cacín	Secuencias decimétricas de yeso y margas (Espesor ≥ 50 metros) tipo III - II	III	II		D1	C3	
7	Chimenea	En superficie: Espesor hasta 5 - 10	IV	II		D3	C1	

	s	metros arcillas, limos y arenas (tipo IV). Debajo: Calizas oquerosas y margas hasta 50 metros o más (tipo II)						
8	Churriana	Aluvial. Arcillas y limos (Espesor \approx 5 metros) tipo IV, Debajo gravas y arenas (Espesor > 30 metros) tipo III	IV	III		D3	D1	
9	Dilar	Conglomerados compactos con esporadicos niveles de arenas y limos. Espesor \approx 100 metros (tipo II). Debajo limos compactos predominantes con niveles de areniscas, arcillas y yesos. Espesor > 500 metros (tipo III)	II	III		C3	D3	
10	Dúrcal	Conglomerados hetonométricos con arenas, compactas Espesor \approx 100 metros	II			C3		C3
11	Granada	Conglomerados cementados con intercalaciones esporadicas de arenas y limos. Espesor \geq 50 metros	III			D1		D1
12	Granada	Arcillas rojas, gravas y arenas en ciclos más o menos regulados con predominancia de arcillas en superficie. Espesor \geq 50 metros	III			D1		D1
13	Granada	Conglomerados cementados con intercalaciones esporadicas de arenas y limos. Espesor \geq 50 metros	III			D1		D1
14	Guadix	Arcillas, limos y arenas aluviales Espesor 5 - 15 metros (tipo IV) sobre conglomerados areniscas y XXX Espesor \geq 100 metros. Tipo III	IV	III		D3	D1	
15	Jayena	Arenas y limos compactos (Espesor \approx 200 metros). Tipo III cerca de la superficie (Espesor hasta 10 - 15 metros) y tipo II en el resto	III	II		D1	C3	
16	Loja							
17	Motril	Limos , arenas y gravas sueltas Espesor \geq 100 metros	IV			D2		
18	Santa Fe	Limos y arcillas en superficie (Espesor 5 - 10 metros) y arenas conglomeradas debajo (Espesor hasta > 50 metros) que pueden incluir niveles de limos o arcillas de poco espesor	IV			D3		
19	Ventas de Huelma	Limos compactos predominantes con niveles de areniscas, arcillas y yesos. Espesor > 500 metros	III			D3		

4.2.4. Clasificación del terreno según ajuste del trabajo

Una vez clasificado el tipo de suelo en para cada estación de registro será preciso relacionar y ajustar la clasificación del tipo de suelo propuesto por Bray y Rodríguez-Marek con la clasificación del tipo de suelo de la normativa española NCSE-02. Haremos también una adaptación y ajuste con los tipos de suelos del Eurocódigo 8, la clasificación propuesta por NEHRP (2003) y la clasificación de Borchardt (1994) quien señala la probabilidad de amplificación en cada tipo de suelo. Para ello estudiaremos los sistemas de clasificación del terreno de cada normativa buscando características similares tanto en periodos dominantes (T_p), velocidades de propagación de ondas S, espesores de capas y la clasificación geológica. El resultado final se puede ver reflejado en la **tabla 11**. En ella relacionamos por una parte las normativas estudiadas junto con los rangos de tipos de suelos con, una clasificación geotécnica sencilla (suelo, roca dura, roca, etc.), una clasificación geológica (definición de los materiales, edades y tipos), velocidad de las ondas S, espesor de las capas, valores NSPT, intervalos del periodo T_p , C_u y susceptibilidad de amplificación. Hay que señalar que no todas las normativas estudian todos los parámetros en función del suelo pero existen parámetros comunes en ellas que nos permiten relacionar los tipos de suelos de cada una de ellas.

De este modo podemos concluir que la clasificación en la que se basa hace una distinción entre el tipo de suelo C y el D (roca blanda – suelo medio/duro) que corresponden con la superficie geológica tipo 3 y tipo 4 (suelo duro – suelo blando) de la normativa NCSE-02 y con el tipo de terreno B, C y D del Eurocódigo 8 (suelo duro – suelo blando).

Tabla 11. Tabla clasificación del tipo de suelo según normativas utilizadas en este trabajo. Se han adaptado los tipos de terreno a la clasificación de Bray et al. (1997) en función del espesor, T_p , y velocidad de propagación

CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO SEGÚN NORMATIVAS TRABAJO FIN DE MASTER												
Tipo de terreno					Descripción		Velocidad de S V_s (m/s)	Espesor (m)	NSPT (bl/30cm)	T_p (s)	Cu (kPA)	Susceptibilidad de amplificación
Normativa							Normativa					
NCSE-02	EC-8	Bray et al.	NEHRP 2003	Borcherdt 1994	CLASIFICACIÓN GEOTECNICA	CLASIFICACIÓN GEOLÓGICA	NCSE-02/EC-8/Bray et al./NEHRP 2003/Borcherdt	Bray et al.	EC-8	Bray et al.	EC-8	Borcherdt 1994
I	A	A	A	SC-I	ROCA DURA / ROCA MEDIA	Roca muy dura, compacta o roca poco fracturada de resistencia alta. Rocas ígneas: granitos, basaltos, etc. Rocas metamórficas: cuarcitas, mámoles, etc. Rocas sedimentarias: dolomías, calizas. (Proterozoico, Paleozoico y Mesozoico)	1500 > V_s > 750	<6	-	0.2 ≥ T_p ≥ 0.1	-	No
		B	B	SC-Ia A		Roca de dureza alta y media, fracturadas. Intercalación de rocas de diferente dureza. Rocas sedimentarias y metamórficas: dolomías, calizas, filitas, esquistos, pizarras y areniscas. (Paleozoico y Mesozoico)						Baja
				SC-Ib B								
II	B	C1	C	SC-II B	ROCA BLANDA (EROSIONADA) / SUELO DURO SUPERFICIAL O PROFUNDIDAD MEDIA	Rocas de dureza media muy fracturadas y en ocasiones con abundantes intercalaciones de rocas de dureza baja. Rocas blandas con arcillas expansivas. Suelos duros superficiales, o profundidad media. Rocas metamórficas: grauvacas y filitas. Rocas sedimentarias: areniscas, arcillas, facies, calizas oolíticas, calizas margosas, margas, etc. Rocas fundamentalmente triásicas del Keuper: arcillas versicolores y yesos con intercalaciones de areniscas rojas y calizas. Depósitos de arena muy densa. (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico)	750 > V_s ≥ 360	60 > H > 6	>50	≤0.4	>250	Moderada
		C2								≤0.5		
		C3								≤0.8		
III	C	D1	D	SC-III C	SUELOS NO COHESIVOS / RIGIDOS O MEDIOS / MUY PROFUNDOS O PROFUNDIDAD MEDIA	Suelo no cohesivos poco o puntualmente cementados. Sedimentos cuaternarios de origen fluvial, coluvial y pie de monte: arenas, gravas, limos, conglomerados y costras conglomeráticas (Terciario y Cuaternario)	360 > V_s ≥ 180	215 > H > 60	50 > N_{60} > 15	≤1.4	250 > Cu > 70	Moderada-Alta
		D2										
		D3										
IV	D	E1	E	SC-IV D	SUELOS NO COHESIVOS / BLANDOS / MUY BLANDOS / CARACTERISTICAS ESPECIALES / PROFUNDIDAD MEDIA	Suelo no cohesivo suelto y cohesivos blandos. Sedimentos cuaternarios de origen fluvial, coluvial y eólicos: gravas, arenas, limos y arcillas. (Cuaternario)	>180	15 > H > 3	<15	2 ≥ T_p ≥ 0.7	<70	Alta
		E2										
	S1	F	F	SC-IVa D1	Suelos muy blandos, en ocasiones potencialmente licuifacibles. Depósitos de playa, marismas y cauces de río: fangos, dunas, arcillas plásticas y limos orgánicos. (Cuaternario)	≈3	-	≤1.4	20 > Cu > 10	Muy alta		
				SC-IVb E								

Realizada la selección previa de acelerogramas, de las estaciones de registros y creada la base de datos de trabajo con los registros sísmicos que nos interesan (por sus características anteriormente mencionadas) de la provincia Granada, recopilados de la base de datos del IGN (*Instituto Geográfico Nacional*), IAG (*Instituto Andaluz de Geofísica*) y del proyecto ISED (*The European Strong-Motion Database*), procedemos a su análisis usando las ecuaciones desarrolladas por Rathje et al. (1998, 2004) que relacionan la clase de sitio con los parámetros característicos de contenido en frecuencia:

T_o :	Periodo espectral suavizado
T_m :	Periodo medio
T_p :	Periodo dominante
T_{avg} :	Periodo espectral medio
H/V :	Razón espectral
$T_{H/V}$:	Periodo de la relación espectral H/V
PGA/PGV :	Razón PGA/PGV

4.3. Definición de los parámetros característicos

El proceso de cálculo continúa con la definición de los parámetros característicos y relaciones que definen el contenido en frecuencia del sismo.

Los parámetros espectrales que dependen de la frecuencia más utilizados en ingeniería sísmica y que vamos a utilizar en nuestro trabajo son los espectros de respuesta. Estos se refieren al movimiento de osciladores amortiguados o sistemas de un grado de libertad (SDF como, *Single Degree of Freedom*). Estos sistemas representan los diferentes modos de vibración de las estructuras.

4.3.1. Espectro y análisis de Fourier

Una forma de caracterizar el contenido en frecuencia de un movimiento sísmico es representando el movimiento sísmico en el dominio de la frecuencia a través del espectro de Fourier. La transformada de Fourier de una serie temporal de la aceleración sísmica $a_g(t)$ se define como:

Donde $F(w)$ es la transformada de Fourier de la aceleración sísmica, w es la frecuencia angular (rad/sec), T_0 es la duración e $i = (-1)^{1/2}$. Dado el espectro de Fourier, $F(w)$, la serie temporal $a_g(t)$ puede ser recuperada a través de la inversa de la transformada de Fourier:

$$a_g(t) = \frac{1}{2\pi} \cdot \int F(w) \cdot e^{i \cdot w \cdot t} \cdot dt$$

sustituyendo, obtenemos:

$$F(w) = \int_0^{T_0} a_g(t) \cdot e^{-i \cdot w \cdot t} \cdot dt = \int_0^{T_0} a_g(t) \cdot \cos w \cdot t \cdot dt - i \cdot \int_0^{T_0} a_g(t) \cdot \text{sen} w \cdot t \cdot dt = C(w) - S(w)$$

donde es evidente que $F(w)$ es una función de valores complejos la cual puede ser representada por esta amplitud (módulo) y el ángulo de fase. La amplitud de $F(w)$ llamada amplitud del espectro de Fourier (FAS, como *Fourier amplitude spectrum*), $FAS(w)$ y la fase de $F(w)$, llamada fase del espectro de Fourier, $\Phi(w)$ es calculada (e.j., Clough and Penzien, 1993; Hudson, 1979) mediante:

$$FAS(w) = \sqrt{C^2(w) + S^2(w)}$$

$$\Phi(w) = -\tan^{-1} \left[\frac{S(w)}{C(w)} \right]$$

En los registros digitales de los acelerogramas el cálculo del espectro de Fourier se realiza generalmente mediante la transformada discreta de Fourier y la transformada rápida de Fourier (FFT) (Clough and Penzien, 1993; Humar, 1990; Press et al., 1992). En nuestro cálculo utilizaremos la rutina implementada en el programa Matlab 2007 (*fft*) para el cálculo de la transformada de Fourier. Hay que tener cuidado con la interpretación del resultado de la FFT calculada mediante programas informáticos ya que puede haber ligeras diferencias en la definición de la transformada de Fourier usadas en cada uno de ellos.

Los movimientos sísmicos también se digitalizan en el dominio del tiempo. Por lo tanto hay un límite en la cantidad de información de cortos y largos periodos que puede obtenerse de estos. Los periodos más cortos pueden representarse por el espectro de Fourier referido al periodo *Nyquist* que es dos veces el intervalo de tiempo de digitalización del sismo (Humar, 1990; Takahashi et al., 1972). Por ejemplo si el intervalo de digitalización de un registro de aceleración es 0.02

segundos, el periodo más corto en el espectro de Fourier del registro es 0.04 segundos. En el cálculo de la FAS usando la transformada discreta de Fourier la frecuencia de resolución (intervalo de frecuencia más pequeño en el cual la FAS puede ser calculada) es inversamente proporcional a la longitud del registro (Humar, 1990). Este es el límite práctico en la frecuencia de resolución del espectro de Fourier.

Las aplicaciones del espectro de Fourier son de un amplio uso en la ingeniería sísmica y sirven como la razón fundamental para el estudio del contenido de frecuencia de los terremotos o respuesta estructural. Además otro uso común en las técnicas de análisis espectral son las funciones de dependencia en el espectro de Fourier. Estas funciones incluyen la función de densidad de potencia espectral así como el espectro transversal, la función de coherencia y la función de transferencia entre dos movimientos registrados en diferentes localizaciones (Bendat and Piersol, 1980). La función de densidad espectral (PSD, como *Power spectral density*) puede calcularse como

$$PSD = \frac{FAS^2}{T_0}$$

4.3.2. Espectro elástico de respuesta y su cálculo

El concepto de espectro elástico de respuesta fue introducido por Maurice A. Biot (Biot 1933, 1934, 1941; también ver Bozorgia, 2003). La técnica es hoy en día un método fundamental en ingeniería sísmica (Houser 1941, Houser et al., 1953; Hudson, 1962). El espectro elástico representa la máxima respuesta (medida en tiempo) de un sistema elástico lineal de un grado de libertad (SDF, como *Single Degree of Freedom*) frente al periodo natural (o la frecuencia) cuando es excitado mediante una aceleración sísmica. El periodo natural T (segundos) del sistema (SDF) está relacionada con la frecuencia circular w (rad/s), y la frecuencia, f (Hz), mediante esta expresión:

$$w = \sqrt{\left(\frac{k}{m}\right)} = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

donde k y m son la rigidez y la masa del sistema respectivamente. El sistema SDF puede tener diferentes valores de amortiguamiento normalmente expresados como porcentaje del amortiguamiento crítico (Chopra, 2001). De este modo la cantidad de respuesta del sistema SDF puede ser una de las siguientes:

S_d = máxima deformación del sistema SDF respecto al suelo

SV = máxima velocidad del sistema SDF respecto al suelo

SA = máxima aceleración absoluta (total) del sistema SDF

S_v (o PSV) = pseudo-velocidad = $w \cdot S_d$

S_a (o PSA) = pseudo-aceleración = $w^2 \cdot S_d$

Para el espectro de respuesta se utilizan los valores absolutos de estas definiciones. La fuerza de restauración máxima (del cortante en la base) en un sistema SDF es:

$$F_e = k \cdot S_d = m \cdot w^2 \cdot S_d = m \cdot S_a$$

El coeficiente elástico sísmico un término comúnmente utilizado en el diseño de resistencia sísmica y es definido como:

$$C_e = \frac{F_e}{w} = \frac{S_a}{g}$$

donde w es la masa del sistema y g es la aceleración de la gravedad. Debido a su interpretación física y a su aplicación práctica, S_v y S_a son elegidos preferentemente por ingenieros sísmicos en lugar de SV y SA .

Las aplicaciones del espectro de respuesta son muy amplias en ingeniería sísmica incluyendo su uso en la caracterización del movimiento sísmico en el análisis dinámico estructural por el método de superposición modal (Clough and Penzien, 1993; Chopra, 2001)

Es evidente que por definición del espectro de respuesta en comparación con el FAS en definitiva combina las características de la excitación del movimiento sísmico y la respuesta de la estructura (Hudson, 1992). Sin embargo trae juntos bajo una misma representación el mayor parámetro de interés en la ingeniería sísmica.

La diferencia entre S_v y SV y entre S_a y SA es generalmente despreciable para la mayoría de los periodos típicos y rangos de amortiguamiento de interés en la ingeniería (Hudson 1962). Para un amortiguamiento igual a cero (y sistemas sin amortiguación), $S_a = SA$ pero $S_v \neq SV$ (Hudson, 1979). En periodos muy largos (por ejemplo estructuras muy flexibles), la deformación absoluta o total de la masa llegará a ser muy pequeña y consecuentemente la deformación relativa de la masa

con respecto al suelo podrá aproximarse al desplazamiento del suelo. Por lo tanto, en periodos muy largos, S_d podrá aproximarse al valor del desplazamiento pico (PGD, como *Peak Ground Desplazament*); S_V se podrá aproximar al valor de la velocidad pico (PGV, como *Peak Ground Velocity*); y S_A se aproximará a cero. Sin embargo para el mismo caso (periodos muy largos) S_v y S_a ambos se aproximan a cero. Así en periodos largos hay una diferencia considerable entre S_V y S_v (Hudson, 1979). En periodos muy cortos (por ejemplo estructuras muy rígidas) la deformación relativa de la masa con respecto al suelo podrá ser muy pequeña; por lo tanto, la aceleración total de la masa se aproximará a la aceleración del suelo y S_A y S_a aproximarán la aceleración pico (PGA, como *Peak Ground acceleration*) para todos los rangos de amortiguamiento.

Por definición el espectro elástico de respuesta es lineal para un sistema elástico y a menos que hayan sido modificados apropiadamente, no incluirán características de respuesta estructural inelástica. Por la misma razón el espectro elástico no incluye daño acumulativo debido al número de ciclos inelásticos de deformación estructural y de daño acumulado debido a los temblores, la sacudida principal y las replicas. Una función que no incluye estos efectos acumulativos es el espectro de energía histerética.

4.3.3. Efecto del amortiguamiento en el espectro de respuesta

El efecto del amortiguamiento en el espectro de respuesta es reducir las ordenadas espectrales; sin embargo la cantidad en que se ve reducida depende de varios factores, incluyendo el periodo de la estructura y el contenido en frecuencia del movimiento sísmico. Las características básicas del espectro de respuesta en rangos de periodos muy cortos y periodos muy largos el amortiguamiento viscoso no tiene mucha influencia. En los rangos de periodos intermedios sin embargo, el amortiguamiento tiene grandes efectos en la reducción de la respuesta.

4.3.4. Periodo dominante y amplitud máxima de un terremoto

El hecho de que un terremoto posee un periodo único para cada tipo de suelo es reconocido como hecho al finalizar el siglo XIX poco después de que se empezaran a usar sismógrafos como practica habitual. (Kanai, 1983). Como

ejemplo Kanai (1983) cita que una parte de los investigadores aseguraban que el periodo en la ciudad de Tokio era de 0,3 a 0,4 segundos siendo con frecuencia de 0,6 a 1 segundo. Años más tarde una vez desarrollados y puestos en funcionamiento los sismógrafos de largo periodo, se realizaron observaciones simultáneas en una docena de localizaciones de Tokio y Yokohama. El nuevo resultado ilustraba el hecho de que las características de las componentes de corto periodo de un movimiento sísmico estaban definidas de forma global por las características del terreno en cada sitio. Además tras numerosos estudios se ha constatado y generalizado que para cada localidad hay un periodo concreto donde la frecuencia alcanza máximos. Este periodo de máxima frecuencia es llamado periodo dominante siendo una de las propiedades características de cada tipo de suelo. Una detallada investigación en la dirección de estas observaciones revela que este periodo dominante varía de acuerdo a la distancia epicentral y a la magnitud del terremoto (además de otros factores). Cuando la distancia epicentral aumenta el periodo dominante tiende a ser largo. Para el caso de pequeños terremotos la tendencia del periodo dominante es la de acortarse.

Se puede concluir que:

Cuando la magnitud de un terremoto es menor que un cierto valor, cuanto menor sea el terremoto mas corto será su periodo dominante. Cuando la magnitud del terremoto es más grande que un cierto valor, el periodo dominante del terremoto es casi una constante ($4H/V_1$) para cada una de las localizaciones donde H representa el espesor de la capa superficial y V_1 es la velocidad de la onda S en la capa superficial. El limite inferior de la magnitud en el cual el periodo dominante de un terremoto es constante es mayor en localizaciones donde el periodo dominante es largo.

En vista de estas conclusiones podemos afirmar que la magnitud de los terremotos que causa daños en estructuras está sobre 5 o más, el periodo dominante del terremoto que tiene más importancia desde un punto de vista ingenieril es constante para cada tipo de terreno (o subsuelo) y este valor corresponde al periodo natural del suelo (Kanai, 1983).

Según Kanai (1983) el hecho de que la amplitud de los terremotos varía de acuerdo a las propiedades locales del terreno se constato rápidamente después de iniciar observaciones de terremotos mediante sismógrafos de largo periodo. Sin

embargo una vez comienzan las observaciones de terremotos mediante sismógrafos de corto periodo (alrededor de 1950) se hizo evidente que la relación entre las propiedades del terreno y la amplitud del movimiento sísmico no era tan simple como anteriormente se creía.

La amplitud máxima de un movimiento sísmico es el tamaño máximo de la onda en un registro. Las características del movimiento sísmico pueden variar de acuerdo con la distancia al hipocentro, el mecanismo de rotura, y varias condiciones más. Por lo tanto al investigar las diferencias en las características de los movimientos sísmicos en distintas partes del terreno es una condición necesaria que los terremotos a analizar sucedan bajo las mismas condiciones, siempre que sea posible. En esta línea de trabajo se realizaron investigaciones usando terremotos que habían ocurrido en una misma localización. Para comparar las máximas aceleraciones en suelo blando y suelo duro de la ciudad de Yokohama se examinaron en que área ocurrieron los terremotos. El resultado fue que evidentemente las máximas aceleraciones se producían en suelo duro. Esto puede ser atribuido a los periodos predominantes de vibración que son únicos para cada tipo de suelo como ya hemos comentado anteriormente

El periodo predominante de vibración del movimiento sísmico en suelos blandos por ejemplo, posee una amplitud de desplazamiento grande, pero la amplitud de aceleración es menor debido al corto periodo predominante. En suelo duro por otro lado, generalmente se da el caso opuesto; el periodo predominante de vibración de un terremoto en suelo duro posee una amplitud de desplazamiento relativamente menor, mientras que la amplitud de la aceleración es grande, debido al periodo predominante corto.

Otra conclusión que se puede obtener es que la atenuación durante la propagación de las ondas de cortos periodos es mucho más grande por la viscosidad y otras propiedades de los materiales del terreno. A medida que las ondas generadas en un foco a gran distancia alcanzan la roca, la energía de las ondas con periodo largo que se sincronizan con las capas de depósitos deben ser más grandes. De este modo el ratio de desplazamientos frente al terreno rocoso puede ser también grande. En cualquier caso hay una relación entre el espesor de la capa aluvial (poco espesor) y la gran proporción de desplazamientos máximos.

4.3.5. Relación PGA/PGV

Como ya hemos comentado antes, según Tso et al. (1991), podemos caracterizar la sacudida sísmica mediante dos características importantes: el contenido en frecuencia y la duración de la misma. El contenido en frecuencia afecta directamente a la respuesta elástica de las estructuras. Para estructuras excitadas dentro del rango inelástico la intensidad de la sacudida del terremoto, tanto en los periodos iniciales de las estructuras como periodos por encima de ellos, tiene efectos en la respuesta inelástica. Esto es debido a que el “periodo efectivo” se alarga a medida que el daño progresa. La duración de la sacudida afecta a los ciclos de fatiga que dañan las estructuras no lineales que se encuentran degradadas por las continuas inversiones de las deformaciones inelásticas. También la energía transmitida a la estructura y a la energía histerética disipada por deformación inelástica depende en gran medida del input de la duración de la sacudida.

La relación A/V del movimiento sísmico correlaciona bien con la relación $M-R$ asociada al movimiento para campo cercano de pequeños a moderados terremotos que normalmente poseen altas relaciones A/V . Mientras que para estas distancias con grandes terremotos, normalmente tienen una relación A/V baja.

La relación A/V es un parámetro útil para indicar el contenido relativo en frecuencia y la duración de la sacudida en diferentes entornos. Movimientos sísmicos con alta relación A/V son normalmente de corta duración, con energía en el rango de alta frecuencia. Movimientos sísmicos con baja relación A/V son normalmente de larga duración, con energía en el rango de bajas frecuencias. La PGV correlaciona bien con la intensidad espectral de terremotos con grandes diferencias en la relación A/V . Por lo tanto es un mejor índice utilizado en el diseño estructural para representar la intensidad de la sacudida en el sitio en comparación con la aceleración pico. Usando la PGV para definir la intensidad de la sacudida y permitiendo la clasificación de las diferentes frecuencias características de los movimientos sísmicos, una relación A/V podría representar una mejora al incorporar información del movimiento sísmico en las especificaciones del diseño de estructuras. El terremoto de Saguenay ilustra la necesidad de tener en cuenta el contenido de frecuencia esperado en una zona de un movimiento sísmico y la relación A/V sirve como índice para clasificar los movimientos sísmicos con las frecuencias similares para la definición de las formas del espectro de diseño.

4.3.6. Definición de T_m . Ecuación (1).

Calculado a partir del Espectro de Amplitud de Fourier.

T_m : Periodo principal

$$T_m = \frac{\sum_i C_i^2 \left(\frac{1}{f_i} \right)}{\sum_i C_i^2}$$

para $0.25\text{Hz} \leq f_i \leq 20\text{Hz} \rightarrow \Delta f \leq 0.05$

C_i : Coeficientes de Fourier

f_i : Frecuencias de la transformada discreta de Fourier (FFT) definidas entre 0.25 y 20 Hz

Δf : Intervalo de frecuencias usado en el calculo de la FFT.

Las frecuencias discretas de la FFT son espaciadas regularmente (en el dominio de la frecuencia). Pero no ocurre lo mismo cuando se utiliza el reciproco en la ecuación (1). Como resultado, el intervalo de frecuencias usado en el cálculo de la FFT puede afectar al cálculo de T_m si se utilizan intervalos de frecuencias demasiado grandes.

Mediante el uso del modelo teórico del Espectro de Amplitud de Fourier de un movimiento sísmico (Brune 1970, 1971), fue posible obtener un valor estable de T_m para intervalos de frecuencias mas pequeños de 0.05 Hz. El intervalo de frecuencia (Δf) está relacionado con el incremento de tiempo (Δt) y el número de puntos (N) en un historia temporal para:

$$\Delta f = \frac{1}{(N \cdot \Delta t)}$$

Para registros de terremotos de intensidades moderadas, con incrementos de tiempo de 0.02, 0.01 y 0.05 segundos, el numero de puntos que le corresponden a $\Delta f = 0.05$ Hz son 1000, 2000 y 4000, respectivamente. Para asegurar un valor estable de T_m , este debe ser calculado para registros de terremotos que contienen al menos el mínimo número de puntos indicados anteriormente. O en su defecto,

deben ser completados mediante ceros para rellenar este mínimo número de valores. Una ventaja de usar el espectro de amplitudes de Fourier para definir el parámetro de contenido en frecuencia es que los coeficientes de amplitud de Fourier en cada frecuencia son independientes unos de otros. Este no es el caso para la aceleración espectral.

Siguiendo a Rathje et al. (2004), el valor de T_m se calcula a partir de los valores del espectro de amplitud de Fourier y del espectro de aceleración absoluta obtenido, combinando los espectros correspondientes de las dos componentes ortogonales horizontales del movimiento NS y EW (componente Norte-Sur y Este-Oeste). Este viene dado para T_m por la frecuencia dada f_i .

Los coeficientes $C_{NS,i}$ y $C_{EW,i}$ se combinan usando la norma Euclídea $\left(\sqrt{(X_1)^2 + (X_2)^2}\right)$, calculando su módulo del siguiente modo:

$$C_i = \sqrt{C_{NS,i}^2 + C_{EW,i}^2}$$

$C_{NS,i}$: Componente ortogonal (Norte-Sur) de una frecuencia dada f_i

$C_{EW,i}$: Componente ortogonal (Este-Oeste) de una frecuencia dada f_i

Y su espectro de amplitud de Fourier (C_i vs. F_i) se utilizará para el cálculo de T_m .

El ancho de banda f_{bw} es el rango de frecuencias sobre el se supera un cierto nivel de la amplitud del espectro de Fourier, en este estudio tomamos el ancho de banda de media potencia $\left(C_{max} / \sqrt{2}\right)$ como valor.

Puesto que la amplitud del espectro de Fourier comúnmente es bastante irregular en las proximidades de sus picos, se requiere generalmente, para identificar el periodo predominante y para determinar el ancho de banda, un suavizado mediante métodos numéricos.

Habitualmente se suele hacer un suavizado (Sokolov et al, 2000), y en este estudio, los espectros de amplitud de Fourier fueron suavizados mediante un filtro **rloess** de Matlab.

4.3.7. Definición de T_o . Ecuación (2).

Es definido a partir de del espectro de aceleración absoluta con un 5% de amortiguamiento y se calcula de la siguiente manera.

T_o : Periodo espectral predominante suavizado

$$T_o = \frac{\sum_i T_i \cdot \ln\left(\frac{S_a(T_i)}{PGA}\right)}{\sum_i \ln\left(\frac{S_a(T_i)}{PGA}\right)}$$

$$\text{Para } \frac{S_a}{PGA} \geq 1.2 \rightarrow \Delta \log T_i \leq 0.02$$

T_i : Periodo discreto en el espectro de respuesta de aceleración absoluta espaciado logarítmicamente en un eje

$S_a(T_i)$: Aceleración espectral en el periodo T_i

PGA: Peak ground acceleration (aceleración pico)

Solo se utilizan en el calculo de la ecuación (2) los periodos donde la aceleración espectral es más grande que $1,2 \cdot PGA$. En esencia, T_o permite definir el pico en el espectro de respuesta mediante suavizado de la aceleración espectral sobre el rango donde S_a es mayor que $1,2 \cdot PGA$. Como consecuencia, T_o es de valor similar a T_p (Periodo dominante). No obstante, T_o representa una mejora sobre T_p ya que este suaviza el espectro de respuesta para encontrar el pico. En el estudio previo (Rathje et al. 1998), T_p mostraba la gran dispersión debido a que este representaba solo un punto en el espectro de respuesta T_o puede dar información similar respecto al espectro de respuesta pero puede ser previsto con más exactitud. Basándose en esta definición, T_o se ve afectado más por el contenido en altas/moderadas frecuencias de los terremotos y puede ser más adecuado para estructuras que son más sensibles a los movimientos en estos rangos de frecuencias.

Cada una de las componentes del espectro de aceleración absoluta debe ser normalizada para el PGA (de la componente Norte-Sur y de la Este-Oeste respectivamente, PGA_{NS} y PGA_{EW}).

$S_{a,NS,i}/PGA_{NS}$: para la componente Norte-Sur

$S_{a,EW,i}/PGA_{EW}$: para la componente Este-Oeste

Una vez que han sido normalizadas se combinan usando la media geométrica ($\sqrt{X_1 \cdot X_2}$) del siguiente modo:

$$\bar{S}_{a,i} = \sqrt{(S_{a,NS,i} / PGA_{NS})(S_{a,EW,i} / PGA_{EW})}$$

El uso de este método se debe a la consistencia y es aplicado en los desarrollos de las relaciones de atenuación. El espectro de aceleración resultante \bar{S}_a vs. T_i es utilizado para el cálculo de T_0 .

4.3.8. Definición de T_{avg} . Ecuación (3).

Definido a partir de del espectro de aceleración absoluta con un 5% de amortiguamiento y se calcula de la siguiente manera.

T_{avg} : El periodo espectral medio

$$T_{avg} = \frac{\sum_i T_i \cdot \left(\frac{Sa(T_i)}{PGA} \right)^2}{\sum_i \left(\frac{Sa(T_i)}{PGA} \right)^2}$$

Para $0.05s \leq T_i \leq 4s \rightarrow \Delta T_i \leq 0.05s$

T_i : Periodo discreto en el espectro de respuesta de aceleración absoluta espaciado aritméticamente en un eje

$S_a(T_i)$: Aceleración espectral en el periodo T_i

PGA: Peak ground acceleration (aceleración pico)

Como definición, T_{avg} es similar a T_m , excepto que el periodo es espaciado aritméticamente en un eje y la aceleración espectral es utilizada en lugar de las amplitudes de Fourier.

Es importante notar como el periodo espaciado en un espectro de respuesta de aceleración absoluta afecta escalarmente a los parámetros de contenido en frecuencia. Cuando los periodos están espaciados de forma equidistante en un eje aritmético, la aceleración espectral en periodos largos no son independientes unas de otras. Estas aceleraciones espectrales no son independientes porque el espectro de respuesta representa la respuesta de un oscilador en un sistema de un grado de libertad (SDOF) y el ancho de banda de la frecuencia de la respuesta del sistema depende de la frecuencia natural del sistema (e.j. Chopra 2001). Para sistemas de frecuencias bajas (periodos largos), el ancho de banda de la respuesta es grande y entonces la respuesta los periodos espaciados en intervalos muy cortos (e.j. 1.0 s vs. 1.1 s) es una función de al menos el mismo ancho de banda de frecuencia del movimiento. Como consecuencia, cuando promediamos la aceleración espectral en periodos equidistantes sobre un eje aritmético, el bajo contenido en frecuencias es ponderado más fuertemente que el alto contenido en frecuencias. Esta propiedad es

una ventaja si uno desea dar más importancia al contenido en bajas frecuencias de los movimientos sísmicos.

Cada una de las componentes del espectro de aceleración absoluta debe ser normalizada para el PGA (de la componente Norte-Sur y de la Este-Oeste respectivamente PGA_{NS} y PGA_{EW}).

$S_{a,NS,i}/PGA_{NS}$: para la componente Norte-Sur

$S_{a,EW,i}/PGA_{EW}$: para la componente Este-Oeste

Una vez normalizadas se combinan usando la media geométrica ($\sqrt{X_1 \cdot X_2}$) de la siguiente forma:

$$\bar{S}_{a,i} = \sqrt{(S_{a,NS,i} / PGA_{NS})(S_{a,EW,i} / PGA_{EW})}$$

Al igual que T_o , es un método más consistente, utilizado en los desarrollos de las relaciones de atenuación. El espectro de aceleración resultante \bar{S}_a vs. T_i es utilizado para el cálculo de T_{avg} .

4.3.9. Definición de T_p . Ecuación (4).

La frecuencia espectral dominante f_p o su inversa, el periodo dominante espectral $T_p = 1/f_p$ es tomado como el valor máximo correspondiente al espectro de amplitud de Fourier $C_{\max} = \max(C_i)$.

$$T_p = 1/f_p$$

por definición, buscamos en la matriz de coeficientes combinados de las componentes horizontales, el valor máximo y vemos a que frecuencia corresponde.

Según Rathje et al (2004), se trata de un parámetro muy utilizado en el cálculo por su simplicidad tanto en su definición como en su cálculo, que define de una forma aproximada el contenido en frecuencia, el cual define el periodo en el cual el espectro de aceleración alcanza el máximo valor. Tradicionalmente ha sido el parámetro para caracterizar el contenido en frecuencia. Pero este solo indica el periodo en el cual el pico en el espectro de respuesta se localiza. No describe como de dispersa el contenido de frecuencia alrededor de este pico. Dos espectros de aceleración pueden alcanzar el mismo pico en el mismo periodo, pero tener formas totalmente diferentes los espectros. T_p no puede distinguir entre estos dos espectros (Rathje et al. 1998).

4.3.10. Definición de T_p de la Razón Espectral H/V. Ecuación (5).

El periodo dominante de la razón espectral $T_{psm} = 1/f_p$ es tomado como el valor máximo correspondiente espectro de amplitud de Fourier $C_{\max} = \max(C_i)$ de las componentes horizontales combinadas divididas por la componente vertical.

$$T_{psm} = 1/f_p$$

Su definición es similar al del periodo predominante T_p , con la particularidad antes mencionada. La búsqueda de la frecuencia máxima se hace sobre la matriz de coeficientes combinados de las componentes horizontales divididas por la componente vertical.

$$T_{H/V} = H/V$$

Es posible encontrar valores igual a 0 o muy bajos en la matriz combinada que produzcan desajustes en el resultado, con lo que tendremos definir una marca de agua (*water level*) buscando el mínimo valor de la matriz distinto de cero, o fijando este en un nivel predefinido, si el valor es muy próximo a cero. Todos los valores que se encuentren por debajo de este nivel, serán sustituidos por el valor del nivel de agua.

4.3.11. Cálculo de la relación PGA / PGV

El valor pico de la aceleración del suelo PGA es el valor máximo de la aceleración referida a su módulo, un eje o al máximo valor en el plano horizontal (PGA_H). Generalmente se alcanza en las componentes horizontales, siendo PGA=PGA_H. Excepcionalmente pueden darse aceleraciones más altas en las componentes verticales (PGA_Z) como sucedió en el terremoto de Christchurch de 2011 (Bradley & Cubrinovski, 2011). Por este motivo el valor de la PGA es un parámetro fundamental en muchos estudios de peligrosidad (Boore & Joyner, 1982; Abraseys et al., 2005).

Normalmente la velocidad pico PGV es obtenida a partir de la integración de acelerogramas respecto al tiempo. Estudios demuestran que la PGV es un buen indicador del potencial de daño en conductos enterrados (FEMA, 2003), buenas correlaciones con valores altos de las intensidades macrosísmicas (Wald et al., 1999) y de potencial de licuefacción en suelos. La razón PGA/PGV puede dar una estima de las frecuencias dominantes del movimiento del suelo (Tso et al., 1992, Bommer & Alarcón, 2006).

- El cálculo de la PGV se realiza mediante el proceso de integración de la aceleración.
- El cálculo de la PGD se realizará integrando la velocidad.
- La PGA será el valor pico máximo (absoluto) de la aceleración.
- La PGV será el valor pico máximo (absoluto) de la velocidad.
- La PGD será el valor pico máximo (absoluto) del desplazamiento.

En primer lugar calculamos el valor de la PGA (*Peak Ground Acceleration*) a buscando el máximo en el módulo de las componentes horizontales. Seguidamente (una vez eliminados los *offsets*), filtramos la señal entre 0.1 y 20 Hz para cada componente por separado. Calculamos la PGV (*Peak Ground Velocity*) mediante la integración de la aceleración y la PGD (*Peak Ground Desplazament*).

4.4. Relaciones empíricas que definen del tipo de suelo en función de la clasificación geotécnica propuesta por Bray y Rodríguez-Marek (1997). Relación 1.

Mediante esta primera aproximación se realiza la clasificación previa del tipo de suelo en función del periodo dominante T_p y de la descripción del mismo. Esta descripción del tipo de suelo permite establecer una división en subclases en función de la tipología geotécnica del terreno siempre que existan datos suficientes.

Cada suelo se clasifica según dos parámetros primarios, el Tipo C y Tipo D; y cada tipo posee 3 subclases (C-1, C-2, C3, D-1, D-2 y D-3); divisiones que introducen una medida de la rigidez en el sistema de clasificación.

El primer parámetro puede variar en función de:

- Tipo de depósito (roca dura, roca, roca meteorizada, suelo rígido, suelo blando, y arenas potencialmente licuefactables).
- Profundidad de la roca (por definición con $V_s > 760 \text{ m/s}$) ó a un contraste significativo en la impedancia entre los depósitos de suelo superficiales y materiales con una $V_s \approx 760 \text{ m/s}$.

El segundo parámetro de clasificación será la edad y el tipo de depósito. El autor divide el suelo en dos grupos del Holoceno y del Pleistoceno, y este último en primitivamente cohesivos o en suelos cohesivos. Estas subdivisiones son introducidas para recoger anticipadamente las diferencias en la respuesta no-lineal de estos suelos. Tabla 2. Todos los subtipos están relacionados con intervalos de periodos. Este sistema de clasificación permite una evaluación de la importancia de la profundidad en la respuesta sísmica del sitio.

El sistema de clasificación propuesto por Bray y Rodríguez-Marek, es un intento de obtener los factores que afectan principalmente a la respuesta de sitio mientras que minimiza la cantidad de datos requeridos para la caracterización del mismo. Se trata pues de una simplificación geotécnica de los tipos de suelo y su aproximación en función del periodo dominante del suelo T_p .

Una vez que hemos calculado el T_p , introducimos los valores en la tabla 12, relacionándolos con la clase y subclase de sitio.

4.4.1. Definición del modelo teórico de las relaciones de Rathje et al.

Para desarrollar una función de forma apropiada de los parámetros que definen el contenido en frecuencia, se usará un modelo teórico de fuente sísmica puntual predictivo del espectro de amplitud de Fourier, Rathje et al (2004). Aunque la función de forma desarrollada a partir del modelo de fuente sísmica puntual es solo teóricamente aplicable a T_m , esta función de forma ha sido estudiada, comprobando que trabaja bien con los parámetros T_{avg} y T_o (Rathje et al. 1998).

El modelo de fuente sísmica w^2 de Brune (1970, 1971) ha sido utilizado para considerar la magnitud teórica y la dependencia de distancia para T_m . Las amplitudes de Fourier (cm/s) predichas por el modelo de Brune (1970, 1971) está dadas por:

$$C(f) = 0,78 \cdot \frac{f^2}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} \cdot \frac{M_0}{R} \cdot \exp(-\pi \cdot k \cdot f) \cdot \exp\left[-\frac{\pi \cdot k \cdot f}{\beta_0 \cdot Q \cdot (f)}\right]$$

$$f_c = 4,9 \cdot 10^6 \cdot \beta_0 \left(\frac{\Delta\sigma}{M_0}\right)^{1/3}$$

$$\log M_0 = 1,5 \cdot M_w + 16,05$$

$$Q(f) = Q_0 f^n$$

donde f representa la frecuencia (Hz); f_c es la frecuencia esquina (Hz); M_0 es el momento sísmico (dina-cm); M_w es el momento magnitud; R es la distancia al punto origen (km); k es un factor que representa el amortiguamiento de las ondas sísmicas a lo largo de su propagación a través de la corteza; β_0 es la velocidad de la onda de corte en la corteza a la profundidad de la fuente (km/s); $\Delta\sigma$ representa la caída de la tensión de la fuente (bars); y $Q(f)$ es el factor de calidad de la dependencia de frecuencia, que representa la atenuación inelástica en la corteza.

Una vez calculado el espectro de amplitud de Fourier lo utilizamos para calcular T_m para cada par de M_w y R . La distancia teórica y la dependencia de magnitud calculadas en el trabajo de Rathje et al. (2004) mediante el procedimiento descrito se representan gráficamente en un eje *semi-logarítmico* e indican que, la dependencia de la distancia con $\ln(T_m)$ es esencialmente lineal. La dependencia de magnitud para $\ln(T_m)$ es no lineal, con una dependencia lineal en

grandes magnitudes y casi ninguna dependencia de magnitud en magnitudes más grandes de 7.5. No hay dependencia de magnitud en periodos largos debido a que en esas magnitudes la frecuencia esquina (f_c), que controla las componentes de bajas frecuencias del movimiento está fuera del rango de frecuencias usado por el cálculo de T_m . Como consecuencia, la energía de baja frecuencia adicional generada por terremotos más grandes de 7.5 están fuera del rango de frecuencias de cálculo de T_m y no afecta a T_m . La dependencia de magnitud no lineal puede ser aproximada por una relación lineal en magnitudes menores de 7.25 y por una relación constante para magnitudes más grandes de 7.25. Rathje et al. (1998) infirió dependencias lineales de magnitud y distancia para T_m , mas bajas que $\ln(T_m)$, a partir del modelo teórico de fuente. Ninguno de esos modelos pueden ser usados pero la distancia lineal de $\ln(T_m)$ y dependencia de magnitud se utilizaron en el estudio de Rathje et al. (2004) ya que facilitaron los análisis de regresión. Además, los parámetros de movimiento han sido mostrados para ser normalizados logaritmicamente (Abrahamson 1998).

El modelo de fuente puntual de Brune (1970, 1971) describe una relación con respecto a la dependencia de magnitud y distancia para incorporarla en el modelo empírico. A menudo el modelo de fuente puntual no da información con respecto a las condiciones del efecto de sitio o de la directividad de la ruptura de falla. Estudios previos y observaciones de registros sísmicos se han utilizado para el tratamiento en las condiciones de sitio y de directividad de la ruptura de falla.

Las condiciones de sitio afectan significativamente al contenido en frecuencia del movimiento sísmico ya que la respuesta dinámica del suelo en los sitios mejora las componentes de largos periodos de la sacudida sísmica. Rathje et al. (1998) usa solo dos categorías de clasificación de sitio (roca/suelo superficial y suelo profundo) y encuentra que los terremotos en sitios de suelos profundos poseen valores largos en T_m y T_0 que en terremotos en sitios de roca. Estos valores largos de T_m y T_0 son un resultado directo de la respuesta dinámica de los depósitos de suelos profundos. Observaciones del terremoto de Chi – Chi (1999) muestran (Faraj 2002) una diferencia significativa entre los contenidos de frecuencia de los movimientos registrados en sitios de roca (Sitio Clase B) y los movimientos registrados en sitios con suelos superficiales (Sitio Clase C). Similares observaciones han sido hechas para la aceleración espectral (Rodríguez-Marek et al. 2001). Como resultado este estudio usa tres categorías para distinguir las

condiciones de sitio (Clase B – roca, Clase C – roca blanda/capas y suelo rígido superficial, Clase D – suelo rígido profundo. La función incorporada en el modelo empírico que representa condiciones del terreno no es la distancia o magnitud dependiente

4.5. Relaciones empíricas que definen el tipo de suelo en función de los parámetros T_o , T_{avg} y T_m . Relación 2.

Rathje et al. 2004 utiliza un modelo de efectos-aleatorios (Brillinger and Preisler 1984) para determinar los coeficientes de regresión en el cálculo de los modelos empíricos para los tres parámetros que definen el contenido en frecuencia. Este tipo de modelo de efectos-aleatorios ha sido utilizado en otros estudios para desarrollar por ejemplo, relaciones de atenuación para la aceleración espectral (e.j. Abrahamson and Youngs 1992, Abrahamson and Silva 1997). Mediante un programa de análisis, los autores calculan los coeficientes con sus errores estándar.

Valores de los coeficientes de regresión y errores estándar para los coeficientes de regresión de las relaciones propuestas por Rathje et al. (2004) para clasificar los tipos de suelo C y D en su trabajo

Coefficient	Value for T_m	Value for T_{avg}	Value of T_o
	Regression	Regression	Regression
C1	-1.00	-0.89	-1.78
	(0.055)	(0.046)	(0.041)
C2	0.18	0.29	0.30
	(0.062)	(0.047)	(0.043)
C3	0.0038	0.0030	0.0045
	(0.00036)	(0.0003)	(0.00031)
C4	0.078	0.07	0.15
	(0.040)	(0.036)	(0.033)
C5	0.27	0.25	0.33
	(0.037)	(0.033)	(0.030)
C6	0.40	0.37	0.24
	(0.069)	(0.062)	(0.065)

En nuestro estudio, los ajustes de los parámetros característicos del contenido en frecuencia (T_o , T_{avg} y T_m) se realizaron mediante la *Toolbox* de *Matlab* (2007) *robustfit*. Por defecto, *robustfit* añade una primera columna de 1s a X, que

corresponde a un término constante (en nuestro modelo viene definido por la magnitud $M_w - 3$ corregida, que será explicado a continuación, y la distancia epicentral (R) ajustada con la profundidad hipocentral (H), $\sqrt{(R.^2 + H.^2)}$). Por este motivo, no debemos introducir una columna de 1s directamente en X. El término Y viene definido por el logaritmo neperiano del periodo predominante que estemos calculando. *Robustfit* trata NaNs en X o Y según los valores que faltan, y los elimina. $b = \text{robustfit}(x, y)$ calcula la matriz de varianza-covarianza de los coeficientes estimados con $\text{inv}(X' * X) * \text{stats.s} \wedge 2$. Los errores estándar y las correlaciones se derivan de esta estimación

Las funciones utilizadas para clasificar los movimientos sísmicos según el tipo de suelo y los coeficientes de regresión, son las siguientes según Rathje et al (2004):

$$\ln(T) = c_1 + c_2 \cdot (M_w - 6) + c_3 \cdot R + c_4 \cdot S_c + c_5 \cdot S_D + c_6 \cdot \left(1 - \frac{R}{20}\right) \cdot FD$$

para $5,0 \leq M_w \leq 7,25$ para T_m

para $4,7 \leq M_w \leq 7,26$ para T_{avg} y T_o

$$\ln(T) = c_1 + c_2 \cdot (7,25 - 6) + c_3 \cdot R + c_4 \cdot S_c + c_5 \cdot S_D + c_6 \cdot \left(1 - \frac{R}{20}\right) \cdot FD$$

Donde:

T: Parámetro característico del contenido en frecuencia de T_o , T_{avg} y T_m , en segundos; M_w : Momento magnitud; R: Distancia más cercana al plano de ruptura de la falla en Km; S_c y S_D : Variables indicativas que designan la clase de sitio donde:

$S_c=0$ y $S_D=0$ para Sitios Clase B

$S_c=1$ y $S_D=0$ para Sitios Clase C

$S_c=0$ y $S_D=1$ para Sitios Clase D

FD: Variable que designa las condiciones de directividad de avance donde:

FD=1 para sitios con $M_w \geq 6,0$, $R \leq 20,0$ Km, Angulo azimut $\leq 30^\circ$, Ratio de longitud de ruptura ≥ 0.5

FD=0 para otros casos

Se ha tomado un error en las relaciones empíricas igual a 0

Las relaciones de Rathje et al. Para T_m , T_{avg} , T_o , una vez sustituidos los coeficientes por los valores particularizados para el estudio de los suelos tipo C y tipo D, son las siguientes:

$$\begin{aligned}\ln(T_m) &= -1 + 0,18 \cdot (M_w - 6) + 0,0038 \cdot R + 0,078 \cdot S_C + 0,27 \cdot S_D \\ \ln(T_{avg}) &= -0,89 + 0,29 \cdot (M_w - 6) + 0,003 \cdot R + 0,07 \cdot S_C + 0,25 \cdot S_D \\ \ln(T_o) &= -1,78 + 0,3 \cdot (M_w - 6) + 0,0045 \cdot R + 0,15 \cdot S_C + 0,33 \cdot S_D\end{aligned}$$

Como ya hemos indicado anteriormente, las magnitudes con las que trabaja el autor están muy por encima de las magnitudes con las que vamos a realizar nuestro estudio. En las relaciones propuestas por Rathje et al., el coeficiente dependiente de la magnitud queda definido como: $C(2) \cdot (M_w - 6)$. De esta forma, resta dependencia a la magnitud en el cálculo del periodo. El coeficiente afectado por la magnitud en nuestras relaciones, debe ser modificado para que estas no vean afectada la dependencia de la magnitud. Se define como:

$$C(2) \cdot (M_w - 3)$$

de este modo, las magnitudes no se verán tan reducidas.

Una vez obtenidos los valores esperados de T_o , T_m , T_{avg} de acuerdo con las ecuaciones anteriormente descritas en suelo clase C y clase D (denominados respectivamente T_{oC} , T_{mC} , T_{avgC} , T_{oD} , T_{mD} , T_{avgD}) calculamos las distancias euclídeas d_C y d_D según la siguiente formulación (**tabla 13**):

$$\begin{aligned}d_C &= \sqrt{(T_o - T_{oC})^2 + (T_m - T_{mC})^2 + (T_{avg} - T_{avgC})^2} \\ d_D &= \sqrt{(T_o - T_{oD})^2 + (T_m - T_{mD})^2 + (T_{avg} - T_{avgD})^2}\end{aligned}$$

Cada suelo se clasificará en suelo C o D en función de la relación siguiente:

$d_C < d_D$ Suelo Clase C

$d_C \geq d_D$ Suelo Clase D

Definimos a continuación los espectros esperados en roca para la zona de estudio (Granada), a los que hay que añadir el efecto de sitio. Este efecto introducirá amplificación selectiva para determinados periodos.

Las **figuras 1,2 y 3** representan los espectros de S de aceleración esperados en roca para magnitudes M_w 3, 4, 5, 6 y 7 y a distancias hipocentrales de 10, 50 y 200 km. Por supuesto, sin tener en cuenta el efecto de sitio, que los debe modificar. Se han usado valores de atenuación calculados para esta zona y caída de esfuerzos de 100 bar, también típicos de la zona de estudio. Es evidente que para terremotos pequeños el espectro es de banda más estrecha y "marca" una frecuencia dominante, pudiéndose identificar esta de una forma más clara. En cambio, en los terremotos de más magnitud, el efecto de sitio debe controlar en mayor medida dichas frecuencias o periodos dominantes, ya que es más difícil de identificar y lo

que nos llega de la fuente modificado por el camino es radiación de "banda ancha" debido a la atenuación producida de las capas más superficiales.

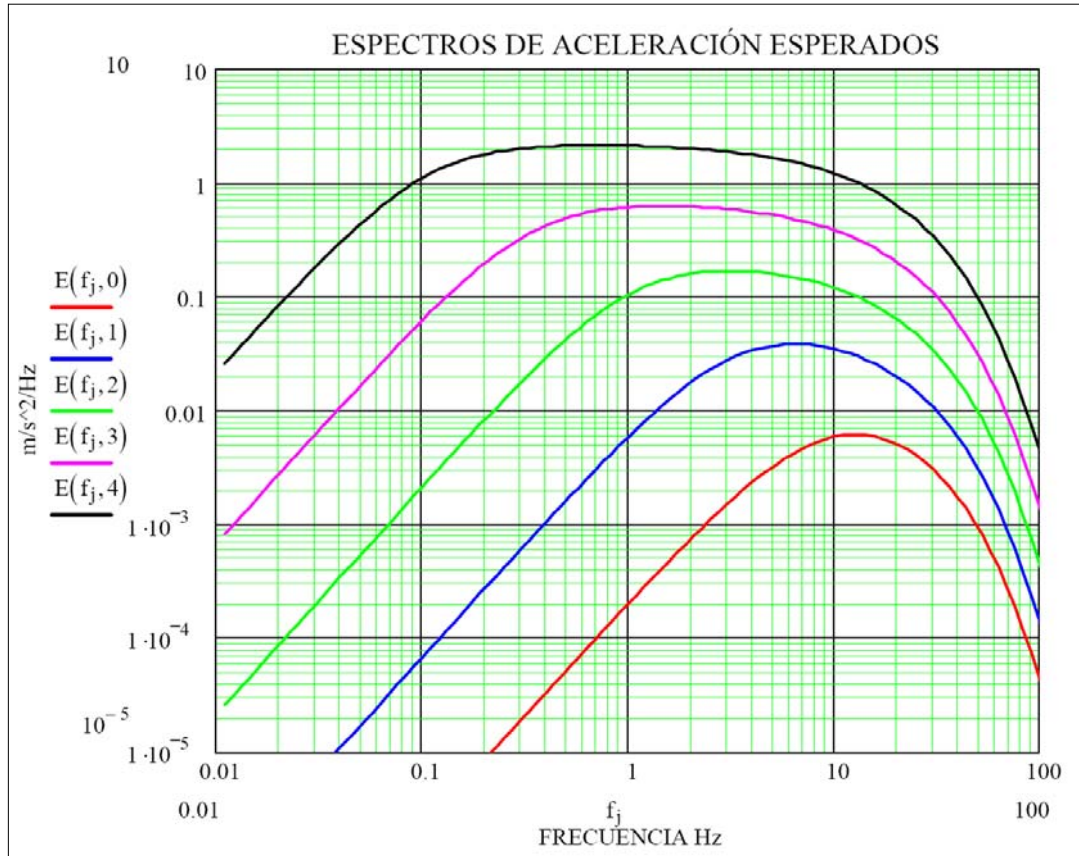


Figura 1. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 10 km y magnitudes $M_w= 3, 4, 5, 6$ y 7

El espectro crece con el cuadrado de la frecuencia hasta la frecuencia de esquina f_c . Después de esta frecuencia, el espectro es aproximadamente plano dependiendo de la magnitud del sismo hasta la frecuencia f_m , en donde se inicia la caída de amplitudes para las altas frecuencias. Esta frecuencia es de transición y es más baja cuanto mas grande sea el terremoto. El decaimiento se debe fundamentalmente a la atenuación de las últimas capas el suelo. Es la misma para todos y por eso todos decaen de la misma manera a partir de esta. Los terremotos de magnitud más baja tienen un espectro más estrecho que los sismos de con magnitudes más grandes, cuyos espectros serán más anchos. En roca los sismos de pequeña magnitud muestran de una forma más clara un periodo dominante en el máximo. En los sismos de magnitudes más grandes este periodo dominante no va a estar tan claro si no hay un efecto de sitio contemplado. El efecto de sitio va a tener

más peso a la hora de definir el periodo dominante para los terremotos de mayores magnitudes.

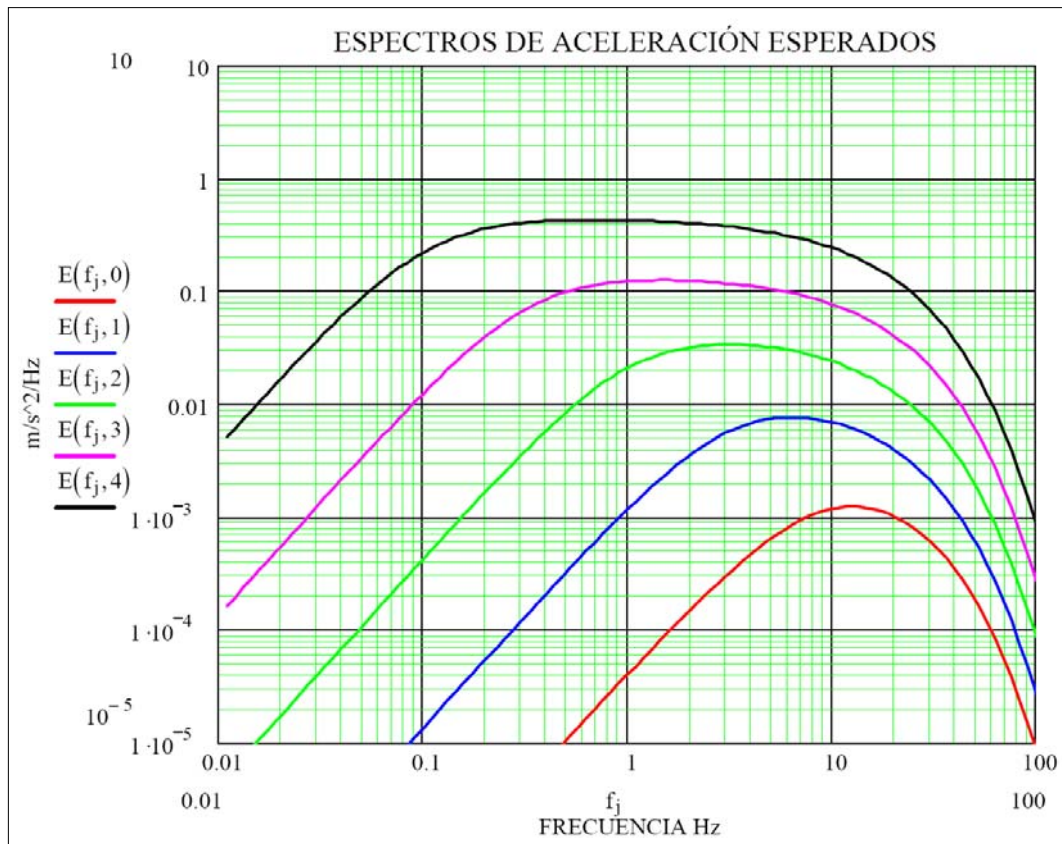


Figura 2. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 50 km y magnitudes $M_w= 3, 4, 5, 6$ y 7

Respecto a los parámetros y ecuaciones que definen y calculan el contenido en frecuencia según Rathje et al. no hay magnitud teórica de corte para T_{avg} y T_0 ya que el autor no ha usado magnitudes superiores a 7.6 para desarrollar las relaciones empíricas. El autor recomienda en este caso usar los valores calculados para magnitudes iguales a 7.6.

Cada parámetro que define el contenido en frecuencia desarrollados por Rathje et al. (2004) es apropiado para diferentes condiciones o situaciones de cálculo. T_0 es un parámetro más sensible al contenido de altas frecuencias (bajo periodo) de los movimientos sísmicos y puede ser utilizado en proyectos donde este rango de frecuencias es interesante. T_m y T_{avg} se consideran mejor para periodos largos diferenciando mejor el contenido de periodos largos entre los distintos movimientos. Aunque estos parámetros están basados en diferentes representaciones de los movimientos sísmicos (Espectro de amplitud de Fourier Vs.

Espectro de respuesta de la aceleración), toman valores similares y se ven afectados de la misma forma por la clase de sitio y la directividad. A menudo, el espectro de amplitud de Fourier es una representación más robusta del contenido en frecuencia de un terremoto, por este motivo, T_m es considerado el parámetro preferido por muchos autores para definir el contenido en frecuencia.

