

5 LOS DATOS

5.1 Introducción

El estudio de la estructura elástica y anelástica de la Península Ibérica se ha realizado sobre la base de la sismicidad natural observada y registrada por el conjunto de estaciones de periodo corto pertenecientes al Instituto Geográfico Nacional. El objetivo primero ha consistido en la construcción de una base de datos adecuada a la metodología y objetivos planteados. Las señales seleccionadas han requerido un amplio tratamiento previo para obtener toda la información que implican los objetivos y técnicas empleados en este estudio. Todas las señales tratadas se hallan en formato digital ya que corresponden a eventos ocurridos en la Península Ibérica y registrados con posterioridad a 1986. Cabe recordar que esta fecha indica el inicio de los registros digitales de las estaciones pertenecientes al IGN. Concretamente, el estudio se apoya en señales registradas entre 1997 y 1999. Se optó, de acuerdo con el IGN, utilizar sólo datos a partir de 1997, por ser este el período que ofrecía una alta fiabilidad en cuanto al funcionamiento y calibración de las estaciones. Con ello quedan seleccionados 91 eventos para la zona Sur, 26 en el Noreste y 61 en el Noroeste (Tablas 5.2, 5.3 y 5.4). Este intervalo de tiempo, aunque breve, se ha mostrado suficiente ya que contempla una distribución adecuada de un número notable de eventos cuyas magnitudes, calidad y duración de registros los hace apropiados a nuestros objetivos.

La disponibilidad de registros digitales facilita, con el empleo de herramientas computacionales apropiadas, el tratamiento de un número de señales que, de otro modo, sería inabordable. Los criterios empleados para elaborar y organizar una base de datos adecuada y el tratamiento estadístico de los resultados son los aspectos sobre los que va a tratar este capítulo.

A pesar del enorme volumen de la base de datos disponible, y después de analizar cuidadosamente la calidad de la misma, se vio la conveniencia de restringir el estudio a tres

grandes zonas que llamaremos Zona Sur, Zona Noroeste y Zona Noreste. Este es uno de los inconvenientes del trabajo con datos de sismicidad natural. La zona central de la Península no queda cubierta. Se comenta este aspecto en el apartado 5.3.

5.2 Selección preliminar

Los criterios de selección y el cuidado en la nomenclatura y organización del conjunto de sismogramas empleados en este estudio son la clave para obtener una base de datos, adecuada y bien organizada.

El primer aspecto tenido en cuenta en esta fase es el número y la localización de las estaciones disponibles. Son también datos fundamentales el periodo de operación de las mismas así como la información técnica sobre los equipos de medida de que dispone cada una.

La correcta calibración y el conocimiento de la corrección instrumental de los sismógrafos son fundamentales para obtener señales correctamente preprocesadas.

La selección de una muestra amplia y bien distribuida de eventos se inicia con una consulta del Catálogo de Sismicidad de la Península elaborado y editado por el propio IGN. La necesidad de una base de datos amplia se explica debido al necesario tratamiento estadístico de las señales procesadas. En cuanto a la distribución de eventos, esta debe ser tal que conduzca a una cobertura lo más densa posible de la zona geográfica cuya atenuación se pretende calcular.

Los aspectos tenidos en cuenta para la selección de registros fueron los siguientes,

- Localización del seísmo.
- Magnitud del seísmo.
- Ausencia de saturación en la señal.
- Alta relación señal-ruido.
- Amplitud temporal de la ventana de registro.

El último punto indica la necesidad de trabajar con señales en las que la llegada de las ondas S así como el inicio y final de la coda deben ser muy claros.

En principio, y dadas las distancias epicentrales y el carácter local de los sismos considerados, la selección de registros cuya duración es superior a 3 minutos es suficiente para obtener una señal completa con la que tratar. Además, seleccionar eventos de magnitudes superiores a 2 es un buen criterio para garantizar señales con una buena relación señal-ruido. Todas estas condiciones son adecuadas siempre que las estaciones se hallen correctamente calibradas.

Las estaciones pertenecientes a la Red Sísmica Nacional (RSN) envían los datos sismológicos a un Centro de Recepción de Datos (CRD), situado en las dependencias del IGN, que se encarga de mantener y gestionar una base de datos con toda la información sismológica recibida. Este conjunto de datos es la base de trabajo de este estudio.