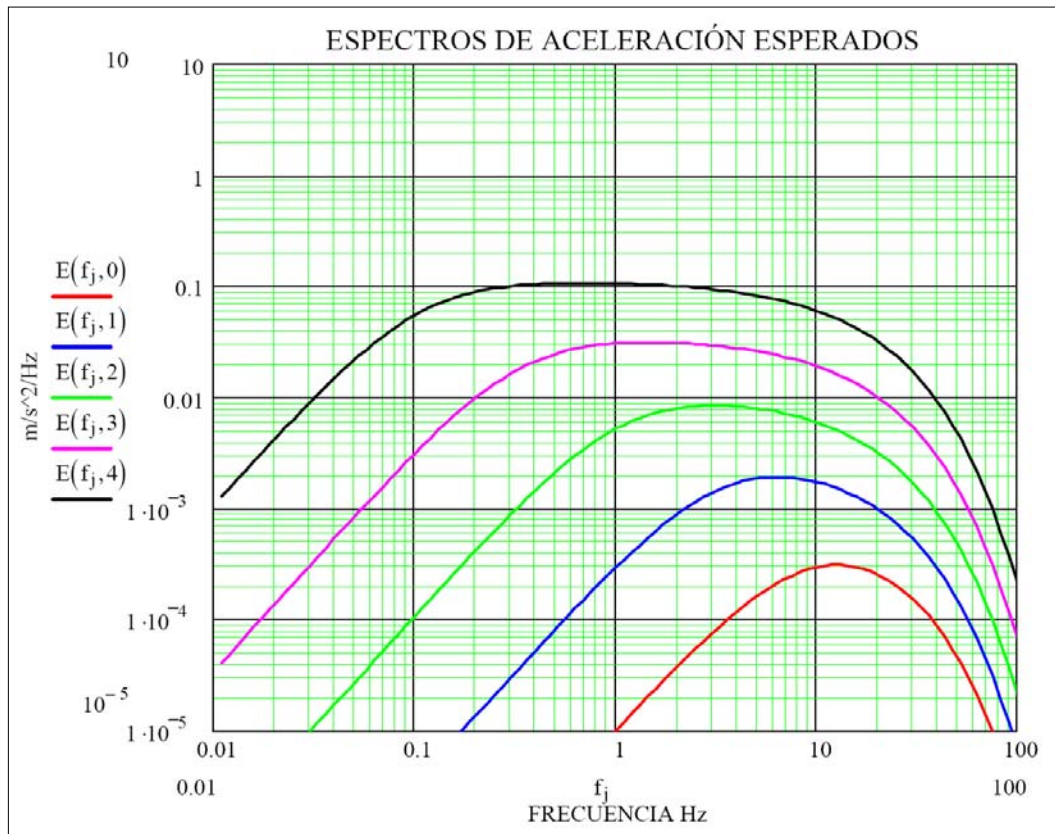


Figura 3. Espectro de aceleración esperado en roca definido para la zona de estudio, para una distancia de 200 km y magnitudes $M_w = 3, 4, 5, 6$ y 7

Los ajustes de los parámetros característicos del contenido en frecuencia (T_0 , T_{avg} y T_m) se realizarán mediante la *Toolbox* de *Matlab* (2007) *robustfit*. Por defecto, *robustfit* añade una primera columna de 1s a X, que corresponde a un término constante en el modelo, con lo cual, que no debemos introducir una columna de 1s directamente en X. Se puede cambiar el comportamiento por defecto de *robustfit* utilizando la constante de entrada, *below*. *Robustfit* trata NaNs en X o Y según los valores que faltan, y los elimina. $b = robustfit(x, y)$ calcula la matriz de varianza-covarianza de los coeficientes estimados con $inv(X' * X) * stats.s ^ 2$. Los errores estándar y las correlaciones se derivan de esta estimación

5

Resultados

5.1. Cálculo y clasificación del sitio en función de los periodos predominantes T_p y $T_{p(H/V)}$

La clasificación del suelo en función del periodo predominante T_p y $T_{p(H/V)}$ se presenta en la siguiente tabla, donde en cada columna se define el tipo de suelo de acuerdo a la clasificación de sitio de Rodríguez-Marek et al.

**Tabla 12. Clasificación del tipo de suelo en función de los periodos T_p y $T_{p(H/V)}$.
Primera aproximación del trabajo.**

Estación	Nº	Tipo	Tipo	Tipo	T_p	T_p (H/V)
	de	de suelo	de suelo	de suelo	(s)	(s)
	Registros	T_p vs. T_p (H/V)	T_p	T_p (H/V)		
Adra	6	B	B	B	0,17	0,14
Agrón	20	B	A	B	0,09	0,11
Albolote	8	B	B	B	0,12	0,15
Algodonales	1	C1	C1	C1	0,56	0,56
Alhama de Granada	9	C1	C1	C1	0,22	0,21
Almería	1	B	B	B	0,14	0,13
Arenas del Rey	11	B	B	B	0,14	0,13
Beznar	1	-	-	C1	4,02	0,25
Cacín	28	B	B	B	0,12	0,16
Canales	1	B	D1	A	0,94	0,08
Carmona	2	C1	C2	B	0,50	0,14
Chimeneas	13	B	B	B	0,16	0,18
Churriana	19	A	A	A	0,08	0,08
Dílar	19	B	B	B	0,10	0,12
Durcal	24	C1	B	C1	0,17	0,24
Estepona	1	B	B	A	0,18	0,07
Granada (Facultad de Ciencias)	8	C2	C1	C2	0,25	0,42
Granada (Caballerizas Alhambra)	15	B	B	C1	0,18	0,26

Granada (Paseo de Ronda Alhambra)	8	C1	C1	C1	0,24	0,29
Granada (Torre de Comares Alhambra)	12	C2	C2	C1	0,49	0,25
Guadix	2	C1	C1	C1	0,20	0,37
Jayena	13	C1	B	C1	0,15	0,35
Loja	4	A	A	A	0,07	0,08
Lorca	1	B	B	B	0,15	0,16
Málaga	3	B	B	C1	0,14	0,21
Málaga (Martín Carpena)	2	C1	C1	-	0,20	4,55
Montilla	1	C2	C1	C3	0,35	0,52
Motril	3	C1	C1	C1	0,21	0,23
Santa Fe	23	B	B	B	0,13	0,15
Sevilla	1	B	C1	B	0,22	0,13
Ugijar	1	B	B	B	0,13	0,14
Ventas de Huelma	20	B	B	B	0,12	0,15
Vera	1	C2	C3	C2	0,53	0,49

La primera columna nos clasifica la estación de registro, la segunda columna muestra el número total de registros por estación y la tercera columna el tipo de suelo en función de los dos periodos T_p y $T_{p(H/V)}$, ajustando los respectivos valores. Para este ajuste se ha tenido en cuenta la proximidad de los valores y en que rango de periodos se encuentran según la tabla 4 de clasificación de Bray y Rodríguez-Marek (1997).

Podemos observar que en general los valores se aproximan mucho unos a otros clasificando bien el tipo de suelo. Podemos encontrar valores discrepantes entre la clasificación de un periodo respecto al otro fundamentalmente por dos motivos que serán explicados en el capítulo siguiente y que resumimos aquí por: utilización de pocos registros en la definición del tipo de suelo de la estación y la existencia de registros defectuosos.

5.2. Ajuste gráfico de los periodos predominantes en función de la distancia y ejemplo con la comparación de los periodos obtenidos mediante las relaciones de Rathje et al.

Los resultados obtenidos en los ajustes de los periodos predominantes (T_0 , T_{avg} , T_m , T_p , $T_{p(H/V)}$) de nuestro trabajo (**Tabla 12**) en función de la distancia al epicentro corregida y la magnitud M_w , se presentan de la siguiente forma: Divididos en dos partes:

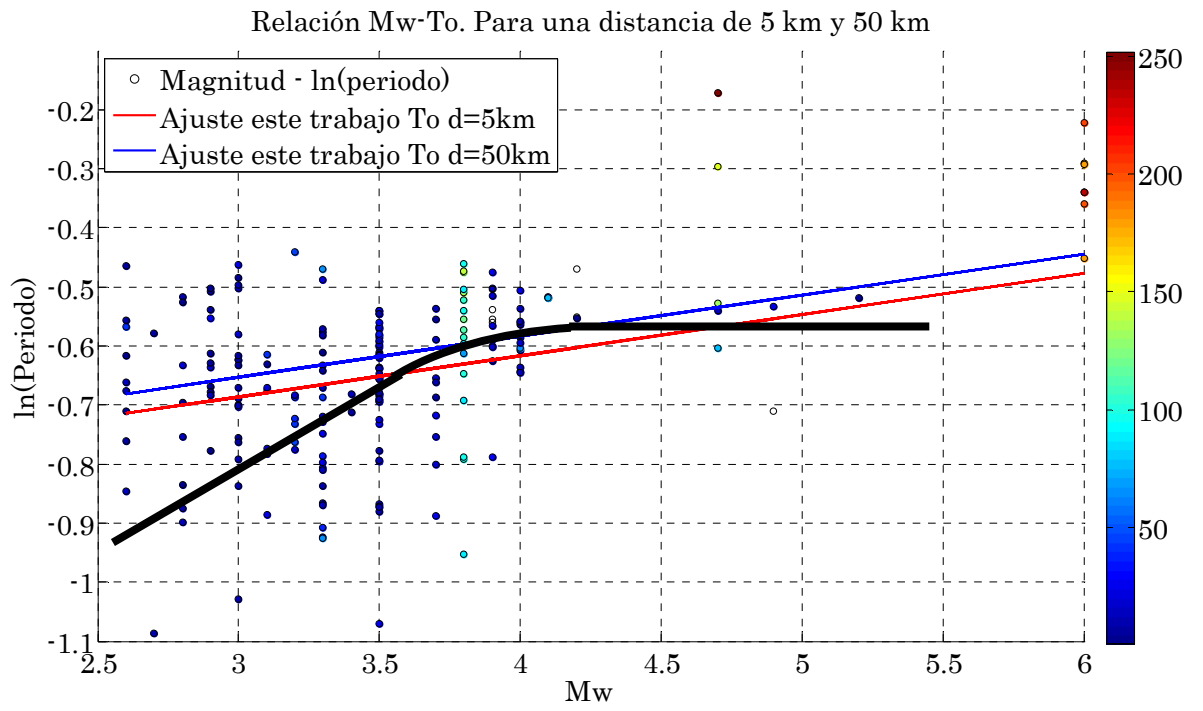
- I. Por una lado los ajustes en suelo tipo C y en suelo tipo D.
- II. En segundo lugar los ajustes de los periodos predominantes en función de dos distancias de 5 km y de 50 km por separado. Con cada uno de los periodos se realizará también, un ajuste 3D y un ajuste global con las dos distancias de 5 y 50km. En total se presentan un total de 40 ajustes representados.

Se incluye además, un ejemplo con la comparación de dos periodos predominantes (T_{avg} y T_m) obtenidos en nuestro trabajo con los periodos predominantes calculados mediante las relaciones propuestas por Rathje et al. para una distancia de 5 y otra de 50 km en suelo clase C y D. Un total de 6 representaciones.

Los ajustes se hacen en función del sismo y del logaritmo neperiano del periodo predominante que se analiza en cada caso. En el eje X se representan los terremotos en función de su magnitud, que a su vez se encuentran ajustados con la distancia al epicentro. El intensidad del color del punto muestra la distancia epicentral. En el eje Y representamos el logaritmo neperiano del periodo predominante. Las líneas, son los ajustes realizados mediante las relaciones obtenidas en nuestro trabajo en función de una distancia epicentral que puede ser de 5 o 50 km.

Hay dos características comunes en todos los ajustes. Por un lado la concentración de puntos en la zona de magnitud más baja, y por otro lado la pendiente de la recta de ajuste. La primera de ellas se debe a que los registros disponibles son de pequeña magnitud y poseen unas distancias epicentrales pequeñas. Los puntos más alejados en la grafica corresponden a los terremotos de mayor magnitud cuyo epicentro está fuera de la provincia de Granada (Alhucemas y Montilla, por ejemplo) con distancias de 150 a 250 km aproximadamente. El ajuste robusto realizado teóricamente habrá dado menor peso a los puntos más alejados (magnitudes mayores) y mayor peso a los que se encuentran en la zona de distancias epicentrales cortas (pequeñas magnitudes). Esta circunstancia nos lleva a la segunda característica. En general, la recta se ajusta bien a los puntos estudiados. Pudiéndose apreciar en todas las figuras. Pero es posible pensar que la recta de ajuste podría aproximarse más a una recta con pendiente creciente para

pasar a curva con pendiente decreciente (o una recta con pendiente nula) en algunos de los ajustes, por ejemplo en la siguiente figura.



Ajuste de los periodos en función de la distancia R y la magnitud y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 km.

Suelo tipo C

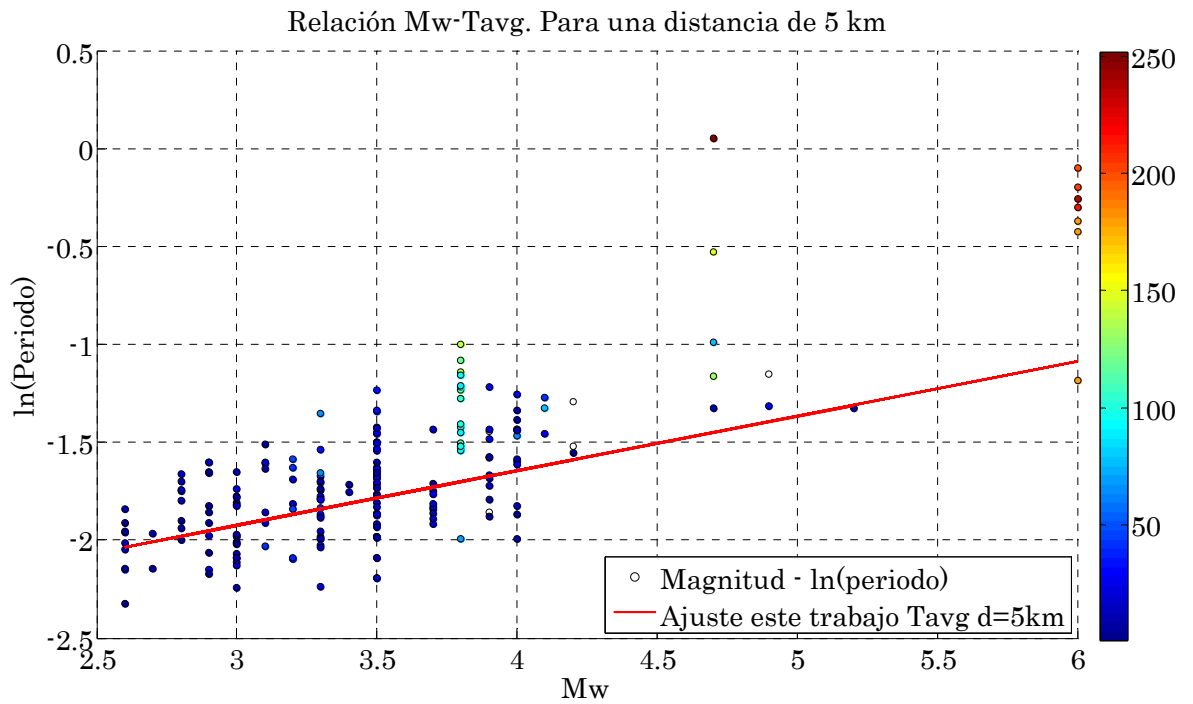


Figura 4. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C

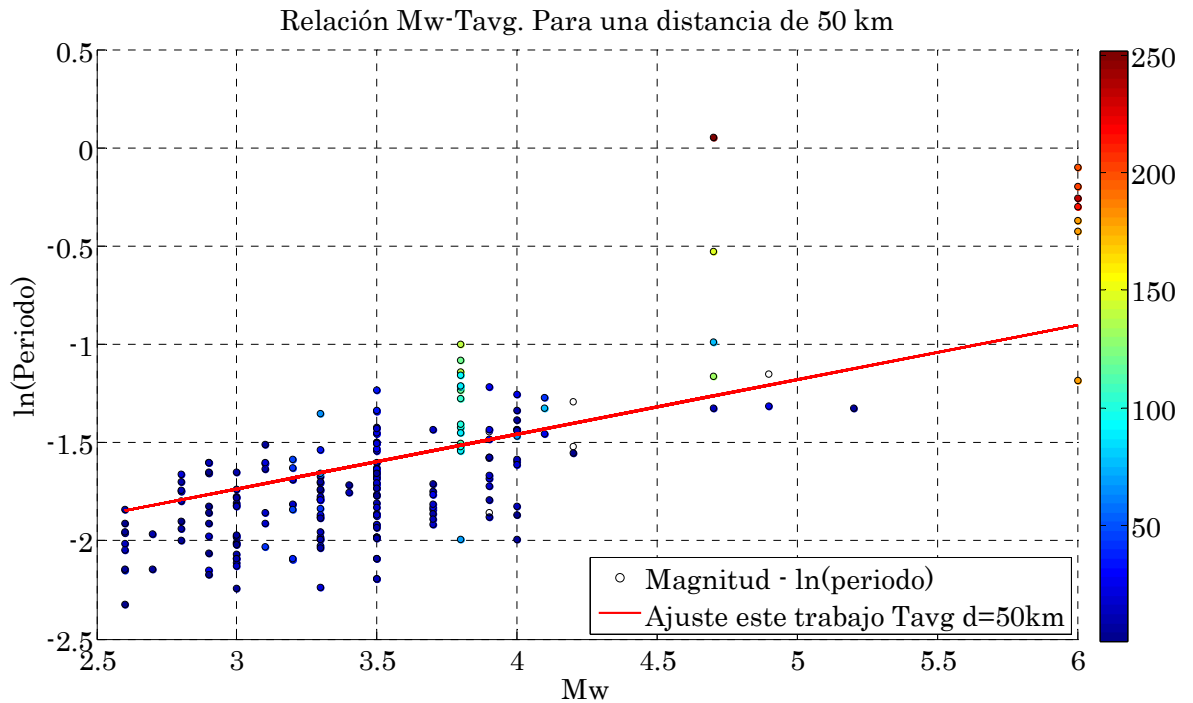


Figura 5. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C

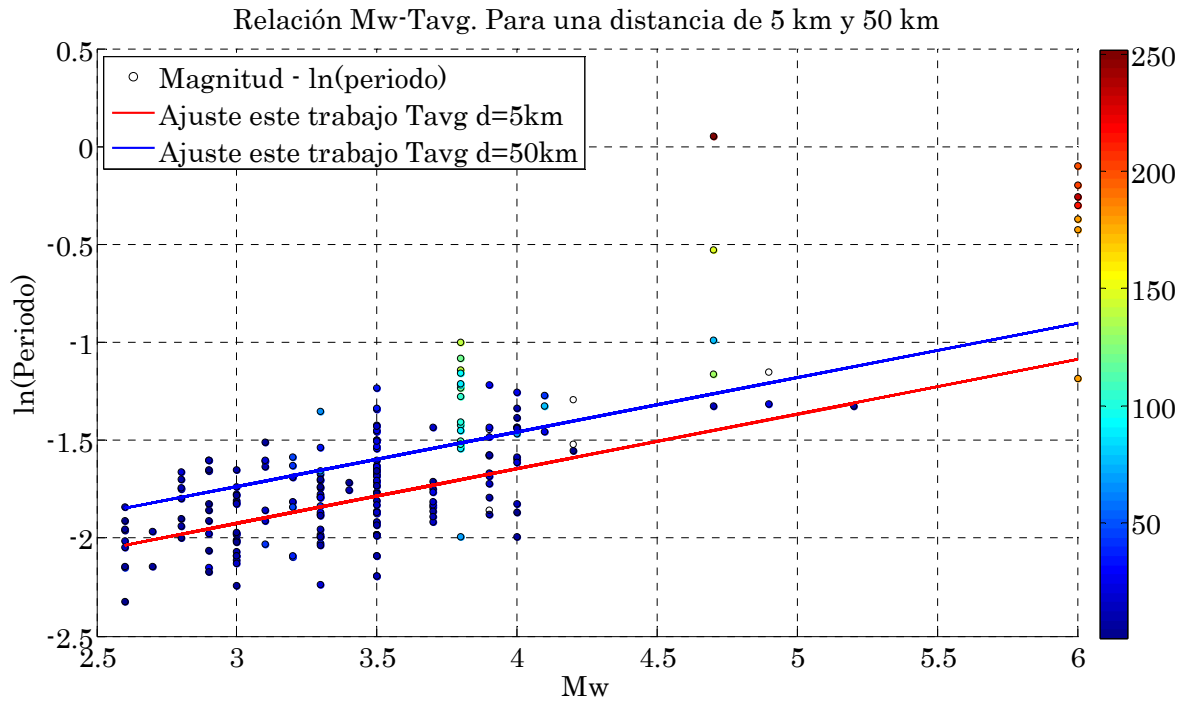


Figura A. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C

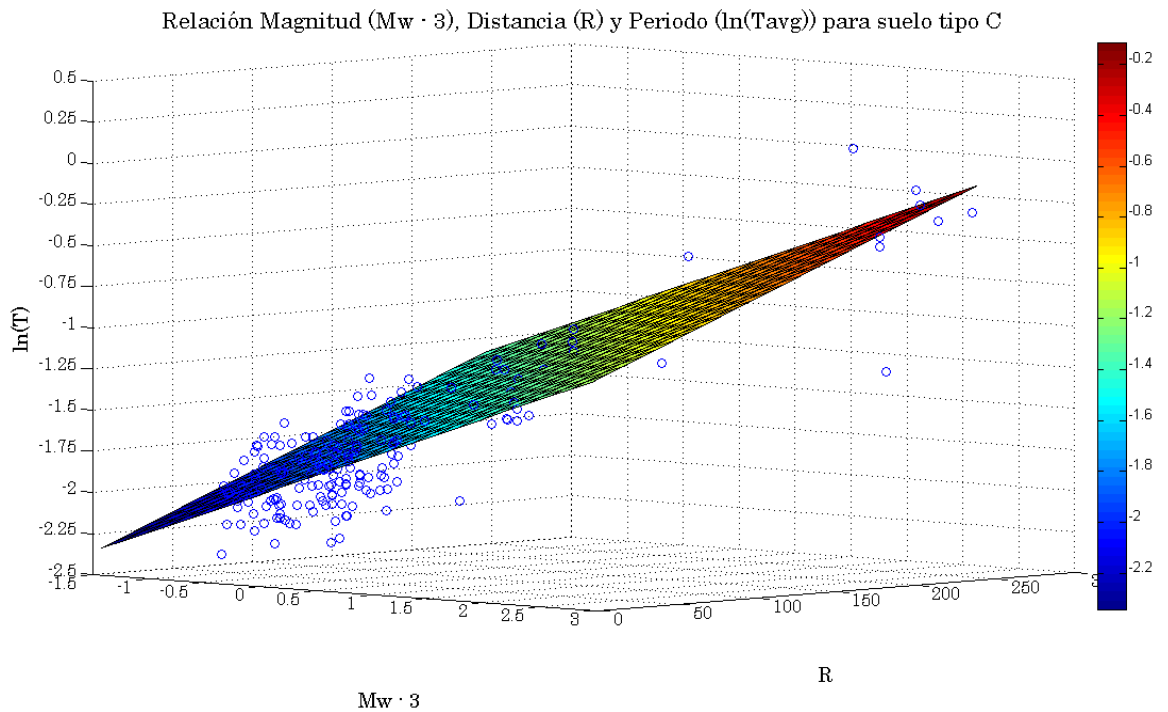


Figura B. Ajuste 3D del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R, Magnitud $M_w \cdot 3$ para suelo Tipo C

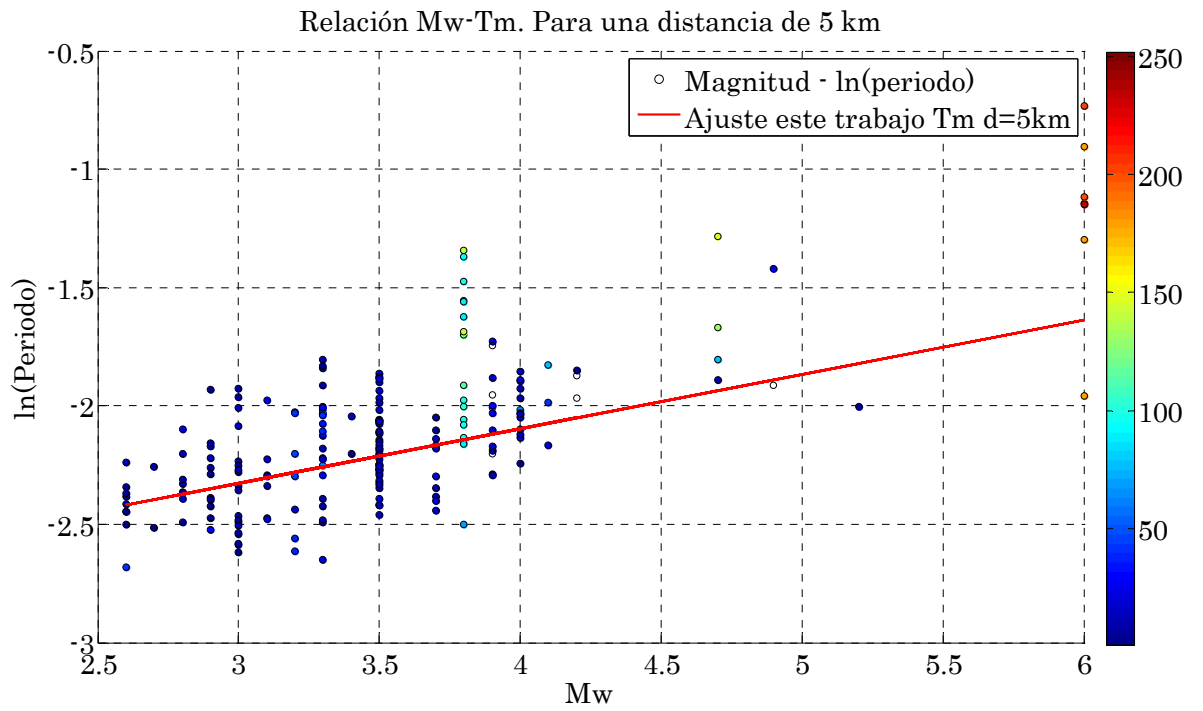


Figura 6. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C

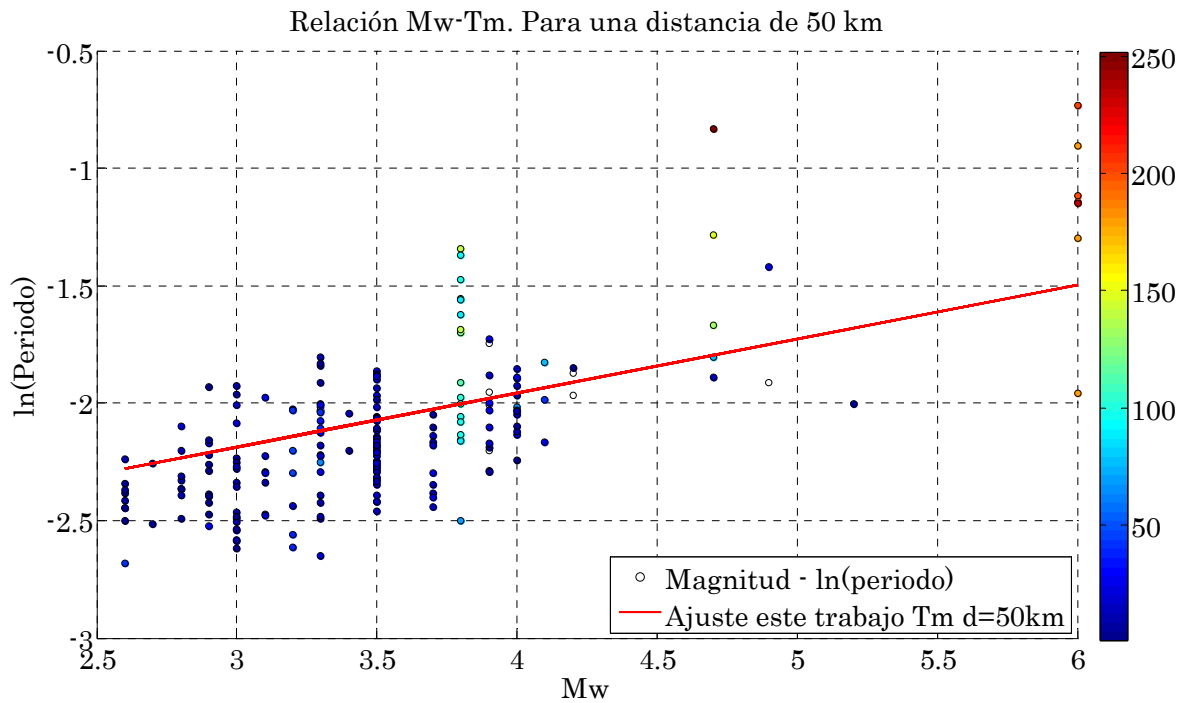


Figura 7. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C

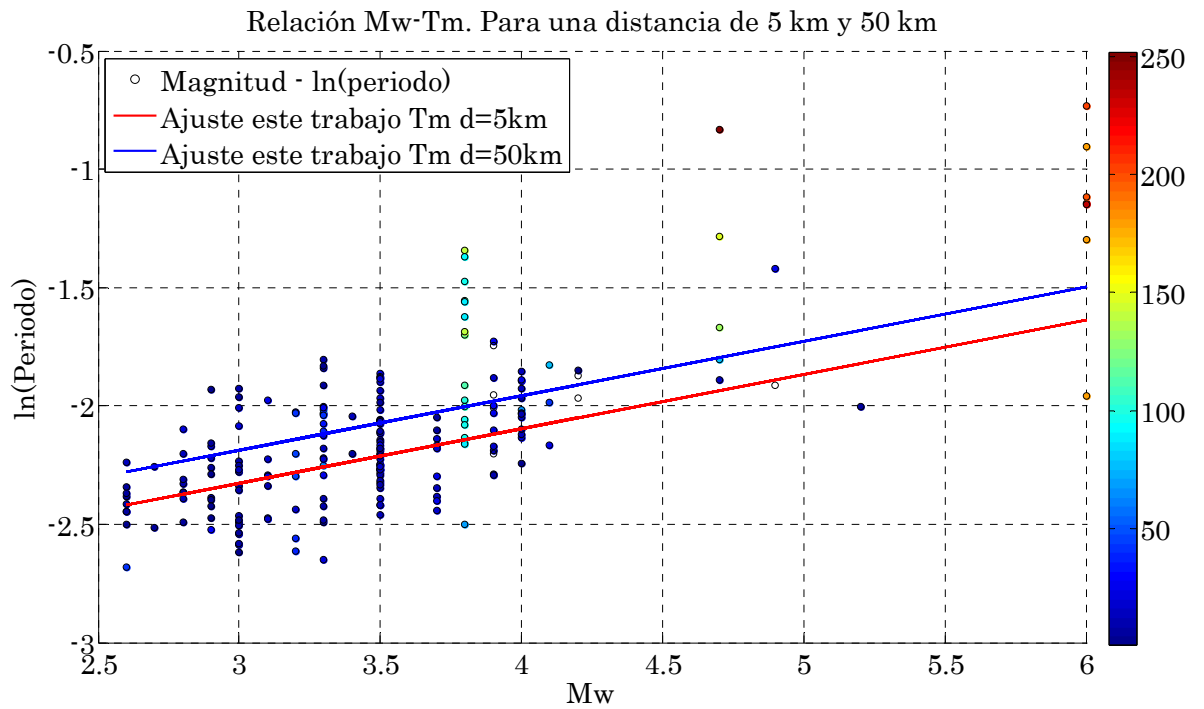


Figura C. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo C

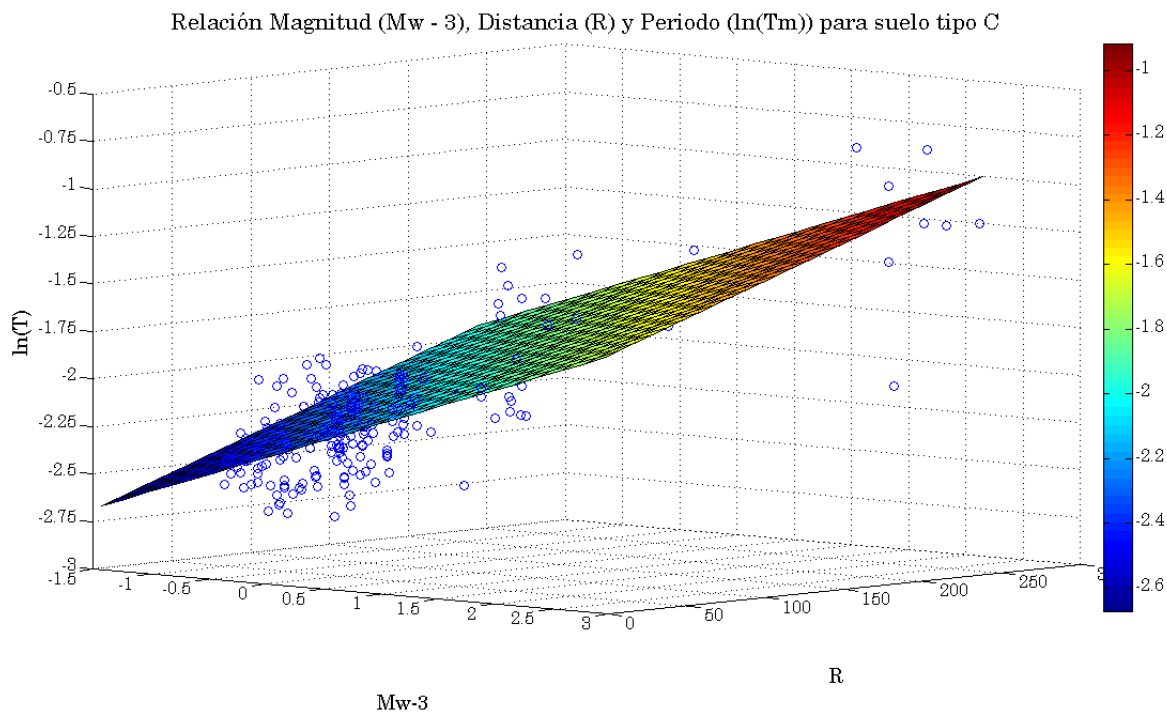


Figura D. Ajuste 3D del Periodo T_m en función de la Distancia R, Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo C

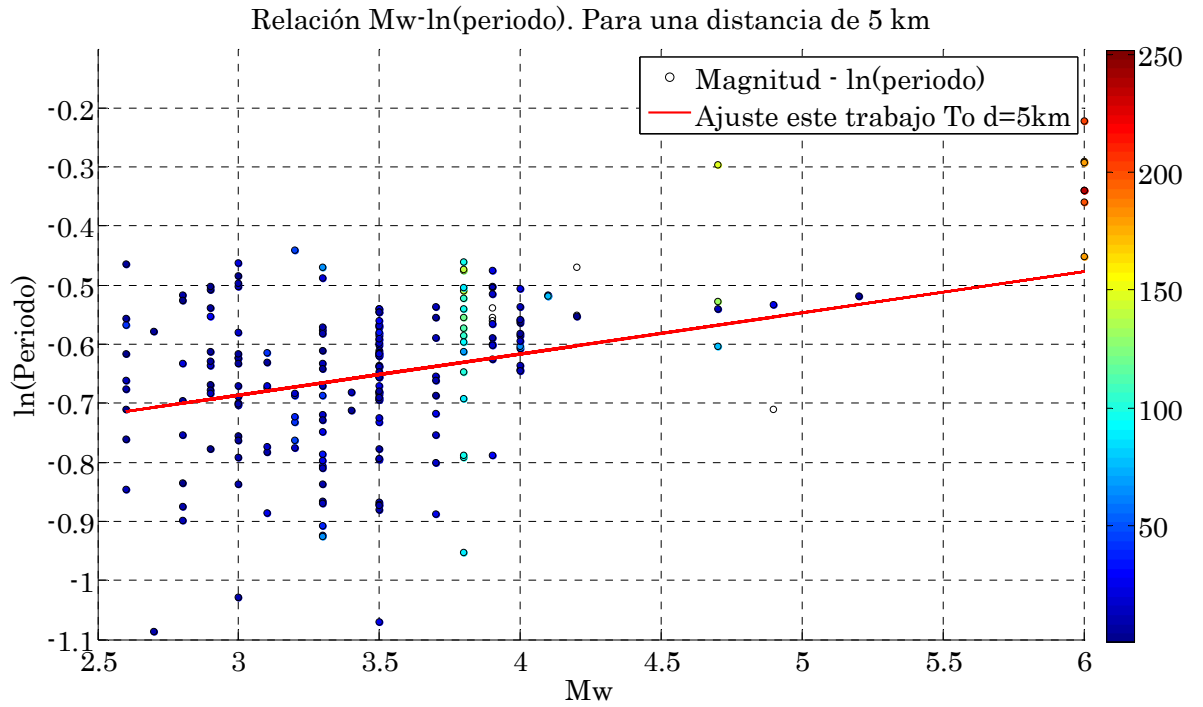


Figura 8. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C

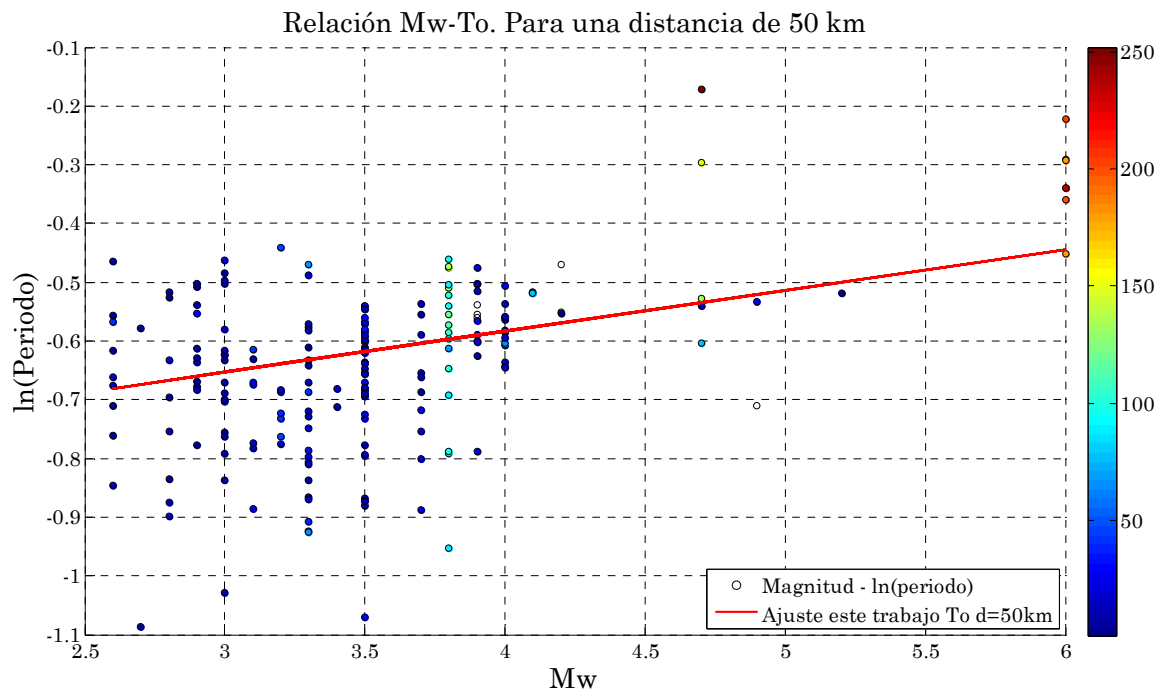


Figura 9. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C

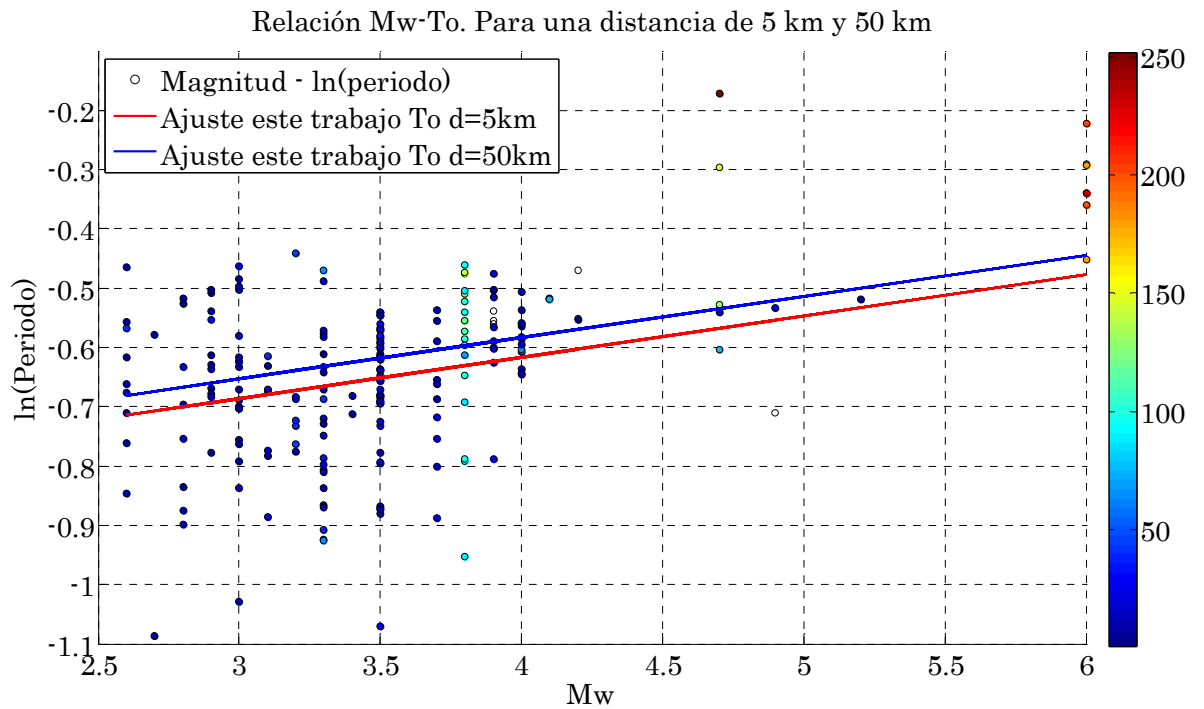


Figura E. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C

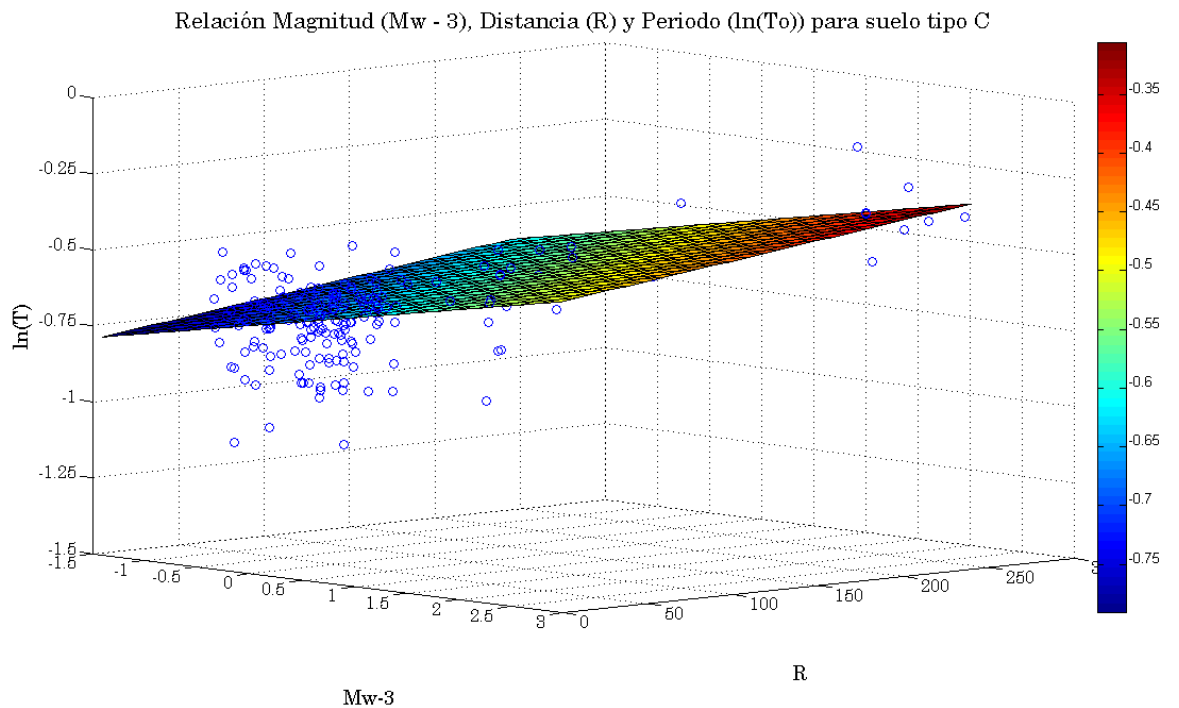


Figura F. Ajuste 3D del Periodo T_0 en función de la Distancia R , Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo C

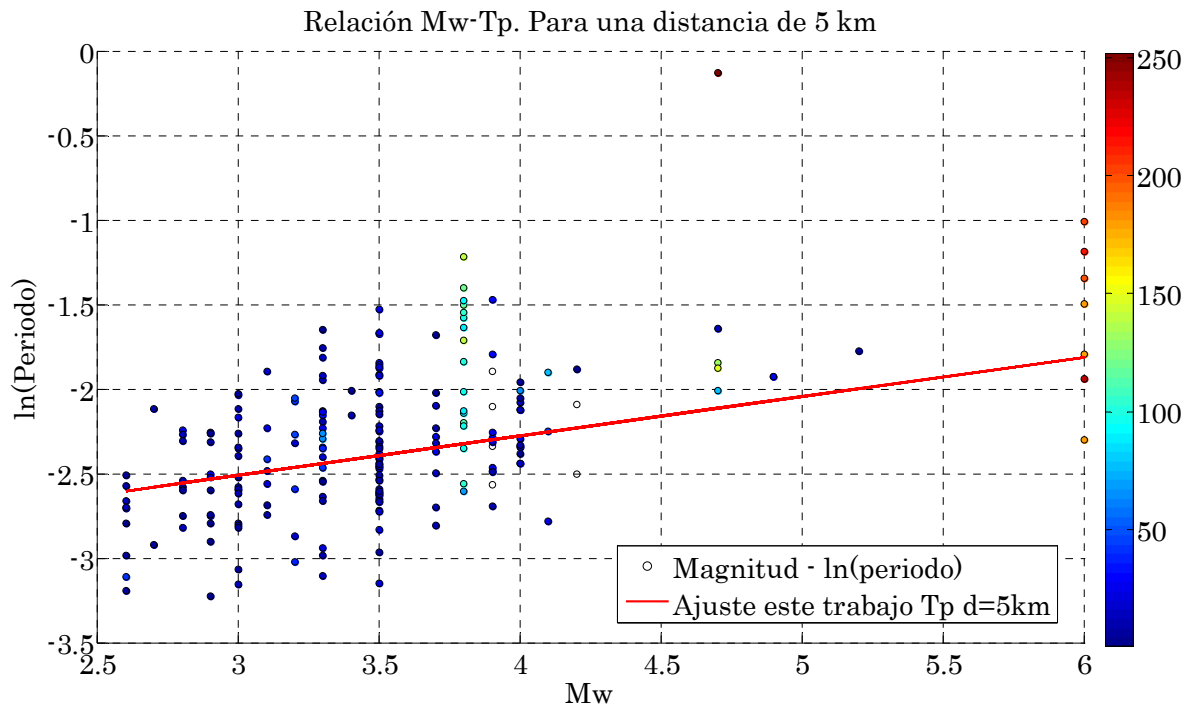


Figura 10. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C

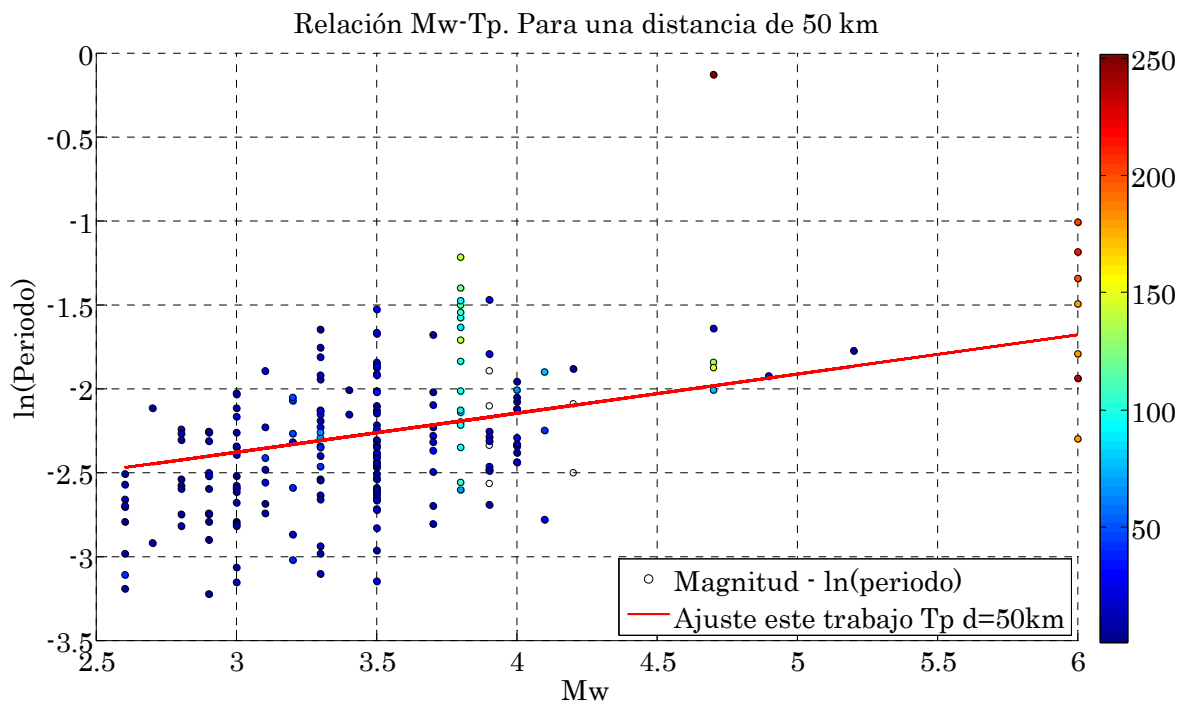


Figura 11. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C

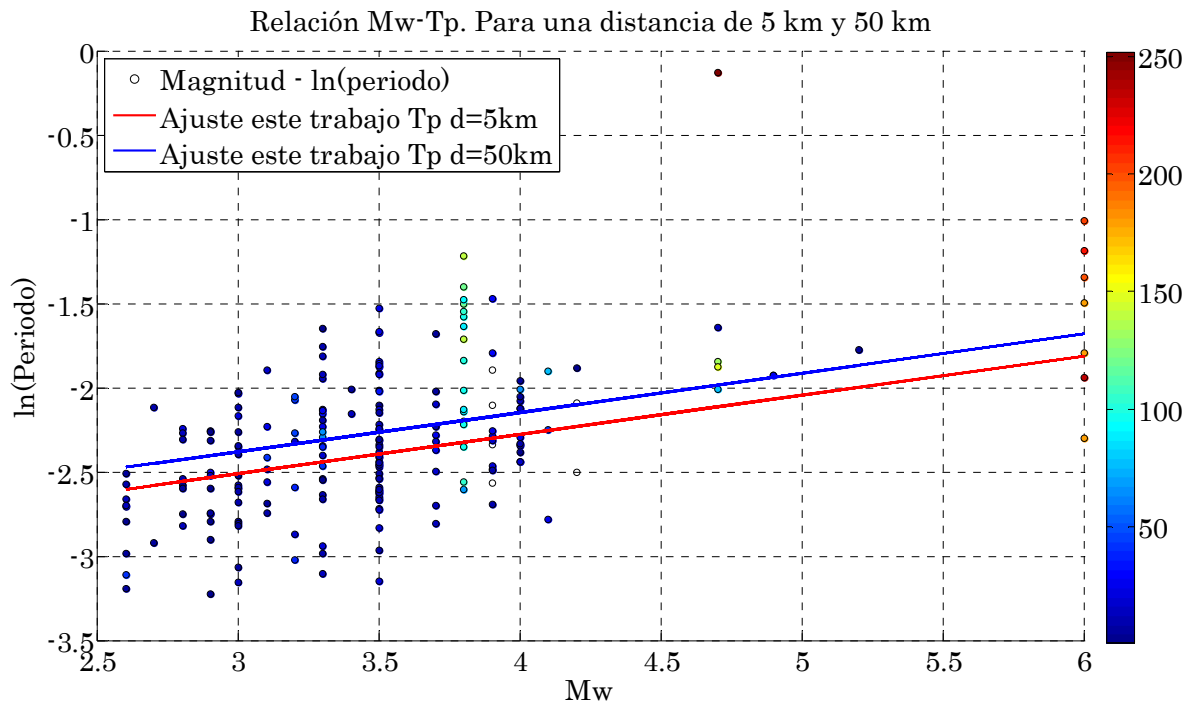


Figura G. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y de 50 Km en suelo Tipo C

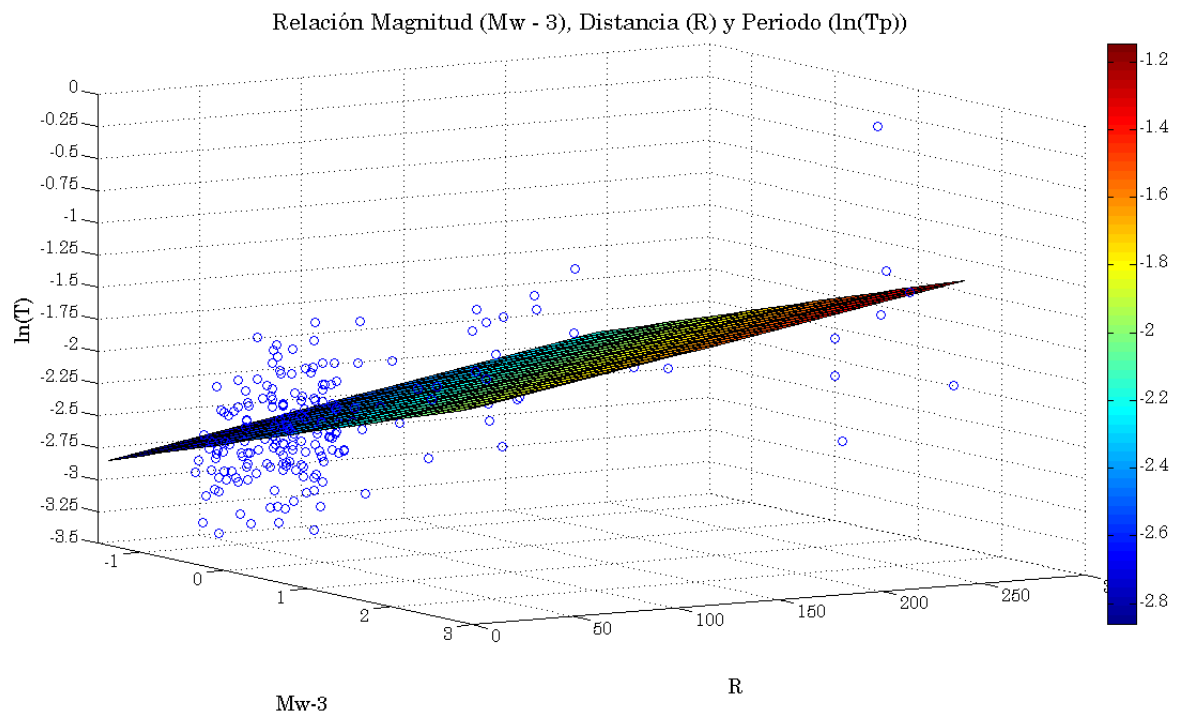


Figura H. Ajuste 3D del Periodo T_p en función de la Distancia R, Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo C

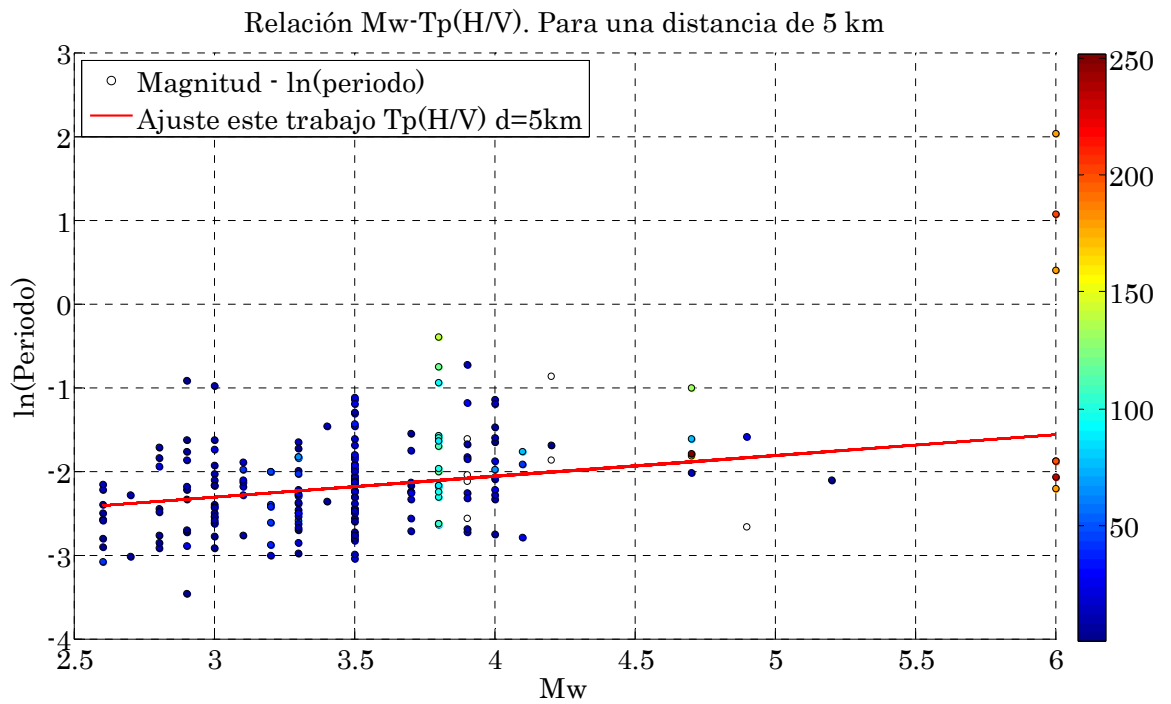


Figura 12. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo C

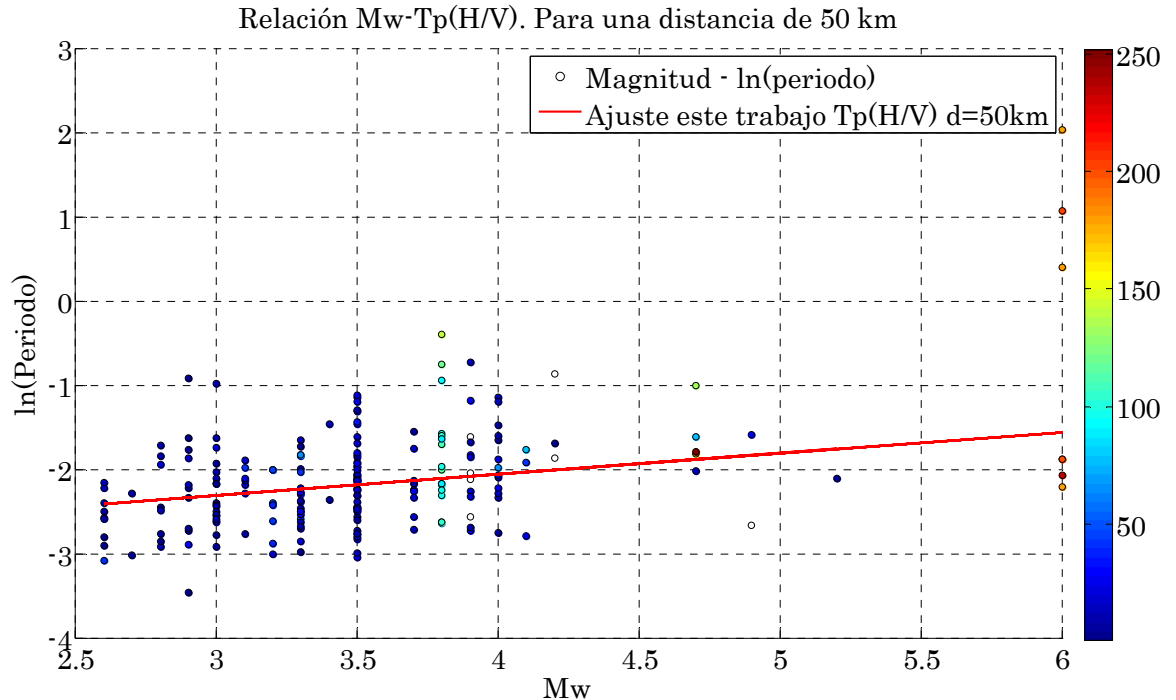


Figura 13. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo C

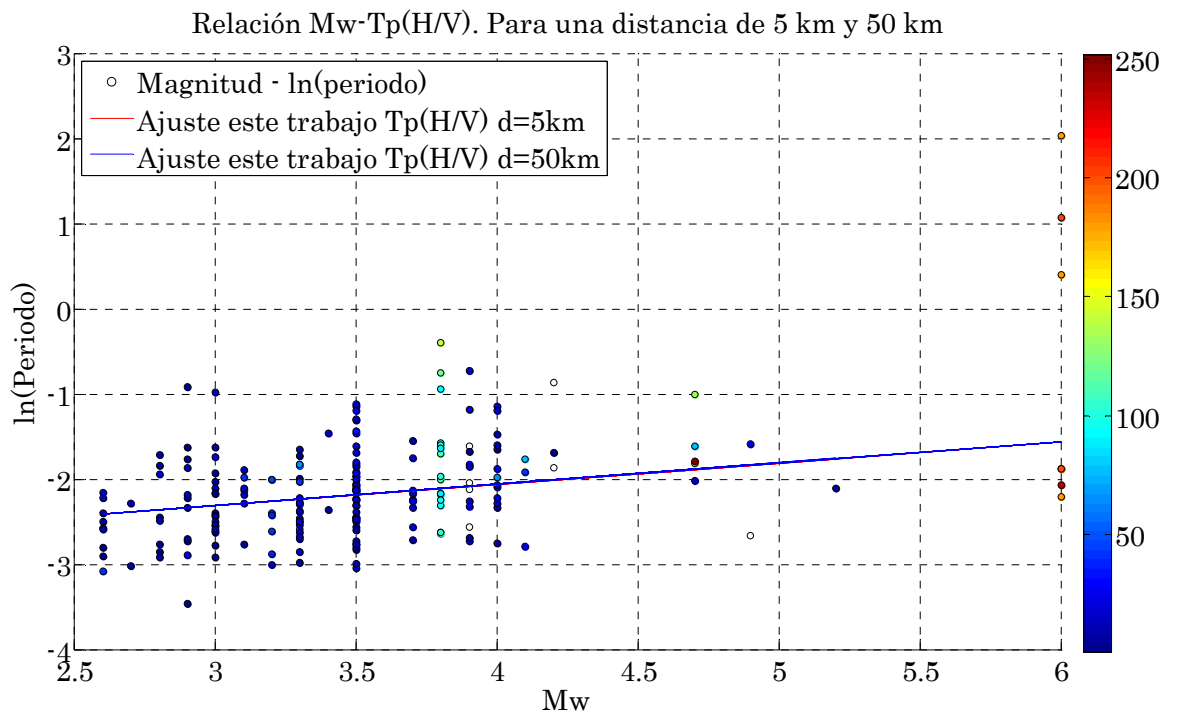


Figura I. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo C

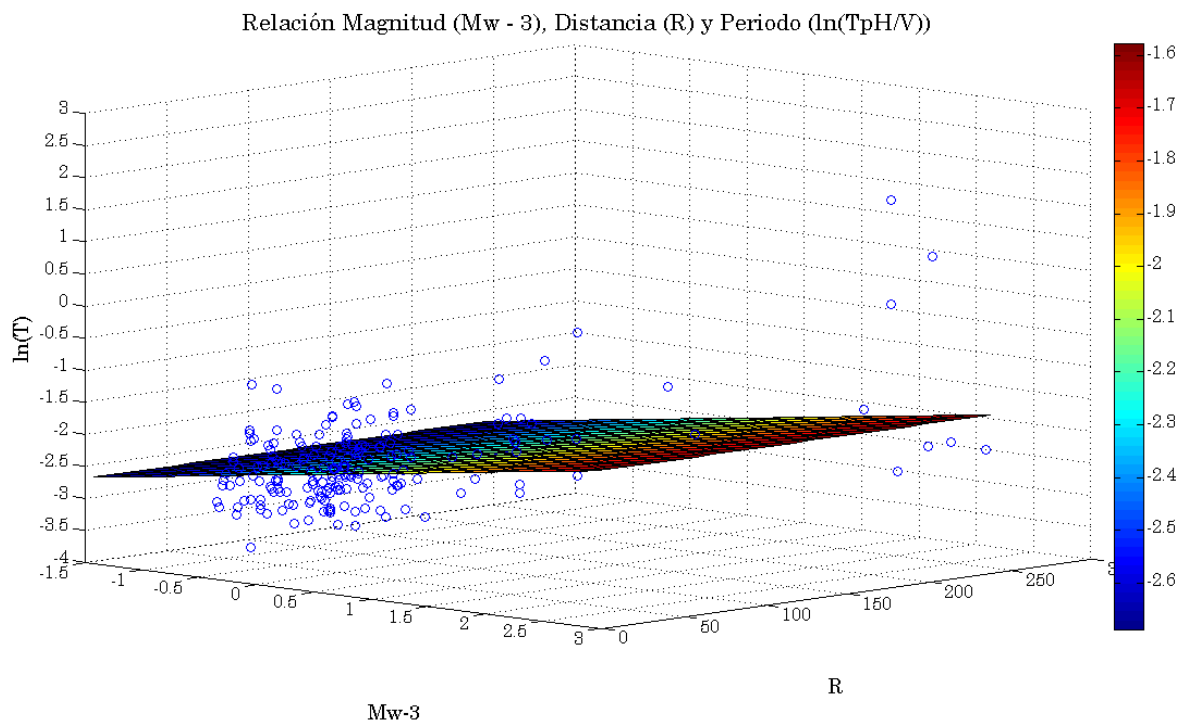


Figura J. Ajuste 3D del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo C

Ajuste de los periodos en función de la distancia R y la magnitud y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 km.

Suelo tipo **D**

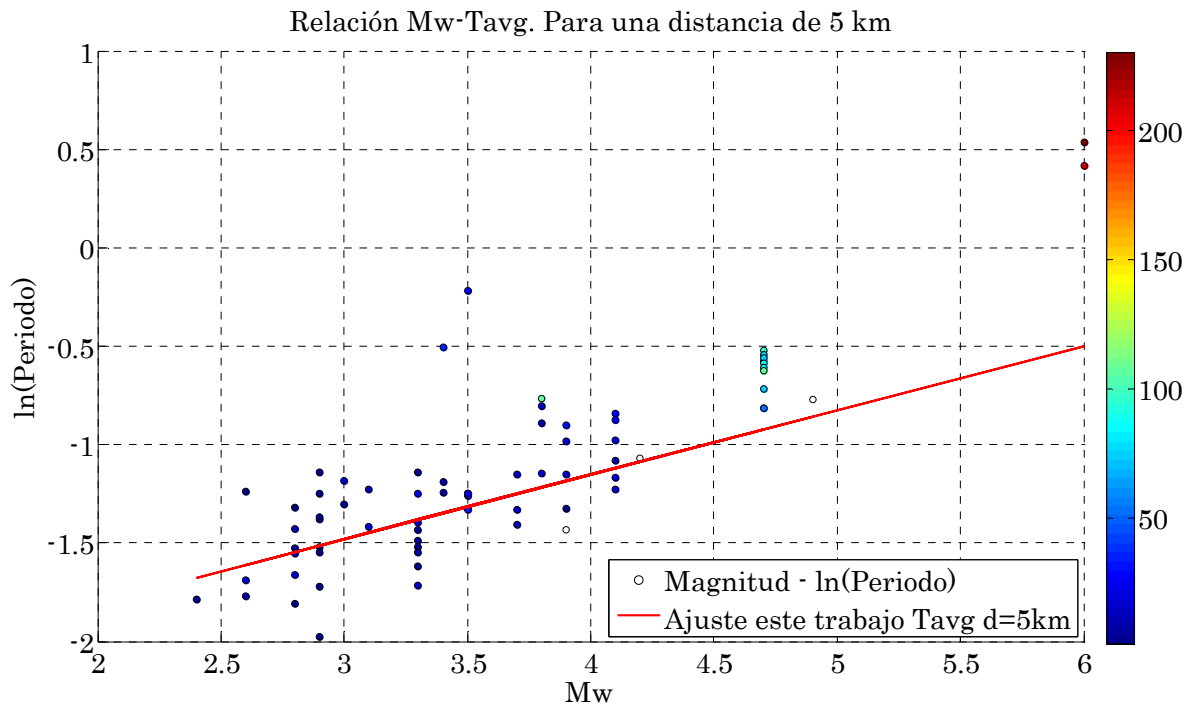


Figura 14. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D

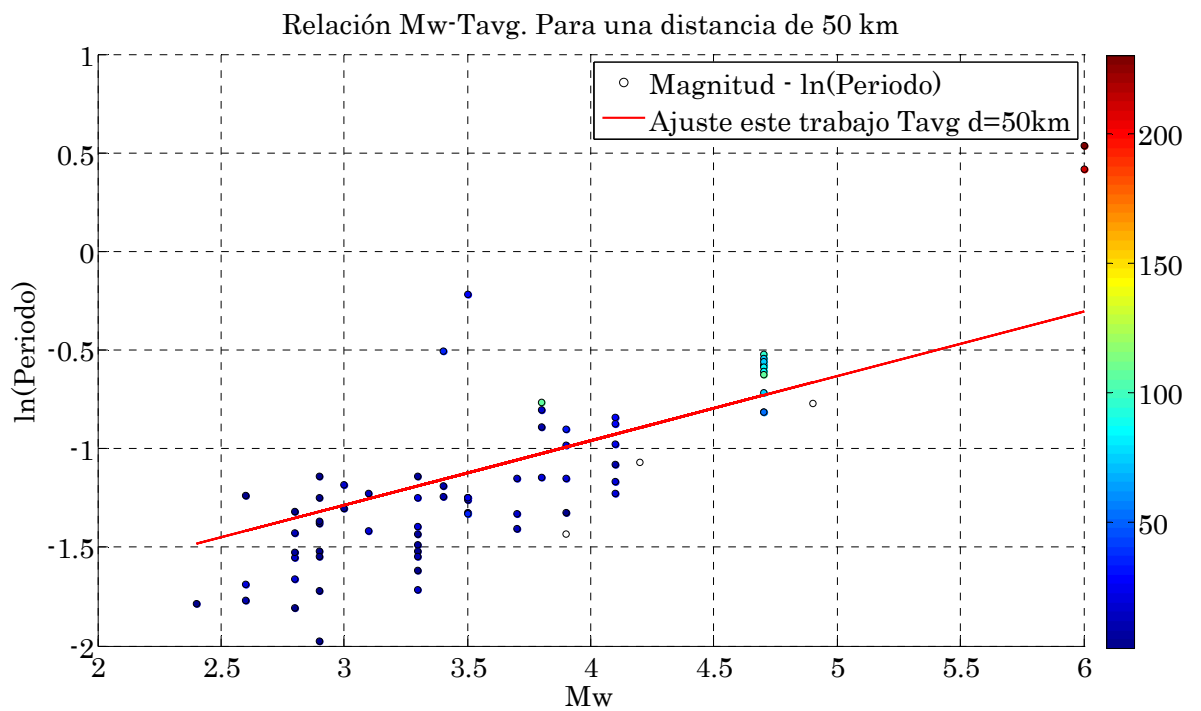


Figura 15. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D

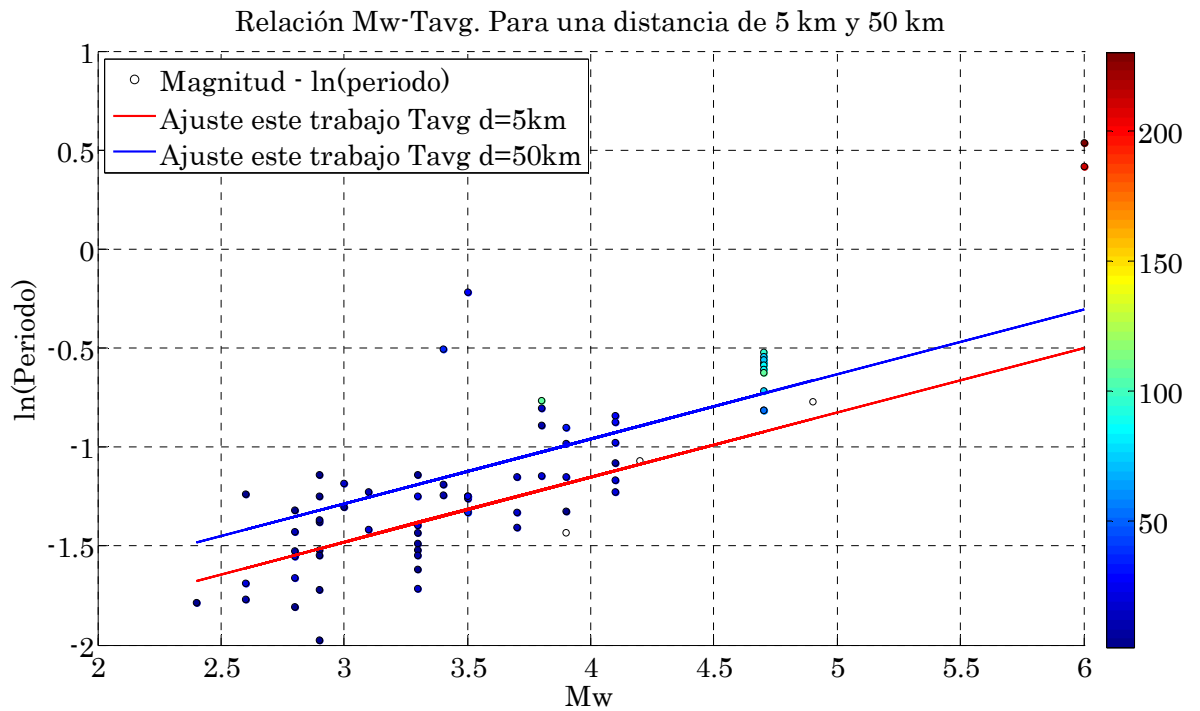


Figura K. Ajuste del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D

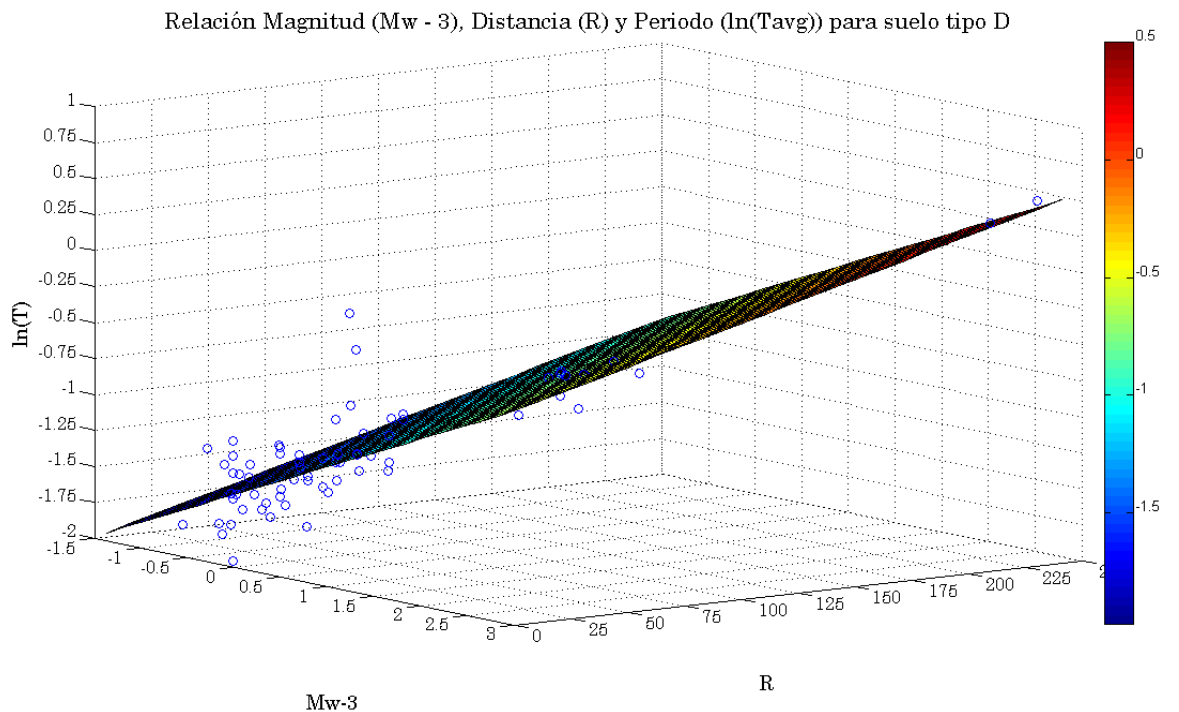


Figura L. Ajuste 3D del Periodo T_{avg} en función de la Distancia R , Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo D

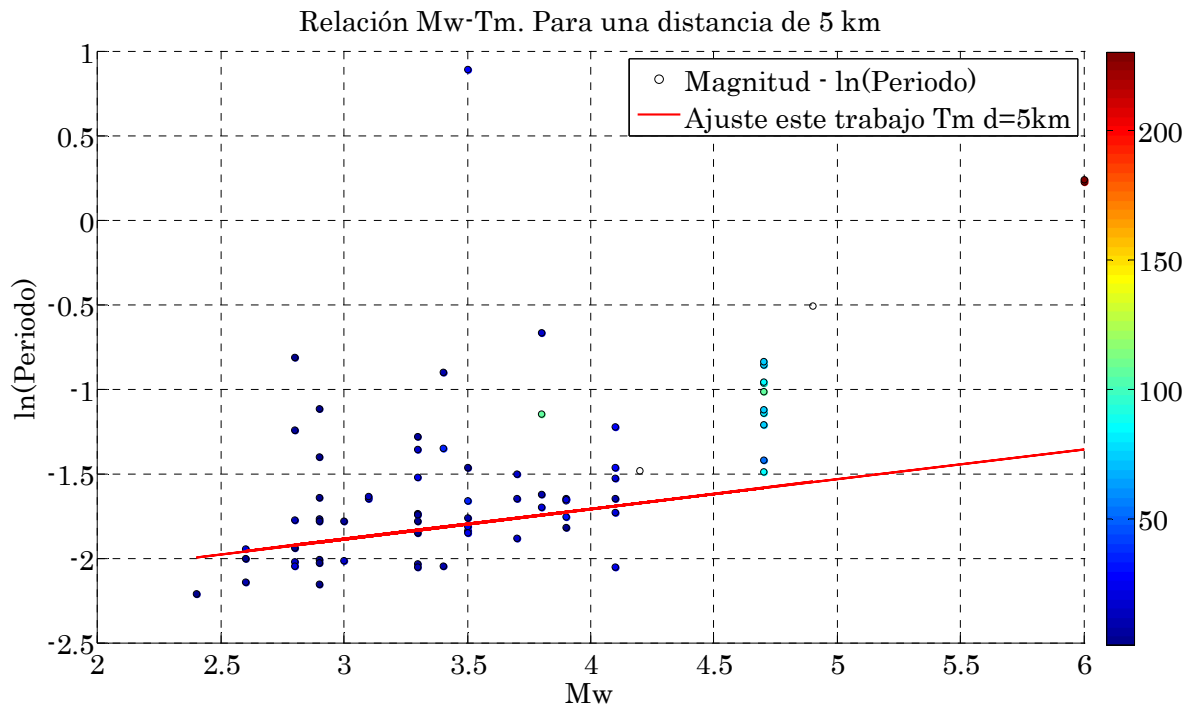


Figura 16. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D

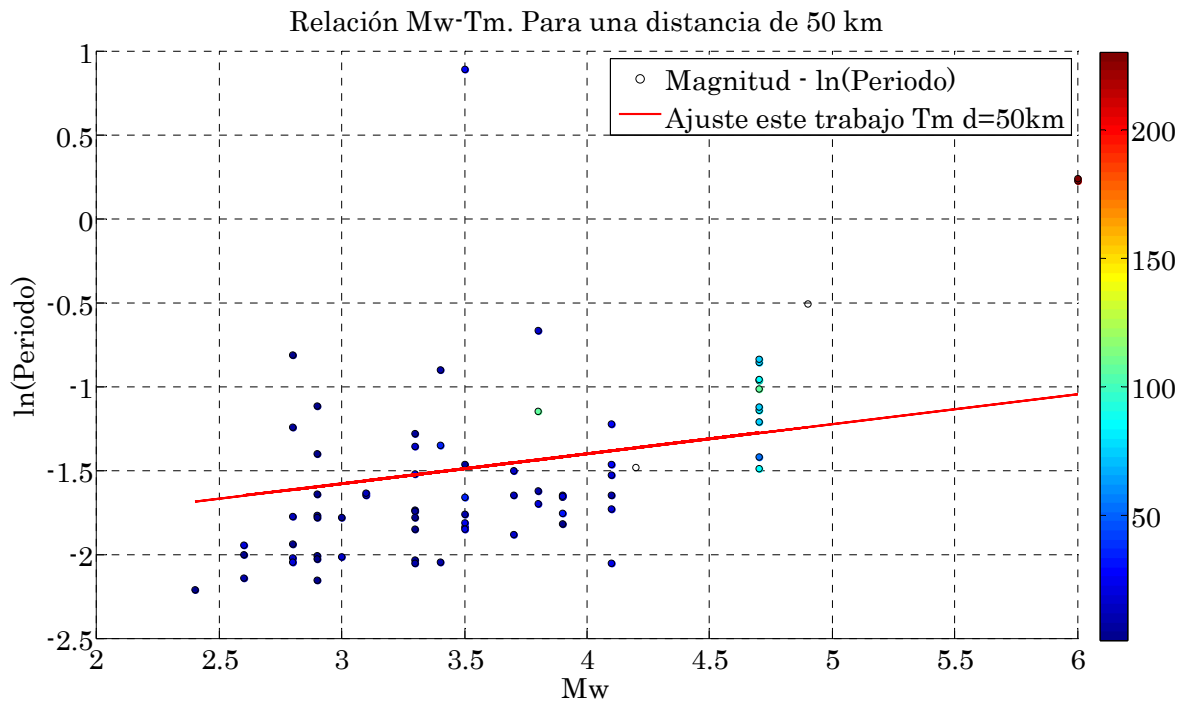


Figura 17. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D

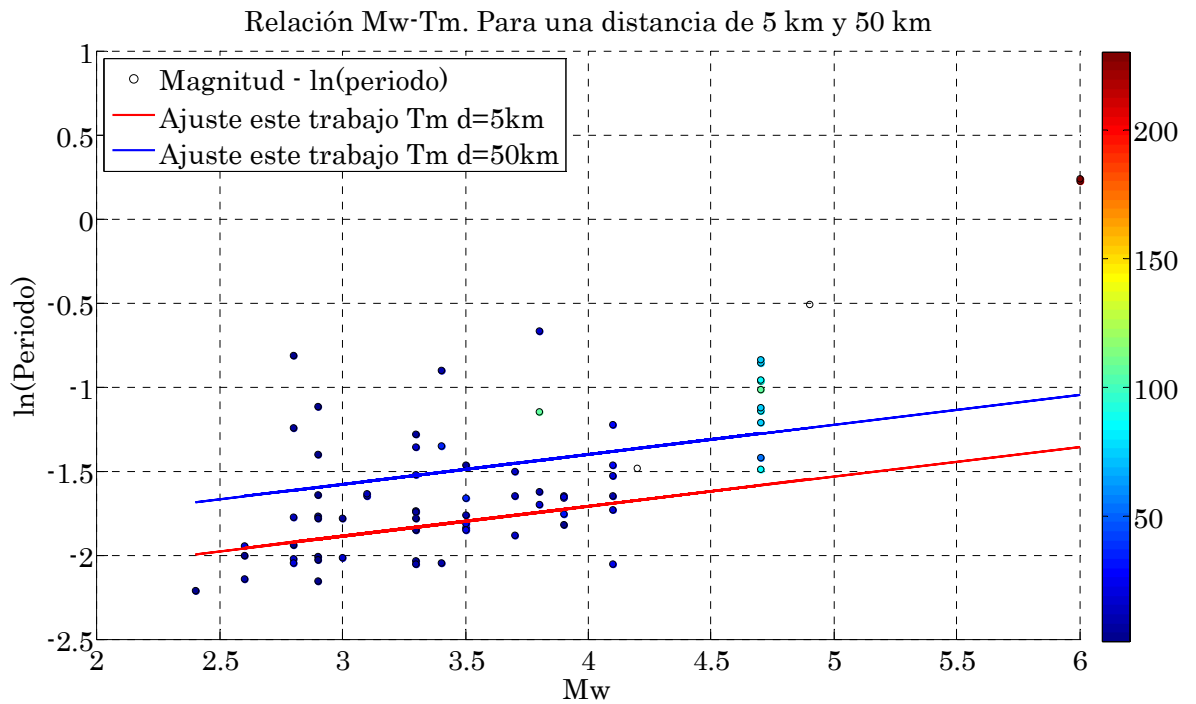


Figura M. Ajuste del Periodo T_m en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D

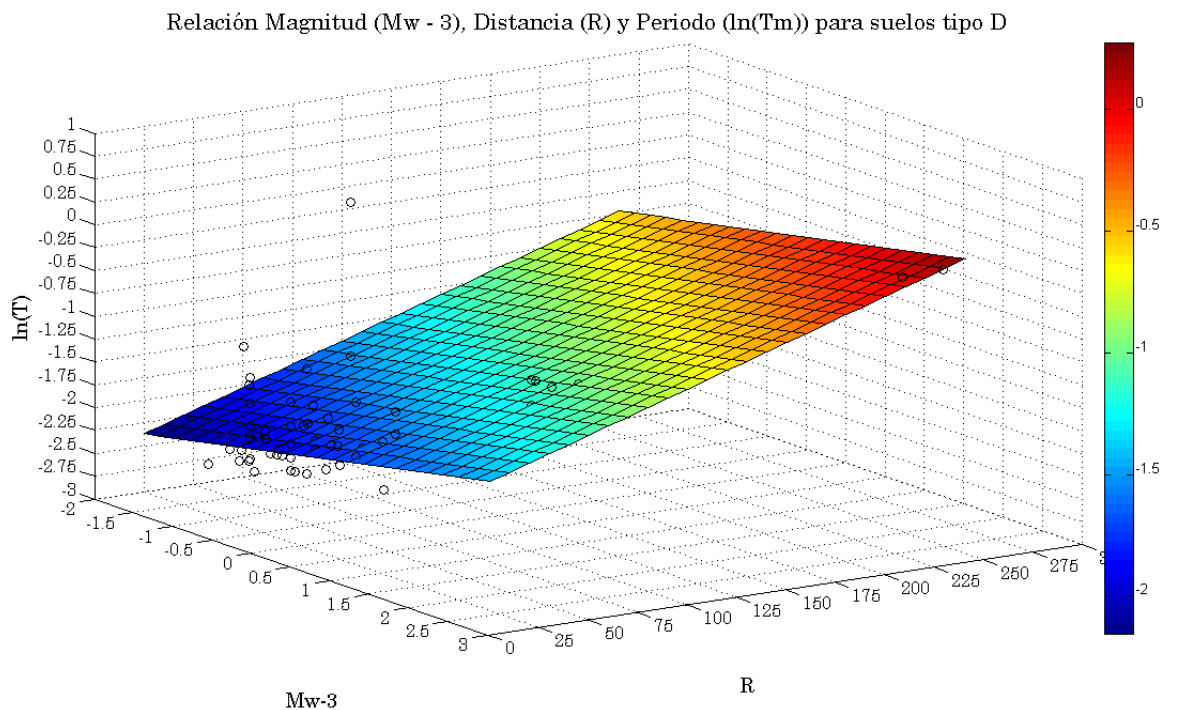


Figura N. Ajuste 3D del Periodo T_m en función de la Distancia R , Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo D

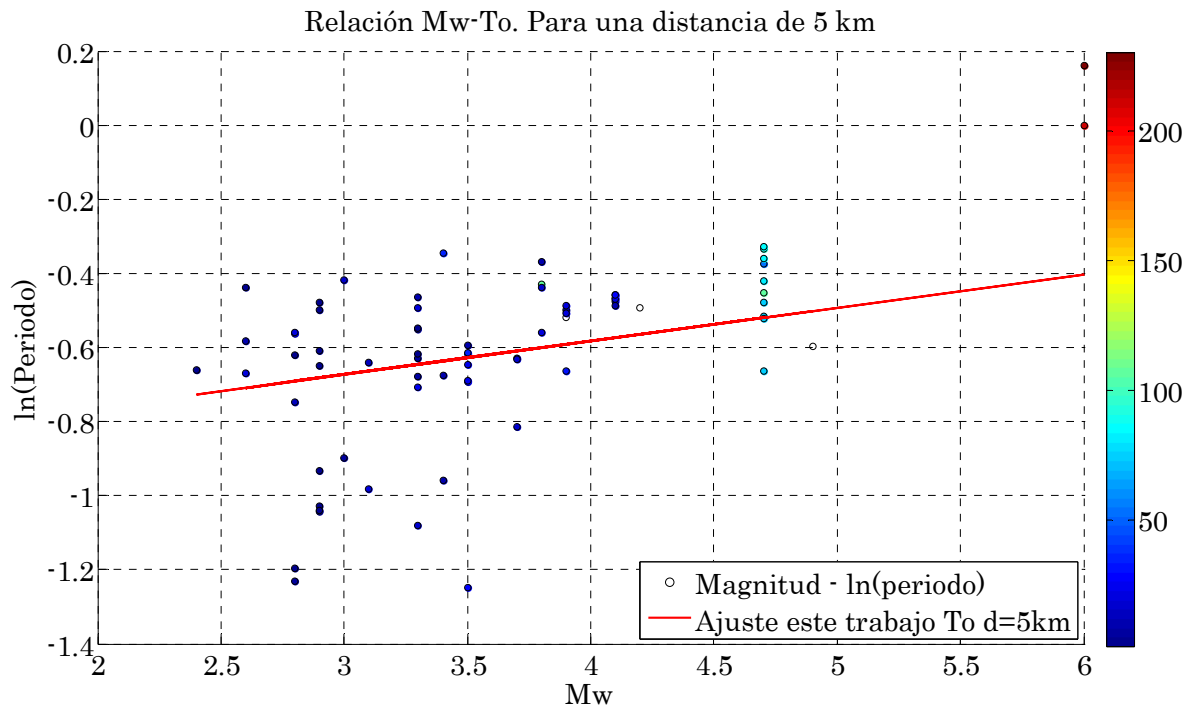


Figura 18. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D

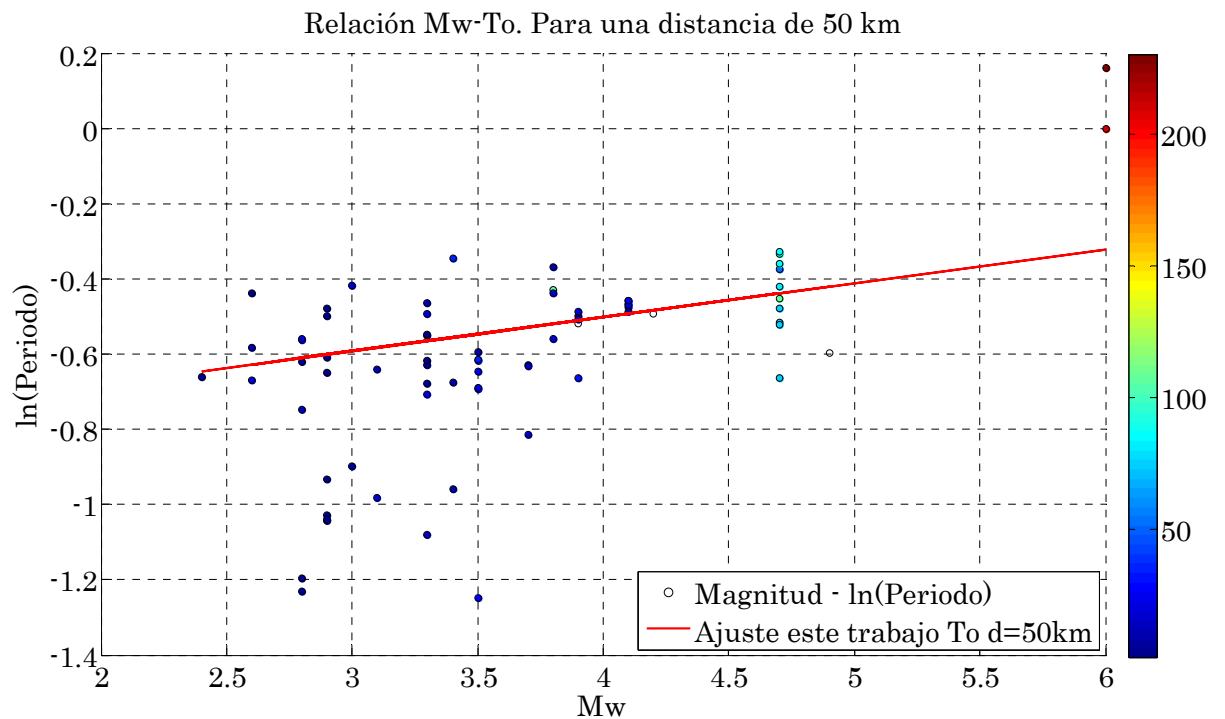


Figura 19. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D

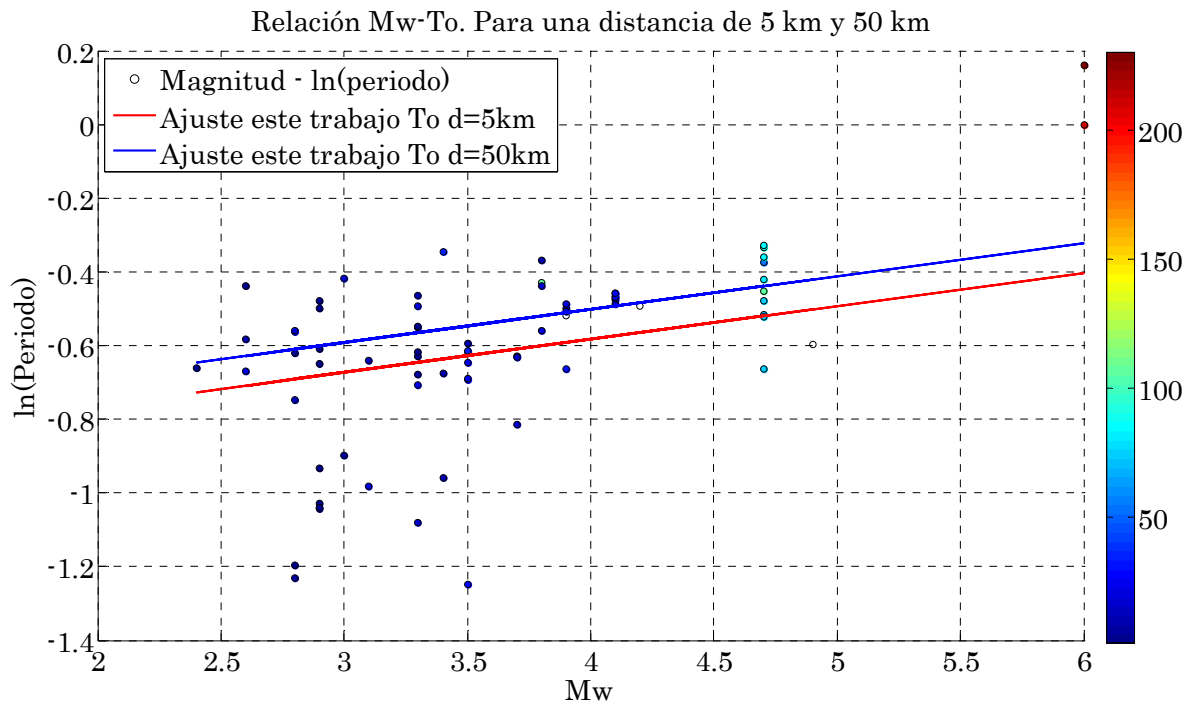


Figura O. Ajuste del Periodo T_0 en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D

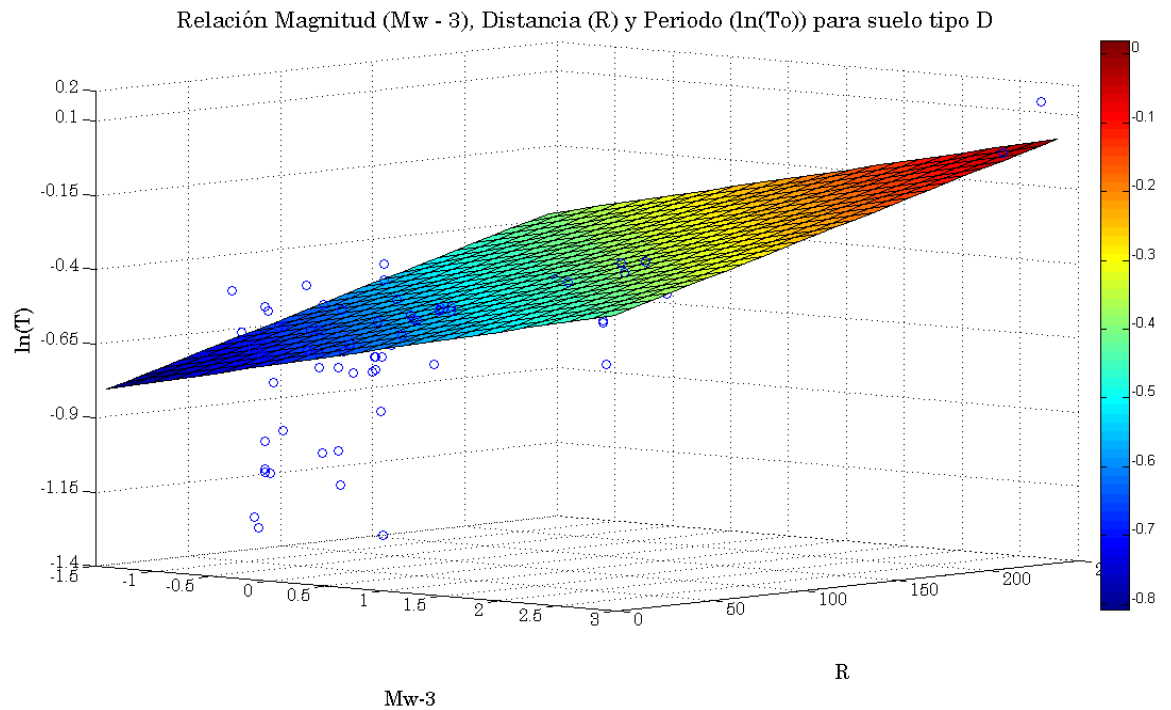


Figura P. Ajuste 3D del Periodo T_0 en función de la Distancia R, Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo D

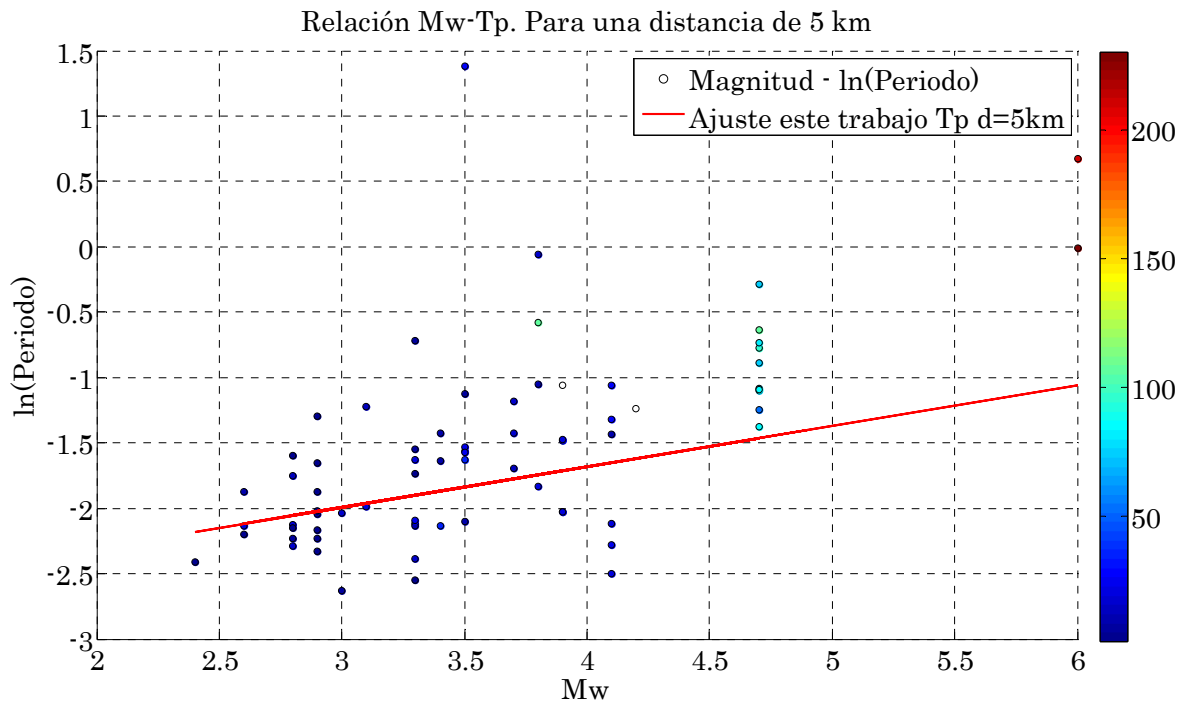


Figura 20. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D

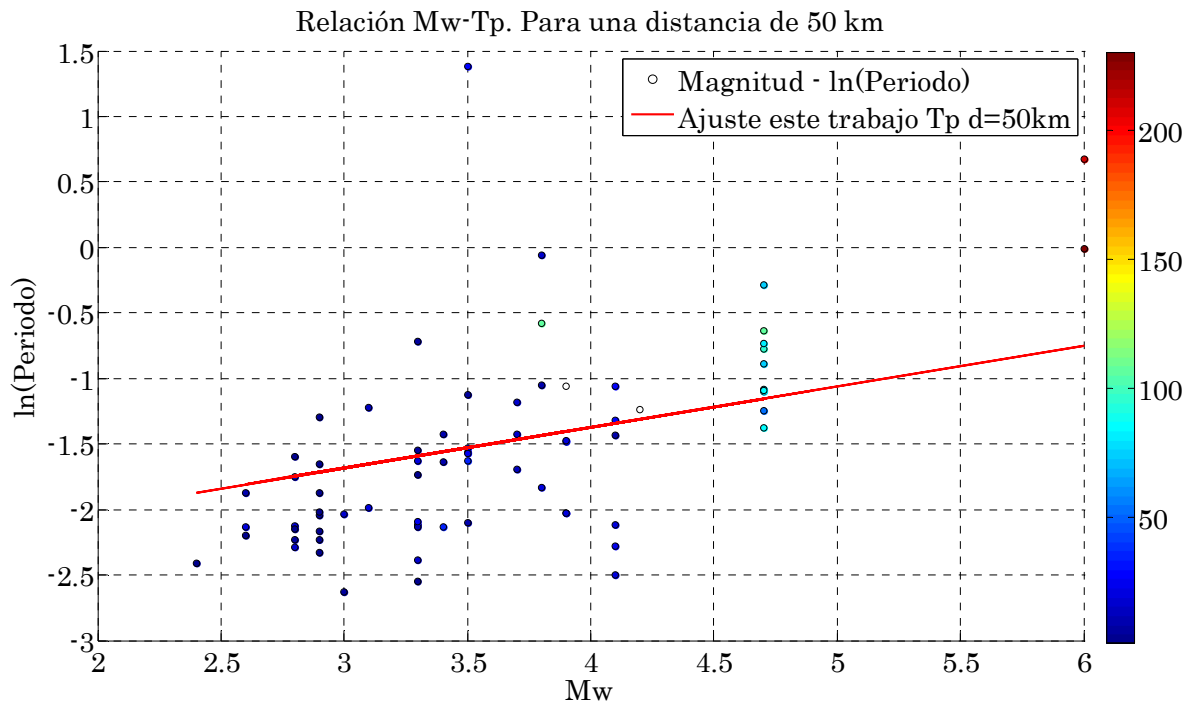


Figura 21. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D

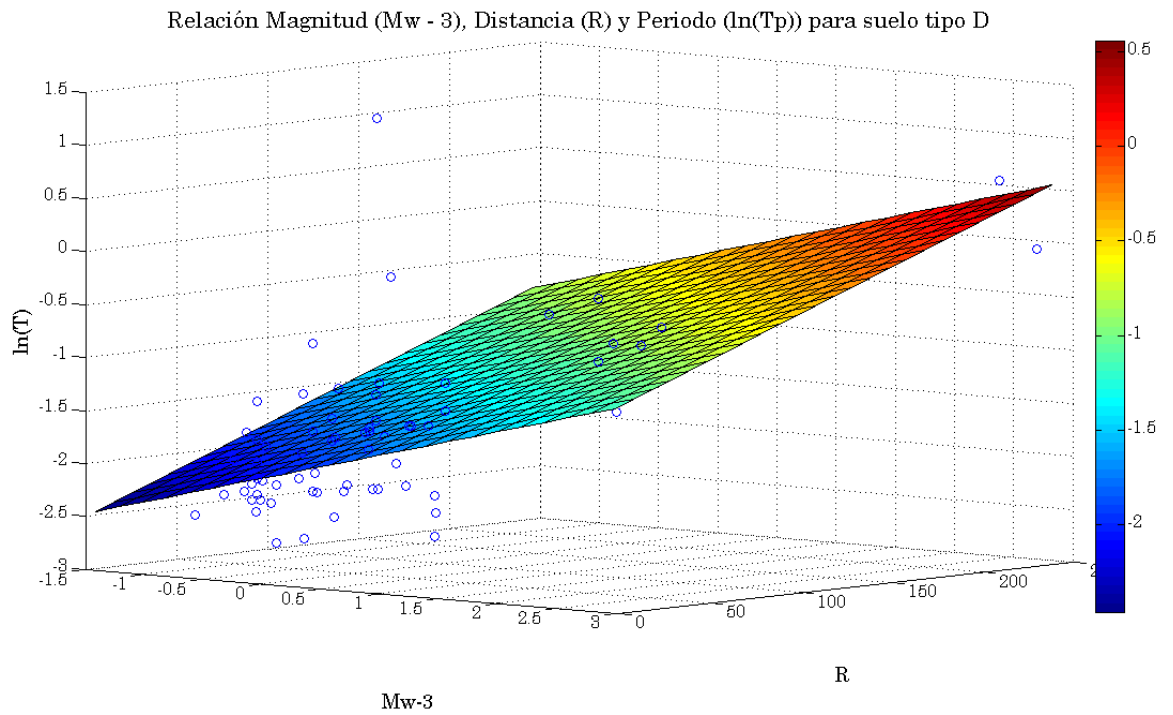


Figura R. Ajuste 3D del Periodo T_p en función de la Distancia R , Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo D

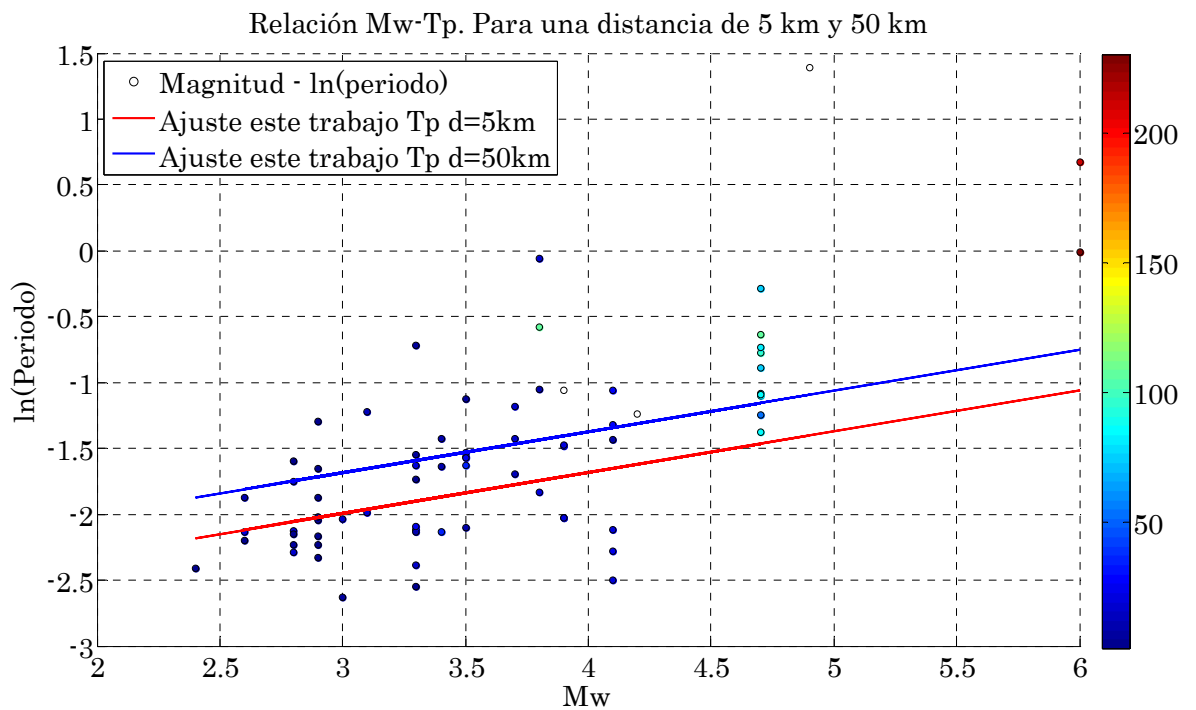


Figura Q. Ajuste del Periodo T_p en función de la Distancia R , y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D

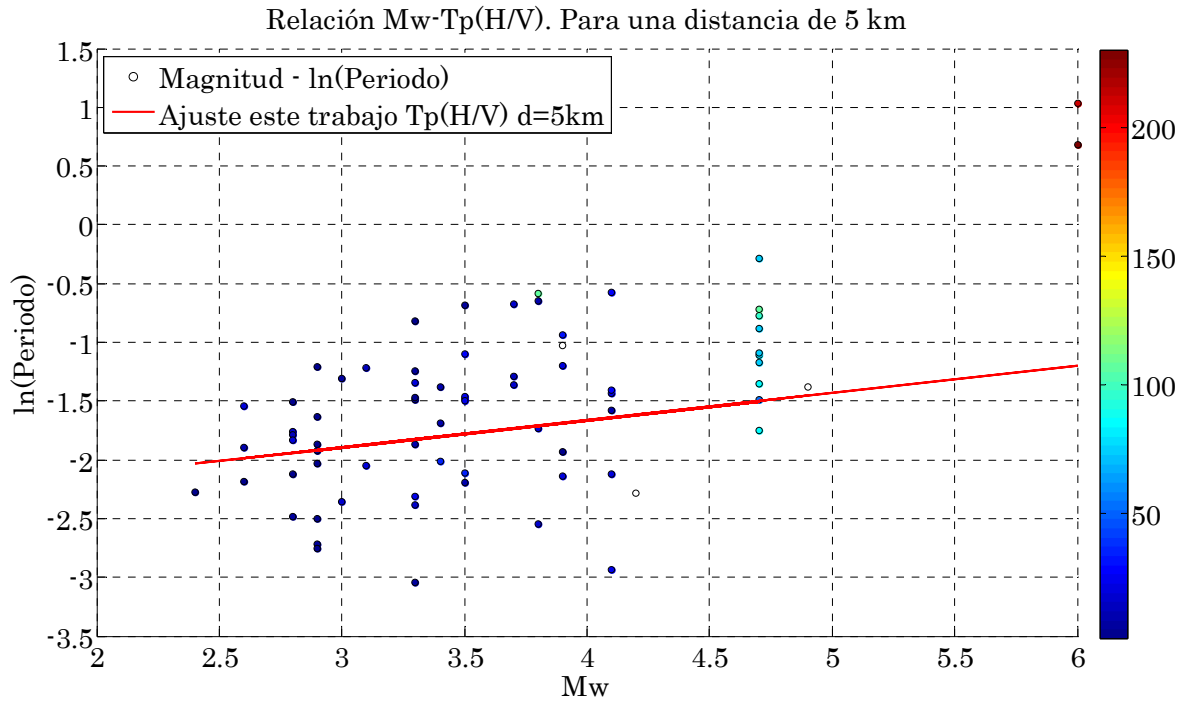


Figura 22. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km en suelo Tipo D

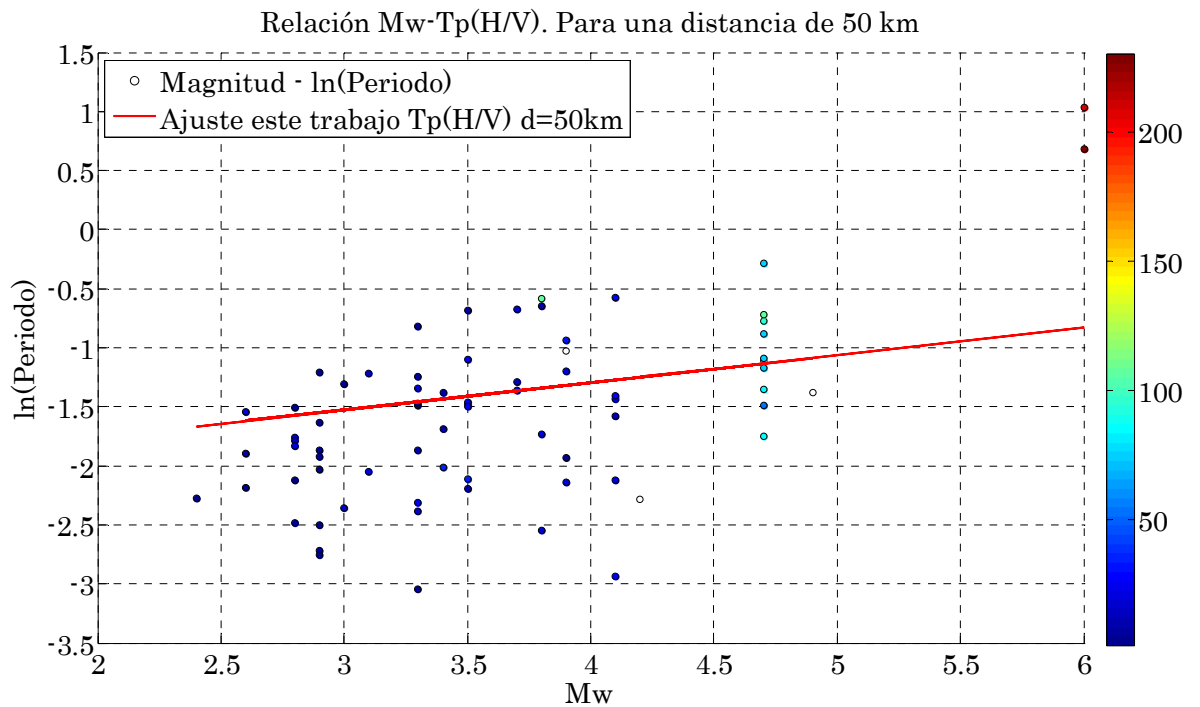


Figura 23. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 50 Km en suelo Tipo D

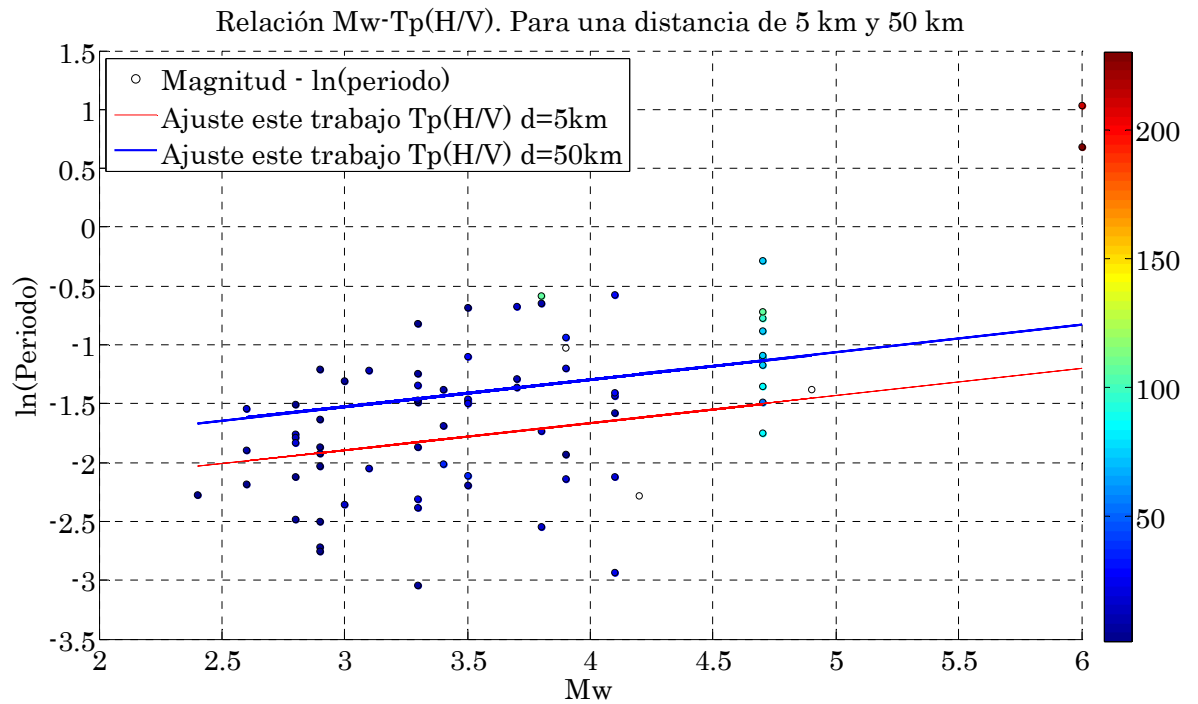


Figura S. Ajuste del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, y Magnitud M_w y curva resultante para una distancia de 5 Km y 50 Km en suelo Tipo D

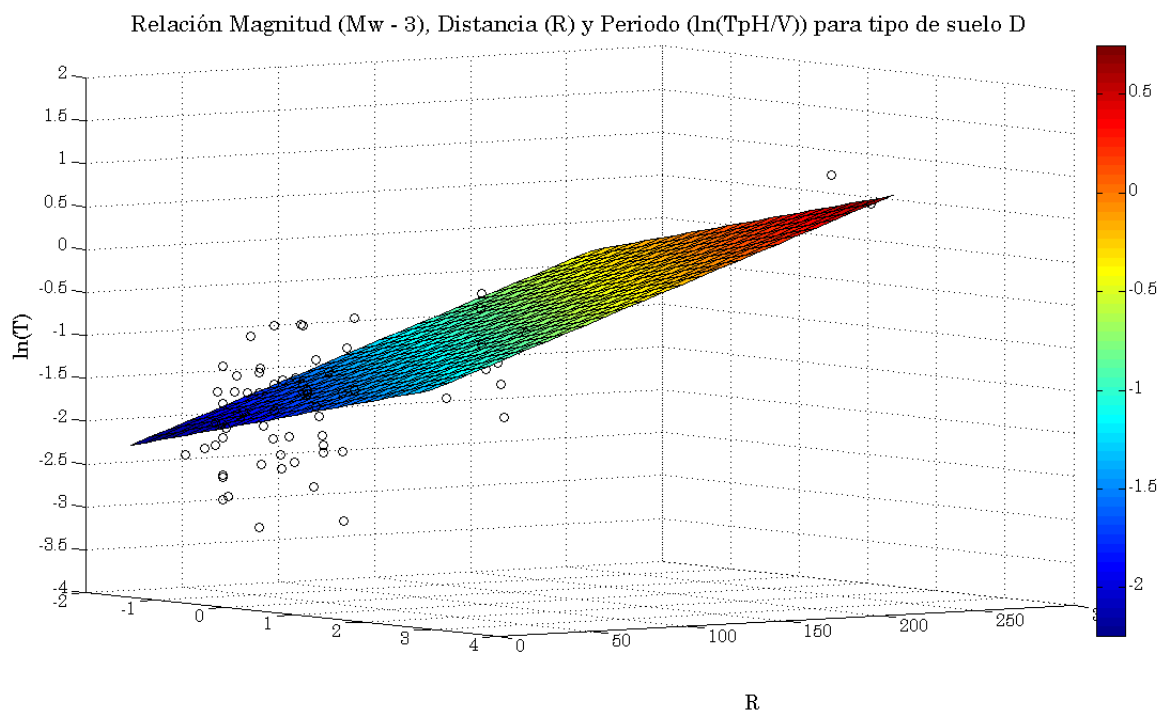


Figura T. Figura P. Ajuste 3D del Periodo $T_{p(H/V)}$ en función de la Distancia R, Magnitud $M_w - 3$ para suelo Tipo D

Ajustes de los distintos periodos en función de la distancia R, y la Magnitud Mw y curva resultante para distancias de 5 Km y 50 Km vs. relaciones de Rathje et al.