En líneas generales puede resumirse el proceso seguido para la selección de sismogramas del siguiente modo. En primer lugar se realizó una selección de eventos ocurridos en el ámbito de la Península Ibérica con posterioridad a 1986. Todos los datos pertenecen a la base de datos antes mencionada. En esta se ordenan los eventos y sus registros de modo cronológico. Por otro lado, a cada evento quedan asociados los registros correspondientes a todas las estaciones del IGN en la Península. Este hecho obligó a una selección de los registros correspondientes a estaciones cuya distancia al epicentro fuera inferior a 300 km. Esta distancia resulta de considerar registros correspondientes a sismos locales o cercanos ya que, como quedó indicado, las ondas sísmicas de coda constituyen la parte final de este tipo de registros. En conclusión, estos fueron los criterios a partir de los cuales se obtuvo una muestra de señales cuyas características son las adecuadas para realizar este estudio.

Técnicamente, la selección se realizó empleando un acceso *SQL (Structured Query Language)* sobre la base de datos ya mencionada. Los sismogramas digitales tenían, en origen, un formato digital binario. Esto podía suponer una ventaja ya que el tamaño de este tipo de registros es inferior al que corresponde a registros en formato digital alfanumérico. No obstante, se observó que lo oportuno era trabajar con señales en formato alfanumérico ya que, por un lado, los soportes de información disponibles tenían tamaño suficiente para soportar todos los registros en este formato y todo ello sin costes adicionales, y por otro, las cabeceras de las señales debían ser consultadas a fin de obtener datos imprescindibles para el proceso como son la hora de la primera muestra y el número de muestras por segundo, entre otros.

La conversión de datos se realizó empleando la aplicación *SAC (Seismic Analysis Code- Lee-Minner - Lawrence Livermore National Laboratory, Ca.)* bajo entorno y plataforma *UNIX/SUN*. Una vez transformados los registros se procedió a realizar una inspección visual cualitativa de las señales. El objetivo era descartar señales de baja calidad, esto es, señales muy saturadas, señales con una baja relación señal-ruido, señales encajadas en ventanas temporales excesivamente pequeñas y señales no asimilables a un seísmo entre otros. La visualización y primer análisis de las señales correspondientes a los distintos eventos se efectuó utilizando la aplicación *Geotools (Geological tools –Data Analysis System- John Coine and Ivan Henson)* bajo entorno y plataforma *SunOS/Solaris*.

Todos los datos sísmicos utilizados corresponden a las componentes verticales de los eventos que se indican en las tablas 5.2 a 5.4 y que fueron registrados por las estaciones de periodo corto pertenecientes al IGN indicadas en la tabla 5.1.

En la tabla 5.1 se indica la situación topográfica de las 29 estaciones utilizadas en este estudio.

Los registros finalmente empleados consisten en 935 sismogramas digitales (componente vertical) seleccionados entre los que formaban parte de la amplia muestra obtenida a partir de la base de datos del Centro de Recepción de Datos (CRD-IGN). El conjunto de tablas 5.2 indica los eventos utilizados en este trabajo para la región sur peninsular. En la tabla 5.3 se listan los eventos que corresponden a la región nordeste peninsular y, finalmente, las tablas 5.4 recogen los eventos procesados en la región del noroeste peninsular.

Código Estación / Localidad / Provincia	Latitud	Longitud	Altitud (m)
ACU / Canalobre / ALICANTE	38.511° N	0.411° W	580
EALH / Alhama / MURCIA	37.858° N	1.420° W	294
EBAN / Baños de la encina / JAEN	38.171° N	3.790° W	460
ECHE / Chera / VALENCIA	39.591° N	0.968° W	643
ECOG / Cogollos / GRANADA	37.027° N	3.566° W	1176
ECRI / Cripán / SORIA	42.059° N	2.510° W	807
EGRA / Graus / HUESCA	42.195° N	0.316° E	706
EGUA / Guájjar / GRANADA	36.834° N	3.565° W	386
EHOR / Hornachuelos / CÓRDOBA	37.823° N	5.248° W	160
EHUE / Huescar / GRANADA	37.815° N	2.593° W	980
EJIF / Jimena de la Frontera / CADIZ	36.451° N	5.469° W	260
ELIJ / Sierra de Lijar / CADIZ	36.919° N	5.380° W	870
ELIZ / Elizondo / NAVARRA	43.164° N	1.314° W	523
ELOJ / Loja / GRANADA	37.148° N	4.153° W	998
ELUQ / Luque / CORDOBA	37.561° N	4.267° W	703
EMAL / MALAGA	36.728° N	4.411° W	60
EMON / Mondonedo / LUGO	43.436° N	7.330° W	615
ENIJ / Nijar / ALMERIA	36.971° N	2.207° W	440
EPLA / Plasencia / CÁCERES	40.064° N	6.080° W	591
EQUE / Quentar / GRANADA	37.209° N	3.444° W	1050
ERIP / Rio Piedras / HUELVA	37.376° N	7.025° W	-
ERON / Agrón / GRANADA	37.018° N	3.805° W	1305
EROQ / Roquetes / TARRAGONA	40.823° N	0.409° E	284
ERUA / La Rua / OURENSE	42.393° N	7.142° W	431
ETER / Terrades / GIRONA	42.302° N	2.855° E	238
Eval / Valverde del Camino / HUELVA	37.584° N	6.445° W	295
Evia / Vianos / ALBACETE	38.685° N	2.502° W	1142
EZAM / Zamans / PONTEVEDRA	42.149° N	8.695° W	398
STS / Santiago de C. / A CORUÑA	42.886° N	8.552° W	265