Suelo tipo C y D

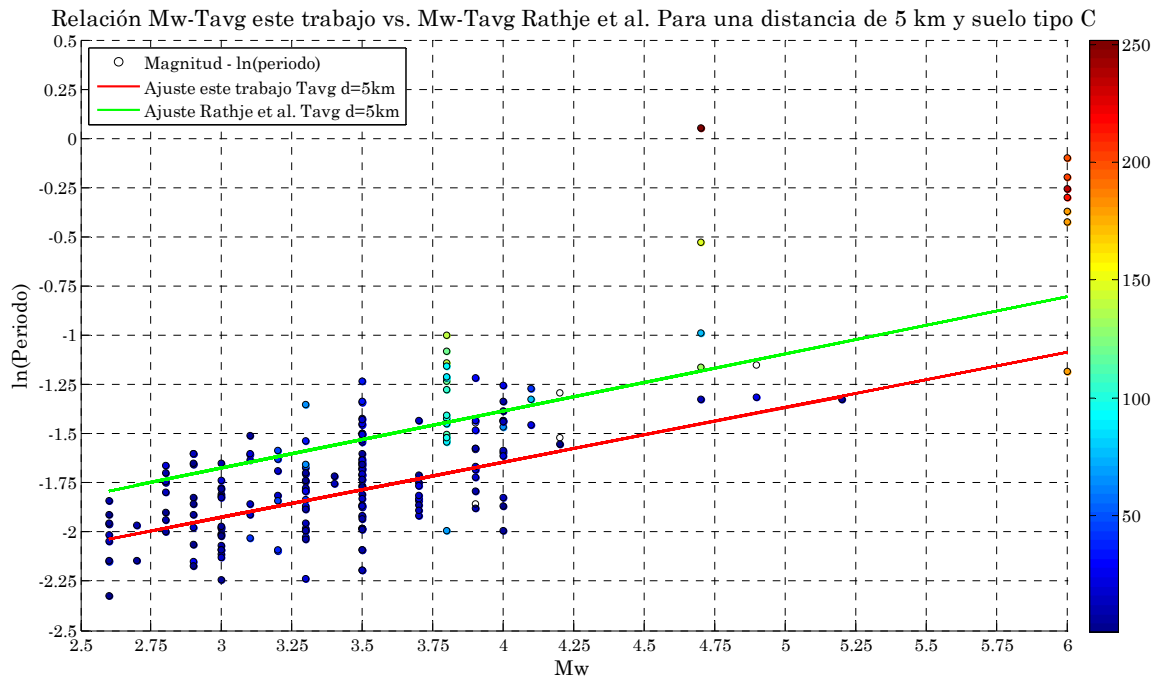


Figura 24. Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase C

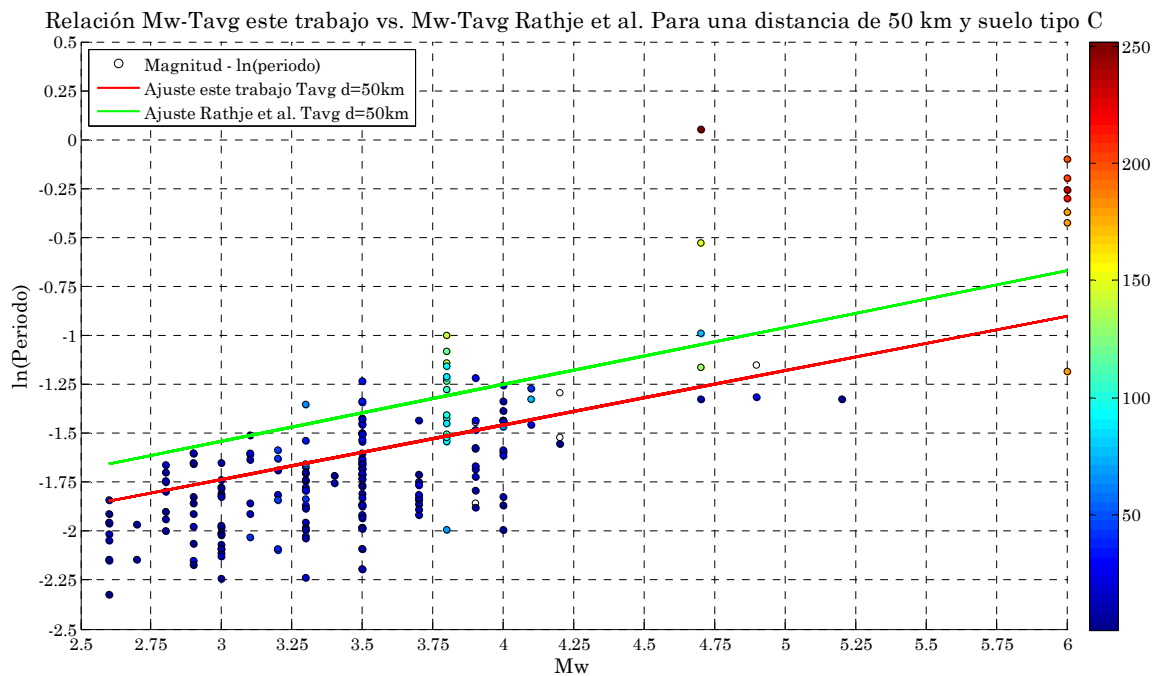


Figura 25. Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase C

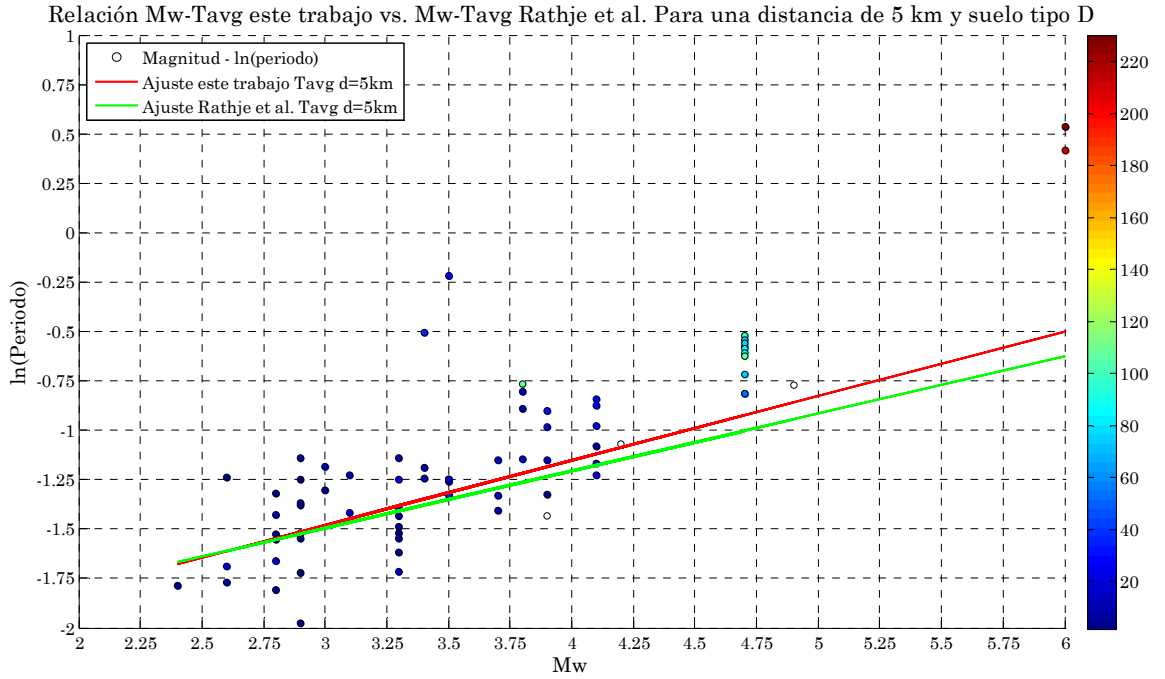


Figura 26. Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase D

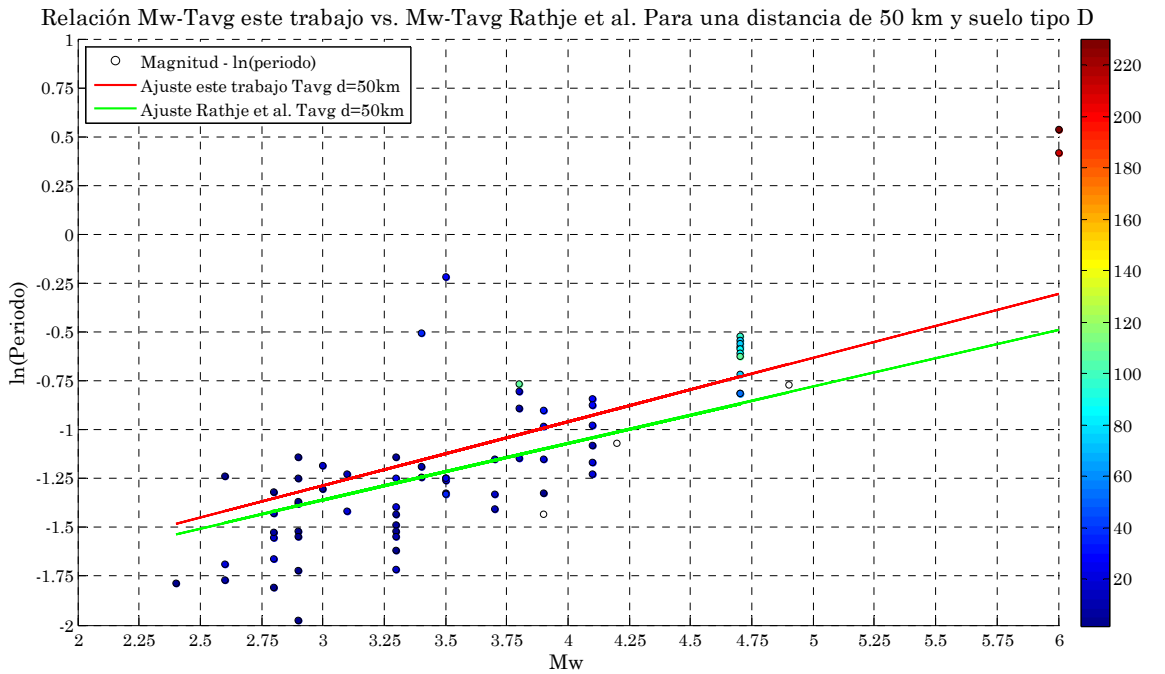


Figura 27. Relación M_w - T_{avg} este trabajo vs. M_w - T_{avg} Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase D

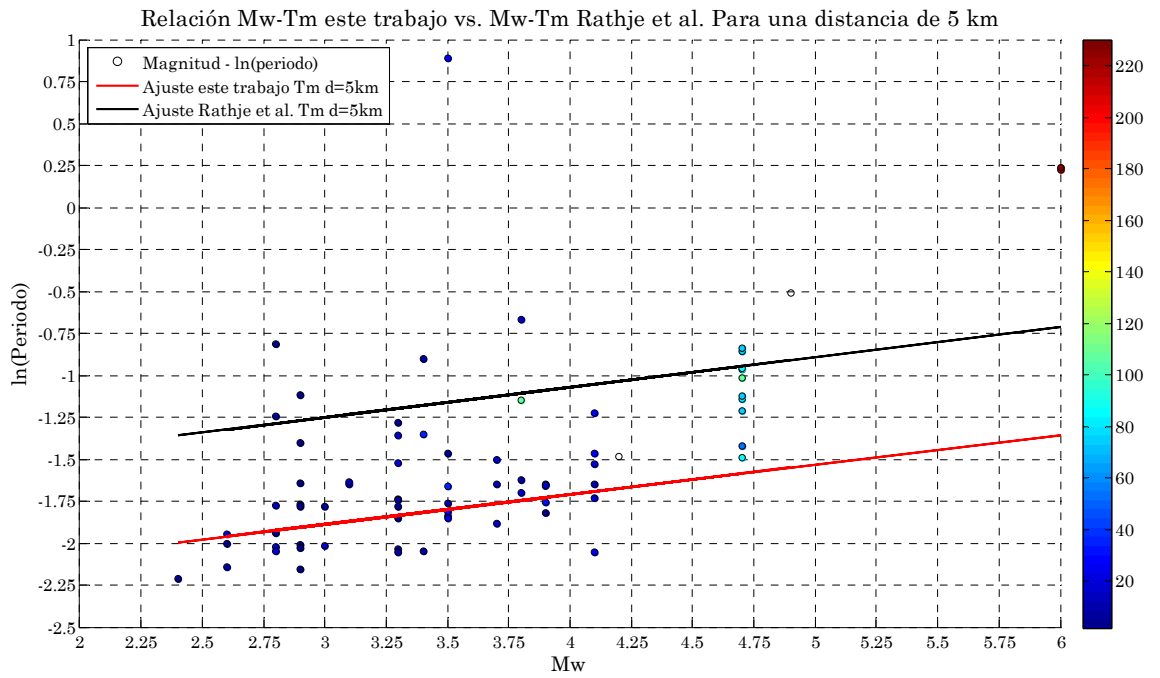


Figura 28. Relación M_w-T_m este trabajo vs. M_w-T_m Rathje et al. Para una distancia de 5 km y suelo clase D

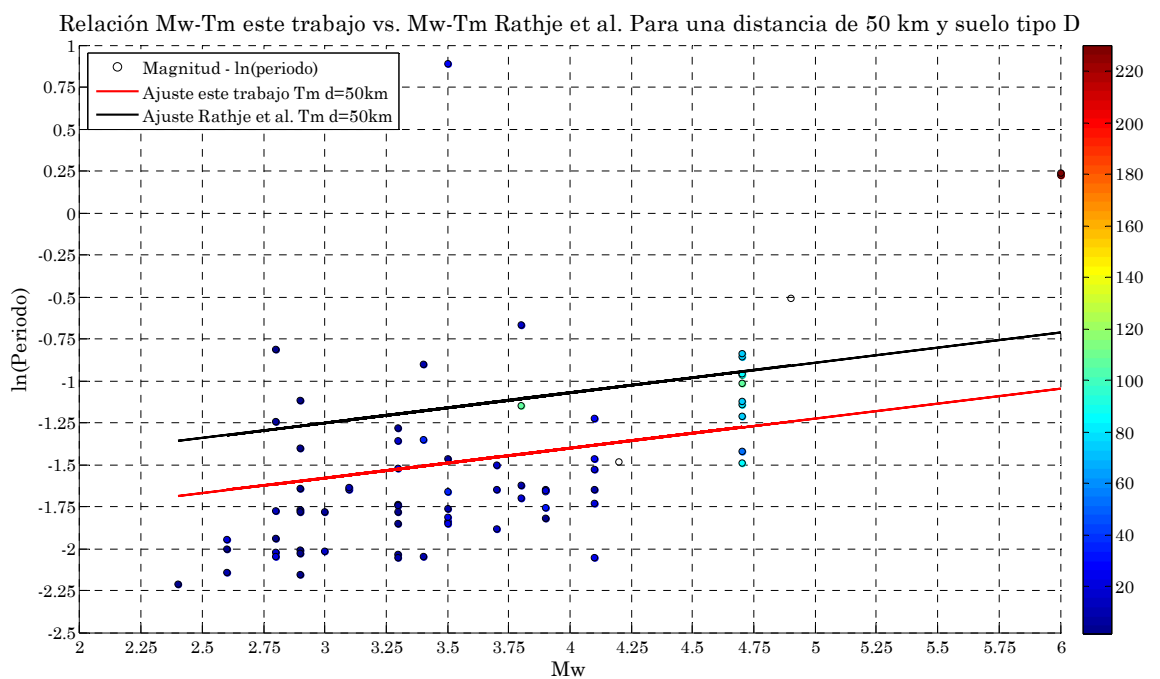


Figura 29. Relación M_w-T_m este trabajo vs. M_w-T_m Rathje et al. Para una distancia de 50 km y suelo clase D

Tabla con los resultados medios de los parámetros característicos que definen el contenido en frecuencia de cada una de las estaciones para suelos tipo C y D

Tabla 13. Tabla con los resultados de los valores medios de los parámetros que definen el contenido en frecuencia. Terremotos de la base de datos de este trabajo clasificados por estaciones.

Estación	N° Registros	Tipo de Suelo	PGA	PGV	PGD	PGA/PGV	Tp	To	Tavg	Tm	Tp (H/V)	To,C	To,D	Tavg,C	Tavg,D	Tm,C	Tm,D	dC	dD
			(cm/s ²)	(cm/s)	(cm)	-	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)	(s)		
Adra	6	-	5,69	0,28	0,60	19,79	0,17	0,59	0,36	0,19	0,14	0,20	0,24	0,39	0,47	0,42	0,51	0,483	0,523
Agrón	20		7,48	0,22	1,04	34,33	0,09	0,54	0,16	0,11	0,11	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,32	0,479	0,492
Albolote	8		2,34	0,08	0,45	30,58	0,12	0,59	0,27	0,15	0,15	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,516	0,514
Algodonales	1	-	2,46	0,19	0,21	13,14	0,56	0,65	0,47	0,32	0,56	0,16	0,19	0,32	0,38	0,40	0,48	0,517	0,493
Alhama de Granada	9		1,57	0,09	0,67	18,69	0,22	0,56	0,30	0,20	0,21	0,12	0,14	0,25	0,30	0,30	0,36	0,472	0,466
Almería	1	-	1,94	1,40	23,80	1,39	0,14	0,71	0,77	0,32	0,13	0,57	0,68	0,89	1,07	0,97	1,18	0,684	0,914
Arenas del Rey	11		4,47	0,81	6,47	15,90	0,14	0,50	0,22	0,13	0,13	0,11	0,13	0,23	0,28	0,28	0,35	0,432	0,445
Beznar	1		0,18	0,17	0,74	1,06	4,02	0,55	0,46	0,60	0,25	0,16	0,19	0,34	0,41	0,36	0,43	0,477	0,403
Cacín	28		5,62	0,37	1,98	22,96	0,12	0,51	0,22	0,14	0,16	0,11	0,13	0,24	0,28	0,29	0,35	0,439	0,454
Canales	1		29,41	32,14	40,64	0,92	0,94	0,65	0,45	0,51	0,08	0,11	0,13	0,25	0,29	0,29	0,35	0,616	0,562
Carmona	2	-	7,51	0,41	0,65	13,65	0,50	0,72	0,63	0,28	0,14	0,28	0,34	0,47	0,57	0,60	0,72	0,618	0,639
Chimeneas	13		11,07	0,40	1,73	25,59	0,16	0,53	0,23	0,15	0,18	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,443	0,447
Churriana	19		10,42	0,29	1,68	37,60	0,08	0,56	0,17	0,11	0,08	0,10	0,12	0,22	0,27	0,27	0,33	0,493	0,505
Dilar	19		4,20	0,15	0,63	30,02	0,10	0,53	0,19	0,12	0,12	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,33	0,456	0,466
Durcal	24		3,07	0,12	0,85	25,30	0,17	0,52	0,24	0,16	0,24	0,12	0,14	0,25	0,30	0,30	0,36	0,451	0,454
Estepona	1	-	0,48	0,04	0,19	11,89	0,18	0,62	0,37	0,19	0,07	0,19	0,23	0,35	0,42	0,45	0,55	0,511	0,542
Granada (Facultad de Ciencias)	8		1,19	0,09	0,63	23,88	0,25	0,64	0,43	0,32	0,42	0,16	0,19	0,30	0,36	0,35	0,43	0,562	0,523
Granada (Caballerizas Alhambra)	15		5,04	1,40	9,99	9,20	0,18	0,47	0,26	0,20	0,26	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,400	0,394
Granada (Paseo de Ronda Alhambra)	8		5,17	1,45	10,89	10,96	0,24	0,50	0,30	0,22	0,29	0,11	0,13	0,24	0,29	0,29	0,35	0,417	0,405

Granada (Torre de Comares Alhambra)	12		11,96	2,47	24,94	14,70	0,49	0,51	0,33	0,36	0,25	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,33	0,594	0,583
Guadix	2		1,04	0,05	0,38	18,86	0,20	0,61	0,29	0,18	0,37	0,15	0,18	0,30	0,36	0,39	0,47	0,502	0,521
Jayena	13		3,25	0,17	1,16	29,93	0,15	0,54	0,24	0,15	0,35	0,13	0,16	0,27	0,32	0,32	0,39	0,448	0,467
Loja	4		1,91	0,06	0,27	32,01	0,07	0,57	0,12	0,08	0,08	0,10	0,13	0,23	0,27	0,29	0,35	0,520	0,542
Lorca	1		0,84	0,22	3,50	3,82	0,15	0,74	0,59	0,28	0,16	0,26	0,31	0,47	0,56	0,55	0,67	0,570	0,586
Málaga	3	-	2,02	0,11	1,02	18,20	0,14	0,58	0,29	0,16	0,21	0,28	0,34	0,51	0,61	0,57	0,69	0,589	0,698
Málaga (Martín Carpena)	2	-	3,65	1,53	16,44	3,87	0,20	0,75	0,67	0,34	4,55	0,44	0,52	0,75	0,90	0,78	0,95	0,548	0,688
Montilla	1	-	13,56	0,74	2,27	18,20	0,35	0,69	0,41	0,20	0,52	0,11	0,13	0,24	0,29	0,28	0,34	0,616	0,595
Motril	3		13,71	0,97	14,66	18,92	0,21	0,61	0,32	0,19	0,23	0,14	0,17	0,30	0,36	0,34	0,41	0,498	0,502
Santa Fe	23		10,59	0,69	4,77	23,59	0,13	0,52	0,22	0,15	0,15	0,11	0,13	0,24	0,28	0,28	0,34	0,448	0,456
Sevilla	1	-	3,23	0,17	0,16	18,90	0,22	0,62	0,29	0,18	0,13	0,17	0,21	0,33	0,40	0,42	0,51	0,510	0,540
Ugijar	1		1,08	0,07	0,80	15,29	0,13	0,55	0,23	0,13	0,14	0,14	0,17	0,30	0,36	0,35	0,43	0,465	0,494
Ventas de Huelma	20		8,52	0,33	1,38	28,52	0,12	0,55	0,20	0,13	0,15	0,11	0,13	0,23	0,28	0,28	0,34	0,479	0,488
Vera	1	-	1,78	0,17	1,63	10,19	0,53	0,64	0,54	0,36	0,49	0,22	0,26	0,42	0,50	0,48	0,58	0,452	0,436

5.3. Coeficientes y ajustes obtenidos de los parámetros de nuestro trabajo

En el proceso de cálculo hemos obtenido los coeficientes relativos a los parámetros que definen el contenido en frecuencia junto con los errores estándar de cada uno de ellos (**Tabla 13**), para cada tipo de suelo, C y D.

Tabla 14. Valores de coeficientes y errores estándar. Tipo de suelo C y D obtenidos mediante un ajuste robusto utilizando la matriz de covarianza

Tipo	C(1)	$\sigma C(1)$	C(2)	$\sigma C(2)$	C(3)	$\sigma C(3)$
Toc	-0,690	0,010	0,070	0,017	0,00075	0,00025
Tavgc	-1,946	0,018	0,28	0,03	0,00419	0,00044
Tmc	-2,342	0,018	0,230	0,031	0,00310	0,00044
Tod	-0,681	0,027	0,090	0,050	0,0018	0,0009
Tavgd	-1,501	0,029	0,327	0,053	0,0043	0,0009
Tmd	-1,922	0,041	0,177	0,076	0,0069	0,0014

El error estándar de cada coeficiente es estimado en el ajuste realizado. Ha sido calculado mediante un ajuste robusto utilizando la matriz de covarianza mediante la función de Matlab (2007) *robustfit*, de una forma robusta pesando menos los puntos que se desvían más del ajuste y dándole más peso al resto. Se trata de un ajuste de mínimos cuadrados pesado. Con esto estamos admitiendo que esos coeficientes calculados tienen una distribución gaussiana, y la probabilidad de que estén dentro de ese margen de +/- un error estándar es del 64%. Hipótesis muy aceptable.

De este modo, y de acuerdo a los valores de los coeficientes obtenidos, el ajuste de las funciones quedaría de la siguiente forma:

$$\ln(T_m) = C(1) + C(2) \cdot (M_w - 3) + C(3) \cdot R$$

$$\ln(T_{avg}) = C(1) + C(2) \cdot (M_w - 3) + C(3) \cdot R$$

$$\ln(T_o) = C(1) + C(2) \cdot (M_w - 3) + C(3) \cdot R$$

Si analizamos los valores de los coeficientes con los errores relativos podemos realizar la siguiente observación. Por una lado tenemos el coeficiente

independiente C(1), seguidamente los dependientes de la magnitud C(2), y por último los coeficientes dependientes de la distancia C(3).

Para suelos tipo C, las relaciones tendrán esta forma:

$$\begin{aligned} \ln(T_m) &= -2,342 + 0,230 \cdot (M_w - 3) + 0,00310 \cdot R \\ \ln(T_{avg}) &= -1,946 + 0,280 \cdot (M_w - 3) + 0,00419 \cdot R \\ \ln(T_o) &= -0,690 + 0,070 \cdot (M_w - 3) + 0,00075 \cdot R \end{aligned}$$

Para suelos tipo D, las relaciones tendrán esta forma:

$$\begin{aligned} \ln(T_m) &= -1,922 + 0,177 \cdot (M_w - 3) + 0,0069 \cdot R \\ \ln(T_{avg}) &= -1,501 + 0,327 \cdot (M_w - 3) + 0,0043 \cdot R \\ \ln(T_o) &= -0,681 + 0,090 \cdot (M_w - 3) + 0,0018 \cdot R \end{aligned}$$

Estadísticamente si comparamos los valores de nuestros coeficientes ajustados con los coeficientes propuestos por Rathje et al. (CRt de la tabla siguiente) tenemos que:

Tabla 15. Valores de los coeficientes para tipo de suelo C y D de nuestro ajuste y los valores de los coeficientes de las propuestas por Rathje et al.

Tipo	C(1)	CRt(1)	% Dif.	C(2)	CRt(2)	% Dif.	C(3)	CRt(3)	% Dif.
Toc	-0,690	-1,780	61,23%	0,070	0,0045	1445,15%	0,00075	0,150	20008,04%
Tavgc	-1,946	-0,890	118,63%	0,28	0,0030	9182,41%	0,00419	0,070	15,715
Tmc	-2,342	-1,000	134,20%	0,230	0,0038	5956,19%	0,00310	0,078	24,190
Tod	-0,681	-1,780	61,72%	0,090	0,0045	1902,71%	0,0018	0,330	182,708
Tavgd	-1,501	-0,890	68,64%	0,327	0,0030	10795,69%	0,0043	0,250	57,064
Tmd	-1,922	-1,000	92,21%	0,177	0,0038	4570,82%	0,0069	0,270	38,319

De forma global podemos decir que unos coeficientes poseen unos márgenes de error relativamente altos y otros se encuentran bien ajustados. Debemos hacer una observación más exhaustiva y ver el error relativo y en que coeficiente se encuentra. Para el tipo de suelo C, por ejemplo T_o posee un coeficiente C(2) dependiente de la magnitud, con un error estándar de 0,017 frente al valor 0,070, indicando que está relativamente bien determinado. Quiere decir que para un valor

de “70”, posee un error de “17”. Mientras que el coeficiente $C(3)$ dependiente de la distancia, con valor 0,00075, posee un margen de error grande de 0,00025; lo que quiere decir que está poco determinado e influyendo poco debido a su bajo valor (aunque las distancias sean valores grandes). En el suelo tipo D sin embargo T_0 se encuentra bien ajustado en sus dos coeficientes dependientes. Con el coeficiente $C(1)$ no tenemos esas variaciones de error y se encuentra bien determinado tanto en suelo tipo C como en suelo tipo D para los distintos periodos (T_0 , T_{avg} , T_m). T_{avg} en suelos tipo C y en suelos tipo D, tanto para el coeficiente dependiente de la distancia $C(3)$ como en el que depende de la magnitud $C(2)$, se encuentra bien determinado con errores pequeños. Los errores del periodo T_m en sus coeficientes dependiente son muy bajos estando bien ajustado

Como resumen final podemos concluir que T_0 está poco afinado ya que el error relativo es grande. Parece que el T_0 puede ser menos dependiente de la distancia que los otros periodos y además está peor determinado tanto en suelo duro como blando. En suelos tipo D la dependencia para T_{avg} es menor mientras que en suelos duros es mayor. Ocurre lo mismo para el periodo T_m siendo su dependencia para suelos duros mayor que para suelos blandos.

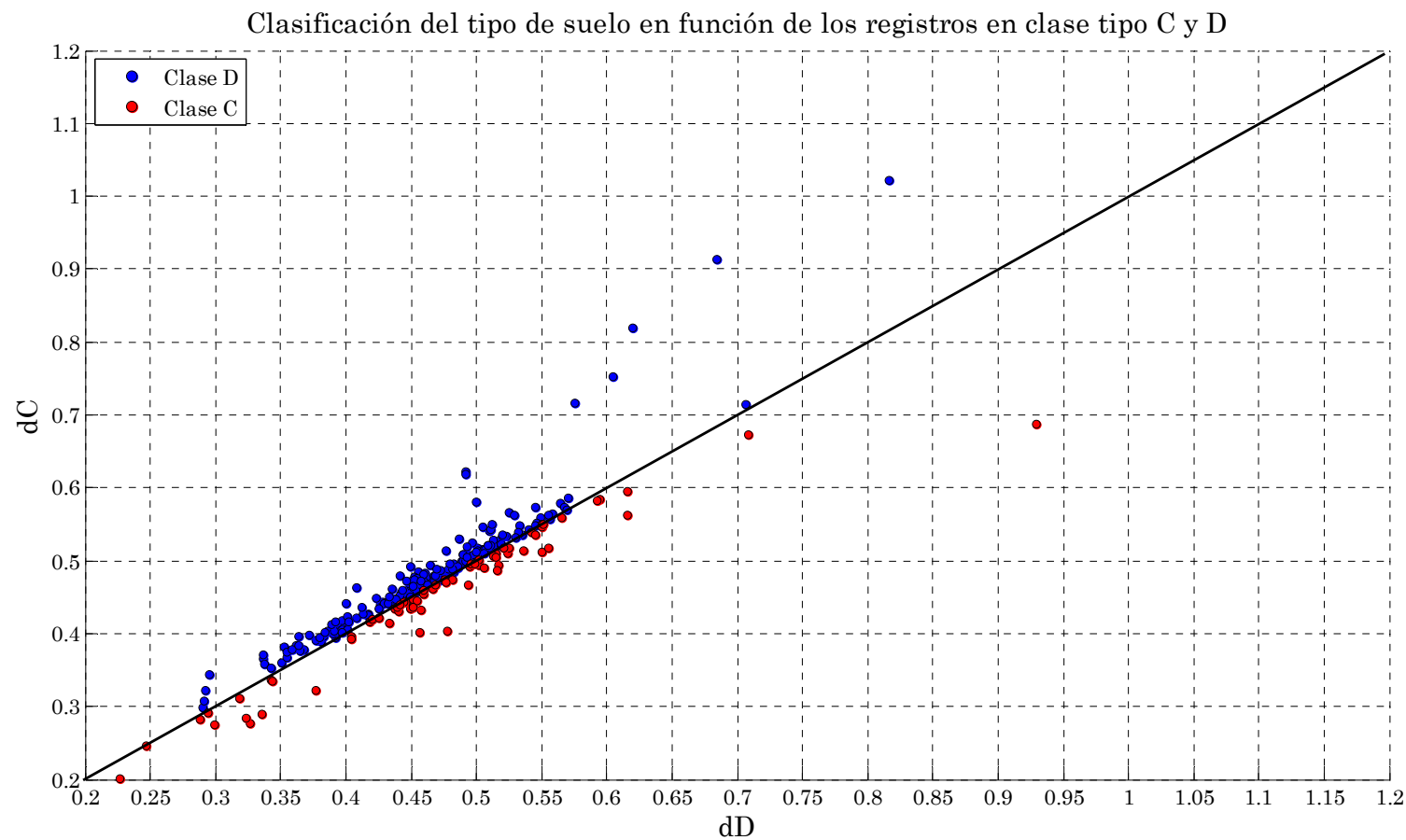


Figura 30. Clasificación del tipo de suelo en tipo C y D de acuerdo con la segunda aproximación. Ajustando los terremotos en función de la magnitud y distancia con los parámetros que definen el tipo de suelo d_C vs d_D . En el triángulo superior se pueden observar los suelos clase C y en el triángulo inferior, los suelos clase D.

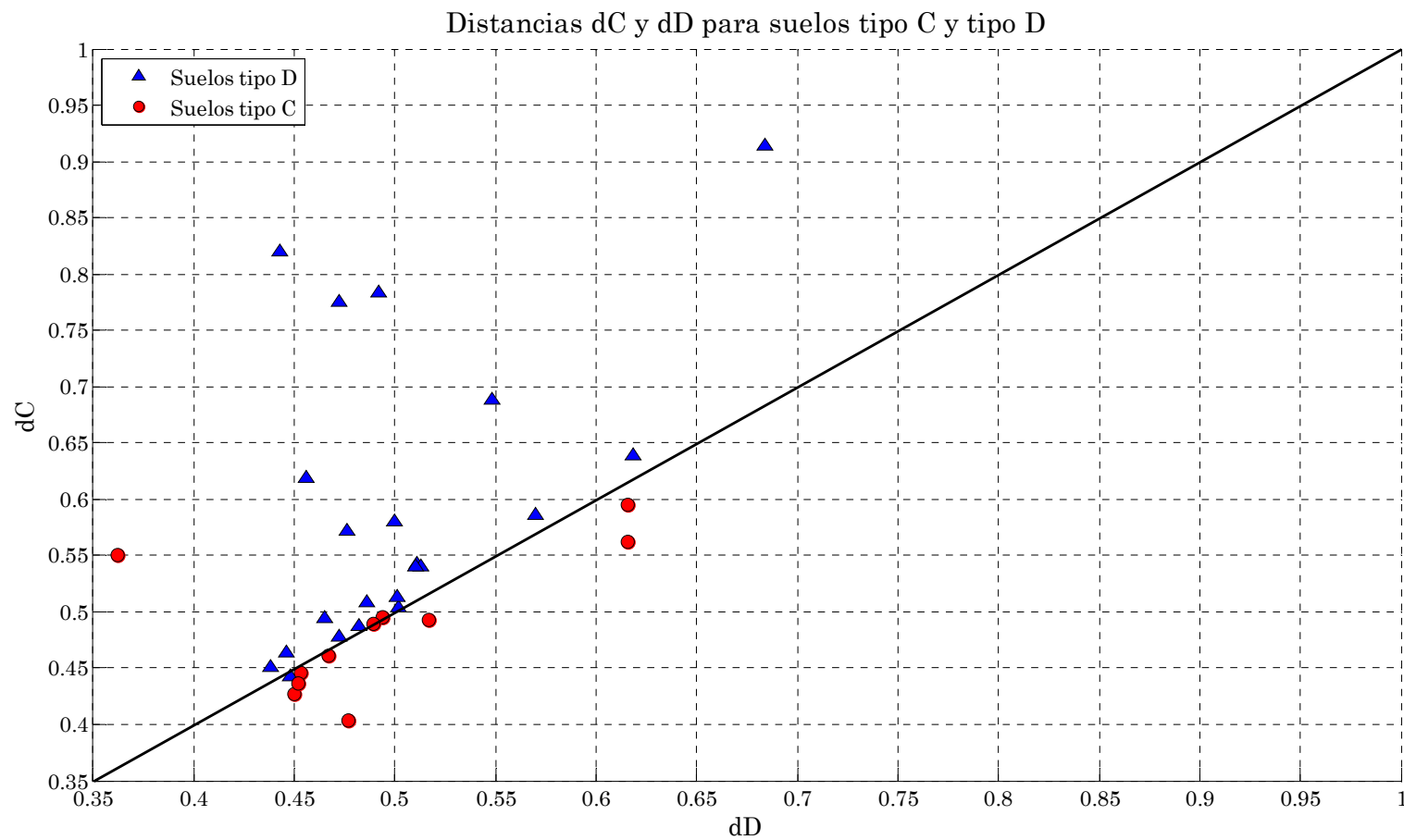


Figura 31. Clasificación del tipo de suelo en tipo C y D de acuerdo con la segunda aproximación. Ajustando las estaciones en función de la clasificación previa y de las distancias medias d_C y d_D . En el triángulo superior se pueden observar los suelos clase D y en el triángulo inferior, los suelos clase C.

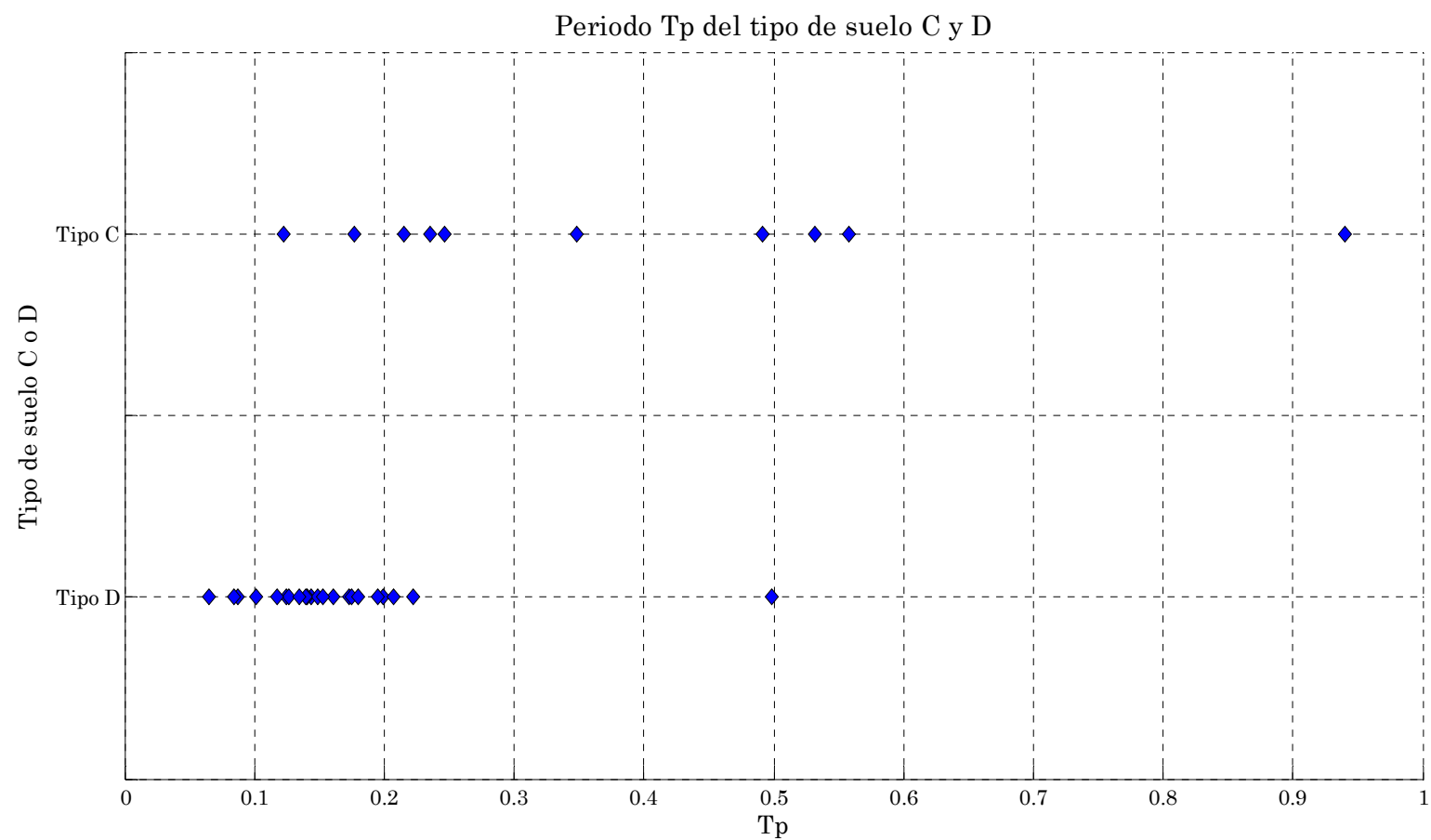


Figura 32. Clasificación de los T_p de las estaciones de registro en función de la clasificación previa del tipo de suelo en C y D. En el eje de abscisas se representan los dos tipos de suelo C y D y en el eje de ordenadas, se representa el valor del periodo T_p .

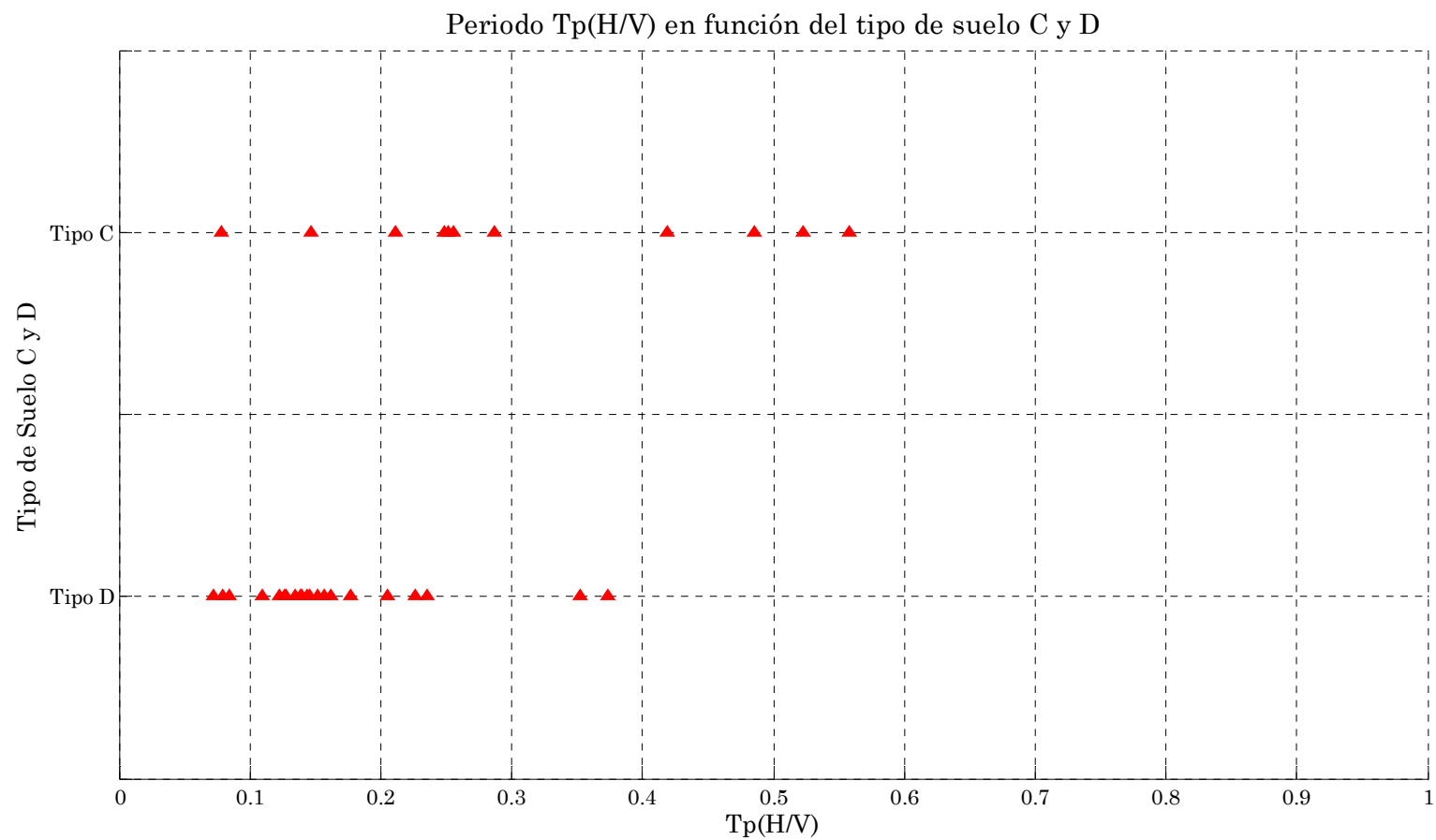


Figura 33. Clasificación de los $T_{p(H/V)}$ de las estaciones de registro en función de la clasificación previa del tipo de suelo en C y D. En el eje de abcisas se representan los dos tipos de suelo C y D y en el eje de ordenadas, se representa el valor del periodo $T_{p(H/V)}$

6

Discusión, conclusiones

En las estaciones de registro de aceleración no siempre son suficientemente conocidas las condiciones geológicas del sitio, un factor importante para valorar los registros obtenidos. Esto es así en buena parte porque este tipo de estaciones se instalan preferentemente en zonas urbanas y se carece en muchos casos de información geotécnica puntual. Aunque se sepa de una forma aproximada cual es el afloramiento geológico y las características de los perfiles existentes, en muchos casos no se dispone de otro tipo de información, por ejemplo procedente de sondeos o de medidas de ruido ambiental. Generalmente se dispone de este tipo de medidas en estaciones sísmicas de banda ancha situadas fuera de los núcleos urbanos, ya que las estaciones de las zonas pobladas son difíciles de aislar de ruidos externos (para una correcta toma de datos). Debido a esta circunstancia no se suelen hacer este tipo de mediciones, limitando el conocimiento de la clase de suelo sobre la que se encuentra la estación de registro. Los métodos generalizados existentes son básicamente: extracción de perfiles, métodos de microtremor o utilización de registros de terremotos (de gran magnitud, media o pequeña).

Será muy importante conocer el tipo de suelo que hay en las estaciones. Por estos motivos será necesario realizar estudios en esta dirección. En nuestro trabajo, definimos unos periodos predominantes a través del método de análisis de registros de pequeña magnitud. Hemos calculado los periodos medios que se esperan en cada caso para suelos tipo C y D, que podrán ser chequeados de forma instrumental utilizando los registros de los terremotos. El objetivo de este trabajo ha sido por una parte obtener relaciones predictivas empíricas sobre los periodos dominantes en función de la magnitud, distancia y tipo de suelo y por otro, el ajuste de un método de clasificación de suelos mediante los acelerogramas registrados sobre ellos. Como ya hemos dicho antes, el objetivo de este trabajo es calcular los periodos predominantes del suelo (T_o , T_{avg} , T_m , T_p , $T_{p(H/V)}$) y relacionarlos con los tipos de suelo. Las relaciones se han calculado de la siguiente forma:

- I. Se han utilizado un total de 283 registros de acelerogramas procedentes de las bases de datos del IAG, IGN, ISESD (*Instituto Andaluz de Geofísica, Instituto Geográfico Nacional, European Strong Motion Database*) en el desarrollo del trabajo, con unas magnitudes comprendidas entre $M_w=6$, terremoto del 24 de febrero de 2004 en Alhucemas y $M_w=2,4$. Los terremotos han sido elegidos según el siguiente criterio: magnitudes superiores a $M_w=2,4$; epicentro en la provincia de Granada; que se encuentre registrado en el mayor número de estaciones posible; en el caso de no haber suficientes registros de magnitudes alrededor de $M_w=6$, se utilizaran terremotos con epicentros fuera de la provincia de Granada con las magnitudes más altas posibles (p.e., terremoto de Montilla, Córdoba del 16 de abril de 1996, $M_w=4,3$ o Alhucemas, $M_w=6,0$).
- II. Mediante la relaciones que definen el tipo de suelos según Rodríguez-Marek (1997) y Rodríguez-Marek et al (2001), donde distingue entre suelos tipo C y tipo D (suelo duro / suelo blando), se ha realizado un clasificación previa del tipo de suelo en las estaciones de registro, adaptándolas a la normativa española NCSE-02 y al Eurocódigo-8. Esta clasificación previa corresponde a la primera aproximación de nuestro trabajo.
- III. Utilizando las relaciones de Rathje et al. (1998, 2004), Nakamura (1989), Tso et al (1992), y analizando los 283 registros seleccionados previamente, se han calculado los parámetros que definen el contenido en frecuencia T_o , T_m y T_{avg} (según Rathje et al., 1998, 2004), $T_{p(H/V)}$ de la razón espectral (Lermo y Cháves, 1993, Nakamura, 1989) y el T_p del espectro de Fourier. En total, cinco tipos de periodos dominantes del suelo para dos tipos de suelos (tipo C y D), previamente identificados. Estos periodos corresponden a la segunda aproximación.

De los resultados obtenidos podemos extraer varias conclusiones:

- 1- La dependencia de todos los tipos de periodo dominante con la magnitud y la distancia son claras, aunque no muy fuertes, para el rango de magnitudes estudiado.
- 2- Estas relaciones son similares a las propuestas por Rathje et al. (1998, 2004), utilizando datos correspondientes a magnitudes más altas.

- 3- Los periodos dominantes calculados como los correspondientes al pico espectral dominante y al valor máximo de la razón H/V no revelan diferencias significativas con el tipo de suelo, al menos para el rango de datos de este estudio (**Figura 32 y 33**).
- 4- Las distancias definidas en función de tres tipos de periodo dominante, según el método de Rathje permiten una clasificación en suelos C o D que resulta clara para la mayoría de las estaciones utilizadas. En algunos casos la clasificación no se resuelve y en unos pocos es claramente errónea. Esto último puede deberse a información equivocada del tipo de suelo de la estación o a acelerogramas defectuosos por mal funcionamiento instrumental (**Figura 31**)

La magnitud de los terremotos seleccionados es pequeña y eso supone un insuficiente contenido espectral de los acelerogramas en baja frecuencia para excitar el suelo en esa banda. Esto dificulta la distinción entre periodos dominantes, cuando éstos deberían ser algo más altos.

Sería interesante, por tanto, ampliar el análisis con registros de terremotos con magnitud no inferior a $M_w=4 - 5$, cuando exista un número suficiente de registros

Se ha detectado un mal funcionamiento de algunas estaciones de registro mediante el análisis de los periodos T_p y $T_{p(H/V)}$ resultantes. Una vez analizados los datos, se ha comprobado que estos periodos discrepantes coinciden con estaciones que no han funcionado correctamente, dando como resultado valores dispares en los periodos. Esto ha sucedido por ejemplo, en las estaciones situadas en las Caballerizas de la Alhambra, la situada en la presa de Canales, y la de Béznar. No ha habido una preselección de los acelerogramas en función de la calidad del registro obtenido (examinar si están incompletos, tienen mucho ruido, mal instalados, etc.).

Tabla 16. Ejemplo de periodos discrepantes en el análisis de los valores obtenidos del T_p y del $T_{p(H/V)}$.

	T_p	Suelo	$T_{p(H/V)}$	Suelo
Béznar	4,02	-	0,25	C1
Canales	0,94	D1	0,08	A
Caballerizas de la Alhambra	0,18	B	0,26	C1

Otro de los motivos por el cual existen estos periodos discrepantes es el de la magnitud de los terremotos utilizados, como ya hemos comentado anteriormente. Pero se ha podido comprobar que el método tiene sensibilidad para detectar el tipo de suelo.

Otra circunstancia que posiblemente condiciona los resultados de los análisis es la situación del acelerógrafo en la estación de registro. Si está instalado dentro del edificio sobre un elemento rígido (por ejemplo una losa de hormigón), o si está sobre un suelo aislado del edificio (aunque esté sobre un basal). Por ejemplo, si ubicamos un acelerógrafo dentro de un edificio, aunque sea en el sótano, es probable que los registros obtenidos sufran alguna contaminación con las vibraciones propias del mismo.

Por lo tanto, una de las precauciones a la hora de clasificar los suelos a través de este método sería la de tener acelerógrafos situados a cierta distancia del edificio o como mínimo aislados del edificio. Que no exista continuidad estructural del edificio con la ubicación de la estación, para que no tenga mezcla de señales y no se vea afectada por la estructura. Por ejemplo, muchas estaciones de la Red Nacional de Acelerógrafos (IGN) se encuentran colocadas en los ayuntamientos, siendo estos de obras de fábrica de poca altura, muy rígidos y con un comportamiento de periodos cortos (**tabla 0**).

Los condicionantes de tipo logístico (líneas de alimentación, comunicaciones y seguridad) tienen un peso importante al elegir la ubicación de los instrumentos.

7

Bibliografía

Abrahamson, N. A., 1988. Statistical properties of peak ground accelerations recorded by the SMART1 array, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 78 (1), 26–41.

Abrahamson, N. A., 1997. Personal communication.

Abrahamson, N. A. and Silva, W. J., 1997. Empirical Response Spectral Attenuation Relationships for Shallow Crustal Earthquakes. *Seismological Research Letters*, Vol. 68(1), pp. 94-127.

Ambraseys, N.N., Douglas, J., Sarma, S.K., Smit, P.M., 2005. Equations for the Estimation of strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Eaurpe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration. *Bulletin of Earthquake Engineering* 3, 1-53.

Benavent-Climent A., López-Almansa F., Bravo-González, D.A., 2010. Design energy input spectra for moderate-to-high seismicity regions based on Colombian earthquakes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 30 (2010) 1129–1148.

Bendat, J.S. and Piersol, A.G., 1980. *Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis*. John Wiley & Sons, New York.

Biot, M.A., 1933. Theory of elastic systems vibrating under transient impulse with an application to earthquake-proof buildings. *Proceedings, National Academy of Sciences*, 19, 262–268.

Biot, M.A., 1934. Theory of vibration of buildings during earthquake. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*, 14, 213–223.

Biot, M.A., 1941. A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 31, 151–171.

Bommer, J. J., and J. E. Alarcón., 2006. The prediction and use of peak ground velocity, *J. Earthquake Eng.* 10, no. 1, 1–17.

Borcherdt, R. D., 1994. Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification), *Earthquake Spectra*, 10 (4), 617-653.

Bozorgnia, Y., 2003. An introduction to the classic paper: A mechanical analyzer for the prediction of earthquake stresses, by Maurice Biot. *Seismological Research Letters*, 74, 312.

Bozorgnia, Y. and Campbell K. W., 2004. Engineering Characterization of Ground Motion, Chapter 5, 1 – 74.

Bray J.D. Rodriguez-Marek A., August, 1997. Geotechnical site categories, Proceedings, First PEER-PG&E workshop on seismic reliability of utility lifelines, San Francisco, CA.

Brune, J. N., 1970. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes, *J. Geophys. Res.* 75, 611–614.

Brune, J. N., 1971. Correction, *J. Geophys. Res.* 76, 5002.

Clough, R.W. and Penzien, J., 1993. *Dynamics of Structures*. 2nd ed., McGraw-Hill, New York.

Chopra, A. K., 2001. *Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering*, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ.

EC8 - Eurocode 8 EN 1998-1:2004. Design of structures for earthquake resistance Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Commission of the European Communities. Doc CEN/TC250/SC8/N335.

Faraj, F. N., 2002. Update of Predictive Relationships for Frequency Content Parameters of Earthquake Ground Motions, M.S. thesis, University of Texas at Austin, 166 pp.

Gutenberg, B., and Richter, C. F., 1956. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration (second paper), *Bull. Seismol. Soc. Am.* 46 (2), 105–146.

Havskov J., Martín J. B., Alguacil G., Martos A., Peña J. A., 2001, The Andalusian Seismic Network. Upgradas to SEISNET and SEISAN and Current Status, Instituto Andaluz de Geofísica, Universidad de Granada, 32.

Housner, G.W., 1941. Calculating the response of an oscillator to arbitrary ground motion. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 31, 143–149.

Housner, G.W., Martel, R.R. and Alford, J.L., 1953. Spectrum analysis of strong-motion earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 43, 49–71.

Humar, J.L., 1990. *Dynamics of Structures*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey. IBC (2000). *International Building Code*, International Code Council, Falls Church, Virginia.

Idriss, I. M., 1991. Procedures for Selecting Earthquake Ground Motions at Rock Sites. A Report to the National Institute of Standards and Technology, University of California at Davis, September, revised March 1993.

Idriss, I. M., 1991. Earthquake ground motions at soft soil sites, 2nd International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, MO, Proceedings, pp. 2265–2272.

Kanai K., University of Tokyo Press, 1983. No. of pages: 251

Lermo, J. y Chaves, F. J., 1993. Site effect evaluation using spectral ratios with only one station. *Bull. Seism. Soc. Am.* 83, 1574-1594.

Martínez, J. M., 2001. Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Monografía nº 19. Ministerio de Fomento.

MATLAB (2007). Product of The Mathworks, Inc., Natick, Massachusetts.

Nakamura, Y., 1989, A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *Quarterly Report of RTRI*, 30(1), 25–33.

Nakamura, Y., 2009, Basic Structure of QTS (HVSR) and Examples of Applications, Chapter 1.3, 33–51.

NCSE-02 (2002) Normativa de Construcción Sismorresistente Española. Real Decreto 997/2002. Boletín Oficial del Estado No. 244, 11 Octubre, 2002, España.

Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., and Flannery, B.P., 1992. *Numerical Recipes in C, the Art of Scientific Computing*. 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

Rathje, E. M., Abrahamson, N. A., and Bray, J. D., 1998. Simplified frequency content estimates of earthquake ground motions, *J. Geotech. Eng. Div., Am. Soc. Civ. Eng.* 124 (2), 150–159.

Rathje E.M., Faraj F., Russell S. and Bray J.D., 2004. Empirical Relationships for Frequency Content Parameters of Earthquake Ground Motions. *Earthquake Spectra*, 20 (1), 119–144.

Rodriguez-Marek A., Bray J.D., 2001. Abrahamson N.A. An empirical geotechnical seismic site response procedure. *Earthquake Spectra* 17 (1), 65-87.

Rodriguez-Marek A., Bray J.D., 2001. Abrahamson N.A., 1999. Task 3. Characterization of Site Response General Site Categories. PEER Report 1999/03, Pacific Earthquake Engineering Research Center. College of Engineering. University of California, Berkeley.

Seed, H. B., Idriss, I. M., and Keifer, F. W., 1969. Characteristics of rock motions during earthquakes, *J. Soil Mech. Found. Div.* 95 (5), 1199–1218.

Seed, H. B., Whitman, R. V., Dezfulian, H. Dobry, R., and Idriss, I.M., 1972, Soil conditions and building damage in the 1976 Caracas earthquake, *J. Of the Soil Mech. And Found. Div., ASCE*, 98 (SM8), 787-806.

Seed, H. B. and Idriss, I. M., 1982, Ground motions and soil liquefaction during earthquakes, in *Engineering Monographs on Earthquake Criteria, Structural Design, and Strong Motion Records*, 5, Earthquake Engineering Research Institute.

Takahashi, Y., Rabins, M.J. and Auslander, D.M., 1972. Control and Dynamic Systems. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts

Tso, W.K., Zhu, T.J., Heidebrecht, A.C., 1992, Engineering implication of ground motion A/V ratio, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 11 133-144

Trifunac, M.D., 1971. Surface motion of a semi-cylindrical alluvial valley for incident plane SH waves. Bulletin of the Seismological Society of America, 61, 1755-1770.

Trifunac, M.D., 1973. Scattering of plane SH waves by a semi -cylindrical canyon. Earthquake Eng. Struct. Dyn., 1, 267-28

8

Anexos

Anexo 1.

Definición del proceso de cálculo del Algoritmo

Para el desarrollo del trabajo propuesto se ha creado una rutina mediante el programa *Matlab 2007* con el fin de automatizar el proceso de cálculo, ya que se dispone de una gran cantidad de datos. La finalidad principal será realizar el análisis en frecuencia, cálculo de parámetros característicos y representaciones gráficas de las señales sísmicas seleccionadas, para la posterior definición de los tipos de suelo y ajustes de relaciones. En el anexo 2 se incluye la rutina principal de *Matlab*.

Pasemos a definir de forma global las funciones principales de la rutina de *Matlab* que se muestran en el diagrama de flujo de este anexo. Cada parte del diagrama corresponde a un proceso en el desarrollo del cálculo de este trabajo.

Diagrama de Flujo

- **Tratamiento de la señal (Algoritmo *Matlab Versión16*).**
 - Se realiza una lectura automática de los acelerogramas, que dependerá del tipo de registro con el que trabajemos, ya que existen diversos sistemas de registro y codificación de señales (en función del acelerógrafo utilizado), pudiendo ser necesario un tratado previo de la señal para su lectura. Seleccionamos el intervalo de la señal con el que vamos a trabajar. Cada una de las componentes de la aceleración es separada en matrices, de las cuales vamos usar las dos horizontales (*Norte-Sur* y *Este-Oeste*) por una parte, y la componente vertical para la razón espectral H/V, por la otra. La rutina principal llamará, dependiendo del registro a tratar a una función externa: *LecturaIGN*, *LecturaIAG* o *LecturaISEDN3*.
- **Eliminación de *OFFSETS*.**
 - Corregimos la señal restando la media aritmética de la mitad de la duración del preevento, (seleccionado previamente) a todas las componentes de la señal, con lo que eliminaremos los *OFFSETS* y obtendremos el acelerograma corregido.

Cálculo de parámetros

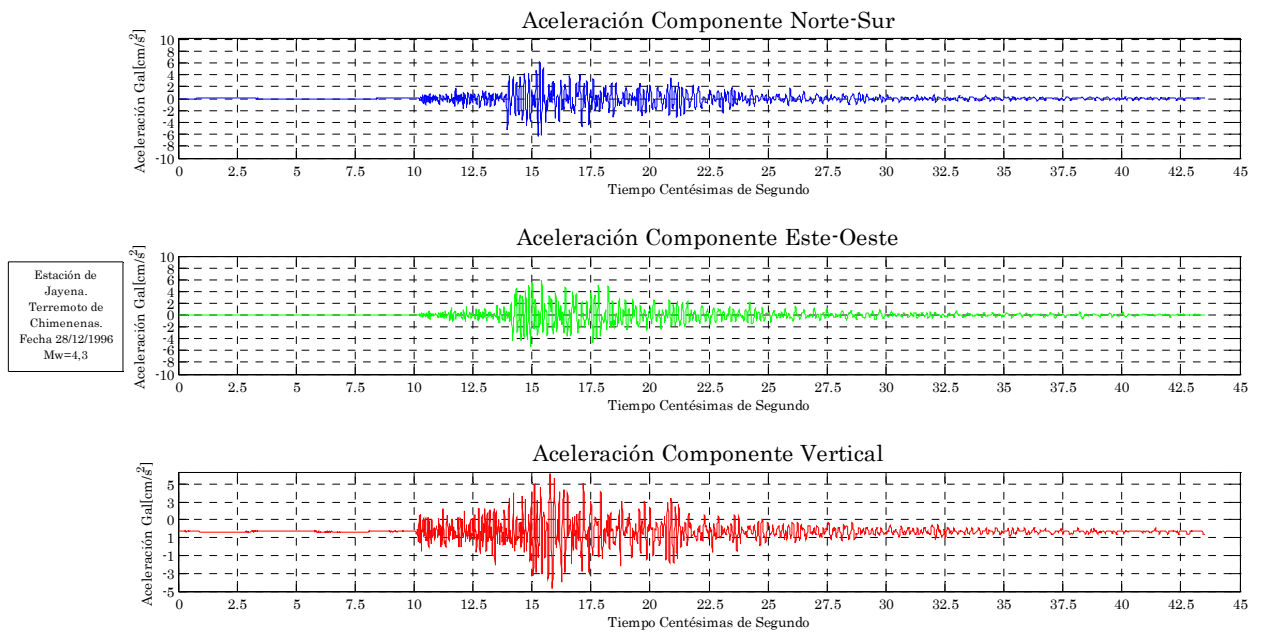


Figura a1. Representación gráfica de las tres componentes del acelerograma correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

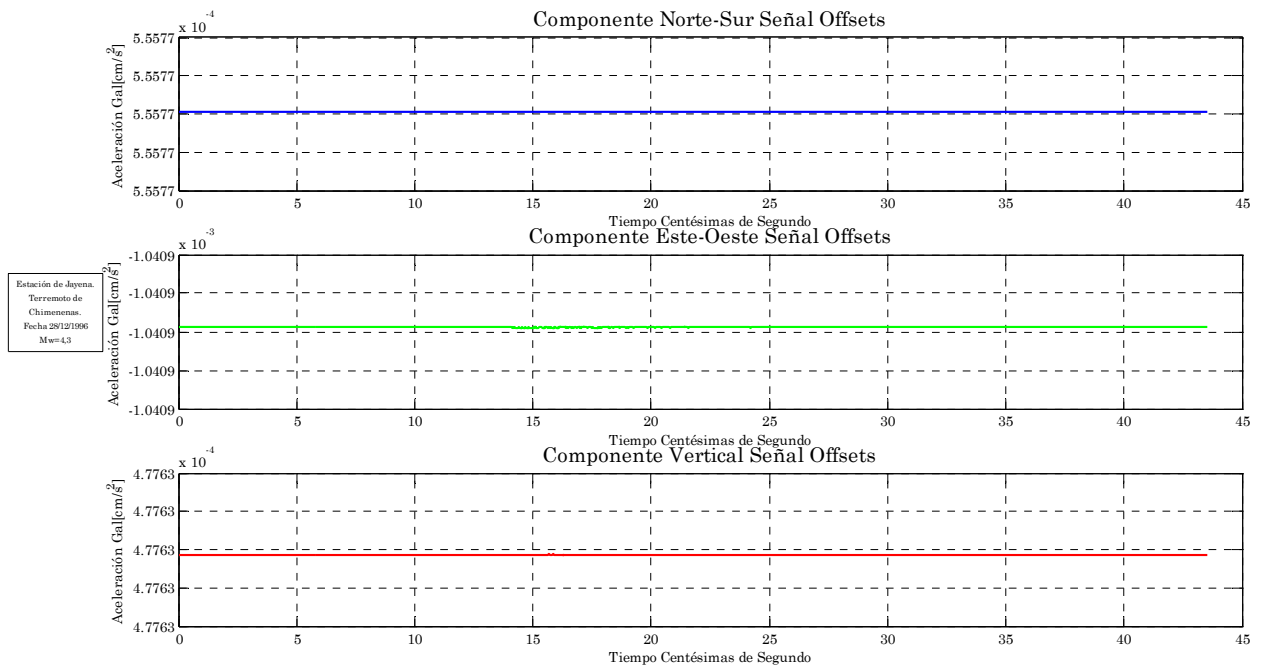


Figura a2. Representación gráfica de los *offset* a eliminar de las tres componentes del acelerograma correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

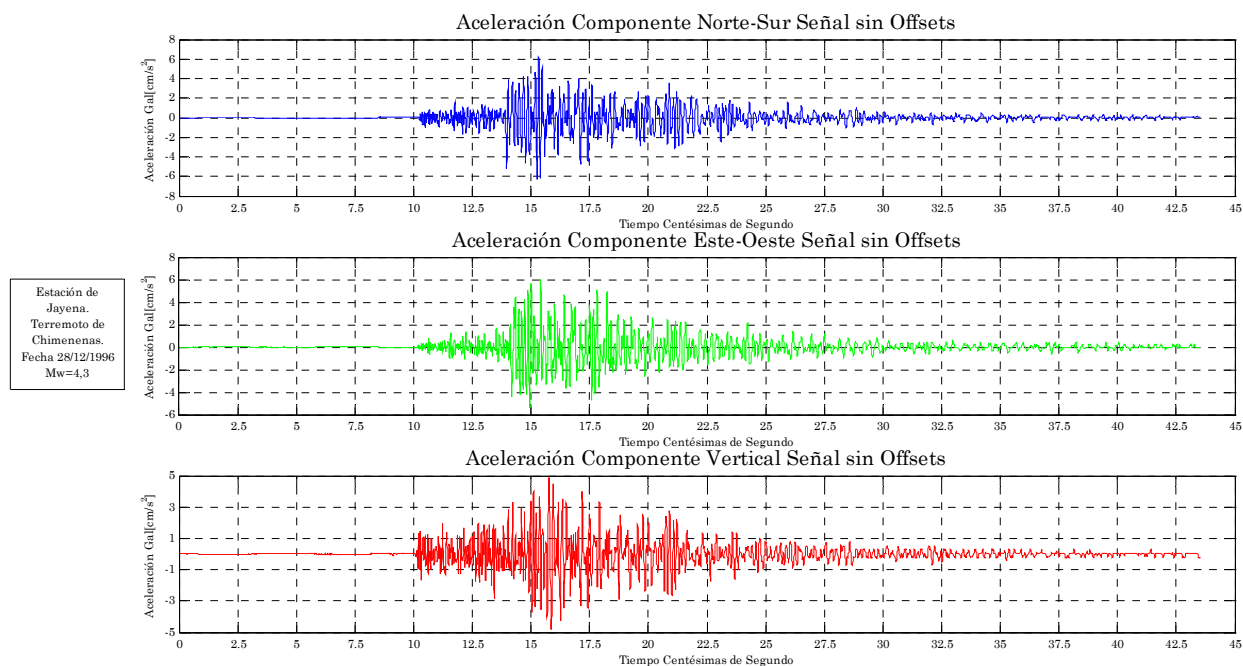


Figura a3. Representación gráfica de las tres componentes del acelerograma corregidas sin *offsets*, correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

- **Calculo del PGA, PGV y PGD**

- Calculamos el módulo de la aceleración rectificadas de las dos componentes horizontales (NS y *EW*). Posteriormente, obtenemos el valor de la aceleración pico en suelo (*PGA*), que corresponde con el máximo valor del módulo anteriormente obtenido.
- Para el cálculo del *PGV*, debemos filtrar la señal previamente (cada componente horizontal por separado) entre 0,2 y 20 Hz. A continuación, integramos cada componente horizontal por separado y finalizamos calculando el módulo de la velocidad. El valor de la velocidad pico en suelo se corresponde con el valor máximo del módulo de la velocidad.
- Para terminar, calculamos el desplazamiento pico en suelo (*PGD*). De forma análoga, integramos las componentes horizontales de velocidad por separado y calculamos su módulo. El valor pico en suelo corresponderá con el máximo valor de su módulo.

Cálculo de parámetros

- Con los resultados obtenidos, calcula el valor de la relación PGA/PGV, nombrandolo RPG.

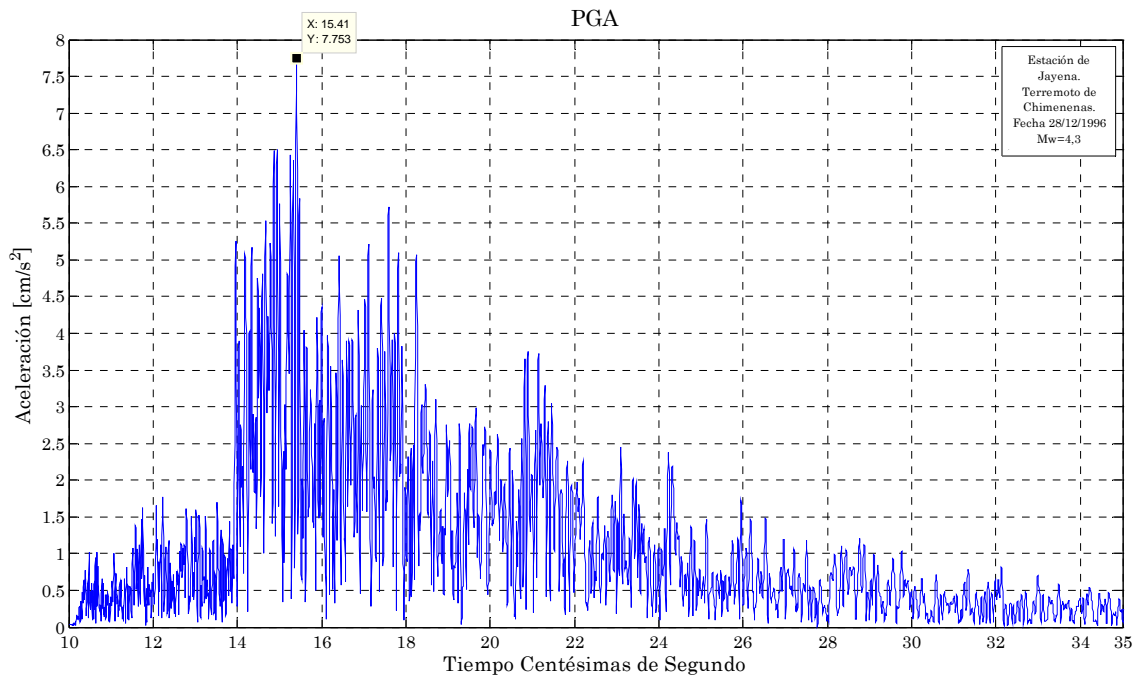


Figura a4. Representación gráfica del valor máximo de la PGA correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

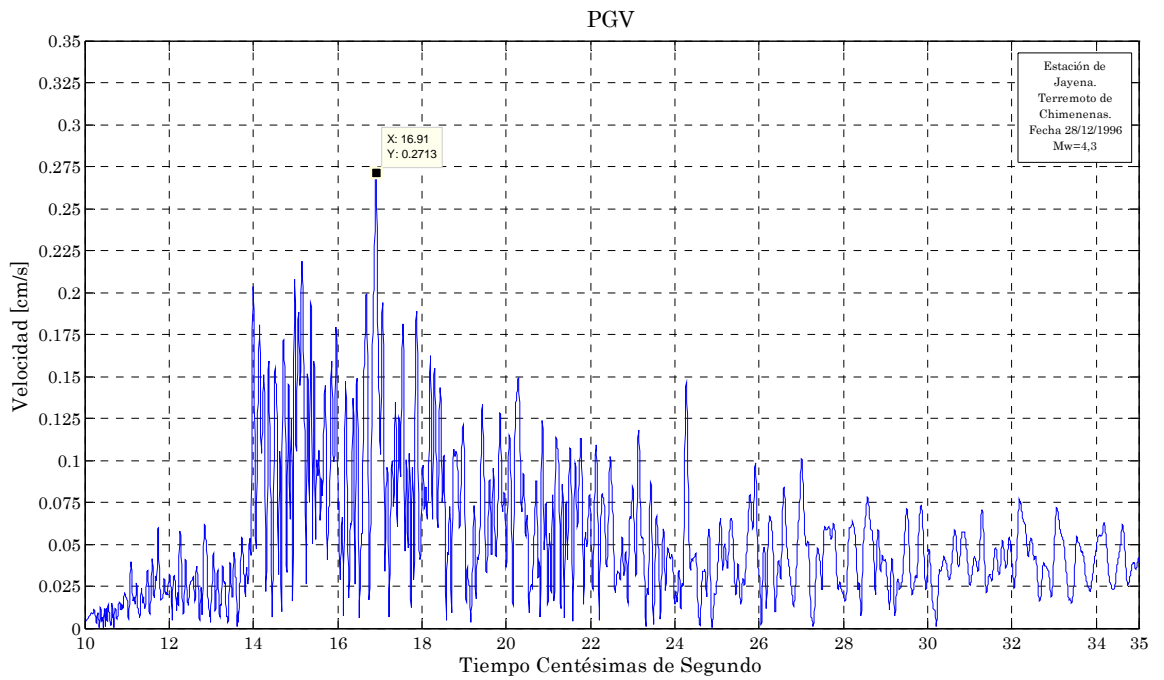


Figura a5. Representación gráfica del valor máximo de la PGV correspondiente al Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

Cálculo de la FFT y suavizado de la señal.

- Para el cálculo de la FFT de la señal debemos tener en cuenta una serie de consideraciones. En primer lugar, el cálculo no se hace sobre la señal completa, sino sobre la parte que nos interesa previamente seleccionada. En segundo lugar, se aplica una ventana *Hamming* al intervalo de señal seleccionado. El número de puntos de resolución de la FFT será la potencia de 2 más cercana al número de puntos totales de la ventana seleccionada para el análisis. Y tercero, se harán los mismos cálculos por separado a cada componente horizontal y vertical (*NS*, *EW*, *V*).
 - Calculamos la FFT de las componentes por separado. En su caso, completaremos la matriz con ceros para permitir que el cálculo sea estable (esta acción la realiza *Matlab* de forma automática en caso de que sea necesario). De los valores obtenidos, nos quedamos solamente con la parte real, descartando la imaginaria.
 - Para el suavizado de la FFT debemos definir los niveles mediante una función de *Matlab* llamada ***smooth***. Dependiendo del número de puntos tomados para el cálculo de la FFT, aplicaremos un suavizado más o menos “agresivo”. Si tomamos más de 2048 puntos, aplicamos un coeficiente 40; y si tomamos menos de 2048, será de 20. El filtro de suavizado elegido por su adecuación al tipo de análisis y datos con los que trabajamos es el ***rloess***. Esto no quiere decir que no existan filtros mejores o más adecuados.
 - En cada uno de los pasos, se han incluido líneas de comando para representar gráficamente las componentes por separado y la combinación de las horizontales, obteniendo su espectro de potencia para cada una de ellas.
- **Cálculo de la FFT combinada horizontal.**
 - Una vez calculadas las FFT de las componentes horizontales y verticales (con el suavizado incluido) de la señal seleccionada, calculamos el módulo de la combinada horizontal de las componentes *NS* y *EW*. Sobre la combinación ambas componentes, calcularemos los parámetros característicos que definen el contenido en frecuencia.

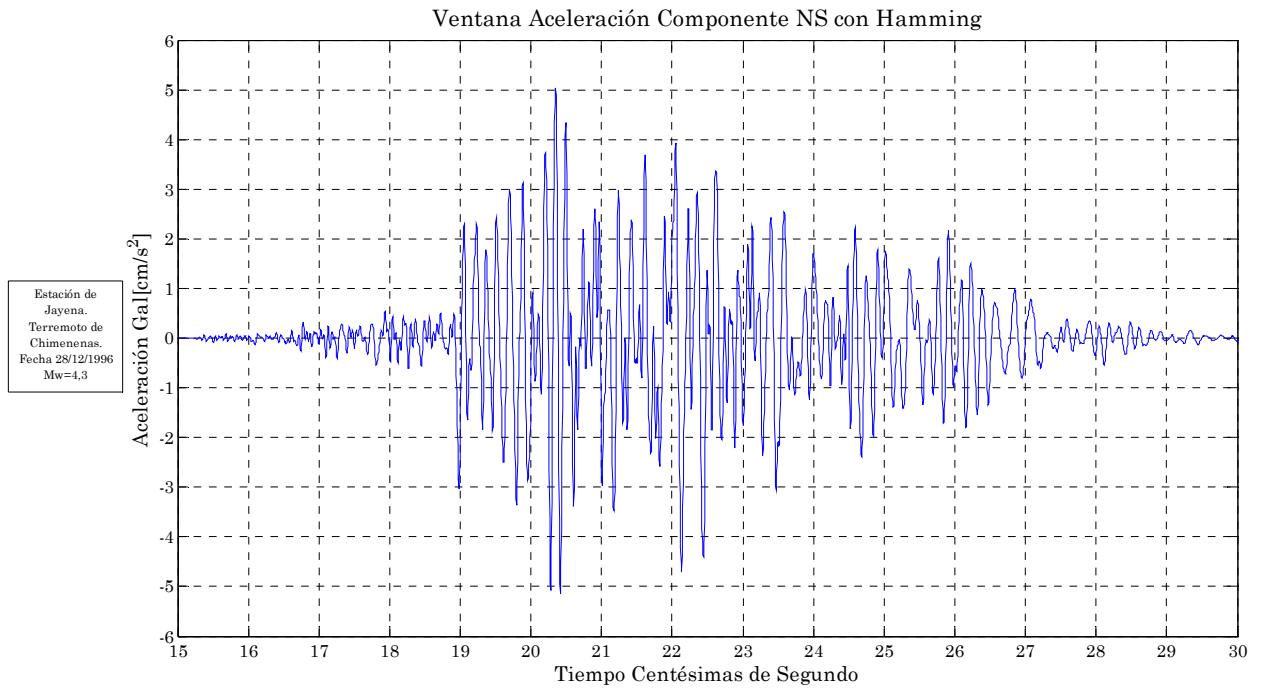


Figura a6. Representación gráfica correspondiente de la ventana analizada de la componente Norte-Sur, con una ventana *Hamming* aplicada, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

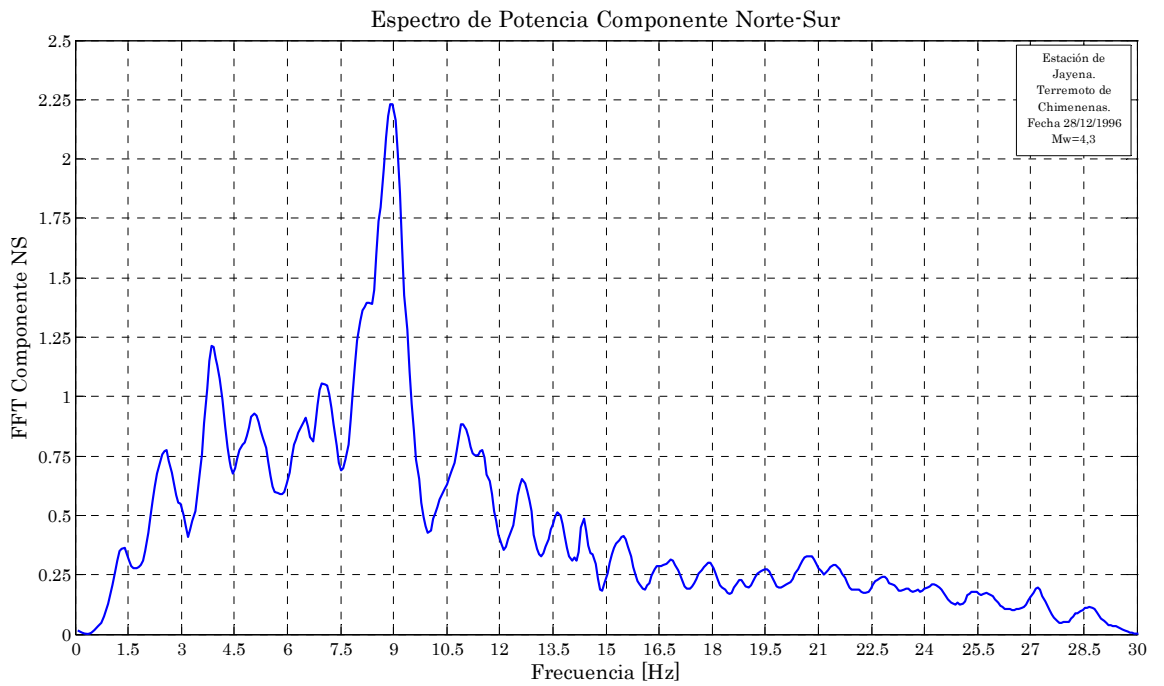


Figura a7. Representación gráfica del espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente Norte-Sur, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

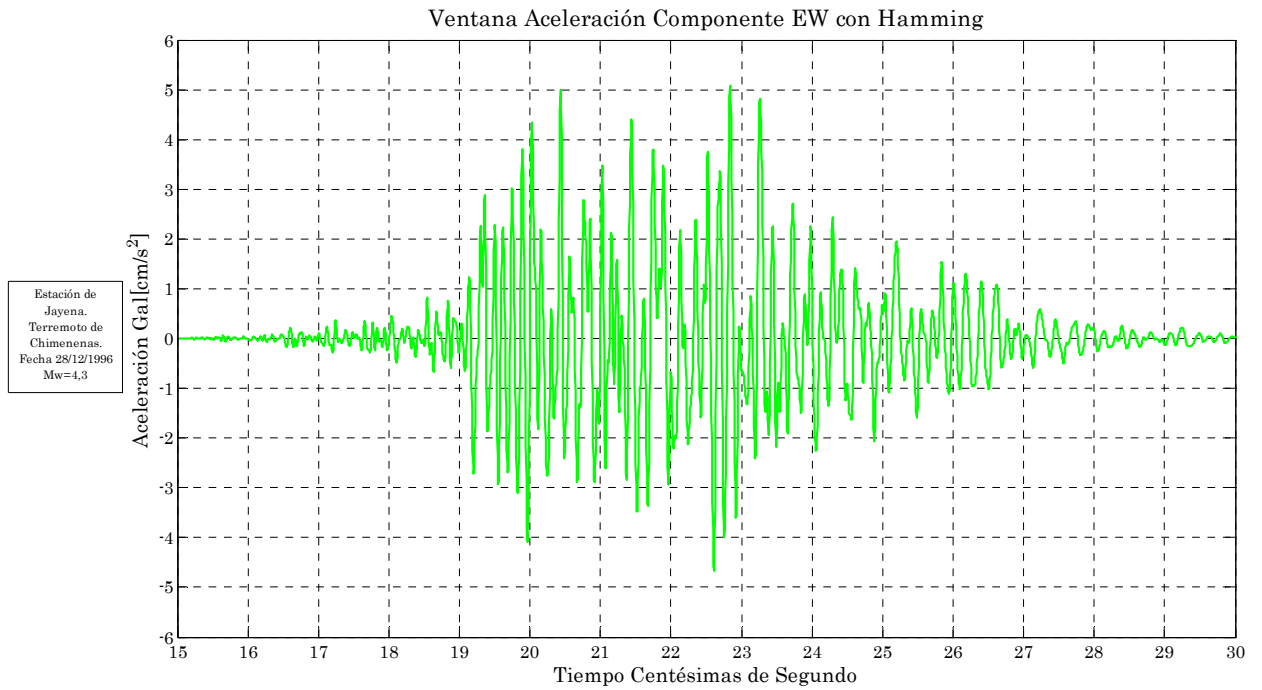


Figura a8. Representación gráfica correspondiente de la ventana analizada de la componente Este-Oeste, con una ventana *Hamming* aplicada, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

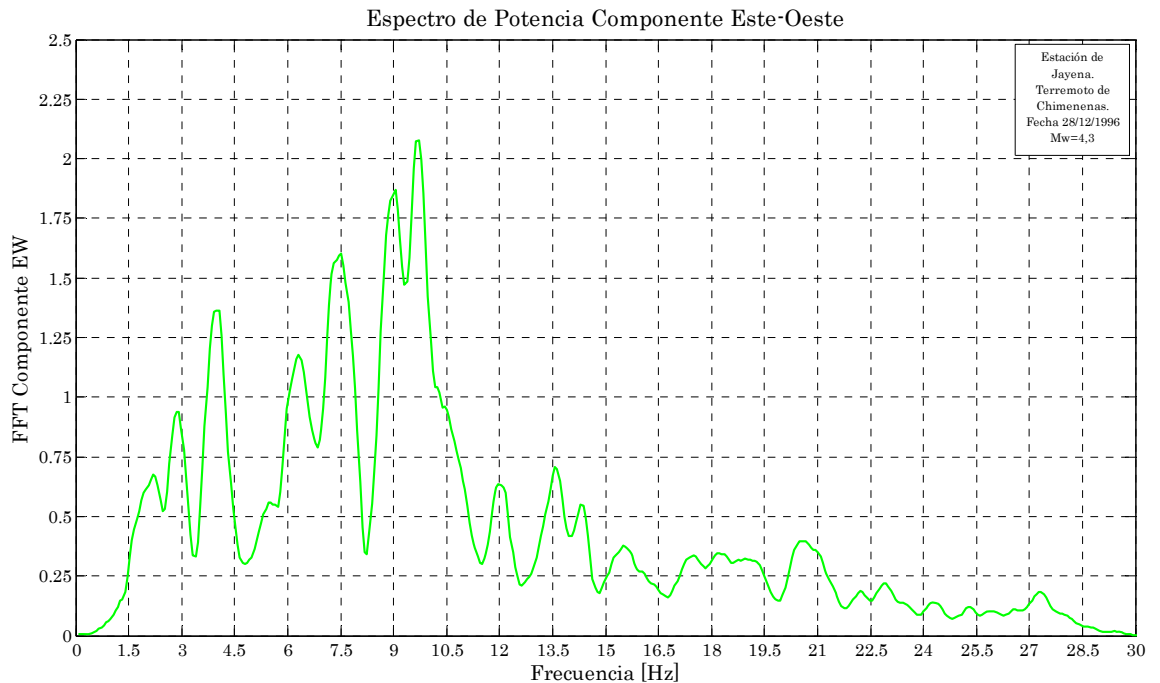


Figura a9. Representación gráfica del espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente Este-Oeste, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

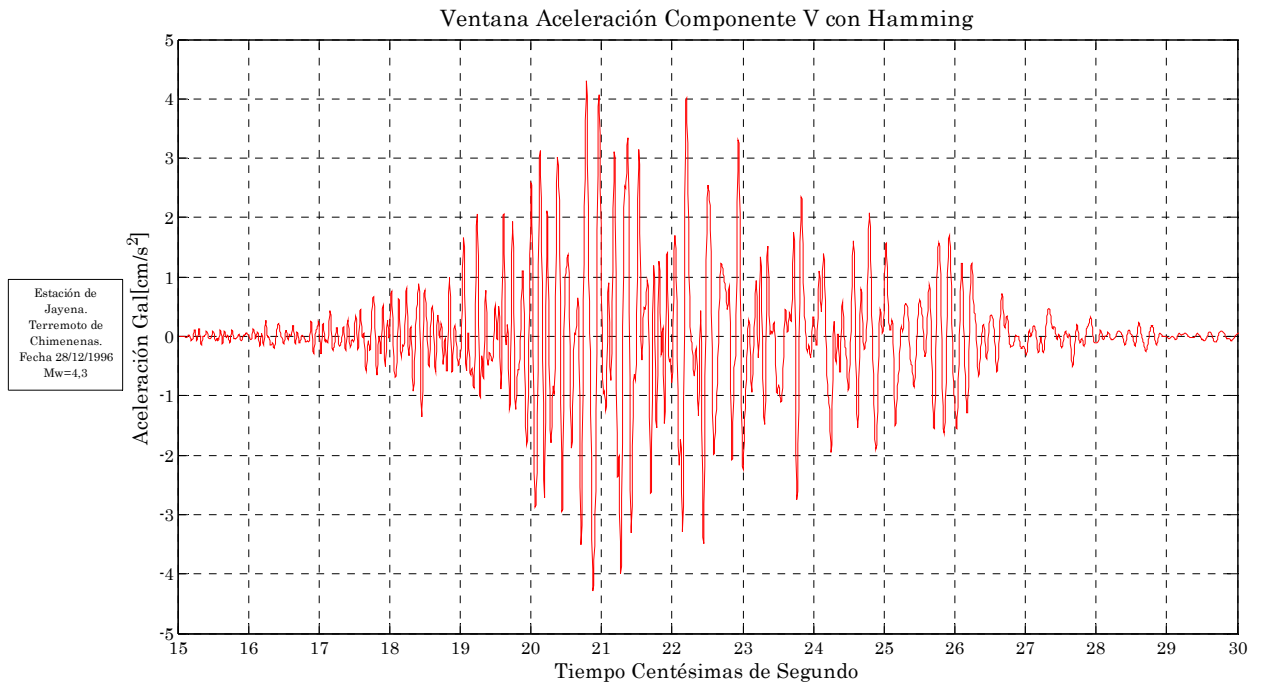


Figura a10. Representación gráfica correspondiente de la ventana analizada de la componente Vertical, con una ventana *Hamming* aplicada, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

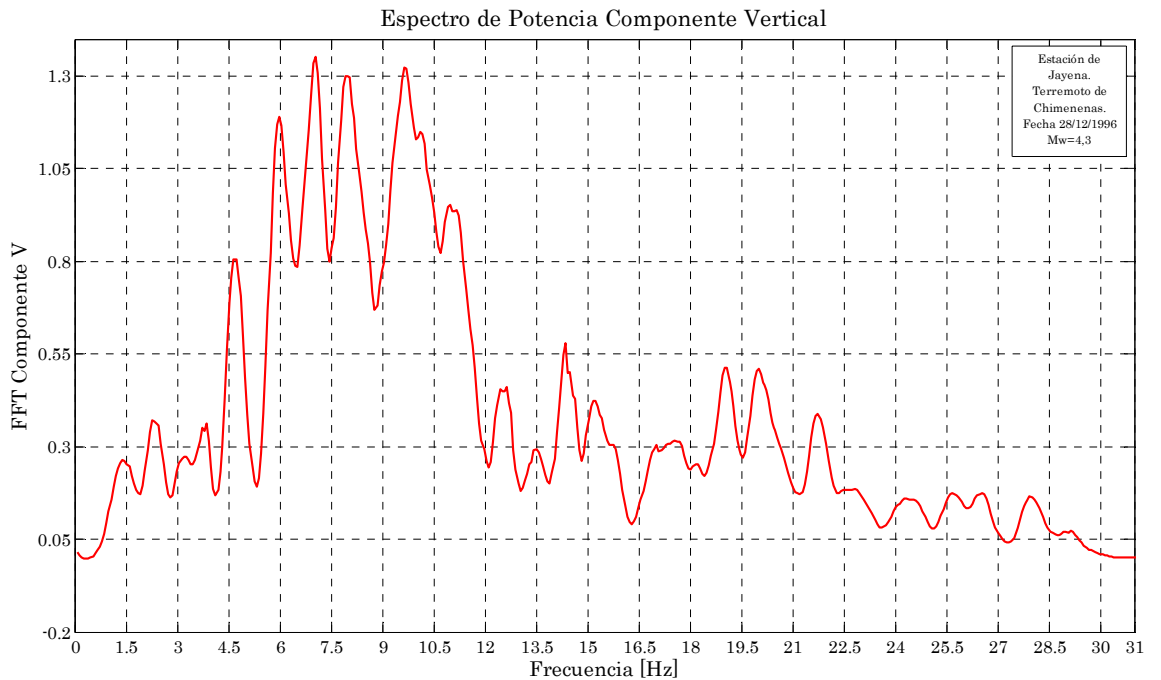


Figura a11. Representación gráfica del espectro de potencia de la ventana analizada, perteneciente a la componente Vertical, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

Caracterización del contenido en frecuencia.

- De acuerdo a *Rathje et al 2004*, calcularemos los valores de los parámetros que definen el contenido en frecuencia T_m , T_o , T_{avg} y T_p .

Operamos de dos formas diferentes:

- En el primer modo, para el cálculo de los parámetros T_o y T_{avg} normalizaremos las componentes utilizando la combinación geométrica de las componentes horizontales (*NS-EW*).
 - Aplicamos la rutina de Matlab *ERALL* con la subrutina *RAAL* para el calculo del espectro de respuesta de aceleración absoluta S_a vs. T_i (con periodos en escala logarítmica) y así obtener el valor de T_o .
 - De la misma forma, aplicamos la rutina de Matlab *ERAAA* con la subrutina *RAAA* para el calculo del espectro de respuesta de aceleración absoluta S_a vs. T_i (con periodos en escala aritmética) y así obtener el valor de T_{avg} .
 - Para la segunda manera de operar, utilizaremos la combinación Euclidea de los coeficientes de Fourier de las componentes de la aceleración. Aplicamos la rutina *FOURH* (implementada en la rutina principal) y obtenemos el valor de T_m y de T_p .
- **Primer ajuste en función de T_p .**
 - Una vez que tenemos todos los parámetros que definen el contenido en frecuencia calculados, procedemos a introducirlos en una tabla donde realizaremos una primera aproximación del suelo en función de T_p . Para ello utilizaremos el sistema de clasificación propuesto por Bray y Rodríguez-Marek (1997) en su clasificación geotécnica del suelo simplificada donde distingue entre tipo *C* y *D*, dependiendo de los valores de T_p (**Tabla 13**).
 - Vamos introduciendo los valores de T_p correspondientes a cada señal en una tabla donde los relacionaremos con el tipo de suelo.

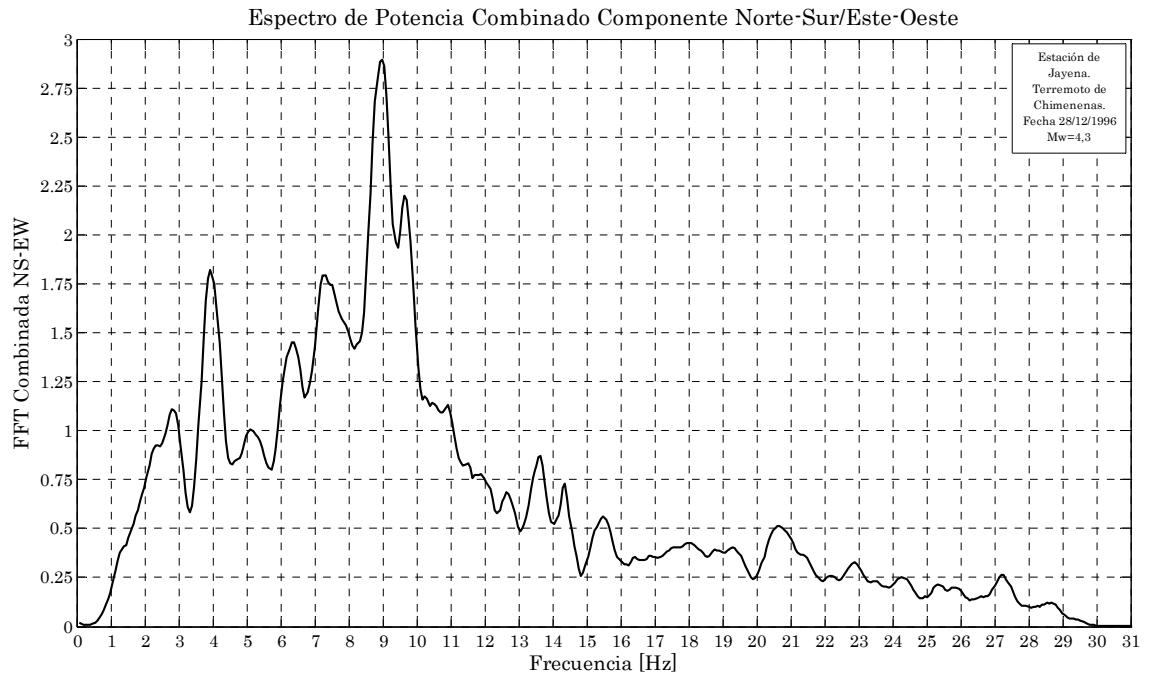


Figura a12. Representación gráfica del espectro de potencia de la combinación de las componentes horizontales (Norte-Sur Este-Oeste), del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

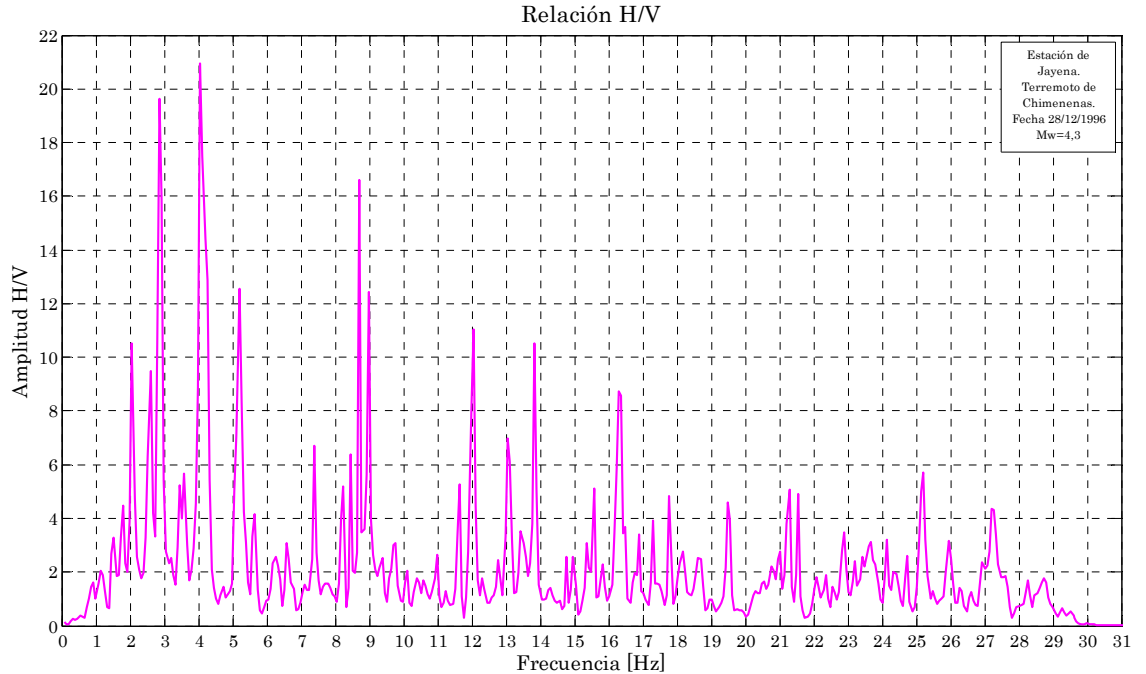


Figura a13. Representación gráfica de la amplitud vs. Frecuencia de la relación H/V (combinación de las componentes horizontales/componente vertical), del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4,3$.

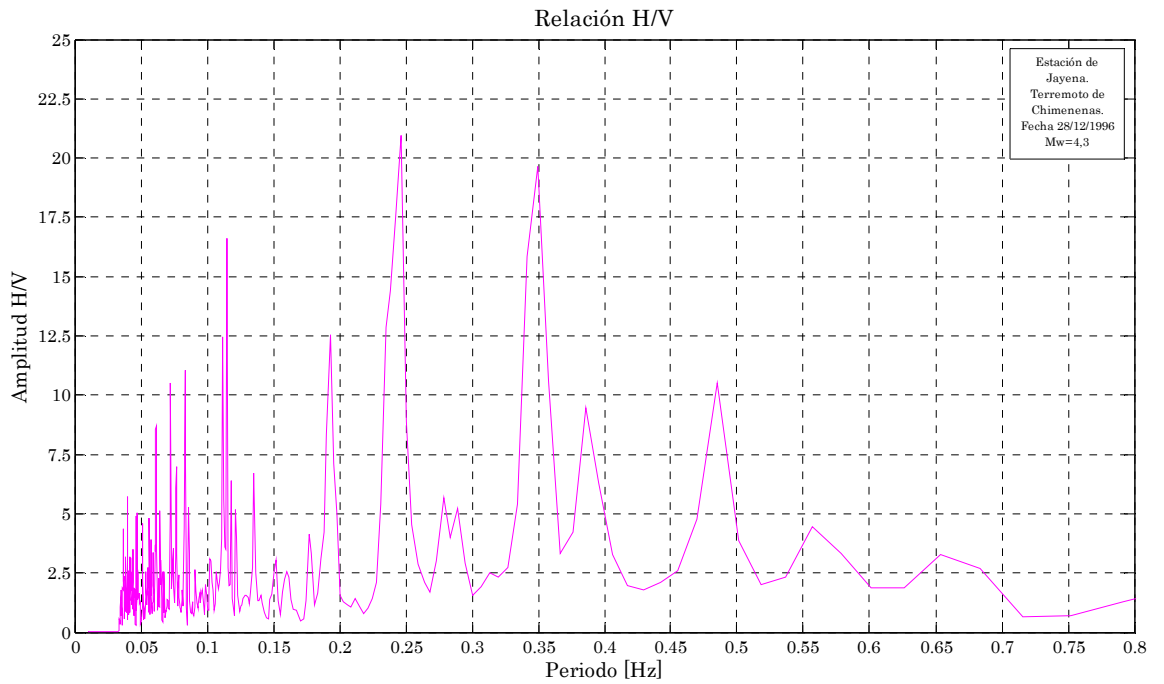


Figura a14. Representación gráfica de la amplitud de la relación H/V, combinación de las componentes horizontales/componente vertical, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4.3$.

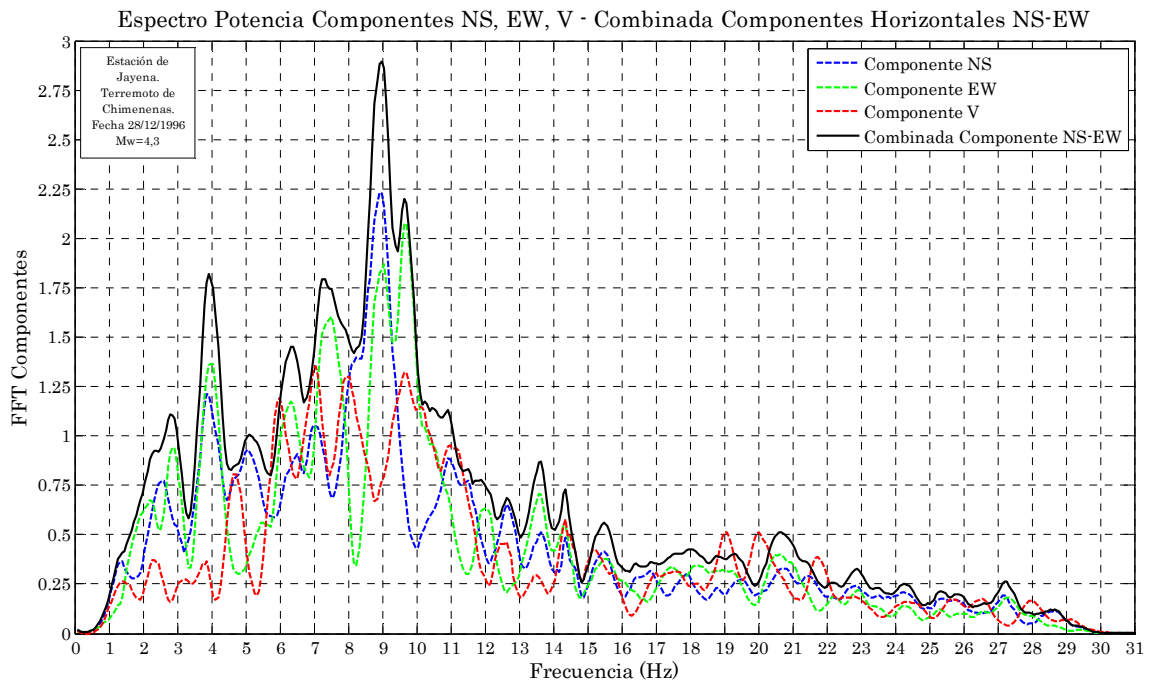
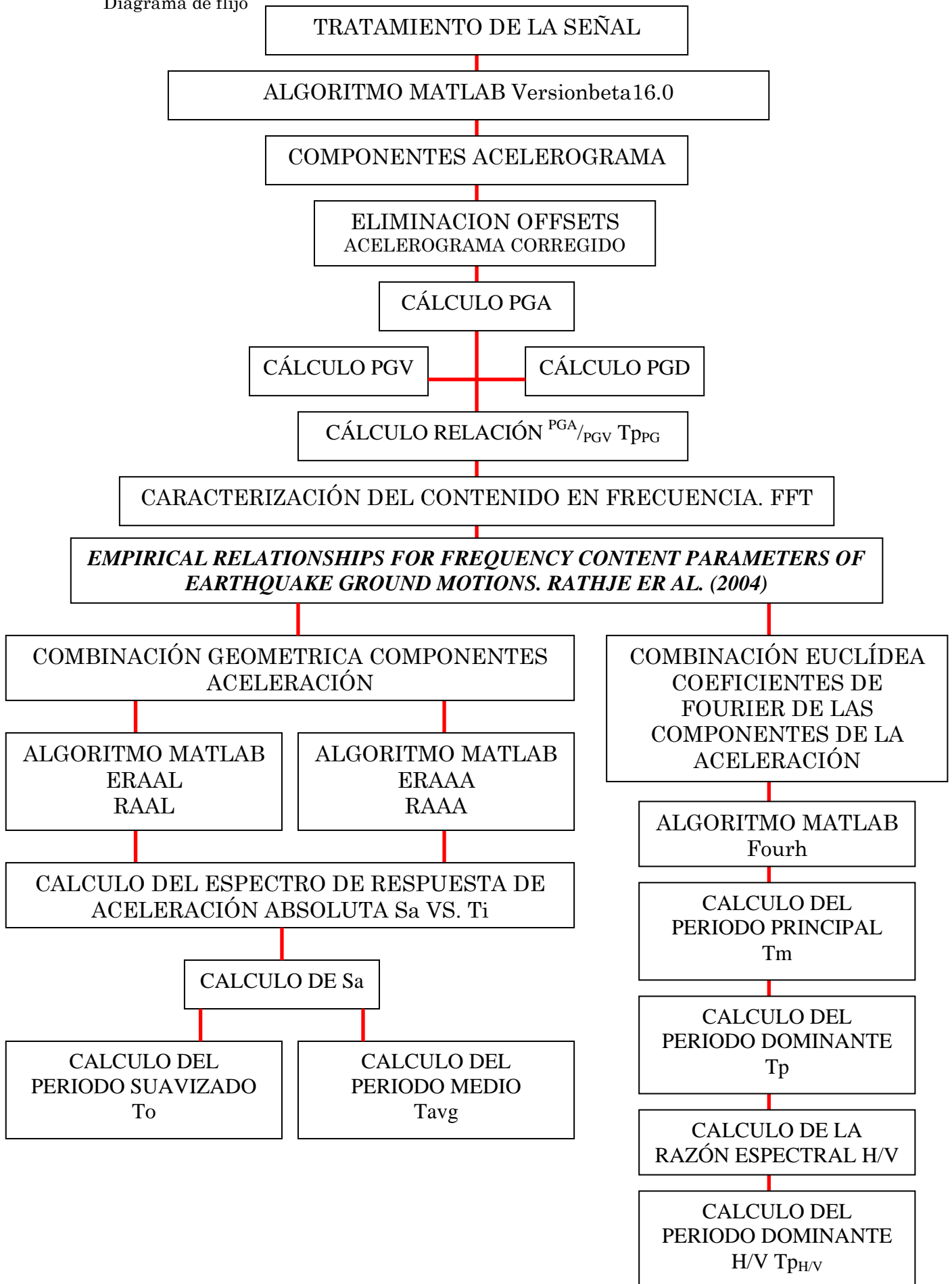


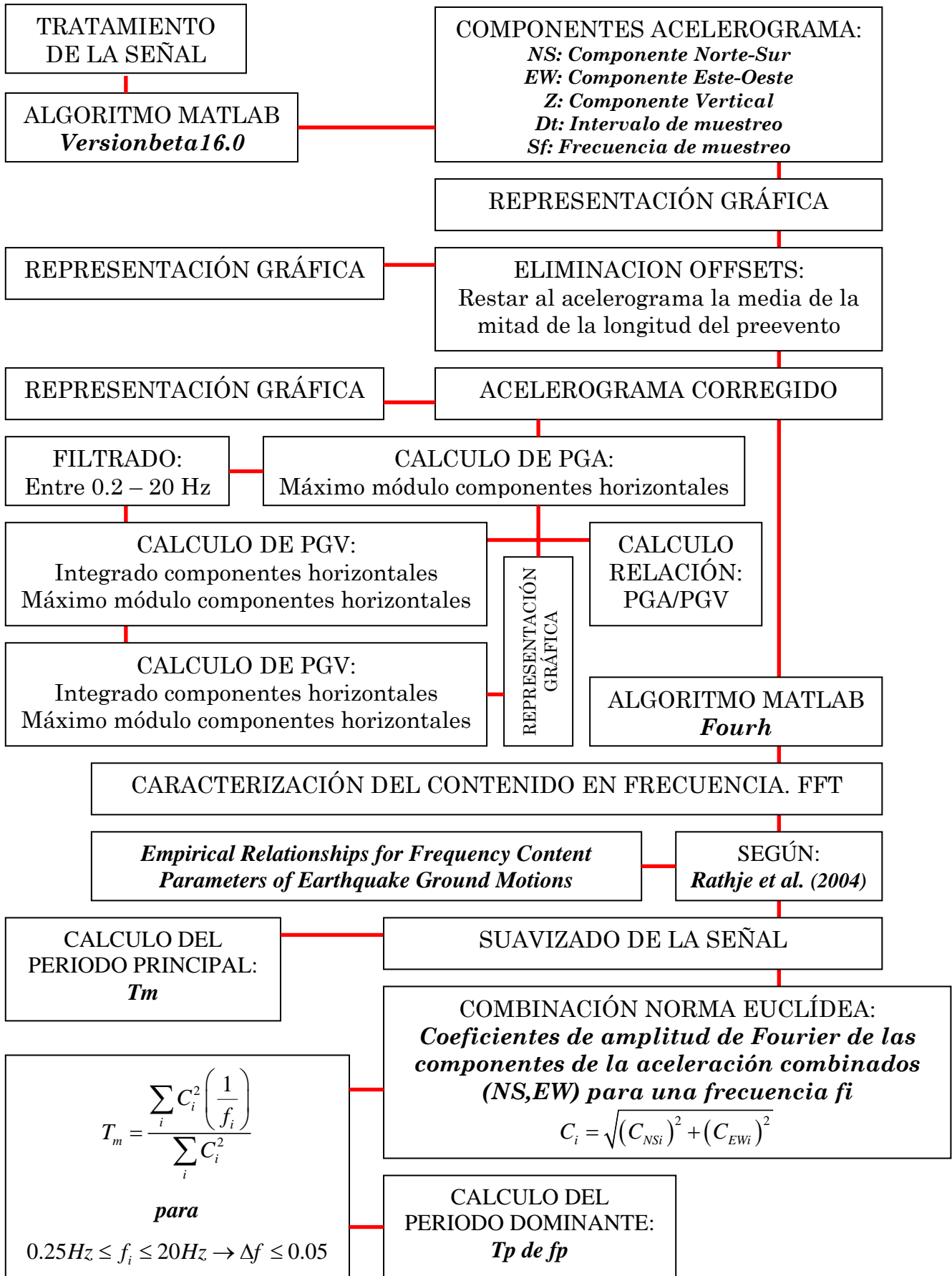
Figura a15. Representación gráfica de la amplitud de la relación H/V, combinación de las componentes horizontales/componente vertical, del Terremoto de Chimeneas del 28/12/1998, registrado en la estación de Jayena, con una $M_w=4.3$.

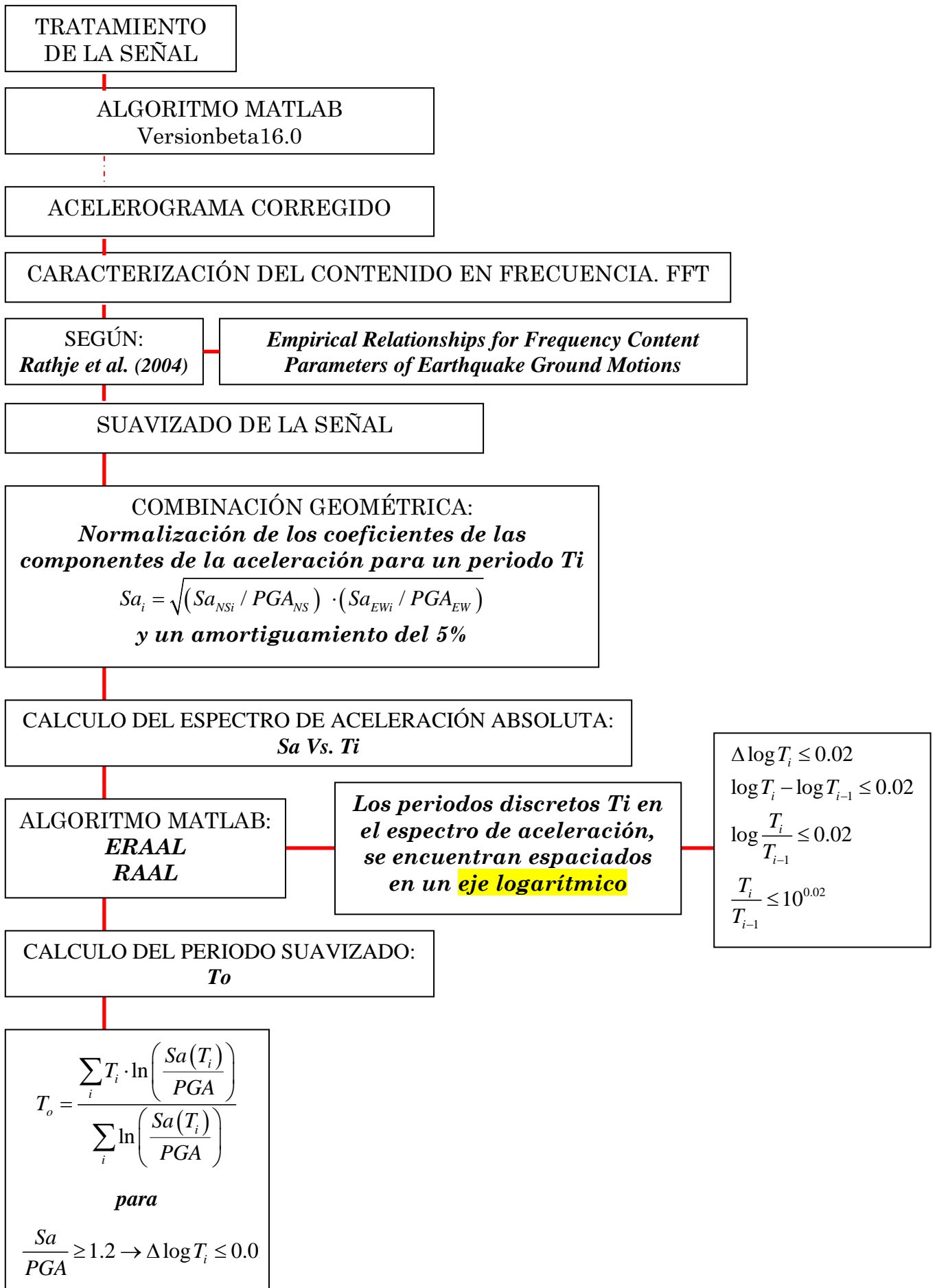
▪ **Segundo ajuste en función de los parámetros de las relaciones propuestas por Rathje et al. (2004)**

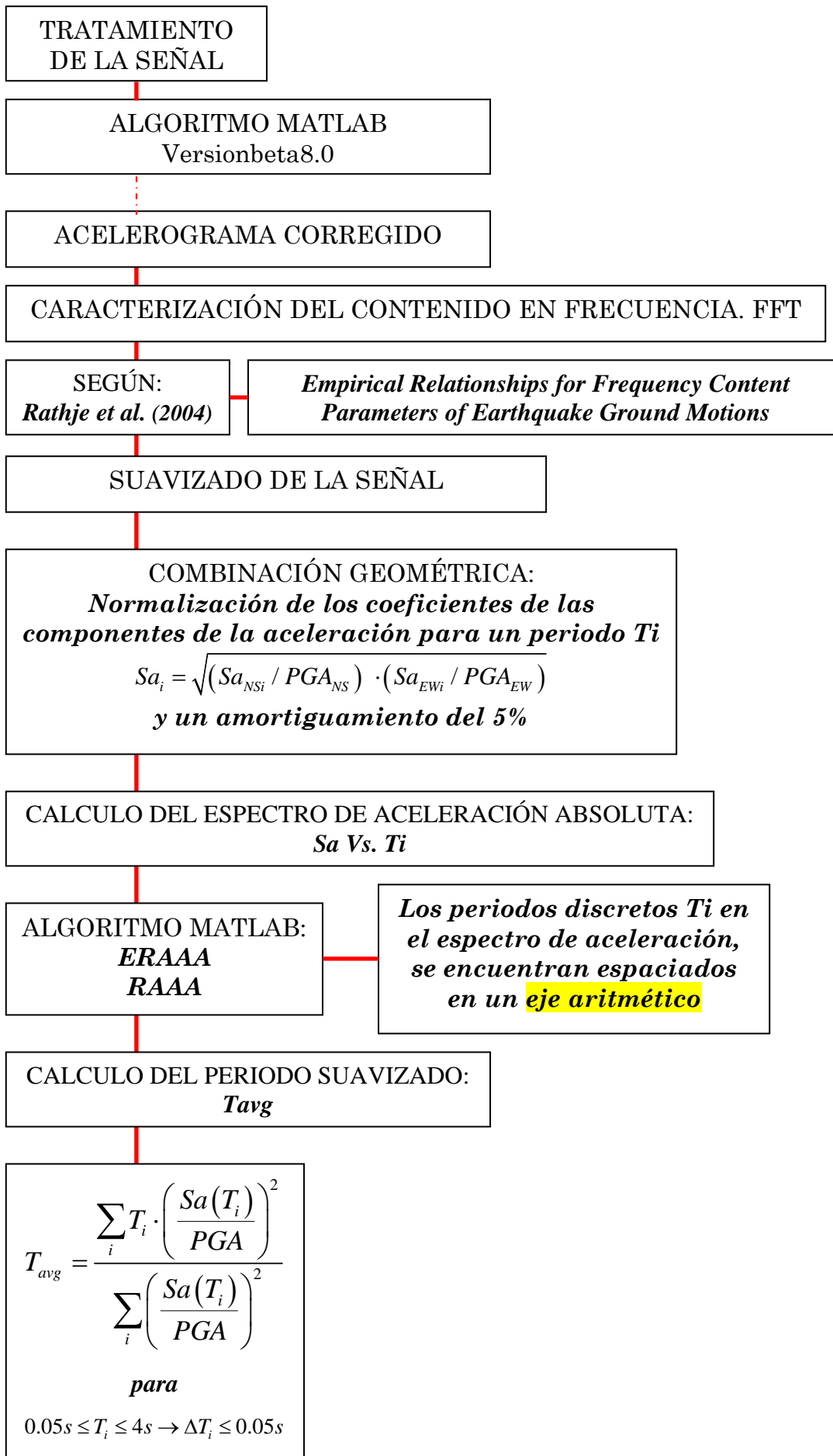
- Seguidamente, clasificaremos los suelos en clase *C* o *D*, dependiendo de los valores calculados previamente de T_o , T_{avg} y T_m y de las relaciones empíricas propuestas por Rathje et al. (2004). En ellas, como ya hemos visto, introducimos 6 nuevas parámetros que definen el contenido en frecuencia en función de variables tipo de suelo (S_C o S_D), la distancia al plano de ruptura de la falla (R), la magnitud momento (M_w) y una variable que indica condiciones de directividad, ángulos, etc. (FD). Calculamos las distancias euclídeas d_D y d_C para cada tipo de movimiento y comprobamos que tipo de desigualdad se cumple ($d_D < d_C$ o $d_D > d_C$). En función del resultado, asignaremos el tipo de suelo *C* o *D*.

$$\begin{aligned} \circ \quad d_C &= \sqrt{(T_o - T_{oC})^2 + (T_m - T_{mC})^2 + (T_{avg} - T_{avgC})^2} \\ \circ \quad d_D &= \sqrt{(T_o - T_{oD})^2 + (T_m - T_{mD})^2 + (T_{avg} - T_{avgD})^2} \end{aligned}$$









Anexo 2.

Algoritmo Versión 16.

```

% Versión 16.0 Instituto Andaluz de Geofísica 21/06/2012
% Joaquín Daniel Hidalgo García Master Estructuras UGR
% -----
% LECTURA DE ACELEROGRAMAS DEL IGN-IAG. En formato ascii IGN exportado mediante
LecturaIGN.m o LecturaIAG.m
% CALCULO DE VARIABLES (To,Tm,Tavg,Tp) QUE RELACIONAN EL CONTENIDO EN
FRECUENCIAS Y LA CLASE DE SUELO
% -----
close all; %Cierra todas las ventanas
clear all; %Borrado de variables
clc; %Borrado Command Window
%
% Lectura de fichero que contiene el acelerograma formato IGN
% -----
% CARGAMOS RUTINA LecturaIGN.m
% -----
LecturaIGN
%
% CARGAMOS RUTINA LecturaIAG.m
% -----
LecturaIAG
% Lectura de fichero que contiene el acelerograma formato ESMD
% -----
% CARGAMOS RUTINA Lecturaisedn3
% -----
%Lecturaisedn3
% Borramos las variables
% -----
borra_variables1
%
% Representación Gráfica de las Componentes de los Acelerogramas
% -----
figure(1);
subplot(3,1,1),plot(t,NS,'b'); %Representación componente NS
title('Aceleración Componente Norte-Sur'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente NS'); %Leyenda
subplot(3,1,2),plot(t,EW,'g'); %Representación componente EW
title('Aceleración Componente Este-Oeste'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente EW'); %Leyenda
subplot(3,1,3),plot(t,V,'r'); %Representación componente Vertical
title('Aceleración Componente Vertical'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente V'); %Leyenda
%
% Selección de longitud de ventanas para el análisis
% -----
display('Selección del punto inicial y el punto final de la señal');
[x1,y1]=ginput(2); %Seleccionamos dos puntos para definir la longitud de ventana

```

Rutinas de Matlab

```

display('Selección del punto final del preevento de la señal');
[x1o,y1o]=ginput(1);           %Seleccionamos un punto para definir el final del preevento
%print -djpeg90 figure(1).jpg
%
% OFFSETS
% Se realiza mediante la corrección de la línea base.
% Corrección de la línea base para evitar la desviación de los acelerogramas respecto al eje X (al
centro).
% Línea base fuera de la amplitud cero). Esto se realiza extrayendo la amplitud media a todo el
registro.
% Es la media aritmética de los valores divididos entre estos.
% -----
% Entrada de datos
% -----
ntermtmp=x1o(1,1);             %Punto final del preevento (señal) en segundos, de la
coordenada x (variable temporal)
nterm=ntermtmp/dt;            %Número de términos a tomar nterm/dt
% Calculo de Offsets componente NS
termNS=NS(1:nterm,:);         %Términos de la componente NS correspondientes al
preevento
medNS=sum(termNS)/nterm;      %Media de la sumatoria de los términos
offsNS=NS-medNS;              %Restamos a la componente NS la media
% Calculo de Offsets componente EW
termEW=EW(1:nterm,:);         %Términos de la componente EW
medEW=sum(termEW)/(nterm);    %Media de la sumatoria de los términos
offsEW=EW-medEW;              %Restamos a la componente EW la media
% Calculo de Offsets componente Vertical
termV=V(1:nterm,:);          %Términos de la componente Vertical
medV=sum(termV)/(nterm);      %Media de la sumatoria de los términos
offsV=V-medV;                 %Restamos a la componente Vertical la media
%
% Representación Gráfica de las Componentes del Acelerograma Sin Offsets
% -----
figure(2);
subplot(3,1,1),plot(t,offsNS,'b');           %Representación componente NS
title('Aceleración Componente Norte-Sur Señal sin Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo');     %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]');          %Título eje Y
grid on;                                     %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente NS');       %Leyenda
subplot(3,1,2),plot(t,offsEW,'g');          %Representación componente EW
title('Aceleración Componente Este-Oeste Señal sin Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo');     %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]');          %Título eje Y
grid on;                                     %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente EW');       %Leyenda
subplot(3,1,3),plot(t,offsV,'r');          %Representación componente
Vertical
title('Aceleración Componente Vertical Señal sin Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo');     %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]');          %Título eje Y
grid on;                                     %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente NS');       %Leyenda
%print -djpeg90 figure(2).jpg
%
% Representación Gráfica Orden de Magnitud Señal Offsets
% -----
figure(3);
subplot(3,1,1),plot(t,NS-offsNS,'b');       %Representación componente NS
title('Componente Norte-Sur Señal Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo');     %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]');          %Título eje Y

```

Rutinas de Matlab

```

grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente NS'); %Leyenda
subplot(3,1,2),plot(t,EW-offsEW,'g'); %Representación componente EW
title('Componente Este-Oeste Señal Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente EW'); %Leyenda
subplot(3,1,3),plot(t,V-offsV,'r'); %Representación componente
Vertical
title('Componente Vertical Señal Offsets'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%legend('Aceleración Componente V'); %Leyenda
%print -djpeg90 figure(3).jpg
% -----
% Renombramos variables después de la representación
NS=offsNS;
EW=offsEW;
V=offsV;
%
% Cálculo PGA y PGV
% -----
% Aceleración
% -----
ah=sqrt(NS.*NS+EW.*EW); %Calcula el módulo de la aceleración
PGA=max(ah); %Calcula el PGA=máximo valor del modulo de la
aceleración
figure(17) %Figura
plot(t,ah); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('PGA'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración [cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
% Velocidad
% -----
ax=but_hp2(0.2,dt,NS); %Filtra entre 0.1 y 20Hz la componente NS
ax=but_lp2(20,dt,ax);
vx=integra(NS,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente NS
ay=but_hp2(0.2,dt,EW); %Filtra entre 0.1 y 20Hz la componente EW
ay=but_lp2(20,dt,ay);
vy=integra(EW,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente EW
az=but_hp2(0.2,dt,V); %Filtra entre 0.1 y 20Hz la componente V
az=but_lp2(20,dt,az);
vz=integra(V,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente V
vh=sqrt(vx.*vx+vy.*vy); %Calcula el módulo de la velocidad (Componentes
Horizontales)
PGV=max(vh); %Calcula el PGV=máximo valor del modulo de la velocidad
figure(18) %Figura
plot(t,vh); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('PGV'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Velocidad [cm/s]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
% Desplazamiento
% -----
vxx=integra(vx,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente NS
vyy=integra(vy,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente EW
vzz=integra(vz,dt); %Integra por la regla trapezoidal la componente V
dh=sqrt(vxx.*vxx+vyy.*vyy); %Calcula el módulo de la velocidad
PGD=max(dh); %Calcula el PGV=máximo valor del modulo de la velocidad

```

Rutinas de Matlab

```

figure(19) %Figura
plot(t,dh); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('PGD'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Velocidad [cm]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
% Relación PGA/PGV
% -----
RPG=(PGA/PGV); % Peak Ground Relation (RPG)
%
% FOURH
% -----
% Calcula la FFT componente horizontal NS
% -----
sf=1/dt; %Sampling Frequency (dato del acelerograma)
cv=x1(2,1)-x1(1,1); %Longitud de ventana. Dependerá de cada registro
n=cv*sf; %Número de puntos a tomar
NSt=[NS,t]; %Matriz componente NS y tiempo
NSmin=find(NSt(:,2)<=x1(1,1)); %Buscamos los índices inferiores a x1(1,1)
NSmax=find(NSt(:,2)>=x1(2,1)); %Buscamos los índices superiores a x1(2,1)
NS(NSmax)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
NS(NSmin)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
y=NS; %Renombramos componente
yl=length(y); %Longitud de la componente
w=hamming(yl); %Ventana Hamming con la longitud de la componente
yw=y.*w; %Aplica Hamming
figure(4) %Figura
plot(t:(n+yl-1),yw,'b'); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('Ventana Aceleración Componente NS con Hamming'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
NFFT=2^nextpow2(yl); %Potencia de 2 más cercana a la longitud de y
Y=fft(yw,NFFT); %Calcula la FFT de la ventana (con Hamming incluido)
componente NS
TTY=abs(Y)*dt; %Tomamos la parte real de la FFT .Calcular la densidad
espectral de potencia (medida de la energía en varias frecuencias)
%
%Suavizado de la señal (después del cálculo de la FFT)
%-----
if yl>2048; %Definimos los niveles de suavizado para la densidad de puntos de la FFT
    span=40; %Para 2048 definimos un span de 40 para la componente vertical y 20 para
las horizontales
elseif yl<2048; %Para 1024 y 512 definimos un span de 20 para la componente vertical y 10
para las horizontales
    span=20;
end
TY=smooth(TTY,span/2,'rloess');
%
f=sf*(1:yl/2)/yl; %Frecuencia de cálculo
figure(5) %Figura
plot(f,TY(1:yl/2),'b'); %Representa la FFT componente Norte-Sur. Se toman solo
la mitad de puntos 1024
xlim([0 50]); %Limites de representación
title('Espectro de Potencia Componente Norte-Sur'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('FFT Componente NS'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%f=f;
%
% Calcula la FFT componente horizontal EW
% -----

```

Rutinas de Matlab

```

EWt=[EW,t]; %Matriz componente EW y tiempo
EWmin=find(EWt(:,2)<=x1(1,1)); %Buscamos los índices inferiores a x1(1,1)
EWmax=find(EWt(:,2)>=x1(2,1)); %Buscamos los índices superiores a x1(2,1)
EW(EWmax)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
EW(EWmin)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
x=EW; %Renombramos componente
xl=length(x); %Longitud de la componente
w=hamming(xl); %Ventana Hamming con la longitud de la componente
xw=x.*w; %Aplica Hamming
figure(6) %Figura
plot(t(n:n+xl-1),xw,'g'); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('Ventana Aceleración Componente EW con Hamming'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
NFFT=2^nextpow2(xl); %Potencia de 2 más cercana a la longitud de y
X=fft(xw,NFFT); %Calcula la FFT de la ventana (con Hamming
incluido) componente EW
TXX=abs(X)*dt; %Tomamos la parte real de la FFT .Calcular la
densidad espectral de potencia (medida de la energía en varias frecuencias)
%
%Suavizado de la señal (después del cálculo de la FFT)
%-----
if xl>2048; %Definimos los niveles de suavizado para la densidad de puntos de la FFT
    span=40; %Para 2048 definimos un span de 40 para la componente vertical y 20 para
las horizontales
elseif xl<2048; %Para 1024 y 512 definimos un span de 20 para la componente vertical y 10
para las horizontales
    span=20;
end
TX=smooth(TXX,span/2,'rloess');
%
f=sf*(1:xl/2)/xl; %Frecuencia de cálculo
figure(7) %Figura
plot(f,TX(1:xl/2),'g'); %Representa la FFT componente Este-Oeste.Se toman solo
la mitad de puntos 1024
xlim([0 50]); %Limites de representación
title('Espectro de Potencia Componente Este-Oeste'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('FFT Componente EW'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%f=f;
%
% Calcula la FFT componente Vertical V
% -----
Vt=[V,t]; %Matriz componente V y tiempo
Vmin=find(Vt(:,2)<=x1(1,1)); %Buscamos los índices inferiores a x1(1,1)
Vmax=find(Vt(:,2)>=x1(2,1)); %Buscamos los índices superiores a x1(2,1)
V(Vmax)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
V(Vmin)=[]; %Eliminamos los índices mínimos de la matriz
z=V; %Renombramos componente
zl=length(z); %Longitud de la componente
w=hamming(zl); %Ventana Hamming con la longitud de la componente
zw=z.*w; %Aplica Hamming
figure(8) %Figura
plot(t(n:n+zl-1),zw,'r'); %Representa la ventana con Hamming aplicado
title('Ventana Aceleración Componente V con Hamming'); %Título de la figura
xlabel('Tiempo Centésimas de Segundo'); %Título eje X
ylabel('Aceleración Gal[cm/s^2]'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
NFFT=2^nextpow2(zl); %Potencia de 2 más cercana a la longitud de y

```

Rutinas de Matlab

```

Z=fft(zw,NFFT); %Calcula la FFT de la ventana (con Hamming incluido)
componente V
TZZ=abs(Z)*dt; %Tomamos la parte real de la FFT .Calcular la densidad
espectral de potencia (medida de la energía en varias frecuencias)
%
%Suavizado de la señal (después del cálculo de la FFT)
%-----
if zl>2048; %Definimos los niveles de suavizado para la densidad de puntos de la FFT
    span=40; %Para 2048 definimos un span de 40 para la componente vertical y 20 para las
    horizontales
elseif zl<2048; %Para 1024 y 512 definimos un span de 20 para la componente vertical y 10 para las
    horizontales
    span=20;
end
TZ=smooth(TZZ,span/2,'rloess');
%
f=sf*(1:zl/2)/zl; %Frecuencia de cálculo
figure(9) %Figura
plot(f,TZ(1:zl/2),'r'); %Representa la FFT componente Vertical. Se toman solo la
mitad de puntos 1024
xlim([0 50]); %Limites de representación
title('Espectro de Potencia Componente Vertical'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('FFT Componente V'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
f=f;
%
% Calcula la FFT combinada horizontal componente NS-EW
% -----
TH=sqrt(TX.*TX+TY.*TY); %Calcula la trasformada combinada de las dos
componentes NS/EW
figure(10) %Figura
plot(f,TH(1:yl/2),'k'); %Representa el espectro de potencia de la
combinada de las dos componente NS/EW
xlim([0 50]); %Limites de representación
title('Espectro de Potencia Combinado Norte-Sur/Este-Oeste'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('FFT Combinada NS-EW'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
%
% Caracterización del contenido en Frecuencia
% -----
%Calculo de fbw, Tp, Tm, To y Tavg
% -----
%
% Dominant spectral period (Tp)
% -----
%Cmax=max(Ci)
%
% Busco el índice máximo de la matriz de coeficientes combinados y veo a que frecuencia corresponde.
[MaximoTH,IndicemaxTH]=max(TH(1:yl/2)); %Busco el máximo en la matriz de coef. combinados
maxTHf=[TH(1:(yl/2)),f]; %Matriz de coef. combinados y frecuencias
Maximaf=(f(IndicemaxTH)); %Busco el indice del coef. combinado máximo en la matriz
frecuencias para ver la frecuencia máxima
fp=Maximaf;
Tp=(1/fp); %Periodo dominante
%
% Mean period (Tm)
% -----
indfmax=max(find(f<20)); %Tomamos las frecuencias menores de 20Hz de f
indfmin=max(find(f<0.25)); %Tomamos las frecuencias mayores de 0.25Hz de f

```

Rutinas de Matlab

```

wlinfmin=min(find(f));
if indfmin~=[];
    Tfi=(1./f(indfmin:indfmax));      %Frecuencias comprendidas entre 0.25Hz<=fi<=20Hz
else indfmin=wlinfmin
    Tfi=(1./f(indfmin:indfmax));
end
Tm=sum(TH(indfmin:indfmax).^2.*(Tfi))/(sum(TH(indfmin:indfmax).^2)); %Periodo principal
%
% Smoothed Spectral Dominant Period (To)
% -----%
% CARGAR RUTINA ERAAL.m (Escala logarítmica)
%
ERAAL
%
% Cálculo del PGA. Valores máximos del PGA Componente NS - EW
PGANSTo=max(abs(arNS));              %Calculamos el PGA de la componente NS
PGAEWTo=max(abs(arEW));              %Calculamos el PGA de la componente EW
LT=LT';                               %Trasponemos la matriz
saNS=saNS';                           %Trasponemos la matriz
saEW=saEW';                           %Trasponemos la matriz
% Espectro de respuesta absoluta de aceleración normalizado
sa=sqrt((saNS./PGANSTo).*(saEW./PGAEWTo));
% Eliminamos los índices de sa>=1.2 y eliminamos los índices de Ti=LT con un sa/PGA>=1.2
indsamax=find(sa<=1.2)                %Eliminamos los índices inferiores a sa<=1.2
sa(indsamax)=[];                       %Eliminamos los índices de la matriz
LT(indsamax)=[];                       %Eliminamos los índices de la matriz
To=sum(LT.*(log(sa)))/sum(log(sa));     %Periodo suavizado
%
% Average Spectral Period (Tavg)
% -----
% CARGAR RUTINA ERAAA.m (Escala aritmética)
%
ERAAA
%
% Cálculo del PGA. Valores máximos del PGA Componente NS - EW
PGANSTavg=max(abs(arNS));              %Calculamos el PGA de la componente NS
PGAEWTAvg=max(abs(arEW));              %Calculamos el PGA de la componente EW
AT=AT';                               %Trasponemos la matriz
% Espectro de aceleración absoluta
sa=sqrt((saNS./PGANSTavg).*(saEW./PGAEWTAvg));
Tavg=sum(AT.*(sa).^2)/sum((sa).^2);    %Calculo del Tavg
%
% Implementación de la razón espectral H/V de Nakamura
% -----%
% Marca de agua (water level)
% -----
MAXTZ=max(TZZ);                        %Buscamos el valor máximo de la FFT de la componente Vertical
wl=0.05*MAXTZ;                          %Fijamos el valor mínimo en el 5% del máximo valor
THH=sqrt(TXX.*TXX+TTY.*TTY);            %Calculamos la combinación de las componentes horizontales
[valor,indice]=find(TZZ<wl);           %Buscamos los valores y los índices que están por debajo del water
level
if (valor)~=[];                          %Si existe algún valor (ósea, es distinto de cero),entonces
    TZZ(valor)=[wl];                     %sustituimos el valor por el water level
    SMM=THH./TZZ;                         %Entonces la calcula la razón espectral H/V con la componente vertical
    modificada
else SMM=THH./TZZ;                       %En caso contrario, no modifica la componente vertical y calcula la H/V
end
SM=SMM;
%
% Representación grafica de la relación H/V en función de la Frecuencia y del Periodo.
% -----
%Frecuencia

```

Rutinas de Matlab

```

%-----
figure(11) %Figura
plot(f,SM(1:y1/2),'m'); %Representa relación H/V
title('Relación H/V'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('H/V Amplitud'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
legend('Amplitud H/V'); %Leyenda
%Periodo
%-----
figure(12) %Figura
plot(1./f,SM(1:y1/2),'m'); %Representa relación H/V
title('H/V'); %Título de la figura
xlabel('Periodo [Hz]'); %Título eje X
ylabel('H/V Amplitud'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
legend('Amplitud H/V'); %Leyenda
%
% Representación gráfica del espectro de potencia de las tres componentes
% NS, EW, V y la combinada horizontal NS-EW
% -----
figure(13) %Figura
plot(f,TY(1:y1/2),'-b'); %Espectro de potencia componente NS
xlim([0 50]);
grid on; %Activa líneas auxiliares
title('Espectro Potencia Comp. NS EW V Comb.NS-EW');%Título de la figura
xlabel('Frecuencia (Hz)'); %Título eje X
ylabel('H/V Amplitud'); %Título eje Y
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TX(1:y1/2),'-g'); %Espectro de potencia componente EW
xlim([0 50]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TZ(1:y1/2),'-r'); %Espectro de potencia componente Vertical
xlim([0 50]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TH(1:y1/2),'k'); %Espectro de potencia combinada componentes
horizontales NS-EW
xlim([0 50]);
hold off; %No mantiene la figura en pantalla
legend('Componente NS','Componente EW','Componente V','Combinada Componente NS-EW');
%Leyenda
%
% Representación gráfica del espectro de potencia de la relación H/V, componentes horizontales NS,
% EW y la combinada horizontal NS-EW. Representación en función de la Frecuencia y del Periodo.
% -----
%Frecuencia
%-----
figure(14) %Figura
plot(f,SM(1:y1/2),'m'); %Espectro de potencia relación H/V
xlim([0 60]);
grid on; %Activa líneas auxiliares
title('Relación H/V - Espectro Comp. NS EW V'); %Título de la figura
xlabel('Frequency [Hz]'); %Título eje X
ylabel('Comb.NS-EW Comp. NS EW V y H/V Amplitud'); %Título eje Y
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TY(1:y1/2)./TZ(1:y1/2),'-b'); %Espectro de potencia componente NS
xlim([0 60]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TX(1:y1/2)./TZ(1:y1/2),'-g'); %Espectro de potencia componente EW
xlim([0 60]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
% plot(f,TZ(1:y1/2)./TZ(1:y1/2),'-r'); %Espectro de potencia componente Vertical

```


Rutinas de Matlab

```

% hold off; %No mantiene la figura en pantalla
legend('H/V Amplitud','Componente NS','Componente EW','Componente V'); %Leyenda
%
%Periodo
%-----
figure(15) %Figura
plot(1./f,SM(1:y/2),'m'); %Espectro de potencia relación H/V
xlim([0 1]);
grid on; %Activa líneas auxiliares
title('Relación H/V - Espectro Comp. NS EW V'); %Título de la figura
xlabel('Period [sec]'); %Título eje X
ylabel('Comb.NS-EW Comp. NS EW V y H/V Amplitud'); %Título eje Y
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(1./f,TY(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-b'); %Espectro de potencia componente NS
xlim([0 1]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(1./f,TX(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-g'); %Espectro de potencia componente EW
xlim([0 1]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
% plot(1./f,TZ(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-r'); %Espectro de potencia componente Vertical
% xlim([0 1]);
% hold off; %No mantiene la figura en pantalla
legend('H/V Amplitud','Componente NS','Componente EW','Componente V'); %Leyenda
%
%Frecuencia
%-----
figure(16) %Figura
plot(f,SM(1:y/2),'m'); %Espectro de potencia relación H/V
xlim([0 50]);
grid on; %Activa líneas auxiliares
title('Relación H/V - Espectro Comp. NS EW V'); %Título de la figura
xlabel('Frecuencia [Hz]'); %Título eje X
ylabel('Comb.NS-EW Comp. NS EW V y H/V Amplitud'); %Título eje Y
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TY(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-b'); %Espectro de potencia componente NS
xlim([0 50]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
plot(f,TX(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-g'); %Espectro de potencia componente EW
xlim([0 50]);
hold on; %Mantiene la figura en pantalla
% plot(f,TZ(1:y/2)./TZ(1:y/2),'-r'); %Espectro de potencia componente Vertical
% xlim([0 50]);
% hold off; %No mantiene la figura en pantalla
legend('H/V Amplitud','Componente NS','Componente EW'); %Leyenda
%
% Cálculo del Periodo Predominante de la Razón Espectral Mediante el Método de Máximo valor del
Espectro de Amplitud de Fourier.
% -----
% Periodo dominante (Tp)
% -----
%Cmax=max(Ci)
% Busco el índice máximo de la matriz de coeficientes combinados y veo a que frecuencia corresponde.
[MaximoSM,IndicemaxSM]=max(SM(1:y/2)); %Busco el máximo en la matriz de la razón espectral
H/V=SM=TH./TV
maxSMf=[SM(1:y/2),f]; %Matriz de coef. combinados y frecuencias
MaximafSM=(f(IndicemaxSM)); %Busco el índice del coef. combinado máximo en la matriz
frecuencias para ver la frecuencia máxima
fpSM=MaximafSM; %Renombro
TpSM=(1/fpSM); %Periodo dominante
%
% Borrarnos las variables
% -----

```

Rutinas de Matlab

```

borra_variables2
clc;
%
% ParametrosHV=[Tp,Tm,To,Tavg,TpSM,RPG];
%
% Primera aproximación: clasificación en función de Tp
% -----
% Primera aproximación = fapp Valor numérico asig.
% -----
% Site class A: A 0.1<=Tp      A=1
% Site class B: B 0.1<Tp<=0.2s  B=2
% Site class C: C1 0.2<Tp<=0.4s  C1=3
%           C2 0.4<Tp<=0.5s  C2=4
%           C3 0.5<Tp<=0.8s  C3=5
% Site class D: D1 0.8<Tp<=1.4s  D1/D2=6
%           D2 0.8<Tp<=1.4s  D1/D2=6
%           D3 1.4<Tp<=2.0s  D3=7
%           Periodo>2s:      =8
if Tp<=[0.1];
    fapp=[1];      %Clase A
elseif Tp>[0.1];
    Tp<=[0.2];
    fapp=[2];      %Clase B
elseif Tp>[0.2];
    Tp<=[0.4];
    fapp=[3];      %Clase C1
elseif Tp>[0.4];
    Tp<=[0.5];
    fapp=[4];      %Clase C2
elseif Tp>[0.5];
    Tp<=[0.8];
    fapp=[5];      %Clase C3
elseif Tp>[0.8];
    Tp<=[1.4];
    fapp=[6];      %Clase D1/D2
% elseif Tp<[0.8];
%   Tp<=[1.4];
%   fapp=['D-2'];
elseif Tp>[1.4];
    Tp<=[2.0];
    fapp=[7];      %Clase E
elseif Tp>2;
    fapp=[8];      %Clase Periodo>2s
end
Siteclass1=fapp;
%
% Segunda aproximación: Clasificación del suelo según parámetros Tm, To, Tavg Rathje et al. (2004)
% -----
% For Tm:  $\ln(Tm) = -1+0.18*(Mw-6)+0.0038*R+0.078*Sc+0.27*Sd$ 
% For Tavg:  $\ln(Tavg) = -0.89+0.29*(Mw-6)+0.003*R+0.07*Sc+0.25*Sd$ 
% For To:  $\ln(To) = -1.78+0.3*(Mw-6)+0.0045*R+0.15*Sc+0.33*Sd$ 
%
% Definición de variables del terremoto
% -----
Mw=input('Momento magnitud terremoto (Mw):'); %En realidad es Magnitud coda con lo que trabaja
el IAG
R=input('Distancia al plano de ruptura de la falla (Km):');
H=input('Profundidad del sismo (Km):');
Mw=(Mw-0.12)/1.04; %Transformación de Mc a Mw
R=sqrt(R.^2+H^2); %Ajustes con la distancia hipocentral
% For Site class C:
Sc=1;

```

Rutinas de Matlab

```

Sd=0;
Tmc=exp(-1+0.18*(Mw-6)+0.0038*R+0.078*Sc+0.27*Sd);
Tavgc=exp(-0.89+0.29*(Mw-6)+0.003*R+0.07*Sc+0.25*Sd);
Toc=exp(-1.78+0.3*(Mw-6)+0.0045*R+0.15*Sc+0.33*Sd);
% For Site class D:
Sc=0;
Sd=1;
Tmd=exp(-1+0.18*(Mw-6)+0.0038*R+0.078*Sc+0.27*Sd);
Tavgd=exp(-0.89+0.29*(Mw-6)+0.003*R+0.07*Sc+0.25*Sd);
Tod=exp(-1.78+0.3*(Mw-6)+0.0045*R+0.15*Sc+0.33*Sd);
% Se calculan las siguientes distancias euclideas para cada terremoto:
dc=sqrt((Tm-Tmc)^2+(Tavg-Tavgc)^2+(To-Toc)^2);
dd=sqrt((Tm-Tmd)^2+(Tavg-Tavgd)^2+(To-Tod)^2);
%
% Clasificación en tipo de suelo
% -----
% Clase D=0
% clase C=1
if dc>=dd
    Siteclass2=[0];
else dd<dc
    Siteclass2=[1];
end
%
clear Sc Sd ans fapp;
% Zona de Trabajo
% -----
% C:\Users\Gracia\Desktop\ZONA DE TRABAJO\Acelerogramas\ign1
% C:\Users\Gracia\Desktop\ZONA DE TRABAJO\Acelerogramas\ign2
%
in_path=['C:\Users\Gracia\Desktop\ZONA DE TRABAJO\Acelerogramas\ign2\'];
% Directorio de salida de resultados y nombre del fichero de salida
nf=1;          % Número de columnas
resul=[nf,22]; % Matriz de resultados
resul(nf,1)=Mw;
resul(nf,2)=R;
resul(nf,3)=H;
resul(nf,4)=PGA;
resul(nf,5)=PGV;
resul(nf,6)=PGD;
resul(nf,7)=RPG;
resul(nf,8)=Tp;
resul(nf,9)=To;
resul(nf,10)=Tavg;
resul(nf,11)=Tm;
resul(nf,12)=TpSM;
resul(nf,13)=Toc;
resul(nf,14)=Tod;
resul(nf,15)=Tavgc;
resul(nf,16)=Tavgd;
resul(nf,17)=Tmc;
resul(nf,18)=Tmd;
resul(nf,19)=dc;
resul(nf,20)=dd;
resul(nf,21)=Siteclass1;
resul(nf,22)=Siteclass2;
%
%cabe={'Mw','R','PGA','PGV','PGD','RPG','Tp','To','Tavg','Tm','TpSM','Toc','Tod','Tavgc','Tavgd','Tmc','Tmd','dc','dd'}%,'Siteclass1','Siteclass2'}
%resultado=[cabe;resul];
fsalida=[in_path 'resul'];          % Directorio de salida del fichero excel y nombre del fichero
"resul"

```

```

xlswrite(fsalida,resul,'parametros','A1'); % Graba fichero resultados en una hoja nueva
"parámetros" empezando en la B1
%
clear nf resul
close all

```

Algoritmo para ajustar el tipo de suelo C y D

```

% Ajustes parámetros Suelo Tipo C y D
% -----
clc;
close all;
M=data(:,1); %Momento
M(1:10);
R=data(:,2); %Distancia epicentral
H=data(:,3); %Profundidad epicentral
R=sqrt(R.^2+H.^2); %Distancia HIPOCENTRAL
Tp=data(:,4); %Parámetro contenido en frecuencia Tp
To=data(:,5); %Parámetro contenido en frecuencia To
Tavg=data(:,6); %Parámetro contenido en frecuencia Tavg
Tm=data(:,7); %Parámetro contenido en frecuencia Tm
Tphv=data(:,8); %Parámetro contenido en frecuencia Tp H/V
dc=data(:,15); %Aproximación dc suelo tipo c
dd=data(:,16); %Aproximación dd suelo tipo c
sc=data(:,17); %Parámetro sc
sc(1:10); %Coeficiente suelo tipo C
sd=1-sc; %Coeficiente suelo tipo D
sum(sd);
sum(sc);
clc;
T=input('Introducir parámetro a ajustar (To,Tavg,Tm,Tp,Tphv:'); %Introducir el parámetro de ajuste
(To) (Tavg) (Tm) (Tp),sin paréntesis.
Y=log(T);
% Ajuste Definitivo por cada tipo de suelo
% Para un tipo de suelo X=[M-3 R] Ajustamos con robustfit:
% Momento sísmico en función de la distancia X=[M-3 R]
% Parámetro que caracteriza el contenido en frecuencia (To, Tavg, Tm, Tp, TpH/V)
%-----
% s=input('Introducir tipo de suelo a ajustar (sc,sd:'); %Introducir tipo suelo para ajustar sc=C sd=D.
introducir sin paréntesis.
X=[M-3 R];
[c,stat]=robustfit(X,Y); %Ajuste robustfit
% c
% stat
% stat.se
%Representación Gráfica
%-----
% D1=input('Introducir una distancia (D1) cualquiera al hipocentro:'); %Introducimos una distancia
% D2=input('Introducir una distancia (D2) cualquiera al hipocentro:'); %Introducimos una distancia
D1=5; %Distancia 5 km
D2=50; %Distancia 50 km
scatter(M,Y,30,R,'filled'); %Representamos
colorbar;
title('Relación Mw-ln(periodo). Para una distancia de km'); %Título de la figura
xlabel('Mw'); %Título eje X
ylabel('ln(Periodo)'); % Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
hold on;
LT1=c(1)+c(2)*(M-3)+c(3)*D1; %Dibujamos ajuste con la magnitud - distancia 5 km
plot(M,LT1,'r');
hold on;

```

Rutinas de Matlab

```

LT2=c(1)+c(2)*(M-3)+c(3)*D2; %Dibujamos ajuste con la magnitud - distancia 50 km
plot(M,LT2,'b');
hold on
%
% Ajustes de Rathje et al. 2004 suelo tipo c / tipo d
% -----
% RTm=-1+0.18*(M-6)+0.0038*D1+0.078*sc+0.27*sd; %Para Tm
% RTavg=-0.89+0.29*(M-6)+0.003*D2+0.07*sc+0.25*sd; %Para Tavg
% RTo=-1.78+0.3*(M-6)+0.0045*D1+0.15*sc+0.33*sd; %Para To
% plot(M,RTm,'k');
% hold on;
% plot(M,RTavg,'g');
% hold on;
% plot(M,RTo,'b');
legend('Magnitud - ln(Periodo)', 'Ajuste este trabajo To d=50km') %,'Ajuste Rathje et al.
Tavg')%,'Ajuste este trabajo d=50km'); %Leyenda

% Grabacion de datos
% -----
ajuste=[c stat.se]; %Graba datos en una matriz
in_path=['C:\Users\Gracia\Desktop\ZONA DE TRABAJO\']; %Directorio de salida de
resultados y nombre del fichero de salida
fsalida=[in_path 'ajuste']; %Directorio de salida del fichero
excel y nombre del fichero "ajuste"
xlswrite(fsalida,ajuste,'ajustes','A1'); %Graba fichero resultados en una
hoja nueva "ajustes" empezando en la A1
clc;
c
stat
stat.se

% Representación 3D
% -----
[XP,YP]=meshgrid(-1.5:0.2:3,5:10:250); %crea un grid para M y log en un intervalo determinado (M
desde (-1.5 hasta 3 con incrementos de 0.2)
Z=c(1)+c(2)*XP+c(3)*YP; %calcula valores del parámetro
create3D(M-3,R,Y,XP,YP,Z) %lo dibuja en 3D
%
close all;

```

Algoritmo para ajustar el los terremotos en función de los parámetros Dc y Dd

```

% Ajustes parámetros de Vs. dd
% -----
clc;
close all;
Mc=datad(:,1); %Momento suelos tipo c
Md=datad(:,1); %Momento suelos tipo d
Mc(1:10);
Md(1:10);
Rc=datad(:,2); %Distancia epicentral suelo tipo c
Rd=datad(:,2); %Distancia epicentral suelo tipo d
Hc=datad(:,3); %Profundidad epicentral suelo tipo c
Hd=datad(:,3); %Profundidad epicentral suelo tipo d
Rc=sqrt(Rc.^2+Hc.^2); %Distancia HIPOCENTRAL suelo tipo c
Rd=sqrt(Rd.^2+Hd.^2); %Distancia HIPOCENTRAL suelo tipo d
% Tpc=datad(:,4); %Parámetro contenido en frecuencia Tp suelo tipo c
% Tpd=datad(:,4); %Parámetro contenido en frecuencia Tp suelo tipo d
% Toc=datad(:,5); %Parámetro contenido en frecuencia To suelo tipo c

```

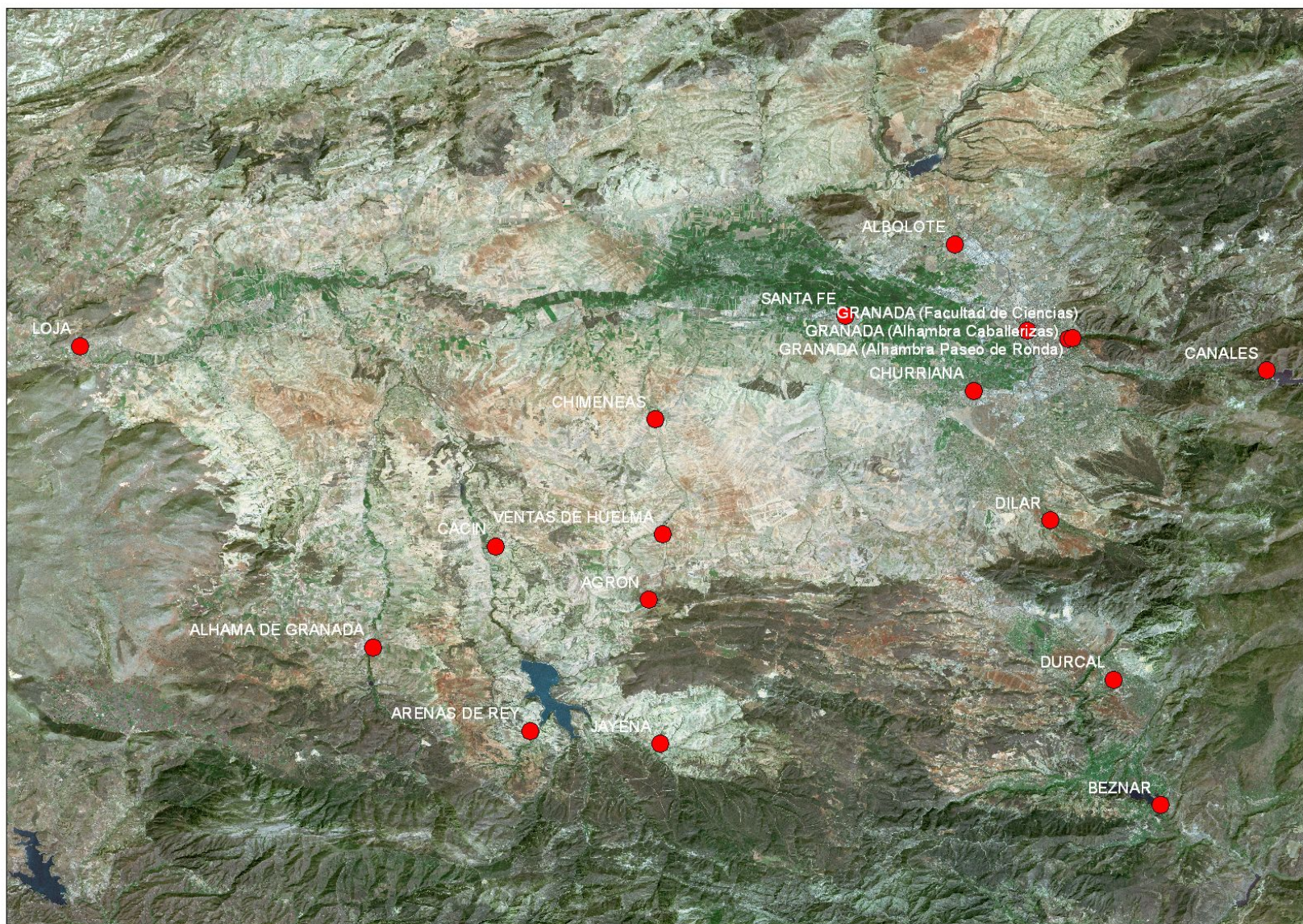
Rutinas de Matlab

```

% Tod=datad(:,5); %Parámetro contenido en frecuencia To suelo tipo d
% Tavgc=datad(:,6); %Parámetro contenido en frecuencia Tavg suelo tipo c
% Tavgd=datad(:,6); %Parámetro contenido en frecuencia Tavg suelo tipo d
% Tmc=datad(:,7); %Parámetro contenido en frecuencia Tm suelo tipo c
% Tmd=datad(:,7); %Parámetro contenido en frecuencia Tm suelo tipo d
% Tphvc=datad(:,8); %Parámetro contenido en frecuencia Tp de H/V suelo tipo c
% Tphvc=datad(:,8); %Parámetro contenido en frecuencia Tp de H/V suelo tipo d
dcc=datad(:,15); %Aproximación dc suelo tipo c
ddc=datad(:,16); %Aproximación dd suelo tipo c
dcd=datad(:,15); %Aproximación dc suelo tipo d
ddd=datad(:,16); %Aproximación dd suelo tipo d
sc=datad(:,17); %Tipo de suelo
sd=datad(:,17); %Tipo de suelo
%
% Ajuste para suelo tipo C en función de dd vs dc (ddd vs. dcd)
% -----
Xc=[Mc-3 dcc]; %Matriz momento coeficiente dd suelo tipo c
[ccc,stat]=robustfit(Xc,dcc); %Ajuste robustfit
Xc=[Mc-3 ddc]; %Matriz momento coeficiente dc suelo tipo c
[ccc,stat]=robustfit(Xc,ddc); %Ajuste robustfit
% Representamos graficamente
% -----
scatter(dcc,ddc,30,'filled'); %Representamos coeficientes dd vs. dc para suelos tipo c
title('Clasificación del tipo de suelo en función de los registros en clase C Y D'); %Título de la figura
xlabel('Dc'); %Título eje X
ylabel('Dd'); %Título eje Y
grid on; %Activa líneas auxiliares
hold on; %Mantenemos la representación para la posterior superposición
%
% Ajuste para suelo tipo D en función de dd vs dc (ddd vs. dcd)
% -----
Xd=[Md-3 ddd]; %Matriz momento coeficiente dd suelo tipo d
[ccc,stat]=robustfit(Xd,ddd); %Ajuste robustfit
Xd=[Md-3 dcd]; %Matriz momento coeficiente dc suelo tipo d
[ccc,stat]=robustfit(Xd,dcd); %Ajuste robustfit
% Representamos graficamente
% -----
scatter(dcd,ddd,30,'filled','r'); %Representamos coeficientes dd vs. dc para suelos tipo d
%colorbar;

```





CATÁLOGO DE ACELEROGRAMAS TRABAJO FIN DE MASTER

Datos del Sismo		Epicentro del Sismo						Datos de la Estación							
Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral (km)	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g, m, l)	(g, m, l)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)				N-S	V	E-W		
ANO 1984															
24/06/1984	14:30	36°50,3' N	03°44,3' W	4,8	4,5	V	5	Almuñécar (GR)	Beznar (GR) Alhama de Granada (GR) Santa Fe (GR)	20,0 28,4 38,6	19,80 12,90 35,00	29,00 13,50 23,40	19,70 15,30 29,70	BEZ24J84.acc ALH24J84.acc STF24J84.acc	bev.dat,bet.dat,bel.dat alv.dat,alt.dat,all.dat stfv.dat,stff.dat,stfl.dat
ANO 1990															
07/11/1990	7:25	36°59,9' N	03°41,2' W	4,1	3,8	V	5	Padul (GR)	Canales (GR) Santa Fe (GR)	17,0 20,0	15,68 14,70	6,86 9,80	14,70 9,80	CAN07N90.acc STF07N90.acc	canales.x,y,z santafe.x,y,z
ANO 1993															
21/03/1993	9:55	37°05,2' N	03°32,9' W	3,2	3,0	NO SENTIDO	3	Zubia (GR)	P° de Ronda (Alhambra, GR)	10,8	4,33	3,89	3,07	RON21M93.acc	RON21M93.SSA
21/03/1993	10:01	37°04,9' N	03°32,1' W	3,7	3,4	III	2	Zubia (GR)	Comares (Alhambra, GR) Caballerizas (Alhambra, GR)	11,8 11,8	10,68 4,80	8,10 2,41	8,34 2,13	COM21M93_2.acc CAB21M93.acc	CMA21M93_2.SSA CAB21M93.SSA
22/12/1993	20:11	37°00,7' N	03°56,7' W	3,7	3,4	III-IV	3	Arenas del Rey (GR)	Alhama de Granada (GR) Ventas de Huelma (GR) Albolote (GR)	3,6 12,8 36,7	2,20 4,49 0,84	2,71 5,05 0,83	1,57 5,30 0,95	ALH22D93.acc VDH22D93.acc ALB22D93.acc	ALH22D93.SSA VDH22D93.SSA ALB22D93.SSA
23/12/1993	14:22	36°46,8' N	02°56,2' W	5,0	4,7	VI-VII	8	Adra (AL)	Adra (AL) Motril (GR) P° de Ronda (Alhambra, GR) Comares (Alhambra, GR) Caballerizas (Alhambra, GR) Fac. Ciencias (GR) Churriana (GR) Jayena (GR) Albolote (GR) Santa Fe (GR) Ventas de Huelma (GR) Alhama (GR) Vera (AL) Málaga (MA) Lorca (MU) Carmona (SE)	7,5 54,1 73,0 73,0 73,1 75,1 75,2 81,2 81,2 83,1 85,0 96,7 108,1 131,8 148,3 251,6	23,68 17,35 4,53 16,01 7,28 0,91 7,63 7,70 1,65 4,41 1,65 0,40 1,58 0,34 0,84 0,63	18,90 5,75 4,13 7,62 3,13 0,39 3,55 4,89 0,84 2,97 1,35 0,35 1,03 0,36 0,53 0,53	25,00 14,47 6,40 17,88 6,80 0,81 6,78 11,93 1,66 5,29 2,93 0,35 1,73 0,58 0,74 0,53	ADR23D93.acc MOT23D93.acc RON23D93.acc COM23D93.acc CAB23D93.acc FAC23D93.acc CHU23D93.acc JAY23D93.acc ALB23D93.acc STF23D93.acc VEN23D93.acc ALH23D93.acc VER23D93.acc MAL23D93.acc LOR23D93.acc CAR23D93.acc	ADR23D93.SSA MOT23D93.SSA CMB23D93.SSA CMA23D93.SSA CAB23D93.SSA FAC23D93.SSA CHU23D93.SSA JAY23D93.SSA ALB23D93.SSA STF23D93.SSA VDH23D93.SSA ALH23D93.SSA VER23D93.SSA MAL23D93.SSA LOR23D93.SSA CAR23D93.SSA
23/12/1993	18:00	36°44,3' N	02°59,1' W	4,1	3,8	III-IV	2	Adra (AL) Motril (GR)	Adra (AL) Motril (GR)	2,9 49,5	3,39 2,01	1,71 1,11	3,77 2,17	ADR23D93_2.acc MOT23D93_2.acc	ADR23D93_2.SSA MOT23D93_2.SSA
ANO 1994															
08/01/1994	22:48	37°04,1' N	03°54,3' W	3,8	3,5	III-IV	1	Alh. de Granada (GR)	Ventas de Huelma (GR) Alhama de Granada (GR) Torre de Comares (GR) Albolote (GR) Facultad de Ciencias (GR) Chimeneas (GR)	7,5 10,0 30,0 28,1 28,3 10,3	3,00 1,13 2,29 1,55 0,54 4,49	3,32 2,03 2,03 1,01 0,70 4,21	5,72 1,02 1,79 1,09 0,49 4,90	VEN08E94.acc ALH08E94.acc CMA08E94.acc ALB08E94.acc FAC08E94.acc CHI08E94.acc	VDH08E94.SSA ALH08E94.SSA CMA08E94.SSA ALB08E94.SSA FAC08E94.SSA CHI08E94.SSA
24/02/1994	1:05	37°11,8' N	03°42,6' W	2,8	2,6	NO SENTIDO	3	Vegas del Genil (GR)	Santa Fe (GR) Albolote (GR)	0,9 6,2	2,71 0,38	4,31 0,20	2,76 0,22	STF24F94.acc ALB24F94.acc	STF24F94.SSA ALB24F94.SSA
06/12/1994	9:28	37°07,8' N	03°36,7' W	3,2	3,0	II-III	3	Granada (GR)	Churriana (GR) Comares (Alhambra, GR) Fac. de Ciencias (GR)	3,6 5,7 5,9	5,25 3,00 0,71	3,87 2,59 0,26	5,42 3,04 0,64	CHU06D94.acc COM06D94.acc FAC06D94.acc	CHU06D94.SSA CMA06D94.SSA FAC06D94.SSA
ANO 1995															
17/03/1995	14:04	37°10,5' N	03°46,4' W	4,0	3,7	IV	2	Chimeneas (GR)	Santa Fe (GR) Chimeneas (GR) Churriana (GR) Albolote (GR) Ventas de Huelma (GR) Fac. de Ciencias (GR) Caballerizas (Alhambra, GR) Agrón (GR) P° de Ronda (Alhambra, GR) Comares (Alhambra, GR) Cacín (GR) Dílar (GR) Arenas del Rey (GR) Durcal (GR) Guadix (GR)	5,3 6,3 11,8 12,2 12,6 14,2 16,2 16,1 16,4 16,4 17,6 18,8 26,4 27,9 59,3	19,78 28,06 8,04 3,04 2,25 1,13 3,92 4,00 2,93 15,93 6,20 4,27 5,87 1,86 0,75	27,94 18,17 5,90 1,83 3,71 0,64 3,31 3,16 2,91 10,39 4,38 3,65 3,72 2,35 0,30	22,10 15,30 12,03 1,52 3,91 1,20 4,39 4,15 3,82 9,91 4,60 4,55 5,73 1,60 0,46	STF17M95.acc CHI17M95.acc CHU17M95.acc ALB17M95.acc VEN17M95.acc FAC17M95.acc CAB17M95.acc AGR17M95.acc RON17M95.acc COM17M95.acc CAC17M95.acc DIL17M95.acc ARE17M95.acc DUR17M95.acc GDX17M95.acc	STF17M95.SSA CHI17M95.SSA CHU17M95.SSA ALB17M95.SSA VEN17M95.SSA FAC17M95.SSA CAB17M95.SSA AGR17M95.SSA CMB17M95.SSA CMA17M95.SSA CAC17M95.SSA DIL17M95.SSA ARE17M95.SSA DUR17M95.SSA GDX17M95.SSA
12/04/1995	6:46	37°00,1' N	03°41,2' W	3,2	3,0	II-III	2	Albuñuelas (GR)	Durcal (GR) Agrón (GR)	11,0 13,6	1,71 3,56	1,24 3,41	1,39 2,20	DUR12A95.acc AGR12A95.acc	DUR12A95.SSA AGR12A95.SSA

Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g, m, l)	(g, m, l)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)			(km)	N-S	V	E-W		
27/07/1995	9:40	37°00,4'N	03°38,9'W	2,9	2,7	NO SENTIDO	2	Padul (GR)	Durcal (GR) Dilar (GR)	7,7 8,8	1,06 2,15	1,04 1,13	0,71 1,47	DUR27L95.acc DIL27L95.acc	DUR27L95.SSA DIL27L95.SSA
28/09/1995	15:02	36°58,2'N	03°43,9'W	3,6	3,3	II-III	1	Jayena (GR)	Agrón (GR) Durcal (GR) Arenas del Rey (GR) Dilar (GR) Cacín (GR) Chimeneas (GR) Comares (Alhambra, GR)	11,1 15,0 15,8 16,5 19,3 19,9 26,5	3,74 1,28 3,75 4,18 2,32 2,39 2,03	5,39 1,22 2,80 1,89 1,53 0,93 1,39	3,86 1,65 5,29 1,94 2,08 3,19 1,39	AGR28S95.acc DUR28S95.acc ARE28S95.acc DIL28S95.acc CAC28S95.acc CHI28S95.acc COM28S95.acc	AGR28S95.SSA DUR28S95.SSA ARE28S95.SSA DIL28S95.SSA CAC28S95.SSA CHI28S95.SSA CMA28S95.SSA
ANO 1996															
09/01/1996	7:36	37°03,2' N	03°55,4' W	3,8	3,5	IV	3	Cacín (GR)	Alhama de Granada (GR) Ventas de Huelma (GR) Chimeneas (GR) Agrón (GR) Cacín (GR) Loja (GR) Arenas del Rey (GR) Dilar (GR) Durcal (GR)	7,6 9,3 12,7 15,1 22,6 23,3 24,2 28,8 32,7	1,90 2,96 5,78 7,20 29,81 4,23 4,38 0,94 0,43	2,66 3,98 2,25 8,38 17,54 1,57 3,64 0,61 0,66	1,28 4,42 5,83 5,17 32,16 3,61 5,14 0,70 0,45	ALH09E96.acc VEN09E96.acc CHI09E96.acc AGR09E96.acc CAC09E96.acc LOJ09E96.acc ARE09E96.acc DIL09E96.acc DUR09E96.acc	ALH09E96.SSA VDH09E96.SSA CHI09E96.SSA AGR09E96.SSA CAC09E96.SSA LOJ09E96.SSA ARE09E96.SSA DIL09E96.SSA DUR09E96.SSA
24/01/1996	8:36	36°53,4' N	03°42,8' W	3,3	3,1	III	8	SW Albuñuelas (GR)	Durcal (GR) Arenas del Rey (GR) Dilar (GR)	17,0 19,2 22,9	2,08 2,01 0,78	1,10 2,13 0,84	2,46 3,78 0,87	DUR24E96.acc ARE24E96.acc DIL24E96.acc	DUR24E96.SSA ARE24E96.SSA DIL24E96.SSA
16/04/1996	22:43	37°36,9' N	04°39,5' W	4,1	3,8	V-VI	8	Montilla (CO)	Montilla (CO) Loja (GR) Carmona (SE) Cacín (GR) Alhama de Granada (GR) Chimeneas (GR) Santa Fe (GR) Ventas de Huelma (GR) Agrón (GR) Arenas del Rey (GR) Málaga (MA) Churriana (GR) Jayena (GR) Algodonales (GR) Dilar (GR) Durcal (GR) Sevilla (SE) Estepona (MA) Guadix (GR)	3,5 67,4 87,4 89,1 90,3 91,2 95,7 95,9 97,1 97,7 100,9 103,6 104,6 104,8 111,1 119,4 120,5 139,2 139,5	13,50 3,58 9,53 2,66 1,43 4,85 2,36 1,18 2,07 3,42 1,00 3,00 1,72 1,84 1,88 1,38 2,27 0,46 1,41	10,27 2,06 9,48 1,53 0,90 0,91 1,73 2,09 2,09 2,10 0,56 0,98 2,19 2,43 1,59 1,24 3,10 0,42 1,25	10,45 3,62 13,92 3,44 1,11 3,95 2,31 2,09 2,09 3,03 0,95 2,78 2,19 2,43 1,59 1,24 3,10 0,42 1,25	MON16A96.acc LOJ16A96.acc CAR16A96.acc CAC16A96.acc ALH16A96.acc CHI16A96.acc STF16A96.acc VDH16A96.acc AGR16A96.acc ARE16A96.acc MAL16A96.acc CHU16A96.acc JAY16A96.acc ALG16A96.acc DIL16A96.acc DUR16A96.acc SEV16A96.acc EST16A96.acc GDX16A96.acc	MON16A96.SSA LOJ16A96.SSA CAR16A96.SSA CAC16A96.SSA ALH16A96.SSA CHI16A96.SSA STF16A96.SSA VDH16A96.SSA AGR16A96.SSA ARE16A96.SSA MAL16A96.SSA CHU16A96.SSA JAY16A96.SSA ALG16A96.SSA DIL16A96.SSA DUR16A96.SSA SEV16A96.SSA EST16A96.SSA GDX16A96.SSA
28/12/1996	7:30	37°09,2'N	03°44,1'W	4,3	4,0	V		Chimeneas (GR)	Santa Fe (GR) Churriana (GR) Chimeneas (GR) Albolote (GR) Fac. de Ciencias (GR) Ventas de Huelma (GR) Caballerizas (Alhambra, GR) Comares (Alhambra, GR) Pº de Ronda (Alhambra, GR) Dilar (GR) Cacín (GR) Jayena (GR) Durcal (GR) Alhama de Granada (GR) Guadix (GR) Ugijar (GR)	4,5 8,0 8,1 11,2 11,2 12,1 13,1 13,1 13,1 14,7 18,9 23,8 23,9 27,6 56,8 64,3	50,12 29,66 19,63 3,72 4,85 10,34 13,45 45,07 9,15 6,25 10,36 6,28 2,68 1,90 1,84 0,69	52,10 25,15 7,83 3,36 4,14 8,43 12,04 32,30 7,12 6,35 7,12 4,88 3,50 2,21 0,91 1,12	47,49 33,03 34,05 4,42 2,86 12,24 5,66 19,50 7,15 6,02 9,76 6,00 2,43 2,33 1,57 1,05	STF28D96.acc CHU28D96.acc CHI28D96.acc ALB28D96.acc FAC28D96.acc VEN28D96.acc CAB28D96.acc CMA28D96.acc RON28D96.acc DIL28D96.acc CAC28D96.acc JAY28D96.acc DUR28D96.acc ALH28D96.acc GDX28D96.acc UGI28D96.acc	STF28D96.SSA CHU28D96.SSA CHI28D96.SSA ALB28D96.SSA FAC28D96.SSA VDH28D96.SSA CAB28D96.SSA CMA28D96.SSA CMB28D96.SSA DIL28D96.SSA CAC28D96.SSA JAY28D96.SSA DUR28D96.SSA ALH28D96.SSA GDX28D96.SSA UGI28D96.SSA
ANO 1997															
24/02/1997	7:09	37°01,2'N	03°50,0'W	4,4	4,1	IV-V	5	Ventas de Huelma (GR)	Agrón (GR) Ventas de Huelma (GR) Jayena (GR) Cacín (GR) Alhama de Granada (GR) Dilar (GR) Santa Fe (GR) Churriana (GR)	1,4 5,5 7,8 8,6 13,5 21,6 21,6 22,1	100,26 24,59 33,14 14,58 5,62 10,48 7,22 3,86	33,97 17,69 21,31 18,72 4,17 6,17 7,54 3,53	61,35 24,51 42,96 18,16 5,22 7,30 5,23 4,05	AGR24F97.acc VEN24F97.acc JAY24F97.acc CAC24F97.acc ALH24F97.acc DIL24F97.acc STF24F97.acc CHU24F97.acc	AGR24F97.SSA VDH24F97.SSA JAY24F97.SSA CAC24F97.SSA ALH24F97.SSA DIL24F97.SSA STF24F97.SSA CHU24F97.SSA

Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g, m,1)	(g, m,1)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)			(km)	N-S	V	E-W		
									Dúrcal (GR) Fac. de Ciencias (GR) Caballerizas (Alhambra, GR) Pº de Ronda (Alhambra, GR) Comares (Alhambra, GR) Albolote (GR) Loja (GR) Motril (GR) Málaga (MA) Guadix (GR) Adra (AL)	24,2 26,6 27,8 28,0 28,0 28,3 32,1 41,5 60,9 70,6 79,0	8,98 0,69 2,94 2,55 7,46 1,29 4,62 7,16 0,75 0,85 0,72	5,02 0,39 2,96 3,44 7,46 1,06 3,26 2,32 0,51 0,49 0,48	6,18 0,82 3,09 2,67 9,24 1,26 5,46 9,57 0,70 1,16 0,53	DUR24F97.acc FAC24F97.acc CAB24F97.acc ROM24F97.acc COM24F97.acc ALB24F97.acc LOJ24F97.acc MOT24F97.acc MAL24F97.acc GDX24F97.acc ADR24F97.acc	DUR24F97.SSA FAC24F97.SSA CAB24F97.SSA CMB24F97.SSA CMA24F97.SSA ALB24F97.SSA LOJ24F97.SSA MOT24F97.SSA MAL24F97.SSA GDX24F97.SSA ADR24F97.SSA
31/03/1997	19:58	37°04,5'N	03°54,2'W	3,5	3,3	II	5	W Chimeneas (GR)	Cacín (GR) Agrón (GR) Chimeneas (GR) Jayena (GR) Santa Fe (GR) Loja (GR) Dílar (GR) Dúrcal (GR)	1,8 8,3 9,7 15,6 21,0 23,7 26,9 31,7	5,42 4,78 6,42 1,79 2,54 0,95 1,21 0,56	4,70 4,14 1,52 1,37 2,59 0,75 0,89 0,62	4,60 5,51 5,39 1,57 2,79 1,14 1,02 0,62	CAC31M97.acc AGR31M97.acc CHI31M97.acc JAY31M97.acc STF31M97.acc LOJ31M97.acc DIL31M97.acc DUR31M97.acc	CAC31M97.SSA AGR31M97.SSA CHI31M97.SSA JAY31M97.SSA STF31M97.SSA LOJ31M97.SSA DIL31M97.SSA DUR31M97.SSA
17/04/1997	17:24	37°02,5'N	04°12,6'W	3,7	3,4	II - III	2	N Zafarraya (GR)	Loja (GR)	15,1	0,81	0,62	1,51	LOJ17A97.acc	LOJ17A97.SSA
17/04/1997	18:46	37°00,7'N	04°12,4'W	3,9	3,6	III - IV	2	N Zafarraya (GR)	Loja (GR)	18,2	0,91	0,90	1,51	LOJ17A97_2.acc	LOJ17A97_2.SSA
21/04/1997	3:21	37°01,2'N	03°49,7'W	3,2	3,0	II - III	6	Ventas de Huelma (GR)	Agrón (GR) Jayena (GR) Cacín (GR)	1,3 7,7 9,0	7,87 1,56 1,51	11,02 2,17 1,54	9,42 1,54 1,45	AGR21A97.acc JAY21A97.acc CAC21A97.acc	AGR21A97.SSA JAY21A97.SSA CAC21A97.SSA
ANO 1998															
07/05/1998	20:38	37,0600 N	3,9300 W	3,6	3,3	II - III	0,8	Alhama de Granada (GR)	Cacín (GR) Alhama de Granada (GR) Agrón (GR) Chimeneas (GR) Jayena (GR) Loja (GR)	1,4 7,8 9,6 12,6 15,5 22,4	11,80 1,86 2,89 3,31 2,74 1,75	5,92 1,47 3,19 0,96 1,90 1,33	13,76 1,76 2,23 3,10 2,06 2,04	CAC07Y98.acc ALH07Y98.acc AGR07Y98.acc CHI07Y98.acc JAY07Y98.acc LOJ07Y98.acc	CAC07Y98.SSA ALH07Y98.SSA AGR07Y98.SSA CHI07Y98.SSA JAY07Y98.SSA LOJ07Y98.SSA
04/06/1998	17:38	37,1600 N	3,6200 W	3,1	2,9	III - IV	0,0	Granada (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Torre de Comares, Alhambra (GR) Paseo de Ronda, Alhambra (GR)	2,5 2,6 3,3 3,3 3,3	3,11 1,96 4,04 9,16 2,57	2,24 1,73 3,93 12,22 2,78	2,76 1,93 6,57 11,78 7,32	CHU04J98.acc FAC04J98.acc CAB04J98.acc COM04J98.acc RON04J98.acc	CHU04J98.SSA FAC04J98.SSA CAB04J98.SSA COM04J98.SSA CMB04J98.SSA
04/06/1998	19:28	37,1800 N	3,6100 W	2,6	2,4	NO SENTIDO	0,0	Granada (GR)	Torre de Comares, Alhambra (GR)	1,7	2,90	2,35	2,84	COM04J98_2.acc	CMA04J98_2.SSA
04/06/1998	19:32	37,1500 N	3,6300 W	3,2	3,0	III - IV	0,0	Granada (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Torre de Comares, Alhambra (GR) Paseo de Ronda, Alhambra (GR)	1,3 3,9 4,7 4,7 4,7	4,25 1,78 3,27 7,48 2,24	3,66 1,82 4,27 7,51 2,92	3,92 3,13 4,59 10,26 6,39	CHU04J98_2.acc FAC04J98_2.acc CAB04J98_2.acc COM04J98_3.SSA RON04J98_2.acc	CHU04J98_2.SSA FAC04J98_2.SSA CAB04J98_2.SSA CMA04J98_3.SSA CMB04J98_2.SSA
05/06/1998	19:07	37,1600 N	3,6400 W	3,5	3,3	III - IV	0,0	Granada (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Santa Fe (GR) Albolote (GR) Dílar (GR)	1,3 3,4 4,8 7,7 8,0 9,9	13,27 1,33 4,71 5,73 1,55 0,69	7,07 2,01 5,02 4,82 0,95 0,77	8,91 1,56 6,85 5,20 0,86 0,90	CHU05J98.acc FAC05J98.acc CAB05J98.acc STF05J98.acc ALB05J98.acc DIL05J98.acc	CHU05J98.SSA FAC05J98.SSA CAB05J98.SSA STF05J98.SSA ALB05J98.SSA DIL05J98.SSA
12/06/1998	6:31	37,1600 N	3,6300 W	3,0	2,8	II	0,0	Granada (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Dílar (GR)	1,8 2,9 4,0 9,7	2,05 0,66 1,76 0,68	1,88 0,36 1,83 0,42	3,74 1,16 2,42 0,41	CHU12J98.acc FAC12J98.acc CAB12J98.acc DIL12J98.acc	CHU12J98.SSA FAC12J98.SSA CAB12J98.SSA DIL12J98.SSA
18/11/1998	23:18	36,9300 N	3,7800 W	4,2	3,9	V	0,1	SE. Jayena (GR)	Jayena (GR) Arenas del Rey (GR) Agrón (GR) Ventas de Huelma (GR) Cacín (GR) Alhama de Granada (GR) Dúrcal (GR) Dílar (GR) Chimeneas (GR) Churriana (GR) Santa Fe (GR) Motril (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Loja (GR)	4,4 11,8 12,1 15,8 18,9 20,0 20,2 22,7 23,0 27,2 29,5 30,9 32,3 41,7	21,58 8,33 34,16 16,22 7,26 0,32 13,85 12,62 7,15 3,07 2,97 12,37 2,74 3,52	11,81 9,14 22,89 15,63 8,08 0,45 9,46 11,14 2,08 3,34 2,68 3,26 1,80 4,02	14,05 7,28 21,42 19,87 10,65 0,44 13,23 26,51 11,52 3,31 2,64 10,96 1,86 5,72	JAY18N98.acc ARE18N98.acc AGR18N98.acc VDH18N98.acc CAC18N98.acc ALH18N98.acc DUR18N98.acc DIL18N98.acc CHI18N98.acc CHU18N98.acc STF18N98.acc MOT18N98.acc CAB18N98.acc LOJ18N98.acc	JAY18N98.SSA ARE18N98.SSA AGR18N98.SSA VDH18N98.SSA CAC18N98.SSA ALH18N98.SSA DUR18N98.SSA DIL18N98.SSA CHI18N98.SSA CHU18N98.SSA STF18N98.SSA MOT18N98.SSA CAB18N98.SSA LOJ18N98.SSA

Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g, m,1)	(g, m,1)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)			(km)	N-S	V	E-W		
ANO 1999															
									Guadix (GR)	71,9	1,26	0,53	1,18	GDX18N98.acc	GDX18N98.SSA
11/02/1999	5:43	37,0500 N	3,6800 W	3,3	3,1	II-III		W. Padul (GR)	Dilar (GR) Durcal (GR) Chimeneas (GR) Jayena (GR) Cacín (GR) Loja (GR)	7,6 12,4 15,8 16,8 20,9 43,2	1,42 1,02 2,79 1,72 0,97 0,66	1,48 1,26 0,95 1,53 0,74 0,42	1,77 1,65 3,89 2,03 1,01 0,81	DIL11F99.acc DUR11F99.acc CHI11F99.acc JAY11F99.acc CAC11F99.acc LOJ11F99.acc	DIL11F99.SSA DUR11F99.SSA CHI11F99.SSA JAY11F99.SSA CAC11F99.SSA LOJ11F99.SSA
04/03/1999	22:28	37,1800 N	3,7900 W	3,0	2,8	III		Cijuela (GR)	Santa Fe (GR) Cacín (GR) Dilar (GR)	6,6 17,2 20,4	2,29 0,51 0,52	1,97 0,36 0,40	2,74 0,52 1,07	STF04M99.acc CAC04M99.acc DIL04M99.acc	STF04M99.SSA CAC04M99.SSA DIL04M99.SSA
07/06/1999	10:03	37,2200 N	3,7000 W	3,8	3,5	IV	1,4	W. Atarfe (GR)	Santa Fe (GR) Facultad de Ciencias (GR) Churriana (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Chimeneas (GR) Dilar (GR) Ventas de Huelma (GR) Agrón (GR) Cacín (GR) Durcal (GR) Jayena (GR) Arenas del Rey (GR) Loja (GR)	3,5 8,7 9,3 10,7 14,5 18,2 19,9 23,8 25,9 28,5 31,8 34,3 39,8	14,85 1,13 9,07 3,4 9,08 4,1 1,64 3,59 4,52 0,69 2,81 1,70 1,72	19,63 0,55 4,79 3,01 2,02 1,86 2,36 1,74 2,12 0,76 1,43 1,50 0,71 1,41	17,79 0,75 8,32 2,10 7,07 4,00 1,56 2,23 4,13 0,71 1,54 2,03 1,41	STF07J99.acc FAC07J99.acc CHU07J99.acc CAB07J99.acc CHI07J99.acc DIL07J99.acc VEN07J99.acc AGR07J99.acc CAC07J99.acc DUR07J99.acc JAY07J99.acc ARE07J99.acc LOJ07J99.acc	STF07J99.SSA FAC07J99.SSA CHU07J99.SSA CAB07J99.SSA CHI07J99.SSA DIL07J99.SSA VEN07J99.SSA AGR07J99.SSA CAC07J99.SSA DUR07J99.SSA JAY07J99.SSA ARE07J99.SSA LOJ07J99.SSA
04/07/1999	20:32	37,0900 N	3,8200 W	3,0	2,8	-	1,2	N. Ventas de Huelma (GR)	Ventas de Huelma (GR) Cacín (GR) Jayena (GR)	2,4 9,0 15,5	1,33 1,19 0,75	1,81 1,14 0,67	2,29 1,00 0,79	VEN04L99.acc CAC04L99.acc JAY04L99.acc	VEN04L99.SSA CAC04L99.SSA JAY04L99.SSA
13/07/1999	17:27	36,9400 N	3,6900 W	3,2	3,0	II	0,0	W. Albuñuelas (GR)	Jayena (GR) Durcal (GR) Dilar (GR) Arenas del Rey (GR) Cacín (GR)	11,8 12,3 17,1 19,5 24,1	5,08 1,06 1,11 2,26 0,61	3,36 1,20 1,22 1,08 0,70	3,09 1,57 0,92 1,01 0,97	JAY13L99.acc DUR13L99.acc DIL13L99.acc ARE13L99.acc CAC13L99.acc	JAY13L99.SSA DUR13L99.SSA DIL13L99.SSA ARE13L99.SSA CAC13L99.SSA
ANO 2000															
12/03/2000	5:58	36,99 N	4,05 W	3,0	2,8	II - III	0	SW de Alhama de Granada (GR)	Cacín (GR) Jayena (GR)	14,4 20,7	0,49 0,63	0,55 0,40	0,51 0,59	CAC12M00.acc JAY12M00.acc	CAC12M00.SSA JAY12M00.SSA
21/04/2000	4:52	37,04 N	3,38 W	3,4	3,2	II	0	Agrón (GR)	Durcal (GR) Dilar (GR) Ventas de Huelma (GR) Agrón (GR) Jayena (GR) Chimeneas (GR) Cacín (GR) Arenas del Rey (GR) Loja (GR)	17,4 20,1 39,2 39,9 40,5 40,7 47,6 47,8 69,3	0,69 1,08 4,31 10,82 4,57 3,35 2,08 1,85 0,64	0,73 0,95 8,10 8,52 3,12 2,60 2,04 4,33 0,44	0,54 1,04 7,85 9,27 2,82 3,30 2,32 2,04 0,74	DUR21A00.acc DIL21A00.acc VEN21A00.acc AGR21A00.acc JAY21A00.acc CHI21A00.acc CAC21A00.acc ARE21A00.acc LOJ21A00.acc	DUR21A00.SSA DIL21A00.SSA VEN21A00.SSA AGR21A00.SSA JAY21A00.SSA CHI21A00.SSA CAC21A00.SSA ARE21A00.SSA LOJ21A00.SSA
17/07/2000	15:43	36,98 N	3,91 W	3,2	3,0	III	2	Arenas del Rey (GR)	Alhama de Granada (GR) Jayena (GR) Cacín (GR) Agrón (GR) Loja (GR)	7,1 8,5 9,0 9,2 29,3	0,29 1,05 4,19 5,48 1,28	0,45 1,40 5,85 1,85 0,82	0,31 1,86 5,81 3,93 1,41	ALH17L00.acc JAY17L00.acc CAC17L00.acc AGR17L00.acc LOJ17L00.acc	ALH17L00.SSA JAY17L00.SSA CAC17L00.SSA AGR17L00.SSA LOJ17L00.SSA
02/12/2000	4:23	36,99 N	3,71 W	2,8	2,6	III	2	NE de Jayena (GR)	Jayena (GR) Durcal (GR) Ventas de Huelma (GR) Cacín (GR) Loja (GR)	10,8 12,9 13,1 19,9 43,2	2,27 2,86 5,26 1,70 0,56	2,24 2,21 3,96 1,00 0,28	2,51 2,78 4,68 1,63 0,93	JAY02D00.acc DUR02D00.acc VEN02D00.acc CAC02D00.acc LOJ02D00.acc	JAY02D00.SSA DUR02D00.SSA VEN02D00.SSA CAC02D00.SSA LOJ02D00.SSA
ANO 2001															
02/03/2001	15:02	37,14 N	3,61 W	2,8	2,6	II	0	Armillá (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias de Granada Dilar (GR)	3,2 4,7 7,1	12,70 0,46 1,10	5,01 0,20 0,89	7,99 0,44 1,08	CHU02M01.acc FAC02M01.acc DIL02M01.acc	CHU02M01.SSA FAC02M01.SSA DIL02M01.SSA
22/05/2001	3:36	36,99 N	3,85 W	3,8	3,5	IV	0	NE de Arenas del Rey (GR)	Agrón (GR) Jayena (GR) Arenas del Rey (GR) Ventas de Huelma (GR) Cacín (GR) Alhama de Granada (GR) Santa Fe (GR) Dúrcal (GR)	5,0 5,0 6,1 9,0 9,8 12,0 25,2 25,3	15,70 3,41 2,41 13,03 9,33 2,01 3,13 0,81	6,51 2,71 4,04 8,79 6,51 3,31 4,20 1,07	14,83 2,93 2,70 11,97 13,54 1,34 2,75 0,90	AGR22Y01.acc JAY22Y01.acc ARE22Y01.acc VEN22Y01.acc CAC22Y01.acc ALH22Y01.acc STF22Y01.acc DUR22Y01.acc	AGR22Y01.SSA JAY22Y01.SSA ARE22Y01.SSA VEN22Y01.SSA CAC22Y01.SSA ALH22Y01.SSA STF22Y01.SSA DUR22Y01.SSA

Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g, m, l)	(g, m, l)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)			(km)	N-S	V	E-W		
ANO 2002															
01/05/2002	4:59	37,02 N	3,37 W	3,6	3,3	IV	0	W de Padul (GR)	Durcal (GR) Dílar (GR) Facultad de Ciencias de Granada Santa Fe (GR) Agrón (GR) Jayena (GR) Chimeneas (GR)	17,7 21,4 28,2 36,2 40,7 40,9 42,2	4,90 3,88 0,28 3,55 3,90 2,08 2,57	4,58 3,85 0,13 3,17 1,95 2,14 1,67	7,24 6,81 0,36 3,49 3,35 1,91 2,15	DUR01Y02.acc DIL01Y02.GBR FAC01Y02.acc STF01Y02.SSA AGR01Y02.acc JAY01Y02.SSA CHI01Y02.GBR	DUR01Y02.SSA DIL01Y02.GBR FAC01Y02.SSA STF01Y02.SSA AGR01Y02.SSA JAY01Y02.SSA CHI01Y02.GBR
30/08/2002	10:44:17	37,12 N	3,59 W	3,0	2,8		0	SW La Zubia (GR)	Churriana (GR) Durcal (GR)	5,8 14,9	6,44 0,58	6,71 0,80	5,21 0,54	CHU30G02.acc DUR30G02.SSA	CHU30G02.SSA DUR30G02.SSA
ANO 2003															
01/07/2003	0:42:19	37,18 N	3,66 W	3,1	2,9	III	0	SW de Maracena (GR)	Facultad de Ciencias de Granada Churriana (GR) Santa Fe (GR) Albolote (GR) Caballerizas, Alhambra (GR)	4,1 4,3 5,0 5,1 6,3	1,25 2,92 3,29 1,59 2,28	0,37 1,01 2,39 0,55 2,16	0,50 2,23 3,30 1,03 1,71	FAC01L03.acc CHU01L03.SSA STF01L03.SSA ALB01L03.SSA CAB01L03.SSA	FAC01L03.SSA CHU01L03.SSA STF01L03.SSA ALB01L03.SSA CAB01L03.SSA
10/09/2003	20:22:47	37,13 N	3,80 W	3,8	3,5	IV	0	E de Chimeneas (GR)	Chimeneas (GR) Ventas de Huelma (GR) Agrón (GR) Santa Fe (GR) Cacín (GR) Churriana (GR) Facultad de Ciencias de Granada Albolote (GR) Jayena (GR) Dílar (GR) Caballerizas, Alhambra (GR) Arenas del Rey (GR) Durcal (GR) Guadix (GR)	2,1 5,4 9,4 11,1 12,3 13,7 17,6 18,0 18,0 18,7 19,3 21,2 24,4 63,0	31,06 7,96 7,20 19,74 6,60 13,11 1,92 2,60 6,44 3,22 4,67 5,07 1,36 0,55	18,11 8,52 4,29 17,24 4,86 8,27 1,17 1,65 4,30 4,35 5,16 3,64 1,88 0,42	32,92 12,03 7,23 16,90 7,45 8,39 1,48 2,86 6,93 3,93 3,80 8,73 1,33 0,69	CHI_20030910_202249.acc VEN10S03.acc AGR10S03.acc STF10S03.SSA CAC10S03.SSA CHU10S03.SSA FAC10S03.SSA ALB10S03.SSA JAY10S03.SSA DIL_20030910_202254.acc CAB10S03.SSA ARE_20030910_202251.acc DUR10S03.SSA GDX10S03.SSA	CHI_20030910_202249.GSR VEN10S03.SSA AGR10S03.SSA STF10S03.SSA CAC10S03.SSA CHU10S03.SSA FAC10S03.SSA ALB10S03.SSA JAY10S03.SSA DIL_20030910_202254.GSR CAB10S03.SSA ARE_20030910_202251.GSR DUR10S03.SSA GDX10S03.SSA
05/10/2003	20:48:05	37,08 N	3,84 W	3,2	3,0	III	1	Ventas de Huelma (GR)	Ventas de Huelma (GR) Agrón (GR) Chimeneas (GR) Cacín (GR) Jayena (GR) Santa Fe (GR)	1,3 3,1 6,2 7,4 12,1 17,7	7,36 2,22 4,84 1,31 1,43 2,98	5,72 3,07 7,77 1,66 1,16 2,97	5,55 2,85 5,32 1,44 2,13 2,99	VEN10O03.acc AGR05O03.SSA CHI_20031005_204808.acc CAC05O03.SSA JAY05O03.SSA STF05O03.SSA	VEN10O03.SSA AGR05O03.SSA CHI_20031005_204808.GSR CAC05O03.SSA JAY05O03.SSA STF05O03.SSA
10/10/2003	15:03:05	37,13 N	3,65 W	3,1	2,9	III	0	SE de Gabia (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR) Santa Fe (GR)	2,4 7,0 8,7	10,11 1,92 2,19	3,04 1,17 1,49	7,44 1,48 1,67	CHU10O03.acc FAC10O03.SSA STF10O03.SSA	CHU10O03.SSA FAC10O03.SSA STF10O03.SSA
10/10/2003	18:11:01	37,12 N	3,63 W	3,4	3,2	II	0	NE de Alhendín (GR)	Churriana (GR) Facultad de Ciencias (GR)	3,4 7,2	4,59 0,82	1,72 0,17	3,10 0,28	CHU10O03_2.SSA FAC10O03_2.SSA	CHU10O03_2.SSA FAC10O03_2.SSA
ANO 2004															
24/02/2004	2:27:43	35,13 N	3,99 W	6,1	6,0	VIII	0	SW Alhucemas (Marruecos)	Benalmádena (MA) 2º registro en la misma estación (S) Pol. Martín Carpena (MA) 2º registro en la misma estación (S) Estepona (MA) Málaga (MA) 2º registro en la misma estación (S) Málaga (MA) Motril (GR) Adra (AL) Adra (AL) Jayena (GR) Arenas del Rey (GR) Durcal (GR) Cacín (GR) Chimeneas (GR) Facultad de Ciencias (GR) Algodonales (CA) Almería (AL)	170,1 170,1 177,8 177,8 177,9 181,3 181,3 181,3 182,1 200,3 200,3 202,6 203,9 209,5 214,4 222,8 230,3 232,5 235,7	2,81 2,39 2,96 3,65 3,58 4,36 1,66 4,35 3,82 2,39 2,16 2,88 2,45 1,11 1,50 2,14 0,25 2,08 1,58	1,91 1,55 1,81 2,93 4,30 1,79 1,43 1,67 1,91 1,73 1,71 2,19 2,68 0,73 0,82 1,43 0,10 1,19 0,92	3,23 1,43 3,44 2,02 3,58 4,06 2,39 3,26 5,38 2,26 1,37 3,33 4,72 1,26 1,54 2,33 0,33 3,10 1,88	BNL_20040224_022833.acc BNL_20040224_022937.acc MPD24F04.acc MPD24F04_2.acc EST_20040224_022833.SSA MAL_20040224_022836.GSR MAL_20040224_022944.GSR MAL24F04.SSA MOT_20040224_022836.GSR ADR_20040224_022838.GSR ADR24F04.SSA JAY24F02.SSA ARE_20040224_022844.GSR DUR24F04.SSA CAC24F04.SSA CHI_20040224_022853.SSA FAC24F04.SSA ALG_20040224_022855.GSR ALM24F04.SSA	BNL_20040224_022833.GSR BNL_20040224_022937.GSR MPD24F04.SSA MPD24F04_2.SSA EST_20040224_022833.GSR MAL_20040224_022836.GSR MAL_20040224_022944.GSR MAL24F04.SSA MOT_20040224_022836.GSR ADR_20040224_022838.GSR ADR24F04.SSA JAY24F02.SSA ARE_20040224_022844.GSR DUR24F04.SSA CAC24F04.SSA CHI_20040224_022853.GSR FAC24F04.SSA ALG_20040224_022855.GSR ALM24F04.SSA
03/08/2004	18:17:30	37,01 N	3,89 W	3,1	2,9	III	10	N Arenas del Rey (GR)	Cacín (GR) Ventas de Huelma (GR) Chimeneas (GR) Santa Fe (GR)	5,4 9,0 14,7 25,2	0,99 4,03 4,78 4,13	0,90 3,70 4,24 2,95	1,00 5,70 5,07 3,74	CAC03G04.acc VEN03G04.SSA CHI_20040803_181735.acc STF03G03.SSA	CAC03G04.SSA VEN03G04.SSA CHI_20040803_181735.GSR STF03G03.SSA

Sismo:	Hora origen	Latitud	Longitud	Magnitud	Magnitud	Intensidad	Profundidad	Epicentro	Estación	Distancia epicentral	Aceleración máxima			Nombre ASCII	Nombre Origen
Fecha	(GTM)	(g. m.1)	(g. m.1)	(Mc)	(Mw)	(MSK)	(km)			(km)	N-S	V	E-W		
06/11/2004	13:24:26	36,73 N	3,31 W	3,5	3,3	IV	0	SE de Castell de Ferro (GR)	Albuñol (GR)	11,8	16,74	19,07	12,85	ABU_20041106_132428.acc	ABU_20041106_132428.GSR
									Adra (AL)	26,7	2,33	1,60	2,33	ADR_20041106_132434.acc	ADR_20041106_132434.GSR
									Adra (AL)	26,7	2,14	1,41	1,78	ADR06N04.acc	ADR06N04.SSA
									Durcal (GR)	36,3	5,65	5,13	9,60	DUR06N04.acc	DUR06N04.SSA
									Cacín (GR)	65,1	0,79	0,40	0,03	CAC06N04.acc	CAC06N04.SSA
									Guadix (GR)	66,7	0,66	0,60	0,42	GDX06N04.acc	GDX06N04.SSA
ANO 2005															
30/08/2005	1:04:36	36,975 N	3,890 W	2,8	2,6	II	0	N de Arenas del Rey (GR)	Jayena (GR)	6,6	1,88	1,21	2,72	JAY30G05.acc	JAY30G05.SSA
									Agrón (GR)	8,3	2,08	1,16	4,00	AGR30G05.acc	AGR30G05.SSA
									Cacín (GR)	9,8	1,00	1,31	1,62	CAC30G05.acc	CAC30G05.SSA

Tabla Analisis Acelerogramas

Nº de Sismo	Fecha Sismo	Nombre	Estación	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo (C o D)
1	24/02/1997	ADR24F97.acc	Adra	4.10	78.18	5.00	0.75	0.04	0.40	18.88	0.15	0.60	0.27	0.16	0.17	0.16	0.19	0.32	0.39	0.38	0.46	0.4931	0.5199	C
2	24/02/2004	ADR24F04.acc	Adra	6.00	200.30	0.00	2.17	0.21	1.24	10.12	0.26	0.70	0.90	0.33	0.15	0.48	0.58	0.80	0.96	0.85	1.03	0.5753	0.7169	C
3	06/11/2004	ADR06N04.acc	Adra	3.30	26.70	0.00	2.24	0.09	0.66	26.02	0.12	0.47	0.17	0.13	0.08	0.12	0.22	0.26	0.26	0.27	0.33	0.4022	0.4157	C
4	23/12/1993	ADR23D93.acc	Adra	4.70	10.95	8.00	28.07	1.28	1.23	22.00	0.19	0.58	0.27	0.15	0.13	0.14	0.17	0.31	0.37	0.33	0.40	0.4799	0.4956	C
5	04/01/1994	000878A.cor	Adra	4.90	25.00	0.00	0.61	0.03	0.04	19.22	0.15	0.59	0.27	0.24	0.20	0.16	0.19	0.35	0.41	0.36	0.43	0.4516	0.4655	D
6	23/12/1993	000877A.cor	Adra	5.20	6.00	0.00	0.28	0.01	0.02	22.49	0.17	0.60	0.27	0.14	0.12	0.16	0.19	0.36	0.43	0.35	0.43	0.4965	0.5250	D
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación de Adra																								
7	18/11/1998	AGR18N98.acc	Agron	3.90	12.07	0.10	34.27	0.91	1.84	37.86	0.07	0.53	0.17	0.10	0.07	0.11	0.13	0.25	0.30	0.29	0.35	0.4791	0.4892	C
8	07/06/199	AGR07J99.acc	Agron	3.50	23.84	1.40	5.23	0.25	0.99	21.19	0.21	0.50	0.29	0.16	0.23	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.4180	0.4163	C
9	21/04/2000	AGR21A00.acc	Agron	3.20	39.88	0.00	13.18	0.31	1.28	42.02	0.05	0.49	0.12	0.07	0.09	0.10	0.12	0.22	0.26	0.28	0.34	0.4466	0.4720	C
10	17/07/2000	AGR17L00.acc	Agron	3.00	9.41	2.00	5.56	0.13	0.69	42.25	0.07	0.61	0.12	0.08	0.07	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.5549	0.5627	C
11	01/05/2002	AGR01Y02.acc	Agron	3.30	40.70	0.00	4.90	0.23	1.82	20.93	0.08	0.50	0.16	0.13	0.13	0.10	0.13	0.23	0.27	0.29	0.35	0.4336	0.4500	C
12	10/09/2003	AGR10S03.acc	Agron	3.50	9.40	0.00	8.28	0.23	1.16	36.13	0.09	0.50	0.14	0.10	0.06	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4436	0.4600	C
13	17/03/1995	AGR17M95.acc	Agron	3.70	16.22	2.00	4.69	0.12	0.94	37.76	0.07	0.58	0.15	0.10	0.07	0.11	0.13	0.24	0.28	0.28	0.34	0.5204	0.5356	C
14	28/09/1995	AGR28S95.acc	Agron	3.30	11.14	1.00	3.96	0.08	0.50	52.14	0.05	0.56	0.13	0.08	0.07	0.09	0.11	0.21	0.25	0.26	0.31	0.5093	0.5216	C
15	12/04/1995	AGR12A95.acc	Agron	3.00	13.75	2.00	3.62	0.12	0.27	31.06	0.04	0.61	0.16	0.10	0.07	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.30	0.5400	0.5435	C
16	09/01/1996	AGR09E96.acc	Agron	3.50	15.40	3.00	7.26	0.21	1.61	34.51	0.07	0.45	0.15	0.10	0.08	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.33	0.4007	0.4228	C
17	31/03/1997	AGR31M97.acc	Agron	3.30	9.65	5.00	5.54	0.22	2.31	25.23	0.07	0.43	0.15	0.09	0.07	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.3835	0.4024	C
18	07/06/1999	AGR07J99.acc	Agron	3.50	23.84	1.40	3.89	0.18	1.21	22.01	0.15	0.54	0.22	0.15	0.33	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.4545	0.4585	C
19	22/05/2001	AGR22Y01.acc	Agron	3.50	5.00	0.00	17.45	0.60	1.82	29.31	0.10	0.51	0.19	0.11	0.10	0.09	0.11	0.22	0.26	0.26	0.31	0.4281	0.4470	C
20	10/09/2003	AGR10S03.acc	Agron	3.50	9.40	0.00	8.29	0.24	1.47	34.66	0.12	0.52	0.15	0.12	0.10	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4510	0.4634	C
21	05/10/2003	AGR05O03.acc	Agron	3.00	3.26	1.00	3.24	0.07	0.21	48.88	0.08	0.62	0.13	0.08	0.11	0.08	0.10	0.19	0.22	0.23	0.28	0.5584	0.5637	C
22	07/05/1998	AGR07Y98.acc	Agron	3.00	9.62	0.80	3.91	0.07	0.55	39.83	0.07	0.56	0.14	0.09	0.09	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.5000	0.5112	C
23	30/08/2005	AGR30G05.acc	Agron	2.60	8.30	0.00	4.08	0.12	0.55	32.88	0.05	0.63	0.14	0.10	0.07	0.07	0.09	0.27	0.30	0.27	0.33	0.5696	0.5707	C
24	24/02/1997	003527A.cor	Agron	4.20	1.00	0.00	1.01	0.03	0.02	31.15	0.15	0.58	0.21	0.16	0.18	0.11	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4816	0.4893	D
25	16/04/1996	AGR16A96.acc	Agron	3.80	97.43	8.00	2.71	0.19	1.27	14.23	0.11	0.58	0.22	0.12	0.11	0.16	0.19	0.31	0.37	0.39	0.47	0.5121	0.5504	C
26	21/04/1997	AGR21A97.acc	Agron	3.00	6.14	6.00	9.47	0.18	0.61	52.51	0.05	0.54	0.11	0.08	0.08	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4928	0.5046	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación de Agron																								
27	01/07/2003	ALB01L03.acc	Albolote	2.90	5.10	0.00	1.66	0.06	1.16	29.41	0.11	0.61	0.22	0.12	0.15	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.5427	0.5392	C
28	10/09/2003	ALB10S03.acc	Albolote	3.50	18.00	0.00	3.22	0.06	0.21	52.97	0.11	0.54	0.15	0.11	0.11	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.4722	0.4860	C
29	22/12/1993	ALB22D93.acc	Albolote	3.40	30.32	0.00	3.14	0.22	0.94	30.99	0.12	0.51	0.13	0.10	0.10	0.13	0.13	0.28	0.31	0.28	0.33	0.4770	0.4770	C
30	17/03/1995	ALB17M95.acc	Albolote	3.70	12.39	2.00	3.18	0.14	0.55	22.74	0.18	0.53	0.25	0.19	0.28	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.33	0.4370	0.4338	C
31	28/12/1996	ALB28D96.acc	Albolote	4.00	11.20	0.00	4.62	0.18	1.34	25.81	0.10	0.57	0.26	0.13	0.20	0.10	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4861	0.4912	C
32	10/09/2003	ALB10S03.acc	Albolote	3.50	18.00	0.00	3.22	0.06	0.21	53.05	0.12	0.54	0.15	0.13	0.12	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.4682	0.4801	C
33	05/06/1998	ALB05J98.acc	Albolote	3.30	8.03	0.00	1.61	0.08	0.35	20.79	0.12	0.58	0.24	0.13	0.05	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.5017	0.4995	C
34	28/12/1996	003514A.cor	Albolote	3.90	2.00	0.00	0.05	0.00	0.01	28.86	0.13	0.61	0.27	0.16	0.14	0.11	0.13	0.24	0.29	0.27	0.33	0.5149	0.5109	D
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación de Albolote																								
35	16/04/1996	ALB16A96.acc	Algodonales	3.90	105.10	8.00	2.34	0.08	0.45	30.58	0.12	0.59	0.27	0.15	0.15	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.5165	0.5142	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación de Algodonales																								
36	18/11/1998	ALH18N98.acc	Alhama de Granada	3.90	19.98	0.10	0.47	0.04	0.62	11.67	0.13	0.61	0.37	0.19	0.12	0.11	0.14	0.25	0.30	0.29	0.36	0.5244	0.5099	C
37	17/07/2000	ALH17L00.acc	Alhama de Granada	3.00	7.38	2.00	0.33	0.01	0.05	26.04	0.06	0.53	0.14	0.08	0.08	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4791	0.4888	C
38	22/12/1993	ALH22D93.acc	Alhama de Granada	3.40	4.66	3.00	2.20	0.07	0.11	29.36	0.13	0.49	0.18	0.11	0.09	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.4248	0.4346	C
39	28/12/1996	ALH28D96.acc	Alhama de Granada	4.00	27.60	0.00	2.46	0.12	1.20	21.26	0.10	0.60	0.28	0.15	0.11	0.12	0.15	0.27	0.32	0.31	0.37	0.5061	0.5093	C
40	09/01/1996	ALH09E96.acc	Alhama de Granada	3.50	8.17	3.00	1.92	0.08	0.60	23.49	0.33	0.54	0.28	0.23	0.50	0.10	0.11	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4494	0.4338	C
41	22/05/2001	ALH22Y01.acc	Alhama de Granada	3.50	12.00	0.00	2.11	0.14	0.06	17.49	0.12	0.55	0.27	0.17	0.11	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.32	0.4665	0.4607	C
42	07/05/1998	ALH07Y98.acc	Alhama de Granada	3.20	7.84	0.80	2.27	0.12	0.21	32.55	0.49	0.53	0.22	0.28	0.23	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.4572	0.4515	C
43	23/12/1993	ALH23D93.acc	Alhama de Granada	4.70	96.38	8.00	0.47	0.10	2.30	4.62	0.46	0.72	0.59	0.38	0.46	0.21	0.25	0.40	0.48	0.45	0.55	0.5501	0.5122	C
44	16/04/1996	ALH16A96.acc	Alhama de Granada	3.80	90.65	8.00	1.64	0.10	0.84	15.74	0.12	0.50	0.30	0.20	0.19	0.15	0.18	0.31	0.37	0.38	0.46	0.3921	0.4167	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación de Alhama de Granada																								
45	24/02/2004	ALM24F04.acc	Almería	6.00	235.70	0.00	1.94	1.40	23.50	1.39	0.14	0.71	0.77	0.32	0.13	0.57	0.68	0.89	1.07	0.97	1.18	0.6		

N° de Sismo	Fecha Sismo	Nombre	Estación	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA _{PGV} -	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo																				
																								(C o D)																				
																								Tipo B si dC=dD Tipo C si dC<dD																				
76	17/07/2000	CAC17L00.ace	Cacin	3,00	9,22	2,00	5,81	0,12	0,33	49,94	0,07	0,50	0,14	0,09	0,13	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4411	0,4515	C																				
77	10/09/2003	CAC10S03.ace	Cacin	3,50	12,30	0,00	8,37	0,23	0,57	36,94	0,07	0,51	0,19	0,10	0,12	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,32	0,4427	0,4555	C																				
78	17/11/1998	CAC17L00.ace	Cacin	3,70	17,71	0,00	7,15	0,46	0,66	10,84	0,10	0,45	0,16	0,11	0,11	0,11	0,11	0,21	0,24	0,24	0,29	0,32	0,4429	0,4130	C																			
79	28/09/1995	CAC28S95.ace	Cacin	3,30	19,33	1,00	2,35	0,26	0,46	16,95	0,09	0,34	0,18	0,26	0,09	0,10	0,11	0,21	0,26	0,26	0,32	0,2471	0,2463	C																				
80	28/12/1996	CAC28D96.ace	Cacin	4,00	18,90	0,00	11,31	0,41	1,44	27,44	0,09	0,55	0,24	0,13	0,13	0,12	0,14	0,26	0,31	0,30	0,36	0,4672	0,4785	C																				
81	09/01/1996	CAC09E96.ace	Cacin	3,50	22,80	3,00	36,42	1,36	5,53	26,76	0,15	0,48	0,18	0,13	0,16	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,4128	0,4273	C																				
82	31/03/1997	CAC31M97.ace	Cacin	3,30	5,31	5,00	5,64	0,27	0,69	20,65	0,12	0,53	0,18	0,15	0,14	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4493	0,4513	C																				
83	07/06/1999	CAC07J99.ace	Cacin	3,50	25,98	1,40	5,23	0,25	1,16	20,70	0,21	0,50	0,29	0,16	0,22	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4200	0,4190	C																				
84	22/05/2001	CAC22Y01.ace	Cacin	3,50	9,80	0,00	13,70	0,34	0,99	40,55	0,09	0,52	0,19	0,10	0,10	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4567	0,4670	C																				
85	10/09/2003	CAC10S03.ace	Cacin	3,50	12,30	0,00	8,37	0,23	0,57	36,94	0,10	0,51	0,19	0,12	0,12	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,32	0,4437	0,4449	C																				
86	24/02/2004	CAC24F04.ace	Cacin	6,00	214,44	0,00	1,56	0,23	3,15	6,75	0,30	0,71	0,74	0,32	0,15	0,62	0,84	1,00	0,90	1,00	0,6199	0,5187	C																					
87	06/11/2004	CAC06N04.ace	Cacin	3,30	65,10	0,00	0,87	0,08	0,33	11,07	0,10	0,40	0,19	0,13	0,16	0,12	0,14	0,24	0,29	0,31	0,38	0,3368	0,3700	C																				
88	05/10/2003	CAC05O03.ace	Cacin	3,00	7,47	1,00	1,62	0,05	0,54	27,89	0,13	0,47	0,17	0,14	0,14	0,15	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,3972	0,4010	C																			
89	02/12/2000	CAC02D00.ace	Cacin	2,60	19,97	2,00	2,27	0,06	0,53	36,93	0,12	0,51	0,18	0,14	0,21	0,08	0,09	0,17	0,21	0,23	0,28	0,4448	0,4434	C																				
90	13/07/1999	CAC13L99.ace	Cacin	3,00	24,10	0,00	0,99	0,05	0,06	21,83	0,11	0,63	0,18	0,12	0,18	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,31	0,5565	0,5578	C																				
91	04/07/1999	CAC04L99.ace	Cacin	2,80	9,08	1,20	1,19	0,05	0,37	22,75	0,10	0,42	0,14	0,10	0,18	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,28	0,3651	0,3771	C																				
92	11/02/1999	CAC11F99.ace	Cacin	3,10	20,92	0,00	1,57	0,07	0,59	20,25	0,08	0,51	0,20	0,10	0,12	0,09	0,11	0,20	0,24	0,26	0,31	0,4490	0,4564	C																				
93	04/03/1999	CAC04M99.ace	Cacin	2,80	17,19	0,00	0,57	0,02	0,27	28,67	0,10	0,40	0,21	0,13	0,17	0,08	0,10	0,18	0,21	0,23	0,28	0,5014	0,4985	C																				
94	07/05/1998	CAC07Y98.ace	Cacin	3,30	1,59	0,80	14,26	0,52	0,16	27,44	0,18	0,54	0,22	0,17	0,23	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4592	0,4546	C																				
95	12/03/2000	CAC12M00.ace	Cacin	2,80	14,43	0,00	0,67	0,03	0,08	25,04	0,17	0,47	0,24	0,17	0,17	0,08	0,10	0,18	0,22	0,24	0,29	0,4037	0,3963	C																				
96	03/08/2004	CAC03G04.ace	Cacin	2,90	11,36	10,00	1,05	0,06	0,37	16,51	0,08	0,51	0,20	0,11	0,11	0,08	0,10	0,19	0,22	0,24	0,29	0,4436	0,4463	C																				
97	30/08/2005	CAC30G05.ace	Cacin	2,60	9,80	0,00	1,65	0,15	0,23	11,39	0,15	0,56	0,17	0,12	0,15	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,4955	0,4950	C																				
98	24/02/1997	003530A.cor	Cacin	4,20	8,00	0,00	0,20	0,01	0,00	20,13	0,08	0,62	0,27	0,14	0,42	0,12	0,14	0,27	0,32	0,30	0,36	0,5303	0,5327	D																				
99	16/04/1998	CAC16A96.ace	Cacin	3,80	89,46	8,00	3,36	1,91	12,11	1,76	2,20	0,29	0,23	0,21	0,11	0,15	0,18	0,30	0,36	0,38	0,46	0,2954	0,3447	C																				
100	21/04/1997	CAC21A97.ace	Cacin	3,40	10,81	5,00	0,99	0,64	0,24	21,97	0,07	0,49	0,24	0,09	0,10	0,08	0,10	0,23	0,28	0,29	0,35	0,4563	0,465	C																				
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Cacin																						5,62	0,37	1,98	22,96	0,12	0,51	0,22	0,14	0,16	0,11	0,13	0,24	0,28	0,29	0,35	0,4388	0,4542						
101	17/11/1990	CAN07N90.ace	Canales	3,80	17,72	5,00	29,41	32,14	40,64	0,92	0,94	0,65	0,45	0,51	0,08	0,11	0,13	0,25	0,29	0,29	0,35	0,6162	0,5621	C																				
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Canales																						29,41	32,14	40,64	0,92	0,94	0,65	0,45	0,51	0,08	0,11	0,13	0,25	0,29	0,29	0,35	0,6162	0,5621						
102	23/12/1993	CAR23D93.ace	Carmona	4,70	251,76	8,00	0,67	0,22	1,07	3,05	0,88	0,84	1,05	0,44	0,17	0,41	0,49	0,64	0,77	0,82	0,99	0,7065	0,7152	C																				
103	16/04/1996	CAR16A96.ace	Carmona	3,80	87,77	8,00	14,35	0,59	0,23	24,24	0,12	0,60	0,21	0,11	0,11	0,15	0,18	0,30	0,36	0,37	0,45	0,5293	0,5618	C																				
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Carmona																						7,51	0,41	0,65	13,65	0,50	0,72	0,63	0,28	0,14	0,28	0,34	0,47	0,57	0,60	0,72	0,6179	0,6385						
104	08/01/1994	CHI08E94.ace	Chimenes	3,50	10,35	1,00	6,22	0,35	3,38	17,73	0,11	0,46	0,20	0,12	0,11	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,3910	0,4029	C																				
105	07/06/1999	CHI07J99.ace	Chimenes	3,50	21,46	1,00	1,40	0,16	0,26	20,51	0,10	0,46	0,21	0,12	0,12	0,10	0,12	0,22	0,27	0,27	0,32	0,4678	0,4809	C																				
106	07/06/1999	CHI07J99.ace	Chimenes	3,50	14,55	1,40	10,25	0,43	0,68	23,84	0,11	0,55	0,22	0,13	0,11	0,10	0,12	0,22	0,27	0,27	0,32	0,4768	0,4809	C																				
107	21/04/2000	CHI21A00.ace	Chimenes	3,20	40,70	0,00	4,21	0,15	1,24	27,38	0,13	0,48	0,20	0,13	0,07	0,10	0,12	0,22	0,26	0,28	0,34	0,4086	0,4213	C																				
108	17/03/1995	CHI17M95.ace	Chimenes	3,70	6,62	2,00	30,29	0,74	2,46	40,70	0,13	0,50	0,17	0,13	0,11	0,10	0,12	0,23	0,28	0,27	0,33	0,4296	0,4421	C																				
109	28/09/1995	CHI28S95.ace	Chimenes	3,30	19,97	1,00	3,19	0,15	0,75	21,80	0,20	0,61	0,25	0,18	0,26	0,10	0,11	0,21	0,26	0,26	0,32	0,5247	0,5179	C																				
110	28/12/1996	CHI28D96.ace	Chimenes	4,00	8,10	0,00	38,75	1,23	3,94	31,44	0,14	0,57	0,25	0,13	0,23	0,11	0,13	0,25	0,30	0,29	0,35	0,4852	0,4908	C																				
111	09/01/1996	CHI09E96.ace	Chimenes	3,50	13,05	3,00	6,79	0,21	1,81	32,80	0,15	0,53	0,19	0,14	0,13	0,10	0,12	0,22	0,27	0,27	0,32	0,4479	0,4535	C																				
112	31/03/1997	CHI31M97.ace	Chimenes	3,80	10,93	4,00	6,91	0,22	0,40	30,86	0,11	0,42	0,17	0,13	0,11	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,3544	0,3681	C																				
113	07/06/1999	CHI07J99.ace	Chimenes	3,50	14,55	1,40	10,25	0,43	0,68	23,84	0,09	0,55	0,22	0,13	0,11	0,10	0,12	0,22	0,27	0,27	0,32	0,4773	0,482	C																				
114	11/02/1999	CHI11F99.ace	Chimenes	3,10	15,76	0,00	4,16	0,17	0,48	24,93	0,29	0,53	0,29	0,19	0,29	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4519	0,4384	C																				
115	07/05/1998	CHI07Y98.ace	Chimenes	3,30	12,62	0,00	3,92	0,22	1,89	17,65	0,17	0,48	0,19	0,16	0,09	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4015	0,4047	C																				
116	16/04/1996	CHI16A96.ace	Chimenes	3,80	91,55	8,00	5,53	0,29	1,12	19,10	0,23	0,55	0,31	0,25	0,39	0,15	0,18	0,31	0,37	0,38	0,46	0,4172	0,4244	C																				
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Chimenes																						11,07	0,40	1,73	25,59	0,16	0,53	0,23	0,15	0,18	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,4429	0,4472						
117	24/02/1997	CHU24F97.ace	Churriana	4,10	22,64	5,00	5,33	0,46	2,67	11,65	0,10	0,63	0,38	0,13	0,05	0,12	0,15	0,27	0,33	0,31	0,37	0,5502	0,5459	C																				
118	4/06/1998	CHU04J98.ace	Churriana	2,90	2,64	0,00	3,51	0,13	0,96	27,69	0,06	0,60	0,16	0,09	0,03	0,08	0,09	0,18	0,22	0,23	0,28	0,5454	0,5479	C																				
119	18/11/1998	CHU18N98.ace	Churriana	3,80	27,15	0,10	3,71	1,40	1,17	1,40	0,11	0,62	0,24	0,12	0,12	0,12	0,14	0,26	0,31	0,30	0,37	0,5329	0,5396	C																				
120	07/06/1999	CHU07J99.ace	Churriana	3,50	9,39	1,40	9,52	0,20	1,53	47,75	0,07	0,58	0,14	0,12	0,06	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,5108	0,5208	C																				
121	30/08/2003	CHU30G02.ace	Churriana	2,80	5,80	0,00	7,58	0,23	1,68	32,67	0,07	0,50	0,14	0,08	0,06	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,28	0,4484	0,4573	C																				
122	01/07/2003	CHU01L03.ace	Churriana	2,90	4,30	0,00	3,13	0,17	1,52	17,88	0,07	0,51	0,19																															

Nº de Sismo	Fecha Sismo	Nombre	Estación	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo
																								(C o D)
																								Tipo C si dC<dD
157	07/06/199	DUR07J99.acc	Durcal	3,50	25,98	1,40	0,77	0,10	0,41	7,46	0,09	0,51	0,23	0,11	0,14	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4412	0,4514	C
158	21/04/2000	DUR21A00.acc	Durcal	3,20	17,40	0,00	0,76	0,06	0,19	12,60	0,06	0,50	0,16	0,09	0,05	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4489	0,4620	C
159	01/03/2002	DUR01R02.acc	Durcal	3,30	32,30	0,00	0,77	0,16	0,24	15,75	0,09	0,49	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,21	0,26	0,32	0,34	0,4380	0,4428	C
160	30/08/2003	DUR30G02.acc	Durcal	2,80	14,90	0,00	0,67	0,06	0,44	11,88	0,06	0,47	0,17	0,09	0,08	0,08	0,10	0,18	0,22	0,24	0,29	0,4165	0,4253	C
161	10/09/2003	DUR10S03.acc	Durcal	3,50	24,40	0,00	1,59	0,10	1,36	15,88	0,04	0,42	0,18	0,09	0,05	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,3722	0,3978	C
162	17/03/1995	DUR17M95.acc	Durcal	3,70	28,00	2,00	1,94	0,06	0,43	33,28	0,10	0,49	0,16	0,09	0,11	0,11	0,13	0,25	0,29	0,29	0,35	0,4354	0,4614	C
163	28/09/1995	DUR28S95.acc	Durcal	3,30	14,99	1,00	1,66	0,05	0,41	31,35	0,16	0,51	0,15	0,14	0,16	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4396	0,4487	C
164	27/07/1995	DUR27L95.acc	Durcal	2,70	7,99	2,00	1,22	0,05	0,31	26,69	0,05	0,56	0,12	0,08	0,05	0,08	0,09	0,17	0,21	0,23	0,27	0,5099	0,5167	C
165	12/04/1995	DUR12A95.acc	Durcal	3,00	11,14	2,00	1,91	0,09	0,59	21,90	0,09	0,43	0,13	0,10	0,09	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,3802	0,3948	C
166	28/12/1996	DUR28D96.acc	Durcal	4,00	23,90	0,00	2,85	0,11	1,25	26,85	0,12	0,53	0,20	0,12	0,15	0,12	0,14	0,26	0,32	0,30	0,37	0,4508	0,4714	C
167	09/01/1996	DUR09B96.acc	Durcal	3,50	32,30	0,00	0,52	0,04	0,28	11,69	0,13	0,55	0,29	0,13	0,13	0,13	0,24	0,28	0,29	0,35	0,4773	0,4793	C	
168	24/01/1996	DUR24E96.acc	Durcal	3,10	18,79	8,00	3,17	0,10	0,41	31,50	0,15	0,46	0,16	0,11	0,15	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,31	0,4015	0,4147	C
169	31/03/1997	DUR31M97.acc	Durcal	3,30	32,05	5,00	0,69	0,07	0,25	10,34	0,12	0,45	0,22	0,13	0,16	0,10	0,12	0,22	0,27	0,28	0,33	0,3772	0,3905	C
170	07/06/1999	DUR07J99.acc	Durcal	3,50	28,57	1,40	0,77	0,10	0,66	7,79	0,16	0,48	0,23	0,15	0,16	0,11	0,13	0,23	0,28	0,28	0,34	0,3972	0,4046	C
171	22/05/2001	DUR22Y01.acc	Durcal	3,50	25,30	0,00	0,95	0,06	0,54	14,99	0,07	0,50	0,26	0,10	0,23	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4359	0,4445	C
172	10/09/2003	DUR10S03.acc	Durcal	3,50	24,40	0,00	1,59	0,05	1,45	31,89	0,06	0,45	0,19	0,10	0,06	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,3939	0,4142	C
173	24/02/2004	DUR24F04.acc	Durcal	6,00	209,53	0,00	1,34	0,47	7,48	2,84	1,97	1,00	1,52	1,25	2,81	0,50	0,60	0,83	0,99	0,88	1,07	0,9296	0,8875	C
174	06/11/2004	DUR06N04.acc	Durcal	3,20	36,30	0,00	1,06	0,32	1,41	30,23	0,12	0,49	0,12	0,10	0,12	0,11	0,12	0,21	0,24	0,24	0,31	0,3326	0,3810	C
175	02/12/2000	DUR02D00.acc	Durcal	2,60	13,05	2,00	3,00	0,06	0,06	48,03	0,07	0,52	0,13	0,11	0,12	0,07	0,09	0,17	0,20	0,23	0,27	0,4585	0,4635	C
176	13/07/1999	DUR13L99.acc	Durcal	3,00	12,30	0,00	1,71	0,04	0,22	43,85	0,06	0,50	0,13	0,08	0,08	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4516	0,4640	C
177	11/02/1999	DUR11F99.acc	Durcal	3,10	12,42	0,00	1,65	0,06	0,40	25,60	0,06	0,46	0,20	0,10	0,06	0,09	0,10	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4000	0,4096	C
178	16/04/1996	DUR16A96.acc	Durcal	3,80	119,67	8,00	1,41	0,09	0,24	15,97	0,25	0,57	0,34	0,21	0,47	0,17	0,21	0,33	0,40	0,42	0,51	0,4526	0,4771	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Durcal																								
179	16/04/1996	EST16A96.acc	Estepona	3,80	139,43	8,00	0,48	0,04	0,19	11,89	0,18	0,62	0,37	0,19	0,24	0,12	0,14	0,25	0,30	0,30	0,36	0,4511	0,4545	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Estepona																								
180	24/02/2004	FAC24F04.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	6,00	230,30	0,00	0,35	0,30	0,19	11,89	0,18	0,62	0,37	0,19	0,24	0,12	0,14	0,25	0,30	0,30	0,36	0,4511	0,4545	C
181	05/06/1998	FAC05J98.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	3,30	3,44	0,00	1,85	0,09	0,14	20,52	0,08	0,58	0,20	0,16	0,44	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4987	0,4961	C
182	04/06/1996	FAC04J98.2.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	2,90	2,61	0,00	3,17	0,07	0,18	42,60	0,10	0,54	0,18	0,13	0,15	0,08	0,09	0,18	0,22	0,23	0,28	0,4756	0,4749	C
183	02/03/2001	FAC02M01.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	2,60	4,70	0,00	0,56	0,03	0,14	16,79	0,11	0,65	0,29	0,14	0,11	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,5931	0,5818	C
184	10/10/2003	FAC10O03.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	2,90	7,00	0,00	1,26	0,03	0,13	42,25	0,10	0,58	0,15	0,12	0,11	0,08	0,10	0,18	0,22	0,23	0,28	0,5186	0,5209	C
185	23/12/1993	FAC23D93.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	4,70	75,52	8,00	1,01	0,12	1,84	8,16	0,33	0,51	0,56	0,42	0,31	0,19	0,22	0,38	0,45	0,42	0,51	0,3765	0,3228	C
186	28/12/1996	003515a.cor	Facultad de Ciencias (Granada)	3,90	7,00	0,00	0,06	0,00	0,01	31,60	0,15	0,57	0,21	0,17	0,13	0,11	0,13	0,24	0,29	0,28	0,34	0,4800	0,4828	D
187	12/06/1998	FAC12B98.acc	Facultad de Ciencias (Granada)	4,20	22,92	0,00	1,41	0,09	0,34	27,29	0,12	0,54	0,12	0,10	0,12	0,08	0,10	0,24	0,28	0,35	0,44	0,4688	0,4920	D
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Facultad de Ciencias																								
188	06/11/2004	GD06N04.acc	Guadix	3,30	66,70	0,00	0,66	0,04	0,26	16,65	0,10	0,62	0,26	0,11	0,07	0,12	0,14	0,25	0,29	0,32	0,38	0,5490	0,5586	C
189	16/04/1996	GD16A96.acc	Guadix	3,80	139,73	8,00	1,42	0,07	0,50	21,07	0,30	0,60	0,32	0,26	0,67	0,19	0,23	0,35	0,42	0,46	0,55	0,4555	0,4844	C
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Facultad de Guadix																								
190	24/02/2004	JAY24F02.acc	Jayena	6,00	202,57	0,00	3,40	0,52	4,58	6,49	0,37	0,80	0,82	0,48	2,92	0,49	0,58	0,81	0,97	0,86	1,04	0,4918	0,6184	C
195	05/10/2003	JAY05O03.acc	Jayena	3,00	12,14	1,00	2,26	0,07	0,59	40,48	0,07	0,50	0,16	0,08	0,09	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4431	0,4533	C
196	02/12/2000	JAY02D00.acc	Jayena	2,60	10,98	2,00	2,58	0,07	0,37	35,88	0,08	0,51	0,16	0,09	0,08	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,4558	0,4601	C
197	11/07/1999	JAY11J99.acc	Jayena	3,10	13,80	0,00	3,10	0,12	0,56	5,17	0,16	0,46	0,25	0,12	0,10	0,12	0,10	0,22	0,26	0,30	0,32	0,4922	0,4171	C
198	04/07/1999	JAY04L99.acc	Jayena	2,80	15,55	1,20	0,86	0,15	0,83	5,87	0,10	0,41	0,17	0,11	0,05	0,08	0,10	0,18	0,22	0,24	0,29	0,3508	0,3606	C
199	11/02/1999	JAY11F99.acc	Jayena	3,10	16,76	0,00	2,23	0,05	0,32	47,95	0,08	0,51	0,15	0,08	0,11	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4563	0,4692	C
200	07/05/1998	JAY07Y98.acc	Jayena	3,30	15,53	0,80	3,30	0,06	0,18	51,49	0,04	0,53	0,17	0,11	0,10	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4641	0,4732	C
201	12/03/2000	JAY12M00.acc	Jayena	2,80	20,70	0,00	0,68	0,02	0,12	27,74	0,11	0,53	0,19	0,12	0,14	0,08	0,10	0,19	0,22	0,24	0,29	0,4650	0,4666	C
202	30/08/2003	JAY30G03.acc	Jayena	2,60	6,60	0,00	3,70	0,14	1,39	20,06	0,04	0,47	0,12	0,09	0,08	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,4174	0,4263	C
203	23/12/1993	JAY23D93.acc	Jayena	4,70	81,54	8,00	1,46	0,12	3,13	18,59	0,48	0,66	0,44	0,32	0,33	0,19	0,23	0,39	0,46	0,43	0,52	0,4822	0,4734	C
204	24/02/1997	003529B.cor	Facultad de Ciencias (Granada)	4,20	10,00	0,00	0,46	0,02	0,02	25,19	0,12	0,58	0,22	0,15	0,16	0,12	0,14	0,27	0,32	0,30	0,36	0,4921	0,4920	D
205	16/04/1996	JAY16A96.acc	Jayena	3,80	104,91	8,00	2,35	0,14	2,32	17,33	0,21	0,56	0,28	0,13										

Nº de Sismo	Fecha Sismo	Nombre	Estación	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo	
																								(C o D)	
236	10/09/2003	STF10S03.ace	Santa Fe	3,50	11,10	0,00	22,47	0,44	2,69	50,92	0,10	0,50	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4493	0,4673	C	
237	17/03/1995	STF17M95.ace	Santa Fe	3,70	5,65	2,00	24,05	0,76	1,61	31,69	0,19	0,57	0,18	0,12	0,21	0,10	0,12	0,23	0,28	0,27	0,33	0,4986	0,5060	C	
238	28/12/1996	STF28D96.ace	Santa Fe	4,00	4,50	0,00	65,59	1,66	4,45	39,54	0,09	0,57	0,15	0,11	0,12	0,10	0,12	0,25	0,30	0,28	0,34	0,5010	0,5125	C	
239	31/03/1997	STF31M97.ace	Santa Fe	3,30	21,58	5,00	3,96	1,54	9,69	1,98	0,08	0,40	0,17	0,12	0,06	0,11	0,11	0,21	0,26	0,27	0,32	0,3377	0,3582	C	
240	07/06/1999	STF07J99.ace	Santa Fe	3,50	3,81	1,40	18,20	0,53	3,87	34,46	0,13	0,52	0,17	0,13	0,09	0,09	0,11	0,22	0,26	0,26	0,31	0,4471	0,4552	C	
241	22/05/2001	STF22Y01.ace	Santa Fe	3,50	25,20	0,00	3,52	0,18	1,45	19,67	0,22	0,58	0,21	0,16	0,30	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4946	0,4970	C	
242	10/09/2003	STF10S03.ace	Santa Fe	3,50	11,10	0,00	22,47	0,42	2,07	52,99	0,10	0,53	0,12	0,10	0,12	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4708	0,4868	C	
243	05/10/2003	STF05O03.ace	Santa Fe	3,00	17,73	1,00	3,62	0,11	0,58	32,51	0,08	0,56	0,12	0,08	0,07	0,09	0,10	0,19	0,23	0,25	0,30	0,5088	0,5204	C	
244	04/03/1999	STF04M99.ace	Santa Fe	2,80	6,60	0,00	2,92	2,39	16,55	1,22	0,11	0,29	0,22	0,29	0,08	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,28	0,2264	0,2900	C	
245	05/06/1998	STF05J98.ace	Santa Fe	3,50	7,65	0,00	7,68	0,36	3,18	21,26	0,21	0,51	0,23	0,17	0,29	0,09	0,11	0,25	0,25	0,31	0,4255	0,4214	C		
246	10/10/2003	STF10O03.ace	Santa Fe	2,90	8,67	0,00	2,57	0,11	0,26	22,08	0,06	0,54	0,20	0,10	0,07	0,08	0,10	0,18	0,22	0,24	0,29	0,4982	0,4815	C	
247	03/08/2004	STF03G03.ace	Santa Fe	2,90	27,11	10,00	4,70	0,12	0,96	40,81	0,08	0,58	0,12	0,08	0,06	0,09	0,10	0,19	0,23	0,25	0,31	0,5230	0,5345	C	
248	23/12/1993	STF23D93.ace	Santa Fe	4,70	83,49	8,00	5,72	0,78	8,29	7,34	0,25	0,72	0,56	0,38	0,26	0,19	0,23	0,39	0,46	0,43	0,52	0,5553	0,5167	C	
249	24/06/1984	000704A.cor	Santa Fe	4,90	39,00	0,00	0,37	0,06	0,22	6,33	0,15	0,49	0,32	0,15	0,07	0,17	0,20	0,36	0,43	0,38	0,46	0,4000	0,4408	D	
250	28/12/1996	003511A.cor	Santa Fe	3,90	9,00	0,00	0,66	0,02	0,09	41,19	0,10	0,58	0,16	0,11	0,20	0,11	0,13	0,25	0,29	0,28	0,34	0,5125	0,5271	D	
251	16/04/1996	STF16A96.ace	Santa Fe	3,80	96,03	8,00	2,29	1,74	11,70	1,31	0,21	0,45	0,30	0,23	0,21	0,16	0,19	0,31	0,37	0,39	0,47	0,3363	0,3653	C	
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Santa Fe																									
252	16/04/1996	SEV16A96.ace	Sevilla	3,50	120,77	8,00	3,23	0,69	4,77	23,59	0,13	0,52	0,22	0,15	0,15	0,11	0,13	0,24	0,28	0,28	0,34	0,4484	0,4555	C	
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Sevilla																									
253	08/01/1994	COMA08E94.ace	Torre de Comares (Alhambra)	3,50	30,02	1,00	2,73	15,87	117,69	0,17	0,16	18,90	0,29	0,18	0,12	0,12	0,12	0,23	0,28	0,28	0,42	0,51	0,5192	0,5403	C
254	24/02/1997	COM24F97.ace	Torre de Comares (Alhambra)	4,10	28,46	5,00	15,18	1,11	20,26	13,73	0,27	0,63	0,43	0,23	0,24	0,13	0,15	0,28	0,33	0,31	0,38	0,5363	0,5144	C	
255	4/06/1998	COM04J98.ace	Torre de Comares (Alhambra)	2,90	3,33	0,00	12,69	0,34	2,43	36,83	0,10	0,46	0,16	0,14	0,40	0,08	0,09	0,18	0,22	0,23	0,28	0,3917	0,3945	C	
256	21/03/1993	COM21M93.2.ace	Torre de Comares (Alhambra)	3,40	11,95	2,00	11,07	0,69	8,15	16,09	0,24	0,51	0,29	0,13	0,25	0,09	0,11	0,21	0,26	0,26	0,32	0,4411	0,4388	C	
257	06/12/1994	COM06D94.ace	Torre de Comares (Alhambra)	3,00	6,44	3,00	3,11	2,38	16,18	1,31	0,07	0,41	0,27	0,17	0,27	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,3432	0,3350	C	
258	17/03/1995	COM17M95.ace	Torre de Comares (Alhambra)	3,70	16,56	2,00	16,15	0,79	13,41	20,55	0,24	0,53	0,32	0,15	0,26	0,11	0,13	0,24	0,28	0,28	0,34	0,4511	0,4467	C	
259	28/09/1995	COM28S95.ace	Torre de Comares (Alhambra)	3,20	26,48	1,00	2,17	2,05	11,90	1,07	0,12	0,49	0,29	0,22	0,10	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,33	0,4046	0,3924	C	
260	28/12/1996	COM28D96.ace	Torre de Comares (Alhambra)	4,00	13,10	0,00	46,40	1,48	12,98	31,43	0,09	0,59	0,24	0,15	0,32	0,11	0,14	0,26	0,31	0,29	0,35	0,4921	0,4970	C	
261	04/06/1998	COM04J98.3.ace	Torre de Comares (Alhambra)	2,90	3,33	0,00	10,29	0,84	4,93	12,23	0,27	0,52	0,26	0,17	0,30	0,08	0,09	0,18	0,22	0,23	0,28	0,4549	0,4449	C	
262	04/06/1998	COM04J98.2.ace	Torre de Comares (Alhambra)	2,40	1,70	0,00	3,13	1,64	8,09	1,91	0,09	0,52	0,17	0,11	0,10	0,07	0,08	0,16	0,19	0,21	0,25	0,4598	0,4591	C	
263	23/12/1993	COM23D93.ace	Torre de Comares (Alhambra)	4,70	73,42	8,00	20,08	2,43	83,11	8,25	0,34	0,59	0,49	0,33	0,33	0,18	0,22	0,38	0,45	0,42	0,50	0,4336	0,4149	C	
264	28/12/1996	003518A.cor	Torre de Comares (Alhambra)	3,90	9,00	0,00	0,47	0,01	0,12	32,79	0,08	0,57	0,24	0,13	0,08	0,11	0,13	0,25	0,29	0,28	0,34	0,4855	0,4908	D	
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Torre de Comares (Alhambra)																									
265	28/12/1996	UG128D96.ace	Ugijar	4,00	64,30	0,00	1,96	2,47	24,94	14,70	0,49	0,51	0,33	0,36	0,25	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,33	0,5939	0,5825	C	
Media ponderada parámetros característicos de cálculo. Estación Ugijar																									
266	08/01/1994	VEN08E94.ace	Ventas de Huelma	3,50	7,57	1,00	5,80	0,43	2,43	13,42	0,08	0,56	0,15	0,11	0,09	0,10	0,11	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4887	0,4986	C	
267	24/02/1997	VEN24F97.ace	Ventas de Huelma	4,10	7,43	5,00	31,26	1,51	2,10	20,76	0,24	0,61	0,34	0,19	0,21	0,10	0,14	0,26	0,31	0,29	0,35	0,5152	0,5038	C	
268	18/11/1998	VEN18N98.ace	Ventas de Huelma	3,90	15,77	0,10	22,10	0,63	0,74	35,16	0,10	0,61	0,15	0,11	0,48	0,11	0,13	0,25	0,30	0,29	0,35	0,5333	0,5484	C	
269	07/06/199	VEN07J99.ace	Ventas de Huelma	3,50	19,99	1,40	3,90	0,27	2,05	14,31	0,15	0,56	0,22	0,15	0,32	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4741	0,4765	C	
270	21/04/2000	VEN21A00.ace	Ventas de Huelma	3,20	39,20	0,00	7,87	0,17	0,67	46,49	0,07	0,50	0,12	0,08	0,06	0,10	0,12	0,22	0,26	0,28	0,34	0,4601	0,4833	C	
271	10/09/2003	VEN10S03.ace	Ventas de Huelma	3,50	5,40	0,00	12,61	0,23	0,77	55,02	0,09	0,58	0,14	0,11	0,06	0,09	0,11	0,22	0,26	0,26	0,31	0,5179	0,5280	C	
272	22/12/1993	VEN22D93.ace	Ventas de Huelma	3,40	13,10	3,00	5,75	0,46	8,86	12,47	0,12	0,51	0,17	0,13	0,23	0,10	0,11	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4325	0,4227	C	
273	17/03/1995	VEN17M95.ace	Ventas de Huelma	3,70	12,71	2,00	3,94	0,12	0,99	32,68	0,06	0,56	0,16	0,09	0,12	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,33	0,4929	0,5059	C	
274	28/12/1996	VEN28D96.ace	Ventas de Huelma	4,00	12,10	0,00	14,92	0,53	2,60	27,97	0,10	0,55	0,20	0,14	0,10	0,11	0,14	0,26	0,31	0,29	0,35	0,4603	0,4725	C	
275	09/01/1996	VEN09E96.ace	Ventas de Huelma	3,50	9,77	3,00	4,77	0,19	1,85	25,17	0,05	0,53	0,16	0,10	0,16	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4633	0,4755	C	
276	07/06/1999	VEN07J99.ace	Ventas de Huelma	3,50	19,99	1,40	1,95	0,20	1,44	9,57	0,08	0,57	0,24	0,14	0,14	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4829	0,4843	C	
277	22/05/2001	VEN22Y01.ace	Ventas de Huelma	3,50	9,00	0,00	16,10	0,42	0,50	38,55	0,07	0,55	0,16	0,11	0,15	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4820	0,4934	C	
278	10/09/2003	VEN10S03.ace	Ventas de Huelma	3,50	5,40	0,00	12,61	0,25	1,58	49,81	0,09	0,57	0,14	0,10	0,13	0,09	0,11	0,22	0,26	0,26	0,31	0,5040	0,5152	C	
279	05/10/2003	VEN05O03.ace	Ventas de Huelma	3,00	1,66	1,00	7,74	0,18	0,45	42,00	0,06	0,47	0,12	0,07	0,06	0,08	0,10	0,19	0,22						

N° de Registro	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo		
																					(C o D)		
																					Tipo C si dC>dD Tipo D si dC<dD		
1	4.1	79.18	5.00	0.75	0.04	0.40	18.88	0.15	0.60	0.27	0.16	0.17	0.16	0.19	0.32	0.39	0.38	0.46	0.4931	0.5199	C		
2	6.0	200.30	0.00	2.17	0.21	1.24	10.12	0.26	0.70	0.90	0.33	0.15	0.48	0.58	0.80	0.96	0.85	1.03	0.5753	0.7169	C		
3	3.3	26.70	0.00	2.24	0.09	0.66	26.02	0.12	0.47	0.17	0.13	0.08	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.33	0.4022	0.4157	C		
4	4.7	10.95	8.00	28.07	1.28	1.23	22.00	0.19	0.58	0.27	0.15	0.13	0.14	0.17	0.31	0.37	0.33	0.40	0.4799	0.4956	C		
5	4.9	25.00	0.00	0.61	0.03	0.04	19.22	0.15	0.59	0.27	0.24	0.20	0.16	0.19	0.35	0.41	0.36	0.43	0.4516	0.4655	C		
6	5.2	6.00	0.00	0.28	0.01	0.02	22.49	0.17	0.60	0.27	0.14	0.12	0.16	0.19	0.36	0.43	0.35	0.43	0.4965	0.5250	C		
7	3.9	12.07	0.10	34.27	0.91	1.84	37.86	0.07	0.53	0.17	0.10	0.07	0.11	0.13	0.25	0.30	0.29	0.35	0.4701	0.4892	C		
8	3.5	23.84	1.40	5.23	0.25	0.99	21.19	0.21	0.50	0.29	0.16	0.23	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.4180	0.4163	D		
9	3.2	39.88	0.00	13.18	0.31	1.28	42.02	0.05	0.49	0.12	0.07	0.09	0.10	0.12	0.22	0.26	0.28	0.34	0.4466	0.4720	C		
10	3.0	9.41	2.00	5.56	0.13	0.69	42.25	0.07	0.61	0.12	0.08	0.07	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.5549	0.5627	C		
11	3.3	40.70	0.00	4.90	0.23	1.82	20.93	0.08	0.50	0.16	0.13	0.13	0.10	0.13	0.23	0.27	0.29	0.35	0.4336	0.4500	C		
12	3.5	9.40	0.00	8.28	0.23	1.16	36.13	0.09	0.50	0.14	0.10	0.06	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4436	0.4600	C		
13	3.7	16.22	2.00	4.69	0.12	0.94	37.76	0.07	0.58	0.15	0.10	0.07	0.11	0.13	0.24	0.28	0.28	0.34	0.5204	0.5356	C		
14	3.3	11.14	1.00	3.96	0.08	0.50	52.14	0.05	0.56	0.13	0.08	0.07	0.09	0.11	0.21	0.25	0.26	0.31	0.5093	0.5216	C		
15	3.0	13.75	2.00	3.62	0.12	0.27	31.06	0.04	0.61	0.16	0.10	0.07	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.30	0.5400	0.5435	C		
16	3.5	15.40	3.00	7.26	0.21	1.61	34.51	0.07	0.45	0.15	0.10	0.08	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.33	0.4007	0.4228	C		
17	3.3	9.65	5.00	5.54	0.22	2.31	25.23	0.07	0.43	0.15	0.09	0.07	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.3835	0.4024	C		
18	3.5	23.84	1.40	3.89	0.18	1.21	22.01	0.15	0.54	0.22	0.15	0.33	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.4545	0.4585	C		
19	3.5	5.00	0.00	17.45	0.60	1.82	29.31	0.10	0.51	0.19	0.11	0.10	0.09	0.11	0.22	0.26	0.26	0.31	0.4381	0.4470	C		
20	3.5	9.40	0.00	8.29	0.24	1.47	34.66	0.12	0.52	0.15	0.12	0.08	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4510	0.4634	C		
21	3.0	3.26	1.00	3.24	0.07	0.21	48.88	0.08	0.62	0.13	0.08	0.11	0.08	0.10	0.19	0.22	0.23	0.28	0.5584	0.5637	C		
22	3.3	9.62	0.80	2.91	0.07	0.15	39.83	0.07	0.56	0.14	0.09	0.09	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.5000	0.5112	C		
23	2.6	8.30	0.00	4.08	0.12	0.58	32.88	0.05	0.63	0.14	0.10	0.09	0.09	0.07	0.17	0.20	0.22	0.27	0.5696	0.5707	C		
24	4.2	1.00	0.00	1.01	0.03	0.02	31.15	0.15	0.58	0.21	0.16	0.18	0.11	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4816	0.4893	C		
25	3.8	97.43	8.00	2.71	0.19	1.27	14.23	0.11	0.58	0.22	0.12	0.11	0.16	0.19	0.31	0.37	0.39	0.47	0.5121	0.5504	C		
26	3.0	6.14	6.00	9.47	0.18	0.61	52.51	0.05	0.54	0.11	0.08	0.08	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4928	0.5046	C		
27	2.9	5.10	0.00	1.66	0.06	0.16	29.41	0.11	0.61	0.22	0.12	0.15	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.5427	0.5392	D		
28	3.5	18.00	0.00	3.22	0.06	0.21	52.97	0.11	0.54	0.15	0.11	0.11	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.4722	0.4860	C		
29	3.4	36.82	3.00	1.14	0.10	0.74	10.99	0.12	0.71	0.60	0.26	0.13	0.11	0.13	0.23	0.28	0.29	0.35	0.7091	0.6731	D		
30	3.7	12.39	2.00	3.18	0.14	0.55	22.74	0.18	0.53	0.25	0.19	0.28	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.33	0.4370	0.4338	D		
31	4.0	11.20	0.00	4.62	0.18	1.34	25.81	0.10	0.57	0.26	0.13	0.20	0.11	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4861	0.4912	C		
32	3.5	18.00	0.00	3.22	0.06	0.21	53.05	0.12	0.54	0.15	0.13	0.12	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.4682	0.4801	C		
33	3.3	8.03	0.00	1.61	0.08	0.35	20.79	0.12	0.58	0.24	0.13	0.05	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.5017	0.4995	D		
34	3.9	2.00	0.00	0.05	0.00	0.01	28.86	0.13	0.61	0.05	0.27	0.16	0.14	0.11	0.24	0.29	0.16	0.27	0.33	0.5149	0.5109	D	
35	3.8	105.10	8.00	2.46	0.19	0.21	13.14	0.56	0.65	0.47	0.32	0.56	0.16	0.19	0.32	0.38	0.40	0.48	0.5166	0.4931	D		
36	3.9	19.98	0.10	0.47	0.04	0.62	11.67	0.13	0.61	0.37	0.19	0.12	0.36	0.14	0.25	0.30	0.19	0.29	0.36	0.5244	0.5099	D	
37	3.0	7.38	2.00	0.33	0.01	0.05	26.04	0.06	0.53	0.14	0.08	0.08	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4791	0.4888	C		
38	3.4	4.66	3.00	2.20	0.07	0.11	29.36	0.13	0.49	0.20	0.18	0.11	0.09	0.09	0.21	0.25	0.11	0.25	0.31	0.4248	0.4346	C	
39	4.0	27.60	0.00	2.46	0.12	1.20	21.26	0.10	0.60	0.28	0.15	0.11	0.12	0.15	0.27	0.32	0.31	0.37	0.5061	0.5093	C		
40	3.5	8.17	3.00	1.92	0.08	0.60	23.49	0.33	0.54	0.28	0.23	0.50	0.10	0.11	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4494	0.4338	D		
41	3.5	12.00	0.00	2.41	0.14	0.06	17.49	0.12	0.55	0.27	0.17	0.11	0.10	0.12	0.22	0.26	0.17	0.27	0.32	0.4665	0.4607	D	
42	3.3	7.84	0.80	2.27	0.12	0.21	18.55	0.49	0.53	0.32	0.28	0.23	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.4572	0.4315	D		
43	4.7	96.98	8.00	0.47	0.10	2.30	4.62	0.46	0.72	0.59	0.38	0.46	0.21	0.25	0.40	0.48	0.45	0.55	0.5501	0.5122	D		
44	3.8	90.65	8.00	1.64	0.10	0.84	15.74	0.12	0.50	0.30	0.20	0.19	0.15	0.18	0.31	0.37	0.38	0.46	0.3921	0.4167	C		
45	6.0	235.70	0.00	1.94	1.40	23.80	1.39	0.14	0.71	0.77	0.32	0.13	0.57	0.68	0.89	1.07	0.97	1.18	0.6844	0.9141	C		
46	3.9	11.81	0.10	10.02	0.36	1.78	27.74	0.08	0.55	0.21	0.10	0.19	0.11	0.13	0.25	0.30	0.29	0.35	0.4829	0.4965	C		
47	3.5	34.33	1.40	2.16	0.11	0.58	20.02	0.16	0.56	0.26	0.15	0.24	0.35	0.11	0.13	0.24	0.28	0.15	0.29	0.35	0.4725	0.4740	C
48	3.2	47.80	0.00	2.59	0.10	0.51	25.93	0.13	0.64	0.20	0.11	0.14	0.10	0.13	0.23	0.27	0.29	0.35	0.5678	0.5742	C		
49	3.7	26.48	2.00	6.83	0.56	5.47	12.10	0.09	0.41	0.17	0.10	0.10	0.11	0.13	0.24	0.29	0.29	0.35	0.3638	0.3953	C		
50	3.3	15.83	1.00	5.87	0.47	4.18	12.55	0.15	0.42	0.14	0.11	0.08	0.09	0.11	0.21	0.25	0.11	0.26	0.31	0.3636	0.3837	C	
51	3.5	24.39	3.00	5.78	2.74	27.94	2.11	0.19	0.34	0.19	0.11	0.15	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.2923	0.3225	C		
52	3.1	20.80	8.00	4.04	3.69	23.40	1.09	0.14	0.37	0.24	0.19	0.13	0.09	0.11	0.20	0.24	0.19	0.26	0.31	0.2945	0.2917	D	
53	3.5	34.33	1.40	2.16	0.08	0.36	25.43	0.20	0.54	0.26	0.19	0.12	0.11	0.13	0.24	0.28	0.29	0.35	0.4456	0.4427	D		
54	3.5	6.10	0.00	3.07	0.24	1.81	13.03	0.19	0.54	0.20	0.14	0.07	0.10	0.11	0.22	0.26	0.26	0.31	0.4625	0.4659	C		
55	3.0	19.50	0.00	2.27	0.09	0.35	26.31	0.13	0.66	0.31	0.13	0.09	0.09	0.10	0.20	0.23	0.25	0.30	0.5942	0.5847	D		
56	3.8	98.03	8.00	4.44	0.51	4.80	8.64	0.10	0.45	0.22	0.12	0.10	0.16	0.19	0.31	0.37	0.12	0.39	0.47	0.4083	0.4633	C	
57	4.9	24.00	0.00	0.18	0.17	0.74	1.06	4.02	0.55	0.46	0.60	0.25	0.16	0.19	0.34	0.41	0.36	0.43	0.4775	0.4027	D		
58	2.9	3.29	0.00	6.92	0.24	2.51	28.36	0.11	0.62	0.14	0.13	0.19	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.5505	0.5501	D		
59	3.9	32.29	0.10	2.75	0.52	4.38	5.27	0.23	0.51	0.41	0.17	0.39	0.12	0.14	0.26	0.32	0.17	0.37	0.4402	0.4308	D		
60	3.5	10.83																					

N° de Registro	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo
																					(C o D)
																					Tipo C si dC>dD
67	3.5	19.30	0.00	4.84	1.24	11.00	3.92	0.07	0.42	0.19	0.10	0.20	0.10	0.12	0.23	0.27	0.27	0.33	0.3618	0.3834	C
68	3.3	4.82	0.00	7.44	0.60	2.67	12.39	0.19	0.54	0.18	0.16	0.18	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.30	0.4637	0.4642	C
69	2.9	3.29	0.00	5.38	3.64	26.13	1.48	0.15	0.36	0.29	0.25	0.08	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.2994	0.2751	D
70	4.7	73.56	8.00	7.55	0.72	5.37	10.47	0.41	0.62	0.58	0.30	0.41	0.18	0.22	0.38	0.45	0.42	0.50	0.4942	0.4670	D
71	3.9	9.00	0.00	0.14	0.01	0.04	27.36	0.35	0.59	0.24	0.19	0.36	0.11	0.13	0.25	0.29	0.28	0.34	0.4949	0.4922	D
72	2.8	4.03	0.00	2.81	2.87	19.91	0.98	0.20	0.30	0.27	0.44	0.22	0.08	0.09	0.18	0.21	0.23	0.28	0.3269	0.2766	D
73	3.9	18.90	0.10	11.90	0.32	1.21	36.72	0.10	0.60	0.19	0.11	0.16	0.11	0.14	0.25	0.30	0.29	0.35	0.5200	0.5331	C
74	3.5	25.94	1.40	5.23	0.22	0.13	23.55	0.22	0.52	0.29	0.16	0.23	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.34	0.4392	0.4363	D
75	3.2	47.60	0.00	2.34	0.10	0.79	24.49	0.10	0.47	0.16	0.10	0.09	0.10	0.13	0.23	0.27	0.29	0.35	0.4125	0.4361	C
76	3.0	9.22	2.00	5.81	0.12	0.33	49.94	0.07	0.50	0.14	0.09	0.13	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4411	0.4515	C
77	3.5	12.30	0.00	8.37	0.23	0.57	36.94	0.07	0.51	0.19	0.10	0.12	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.32	0.4427	0.4555	C
78	3.7	17.71	2.00	7.15	0.66	5.99	10.84	0.10	0.45	0.16	0.11	0.10	0.11	0.13	0.24	0.29	0.28	0.34	0.3894	0.4130	C
79	3.3	19.33	1.00	2.35	2.46	16.95	0.95	0.09	0.34	0.18	0.26	0.09	0.10	0.11	0.21	0.26	0.26	0.32	0.2471	0.2463	D
80	4.0	18.90	0.00	11.31	0.41	1.44	27.44	0.09	0.55	0.24	0.13	0.13	0.12	0.14	0.26	0.31	0.30	0.36	0.4672	0.4785	C
81	3.5	22.80	3.00	36.42	1.36	5.53	26.76	0.15	0.48	0.18	0.13	0.16	0.10	0.12	0.23	0.27	0.28	0.34	0.4128	0.4273	C
82	3.3	5.31	5.00	5.64	0.27	0.69	20.65	0.12	0.53	0.18	0.15	0.14	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.30	0.4493	0.4513	C
83	3.5	25.98	1.40	5.23	0.25	1.16	20.70	0.21	0.50	0.29	0.16	0.22	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.34	0.4200	0.4190	D
84	3.5	9.80	0.00	13.70	0.34	0.99	40.55	0.09	0.52	0.19	0.10	0.10	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4567	0.4670	C
85	3.5	12.30	0.00	8.37	0.23	0.57	36.94	0.10	0.51	0.19	0.12	0.12	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.32	0.4347	0.4449	C
86	6.0	214.44	0.00	1.56	0.23	3.15	6.75	0.30	0.71	0.74	0.32	0.15	0.51	0.62	0.84	1.00	0.90	1.09	0.6199	0.8187	C
87	3.3	65.10	0.00	0.87	0.08	0.33	11.07	0.10	0.40	0.19	0.13	0.16	0.12	0.14	0.24	0.29	0.31	0.38	0.3368	0.3700	C
88	3.0	7.47	1.00	1.52	0.05	0.54	27.89	0.13	0.47	0.17	0.14	0.15	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.3972	0.4010	C
89	2.6	19.97	2.00	2.27	0.06	0.53	36.93	0.12	0.51	0.18	0.14	0.21	0.08	0.09	0.17	0.21	0.23	0.28	0.4448	0.4434	D
90	3.0	24.10	0.00	0.99	0.05	0.06	21.83	0.11	0.63	0.18	0.12	0.18	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.31	0.5565	0.5578	C
91	2.8	9.08	1.20	1.19	0.05	0.37	22.75	0.10	0.42	0.14	0.10	0.18	0.08	0.09	0.18	0.21	0.23	0.28	0.3651	0.3771	C
92	3.1	20.92	0.00	1.37	0.07	0.59	20.25	0.08	0.51	0.20	0.10	0.12	0.09	0.11	0.20	0.24	0.26	0.31	0.4490	0.4564	C
93	2.8	17.19	0.00	0.57	0.02	0.04	28.67	0.10	0.57	0.21	0.13	0.17	0.08	0.10	0.18	0.22	0.24	0.29	0.5014	0.4985	D
94	3.3	1.59	0.80	14.26	0.52	0.16	27.44	0.18	0.54	0.22	0.17	0.23	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.30	0.4592	0.4546	D
95	2.8	14.43	0.00	0.67	0.03	0.08	25.04	0.17	0.47	0.24	0.17	0.17	0.08	0.10	0.18	0.22	0.24	0.29	0.4037	0.3963	D
96	2.9	11.36	10.00	1.05	0.06	0.37	16.51	0.08	0.51	0.20	0.11	0.11	0.08	0.10	0.19	0.22	0.24	0.29	0.4436	0.4463	C
97	2.6	9.80	0.00	1.65	0.15	0.23	11.39	0.15	0.56	0.17	0.12	0.15	0.07	0.09	0.17	0.20	0.22	0.27	0.4955	0.4950	D
98	4.2	8.00	0.00	0.20	0.01	0.00	20.13	0.08	0.62	0.27	0.14	0.32	0.12	0.14	0.27	0.32	0.30	0.36	0.5303	0.5327	C
99	3.8	89.46	8.00	3.36	1.91	12.11	1.76	0.20	0.39	0.23	0.21	0.11	0.15	0.18	0.30	0.36	0.38	0.46	0.2954	0.3447	C
100	3.0	10.81	6.00	1.92	0.24	0.66	7.97	0.07	0.51	0.16	0.09	0.09	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4563	0.4654	C
101	3.8	17.72	5.00	29.41	32.14	40.64	0.92	0.94	0.65	0.45	0.51	0.08	0.11	0.13	0.25	0.29	0.29	0.35	0.6162	0.5621	D
102	4.7	251.76	8.00	0.67	0.22	1.07	3.05	0.88	0.84	1.05	0.44	0.17	0.99	0.41	0.64	0.77	0.82	0.99	0.7065	0.7152	C
103	3.8	87.77	8.00	14.35	0.59	0.23	24.24	0.12	0.60	0.21	0.11	0.11	0.15	0.18	0.30	0.36	0.37	0.45	0.5293	0.5618	C
104	3.5	10.55	1.00	6.22	0.35	3.38	17.73	0.11	0.46	0.20	0.12	0.11	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.3910	0.4029	C
105	3.9	22.98	0.10	13.44	0.66	3.73	20.51	0.23	0.60	0.32	0.19	0.30	0.12	0.14	0.26	0.31	0.30	0.36	0.5018	0.4940	D
106	3.5	14.55	1.40	10.25	0.43	0.68	23.84	0.11	0.55	0.22	0.13	0.11	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.32	0.4768	0.4809	C
107	3.2	40.70	0.00	4.21	0.15	1.24	27.38	0.13	0.48	0.20	0.13	0.07	0.10	0.12	0.22	0.26	0.28	0.34	0.4086	0.4213	C
108	3.7	6.62	2.00	30.29	0.74	2.46	40.70	0.13	0.50	0.17	0.13	0.11	0.10	0.12	0.23	0.28	0.27	0.33	0.4296	0.4421	C
109	3.3	19.97	1.00	3.19	0.15	0.75	21.80	0.20	0.61	0.25	0.18	0.26	0.10	0.11	0.21	0.26	0.26	0.32	0.5247	0.5179	D
110	4.0	8.10	0.00	38.75	1.23	3.94	31.44	0.14	0.57	0.25	0.13	0.23	0.11	0.13	0.25	0.30	0.29	0.35	0.4852	0.4908	C
111	3.5	13.05	3.00	6.79	0.21	1.81	32.80	0.15	0.53	0.19	0.14	0.13	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.32	0.4479	0.4535	C
112	3.3	10.93	5.00	6.91	0.22	0.40	30.86	0.11	0.42	0.17	0.13	0.11	0.09	0.11	0.21	0.25	0.26	0.31	0.3544	0.3681	C
113	3.5	14.55	1.40	10.25	0.43	0.64	23.89	0.09	0.54	0.22	0.11	0.09	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.32	0.4673	0.4742	C
114	3.1	15.76	0.00	4.16	0.17	0.48	24.93	0.29	0.53	0.29	0.19	0.29	0.09	0.11	0.20	0.24	0.25	0.30	0.4519	0.4384	D
115	3.3	12.62	0.80	3.92	0.22	1.89	17.65	0.17	0.48	0.19	0.16	0.09	0.09	0.11	0.21	0.25	0.26	0.31	0.4015	0.4047	C
116	3.8	91.55	8.00	5.53	0.29	1.12	19.10	0.23	0.55	0.31	0.25	0.39	0.15	0.18	0.31	0.37	0.38	0.46	0.4172	0.4244	C
117	4.1	22.64	5.00	5.33	0.46	2.67	11.65	0.10	0.63	0.38	0.13	0.05	0.12	0.15	0.27	0.33	0.31	0.37	0.5502	0.5459	D
118	2.9	2.48	0.00	3.51	0.13	0.96	27.69	0.06	0.60	0.16	0.09	0.03	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.5454	0.5479	C
119	3.9	27.15	0.10	3.71	0.17	1.40	21.23	0.11	0.62	0.24	0.13	0.07	0.12	0.14	0.26	0.31	0.30	0.37	0.5322	0.5396	C
120	3.5	9.39	1.40	9.52	0.20	1.53	47.75	0.07	0.58	0.14	0.12	0.06	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.5108	0.5208	C
121	2.8	5.80	0.00	7.58	0.23	1.68	32.67	0.07	0.50	0.14	0.08	0.06	0.08	0.09	0.18	0.21	0.23	0.28	0.4484	0.4573	C
122	2.9	4.30	0.00	3.13	0.17	1.52	17.88	0.07	0.51	0.19	0.10	0.10	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.4485	0.4514	C
123	3.5	13.70	0.00	14.68	0.37	0.97	53.87	0.09	0.50	0.11	0.09	0.09	0.10	0.12	0.22	0.27	0.27	0.32	0.4528	0.4741	C
124	3.0	4.69	3.00	6.27	0.16	1.27	38.39	0.10	0.54	0.14	0.11	0.05	0.08	0.10	0.19	0.22	0.24	0.29	0.4753	0.4818	C
125	3.7	11.97	2.00	12.89	0.34	3.20	38.07	0.11	0.52	0.15	0.11	0.11	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.33	0.4498	0.4663	C
126	4.0	8.00	0.00	43.95	1.06	2.30	41														

N° de Registro	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA _{PGV} -	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo	
																					(C o D)	
																					Tipo C si dC>dD	
133	4,7	75,60	8,00	9,51	0,53	5,38	17,98	0,13	0,55	0,37	0,16	0,20	0,19	0,22	0,38	0,45	0,42	0,51	0,4415	0,4790	C	
134	3,8	103,91	8,00	3,04	0,30	2,96	10,08	0,08	0,59	0,22	0,12	0,07	0,16	0,19	0,32	0,38	0,40	0,48	0,5253	0,5662	C	
135	2,8	1,76	0,00	4,15	0,08	0,46	49,76	0,08	0,59	0,15	0,09	0,06	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,27	0,5325	0,5349	C	
136	4,1	22,15	5,00	10,50	0,54	1,07	19,49	0,12	0,63	0,29	0,22	0,12	0,12	0,15	0,27	0,32	0,31	0,37	0,5130	0,5060	D	
137	3,9	22,72	0,10	27,60	0,82	1,57	33,60	0,08	0,57	0,19	0,12	0,10	0,12	0,14	0,26	0,31	0,30	0,36	0,4904	0,5060	C	
138	3,5	18,28	1,40	1,95	0,24	1,85	8,14	0,07	0,55	0,24	0,13	0,12	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4720	0,4753	C	
139	3,2	20,10	0,00	1,24	0,04	0,09	30,05	0,10	0,46	0,18	0,13	0,13	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,3897	0,3992	C	
140	3,7	18,94	2,00	6,24	0,13	1,12	49,59	0,08	0,47	0,15	0,09	0,08	0,11	0,13	0,24	0,29	0,28	0,34	0,4232	0,4495	C	
141	3,3	16,57	1,00	4,58	0,11	0,21	42,51	0,14	0,45	0,17	0,16	0,19	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,32	0,3683	0,3776	C	
142	2,7	9,01	2,00	2,22	0,07	0,62	33,89	0,12	0,34	0,14	0,10	0,10	0,08	0,09	0,17	0,21	0,23	0,28	0,2909	0,3076	C	
143	4,0	14,70	0,00	8,34	0,18	0,82	47,29	0,12	0,53	0,16	0,12	0,10	0,11	0,14	0,26	0,31	0,29	0,36	0,4600	0,4808	C	
144	3,5	28,96	3,00	1,08	0,05	0,44	21,69	0,07	0,57	0,22	0,11	0,08	0,11	0,13	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4981	0,5076	C	
145	3,1	24,26	8,00	0,95	0,14	1,26	6,58	0,11	0,41	0,20	0,14	0,10	0,09	0,11	0,20	0,24	0,26	0,31	0,3430	0,3529	C	
146	3,3	27,34	5,00	1,32	0,04	0,35	30,58	0,11	0,45	0,15	0,10	0,10	0,10	0,12	0,22	0,26	0,27	0,33	0,3966	0,4175	C	
147	3,5	18,28	1,40	4,73	0,09	0,20	53,09	0,09	0,57	0,16	0,13	0,12	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4901	0,4992	C	
148	3,0	17,10	0,00	1,14	0,05	0,47	23,05	0,13	0,54	0,17	0,13	0,11	0,09	0,10	0,19	0,23	0,25	0,30	0,4646	0,4678	C	
149	3,1	7,59	0,00	1,84	0,09	0,51	21,33	0,07	0,53	0,22	0,10	0,12	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4702	0,4723	C	
150	2,8	20,36	0,00	1,07	0,04	0,28	28,08	0,12	0,57	0,19	0,13	0,16	0,08	0,10	0,19	0,22	0,24	0,29	0,5020	0,5015	D	
151	3,3	9,93	0,00	0,95	0,04	0,30	21,98	0,12	0,63	0,21	0,13	0,15	0,09	0,11	0,21	0,25	0,25	0,31	0,5514	0,5502	D	
152	2,6	7,10	0,00	1,21	0,03	0,12	43,51	0,08	0,57	0,14	0,09	0,08	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,5186	0,5220	C	
153	3,8	111,39	8,00	2,18	0,07	0,49	30,82	0,11	0,56	0,22	0,15	0,18	0,17	0,20	0,33	0,39	0,41	0,50	0,4864	0,5306	C	
154	2,8	9,66	0,00	0,70	0,03	0,16	25,09	0,08	0,60	0,18	0,10	0,16	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,28	0,5351	0,5359	C	
155	4,1	24,68	5,00	8,99	0,26	1,11	34,21	0,06	0,60	0,23	0,11	0,06	0,12	0,15	0,27	0,33	0,31	0,38	0,5132	0,5274	C	
156	3,9	20,15	0,10	16,33	0,37	1,43	44,55	0,08	0,55	0,18	0,15	0,10	0,11	0,14	0,25	0,30	0,29	0,36	0,4621	0,4756	C	
157	3,5	25,98	1,40	0,77	0,10	0,41	7,46	0,09	0,51	0,23	0,11	0,14	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4412	0,4514	C	
158	3,2	17,40	0,00	0,76	0,06	0,19	12,60	0,06	0,50	0,16	0,09	0,05	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4489	0,4620	C	
159	3,3	17,70	0,00	7,27	0,16	0,34	45,75	0,09	0,49	0,27	0,14	0,11	0,07	0,09	0,21	0,25	0,26	0,32	0,4280	0,4438	C	
160	2,8	14,90	0,00	0,67	0,06	0,44	11,88	0,06	0,47	0,17	0,09	0,08	0,08	0,10	0,18	0,22	0,24	0,29	0,4165	0,4253	C	
161	3,5	24,40	0,00	1,59	0,10	1,36	15,88	0,04	0,42	0,18	0,09	0,05	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,3722	0,3978	C	
162	3,7	28,00	2,00	1,94	0,06	0,43	33,28	0,10	0,49	0,16	0,09	0,11	0,11	0,13	0,25	0,29	0,29	0,35	0,4354	0,4614	C	
163	3,3	14,99	1,00	1,66	0,05	0,41	31,35	0,16	0,51	0,15	0,14	0,16	0,09	0,11	0,21	0,25	0,26	0,31	0,4396	0,4487	C	
164	2,7	7,99	2,00	1,22	0,05	0,31	26,69	0,05	0,56	0,12	0,08	0,05	0,08	0,09	0,17	0,21	0,23	0,27	0,5099	0,5167	C	
165	3,0	11,14	2,00	1,91	0,09	0,59	21,90	0,09	0,43	0,13	0,10	0,09	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,3802	0,3948	C	
166	4,0	23,90	0,00	2,85	0,11	1,25	26,85	0,12	0,53	0,20	0,12	0,15	0,12	0,14	0,26	0,32	0,30	0,37	0,4508	0,4714	C	
167	3,5	32,84	3,00	0,52	0,04	0,28	11,69	0,13	0,55	0,29	0,13	0,13	0,11	0,13	0,24	0,28	0,29	0,35	0,4773	0,4793	C	
168	3,1	18,79	8,00	3,17	0,10	0,41	31,50	0,15	0,46	0,16	0,11	0,15	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,31	0,4015	0,4147	C	
169	3,3	32,05	5,00	0,69	0,07	0,25	10,34	0,12	0,45	0,22	0,13	0,16	0,10	0,12	0,22	0,27	0,28	0,33	0,3772	0,3905	C	
170	3,5	28,57	1,40	0,77	0,10	0,66	7,79	0,16	0,48	0,23	0,15	0,16	0,11	0,13	0,23	0,28	0,28	0,34	0,3972	0,4046	C	
171	3,5	25,30	0,00	0,95	0,06	0,54	14,99	0,07	0,50	0,26	0,10	0,23	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,34	0,4359	0,4445	C	
172	3,5	24,40	0,00	1,59	0,05	0,45	31,89	0,06	0,45	0,19	0,10	0,06	0,10	0,12	0,23	0,27	0,28	0,34	0,3939	0,4142	C	
173	6,0	209,53	0,00	1,34	0,47	7,48	2,84	1,97	1,00	1,52	1,25	2,81	0,50	0,60	0,83	0,99	0,88	1,07	0,9296	0,6875	D	
174	3,3	36,30	0,00	10,86	0,22	1,24	50,23	0,10	0,40	0,13	0,12	0,10	0,10	0,12	0,22	0,27	0,28	0,34	0,3526	0,3810	C	
175	2,6	13,05	2,00	3,00	0,06	0,06	48,03	0,07	0,52	0,13	0,11	0,12	0,07	0,09	0,17	0,20	0,23	0,27	0,4585	0,4635	C	
176	3,0	12,30	0,00	1,71	0,04	0,22	43,85	0,06	0,50	0,13	0,08	0,08	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4516	0,4640	C	
177	3,1	12,42	0,00	1,65	0,06	0,40	25,60	0,06	0,46	0,20	0,10	0,06	0,09	0,10	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4000	0,4096	C	
178	3,8	119,67	8,00	1,41	0,09	0,24	15,97	0,25	0,57	0,34	0,21	0,47	0,17	0,21	0,33	0,40	0,42	0,51	0,4526	0,4771	C	
179	3,8	139,43	8,00	0,48	0,04	0,19	11,89	0,18	0,62	0,37	0,19	0,07	0,59	0,19	0,23	0,35	0,42	0,45	0,55	0,5107	0,5419	C
180	6,0	230,30	0,00	0,35	0,30	2,45	1,19	0,99	1,17	1,71	1,27	1,98	0,55	0,66	0,88	1,05	0,95	1,16	1,0816	0,8386	D	
181	3,3	3,44	0,00	1,85	0,09	0,14	20,52	0,08	0,58	0,20	0,16	0,44	0,09	0,11	0,20	0,24	0,25	0,30	0,4987	0,4961	D	
182	2,9	2,61	0,00	3,17	0,07	0,18	42,60	0,10	0,54	0,18	0,13	0,15	0,08	0,09	0,18	0,22	0,23	0,28	0,4756	0,4749	D	
183	2,6	4,70	0,00	0,56	0,03	0,14	16,79	0,11	0,65	0,29	0,14	0,11	0,07	0,09	0,17	0,20	0,22	0,27	0,5931	0,5818	D	
184	2,9	7,00	0,00	1,26	0,03	0,13	42,25	0,10	0,58	0,15	0,12	0,11	0,08	0,10	0,18	0,22	0,23	0,28	0,5186	0,5209	C	
185	4,7	75,52	8,00	1,01	0,12	1,84	8,16	0,33	0,51	0,56	0,42	0,31	0,19	0,22	0,38	0,45	0,42	0,51	0,3765	0,3228	D	
186	3,9	7,00	0,00	0,06	0,00	0,01	31,60	0,15	0,57	0,21	0,17	0,13	0,11	0,13	0,24	0,29	0,28	0,34	0,4800	0,4828	C	
187	2,8	2,92	0,00	1,22	0,04	0,14	27,90	0,12	0,54	0,16	0,14	0,12	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,27	0,4688	0,4672	D	
188	3,3	66,70	0,00	0,66	0,04	0,26	16,65	0,10	0,62	0,26	0,11	0,07	0,12	0,14	0,25	0,29	0,32	0,38	0,5490	0,5586	C	
189	3,8	139,73	8,00	1,42	0,07	0,50	21,07	0,30	0,60	0,32	0,26	0,67	0,19	0,23	0,35	0,42	0,46	0,55	0,4555	0,4844	C	
190	6,0	202,57	0,00	3,40	0,52	4,51	6,49	0,37	0,80	0,82	0,48	2,92	0,49	0,58	0,81	0,97	0,86	1,04	0,4918	0,6184	C	
191	3,0	12,14	1,00	2,28	0,06	0,59	40,48	0,07	0,50	0,16	0,08	0,09	0,08	0,10	0,19	0,23	0,24	0,29	0,4431	0,4533	C	
192	2,6	10,98																				

N° de Registro	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA/PGV	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo	
																					(C o D)	
																					Tipo C si dC>dD Tipo C si dC>dD	
199	4.7	81.54	8.00	14.20	0.76	3.13	18.59	0.48	0.66	0.44	0.32	0.33	0.19	0.23	0.39	0.46	0.43	0.52	0.4822	0.4734	D	
200	4.2	10.00	0.00	0.46	0.02	0.02	25.19	0.12	0.58	0.22	0.15	0.16	0.12	0.14	0.27	0.32	0.30	0.36	0.4821	0.4920	C	
201	3.8	104.91	8.00	2.35	0.14	2.32	17.33	0.21	0.56	0.28	0.13	0.20	0.16	0.19	0.32	0.38	0.40	0.48	0.4765	0.5134	C	
202	3.0	9.79	6.00	2.09	0.04	0.42	47.34	0.12	0.50	0.13	0.11	0.20	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.4374	0.4477	C	
203	2.6	43.25	2.00	0.99	0.04	0.29	23.25	0.04	0.57	0.12	0.07	0.05	0.09	0.10	0.19	0.22	0.25	0.31	0.5207	0.5335	C	
204	3.1	43.21	0.00	0.89	0.09	0.17	10.28	0.09	0.54	0.13	0.08	0.14	0.10	0.12	0.22	0.26	0.28	0.34	0.4897	0.5080	C	
205	3.3	22.42	0.80	2.09	0.04	0.22	49.71	0.05	0.61	0.11	0.07	0.08	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.32	0.5640	0.5788	C	
206	3.8	67.87	8.00	3.67	0.08	0.41	44.78	0.07	0.54	0.14	0.08	0.07	0.14	0.16	0.29	0.34	0.35	0.42	0.5053	0.5460	C	
207	4.7	148.49	8.00	0.84	0.22	3.50	3.82	0.15	0.74	0.59	0.28	0.16	0.26	0.31	0.47	0.56	0.55	0.67	0.5700	0.5859	C	
208	6.0	181.28	0.00	4.34	0.24	2.29	18.14	0.10	0.64	0.31	0.14	0.11	0.44	0.53	0.76	0.91	0.79	0.96	0.8165	1.0221	C	
209	4.7	132.04	8.00	0.63	0.04	0.27	16.49	0.16	0.59	0.31	0.19	0.37	0.24	0.29	0.45	0.54	0.52	0.63	0.5003	0.5799	C	
210	3.8	101.22	8.00	1.09	0.05	0.49	19.97	0.16	0.52	0.25	0.14	0.14	0.16	0.19	0.32	0.38	0.39	0.48	0.4496	0.4920	C	
211	6.0	177.80	0.00	3.65	2.47	27.42	1.47	0.22	0.75	0.69	0.40	7.60	0.44	0.52	0.75	0.90	0.78	0.95	0.4916	0.6226	C	
212	6.0	177.80	0.00	3.65	0.58	5.45	6.27	0.17	0.75	0.65	0.27	1.50	0.44	0.52	0.75	0.90	0.78	0.95	0.6048	0.7524	C	
213	3.8	8.73	8.00	13.56	0.74	2.27	18.20	0.35	0.69	0.41	0.20	0.52	0.11	0.13	0.24	0.29	0.28	0.34	0.6160	0.5953	D	
214	4.1	41.79	5.00	9.66	0.50	2.82	19.46	0.11	0.60	0.28	0.14	0.15	0.13	0.16	0.29	0.34	0.33	0.40	0.5006	0.5130	C	
215	3.9	30.86	0.10	13.74	0.49	0.58	28.06	0.23	0.55	0.23	0.18	0.31	0.12	0.14	0.26	0.31	0.31	0.37	0.4490	0.4574	C	
216	4.7	54.65	8.00	17.73	1.92	40.59	9.24	0.29	0.69	0.44	0.24	0.23	0.17	0.20	0.36	0.43	0.39	0.47	0.5451	0.5357	D	
217	4.1	28.46	5.00	2.98	1.77	10.52	1.68	0.35	0.62	0.42	0.29	0.56	0.13	0.15	0.28	0.33	0.31	0.38	0.5163	0.4873	D	
218	2.9	3.33	0.00	7.35	2.91	26.42	2.53	0.13	0.39	0.21	0.19	0.13	0.08	0.09	0.18	0.22	0.19	0.23	0.28	0.3183	0.3112	D
219	3.0	11.24	3.00	4.39	1.65	10.57	2.66	0.10	0.36	0.19	0.15	0.37	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.2904	0.2989	C	
220	3.7	16.56	2.00	4.25	0.25	0.80	16.93	0.12	0.52	0.24	0.12	0.17	0.11	0.13	0.24	0.28	0.28	0.34	0.4443	0.4532	C	
221	4.0	13.10	0.00	9.75	0.38	3.41	25.52	0.13	0.56	0.20	0.15	0.12	0.11	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4688	0.4796	C	
222	2.9	3.33	0.00	6.17	4.05	28.82	1.52	0.19	0.35	0.32	0.33	0.06	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.3231	0.2836	D	
223	4.7	73.42	8.00	6.40	0.61	6.57	10.56	0.75	0.60	0.57	0.43	0.75	0.50	0.18	0.22	0.38	0.45	0.42	0.50	0.4562	0.4009	D
224	3.9	9.00	0.00	0.10	0.00	0.02	26.29	0.12	0.60	0.21	0.14	0.12	0.11	0.13	0.25	0.29	0.28	0.34	0.5160	0.5214	C	
225	3.8	20.62	5.00	12.55	0.97	10.35	12.98	0.16	0.57	0.32	0.18	0.18	0.11	0.13	0.25	0.30	0.29	0.35	0.4772	0.4695	D	
226	2.6	3.13	3.00	3.59	0.34	1.59	10.53	0.07	0.49	0.15	0.09	0.05	0.07	0.09	0.17	0.20	0.22	0.26	0.4383	0.4432	C	
227	4.1	22.20	5.00	7.38	0.61	6.96	12.07	0.08	0.63	0.31	0.18	0.24	0.12	0.15	0.27	0.32	0.31	0.37	0.5210	0.5172	D	
228	3.9	29.52	0.10	3.46	1.84	11.53	1.88	0.17	0.45	0.30	0.14	0.16	0.12	0.14	0.26	0.31	0.30	0.37	0.3776	0.3905	C	
229	3.5	3.81	1.40	18.19	0.51	2.48	35.96	0.12	0.54	0.17	0.12	0.08	0.09	0.11	0.22	0.26	0.26	0.31	0.4717	0.4797	C	
230	3.3	36.20	0.00	4.85	0.12	1.04	38.85	0.10	0.46	0.18	0.13	0.09	0.10	0.12	0.22	0.27	0.28	0.34	0.3858	0.4026	C	
231	2.9	5.00	0.00	3.65	0.15	0.68	23.97	0.06	0.53	0.19	0.09	0.17	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.4752	0.4783	C	
232	3.5	11.10	0.00	22.47	0.44	2.69	50.92	0.10	0.50	0.12	0.10	0.12	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4493	0.4673	C	
233	3.7	5.68	2.00	24.05	0.76	1.61	31.69	0.19	0.57	0.18	0.12	0.21	0.10	0.12	0.23	0.28	0.27	0.33	0.4980	0.5060	C	
234	4.0	4.50	0.00	65.59	1.66	11.85	39.54	0.09	0.57	0.15	0.11	0.19	0.11	0.13	0.25	0.30	0.28	0.34	0.5010	0.5178	C	
235	3.3	21.58	5.00	3.06	1.54	9.69	1.98	0.08	0.40	0.17	0.12	0.06	0.10	0.11	0.21	0.26	0.27	0.32	0.3377	0.3582	C	
236	3.5	3.81	1.40	18.20	0.53	3.87	34.46	0.13	0.52	0.17	0.13	0.09	0.09	0.11	0.22	0.26	0.26	0.31	0.4471	0.4552	C	
237	3.5	25.20	0.00	3.52	0.18	1.45	19.67	0.22	0.58	0.21	0.16	0.30	0.10	0.12	0.23	0.28	0.28	0.34	0.4946	0.4970	C	
238	3.5	11.10	0.00	22.47	0.42	2.07	52.99	0.10	0.53	0.12	0.10	0.12	0.10	0.12	0.22	0.26	0.26	0.32	0.4708	0.4868	C	
239	3.0	17.73	1.00	3.62	0.11	0.58	32.51	0.08	0.56	0.12	0.08	0.07	0.09	0.10	0.19	0.23	0.25	0.30	0.5088	0.5204	C	
240	2.8	6.60	0.00	2.92	2.39	16.55	1.22	0.11	0.29	0.22	0.29	0.08	0.08	0.09	0.18	0.21	0.23	0.28	0.2264	0.2000	D	
241	3.3	7.65	0.00	7.68	0.36	3.18	21.26	0.21	0.51	0.23	0.17	0.29	0.09	0.11	0.21	0.25	0.25	0.31	0.4255	0.4214	D	
242	2.9	8.67	0.00	2.57	0.11	0.26	23.08	0.06	0.54	0.20	0.10	0.07	0.08	0.10	0.18	0.22	0.24	0.29	0.4802	0.4815	C	
243	2.9	27.11	10.00	4.70	0.12	0.96	40.81	0.08	0.58	0.12	0.08	0.06	0.09	0.10	0.19	0.23	0.25	0.31	0.5230	0.5345	C	
244	4.7	83.49	8.00	5.72	0.78	8.29	7.34	0.25	0.72	0.56	0.38	0.26	0.19	0.23	0.39	0.46	0.43	0.52	0.5553	0.5167	D	
245	4.9	39.00	0.00	0.37	0.06	0.22	6.33	0.15	0.49	0.32	0.15	0.07	0.17	0.20	0.36	0.43	0.38	0.46	0.4000	0.4408	C	
246	3.9	9.00	0.00	0.66	0.02	0.09	41.19	0.10	0.58	0.16	0.11	0.20	0.11	0.13	0.25	0.29	0.28	0.34	0.5125	0.5271	C	
247	3.8	96.03	8.00	2.29	1.74	11.70	1.31	0.21	0.45	0.30	0.23	0.21	0.16	0.19	0.31	0.37	0.39	0.47	0.3363	0.3653	C	
248	3.8	120.77	8.00	3.23	0.17	0.16	18.90	0.22	0.62	0.29	0.18	0.13	0.17	0.21	0.33	0.40	0.42	0.51	0.5102	0.5403	C	
249	3.5	30.02	1.00	2.73	15.87	117.69	0.17	3.98	0.29	0.80	2.44	0.33	0.11	0.13	0.23	0.28	0.28	0.34	2.2332	2.1620	D	
250	4.1	28.46	5.00	15.18	1.11	20.26	13.73	0.27	0.63	0.43	0.23	0.24	0.33	0.13	0.28	0.33	0.31	0.38	0.5363	0.5144	D	
251	2.9	3.33	0.00	12.69	0.34	2.43	36.83	0.10	0.46	0.16	0.14	0.40	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.3917	0.3945	C	
252	3.4	11.95	2.00	11.07	0.69	8.15	16.09	0.24	0.51	0.29	0.13	0.25	0.09	0.11	0.21	0.26	0.26	0.32	0.4411	0.4388	D	
253	3.0	6.44	3.00	3.11	2.38	16.18	1.31	0.07	0.41	0.27	0.17	0.27	0.08	0.10	0.19	0.23	0.24	0.29	0.3432	0.3350	D	
254	3.7	16.56	2.00	16.15	0.79	13.41	20.55	0.24	0.53	0.32	0.15	0.26	0.11	0.13	0.24	0.28	0.28	0.34	0.4511	0.4467	D	
255	3.3	26.48	1.00	2.17	2.03	11.90	1.07	0.12	0.49	0.29	0.22	0.10	0.10	0.12	0.22	0.26	0.27	0.33	0.4046	0.3924	D	
256	4.0	13.10	0.00	46.40	1.48	12.98	31.43	0.09	0.59	0.24	0.15	0.32	0.11	0.14	0.26	0.31	0.29	0.35	0.4921	0.4970	C	
257	2.9	3.33	0.00	10.29	0.84	4.93	12.23	0.27	0.52	0.26	0.17	0.30	0.08	0.09	0.18	0.22	0.23	0.28	0.4549	0.4449		

N° de Registro	Mw	R (Km)	H (Km)	PGA (cm/s ²)	PGV (cm/s)	PGD (cm)	PGA _/ PGV -	Tp (s)	To (s)	Tavg (s)	Tm (s)	Tp (H/V) (s)	To,C (s)	To,D (s)	Tavg,C (s)	Tavg,D (s)	Tm,C (s)	Tm,D (s)	dC	dD	Tipo de suelo (C o D)
																					Tipo D si dC>dD
																					Tipo C si dC<dD
265	3,5	19,99	1,40	3,90	0,27	2,05	14,31	0,15	0,56	0,22	0,15	0,32	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4741	0,4765	C
266	3,2	39,20	0,00	7,87	0,17	0,67	46,49	0,07	0,50	0,12	0,08	0,06	0,10	0,12	0,22	0,26	0,28	0,34	0,4601	0,4833	C
267	3,5	5,40	0,00	12,61	0,23	0,77	55,02	0,09	0,58	0,14	0,11	0,06	0,09	0,11	0,22	0,26	0,26	0,31	0,5179	0,5280	C
268	3,4	13,10	3,00	5,75	0,46	3,86	12,47	0,12	0,51	0,17	0,13	0,23	0,10	0,11	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4335	0,4427	C
269	3,7	12,71	2,00	3,94	0,12	0,99	32,68	0,06	0,56	0,16	0,09	0,12	0,10	0,12	0,23	0,28	0,28	0,33	0,4929	0,5089	C
270	4,0	12,10	0,00	14,92	0,53	2,60	27,97	0,10	0,55	0,20	0,14	0,10	0,11	0,14	0,26	0,31	0,29	0,35	0,4603	0,4725	C
271	3,5	9,77	3,00	4,77	0,19	1,85	25,17	0,05	0,53	0,16	0,10	0,16	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4633	0,4755	C
272	3,5	19,99	1,40	1,95	0,20	1,44	9,57	0,08	0,57	0,24	0,14	0,14	0,10	0,12	0,23	0,27	0,27	0,33	0,4829	0,4843	C
273	3,5	9,00	0,00	16,10	0,42	0,50	38,55	0,07	0,55	0,16	0,11	0,15	0,10	0,12	0,22	0,26	0,26	0,32	0,4820	0,4934	C
274	3,5	5,40	0,00	12,61	0,25	1,58	49,81	0,09	0,57	0,14	0,10	0,13	0,09	0,11	0,22	0,26	0,26	0,31	0,5040	0,5152	C
275	3,0	1,66	1,00	7,74	0,18	0,45	42,00	0,06	0,47	0,12	0,07	0,06	0,08	0,10	0,19	0,22	0,23	0,28	0,4259	0,4401	C
276	2,6	13,25	2,00	5,55	0,16	0,86	33,99	0,07	0,43	0,13	0,09	0,11	0,07	0,09	0,17	0,20	0,23	0,27	0,3835	0,3956	C
277	2,8	2,68	1,20	2,35	0,16	1,00	14,58	0,06	0,43	0,17	0,09	0,09	0,08	0,09	0,18	0,21	0,23	0,27	0,3813	0,3887	C
278	2,9	13,45	10,00	5,86	0,14	0,50	42,97	0,10	0,53	0,14	0,11	0,15	0,08	0,10	0,19	0,22	0,24	0,29	0,4669	0,4732	C
279	4,7	85,37	8,00	2,97	0,44	3,07	6,76	0,34	0,70	0,54	0,23	0,17	0,19	0,23	0,39	0,47	0,44	0,53	0,5652	0,5586	D
280	4,2	3,00	0,00	0,31	0,02	0,03	20,49	0,29	0,61	0,34	0,23	0,10	0,12	0,14	0,26	0,32	0,29	0,35	0,5059	0,4900	D
281	3,8	96,23	8,00	2,09	0,07	0,16	28,18	0,13	0,63	0,24	0,13	0,11	0,16	0,19	0,31	0,37	0,39	0,47	0,5448	0,5742	C
282	4,7	108,38	8,00	1,78	0,17	1,63	10,19	0,53	0,64	0,54	0,36	0,49	0,22	0,26	0,42	0,50	0,48	0,58	0,4516	0,4358	D