Tabla 5.1 Situación de las estaciones sísmicas de la RSN. (Datos e información IGN).

Fecha	Tiempo Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
09-jun-98	3H:31:52.2	0	2.8	38.34° N	1.3° W
04-sep-98	12H:31:41.3	7.5	2.5	37.48° N	1.66° W
24-sep-98	7H:45:49.5	0	3.0	37.82° N	1.47° W
24-sep-98	21H:18:45.8	9.2	2.6	37.75° N	1.63° W
11-nov-98	20H:18:47.3	1.2	2.5	38.2° N	0.34° W
14-nov-98	3H:09:46.7	6.1	3.3	38.21° N	0.21° W
16-nov-98	15H:36:50.7	7.7	2.5	38.29° N	0.18° E
19-nov-98	1H:03:59.9	15.1	2.5	39.09° N	0.75° W
29-nov-98	4H:06:10.0	5.9	2.9	38.27° N	0.34° W
12-ene-98	12H39:29.0	27.6	2.6	37.18° N	8.6° W
26-mar-98	01H08:41.5	25.8	3.7	37.20° N	9.21° W
29-mar-98	15H22:56.6	14.9	3.3	36.77° N	7.38° W
08-jun-98	15H06:32.0	3.1	2.9	37.48° N	8.58° W
21-jun-98	01H35:14.2	0.4	2.4	38.06° N	8.48° W
04-jul-98	00H31:43.5	14.7	2.4	36.94° N	7.35° W
31-jul-98	04H54:10.8	15.4	2.3	36.77° N	8.22° W
31-jul-98	09H14:00.5	15.6	3.2	36.85° N	8.04° W
31-jul-98	09H27:05.8	2.3	3.8	38.84° N	7.81° W
03-ago-98	10H37:01.0	15.1	2.5	36.91° N	7.34° W
30-ago-98	20H55:54.3	15.3	2.6	36.89° N	8.71° W
01-sep-98	15H47:52.0	15.4	3.0	36.83° N	6.92° W
05-sep-98	23H47:29.3	9.5	2.4	38.79° N	8° W
14-oct-98	13H46:42.2	15.9	2.4	38.48° N	8.18° W
24-oct-98	13H00:01.7	16.8	2.0	37.09° N	3.34° W
26-oct-98	03H18:37.5	39.6	3.4	36.98° N	4.47° W
27-oct-98	06H35:49.0	3.9	3.0	37.62° N	1.74° W
27-oct-98	20H05:59.9	0.0	2.6	36.53° N	3.32° W
01-nov-98	02H42:54.1	0.0	2.5	36.63° N	2.84° W
02-nov-98	20H27:08.4	0.3	2.5	37° N	4.18° W
06-nov-98	09H34:55.2	4.2	3.4	38.21° N	0.11° E

Tabla 5.2 (1/3) Relación de sismos utilizados para la zona sur peninsular. Datos e información IGN.

Fecha	Tiempo Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
08-nov-98	17H13:42.0	6.6	2.5	36.45° N	2.85° W
11-nov-98	09H36:35.8	10.7	2.5	36.89° N	7.1° W
11-nov-98	20H18:47.3	1.2	2.5	38.2° N	0.34° W
12-nov-98	17H18:33.3	14.1	2.6	37.55° N	8.28° W
13-nov-98	16H23:04.8	5.5	2.8	36.59° N	3.37° W
14-nov-98	03H:09:46.7	6.1	3.3	38.21° N	0.21° W
14-nov-98	16H47:03.4	0.6	2.7	36.5° N	3.18° W
15-nov-98	18H58:41.0	2.4	2.6	37.29° N	3.2° W
16-nov-98	15H36:50.7	7.7	2.5	38.29° N	0.18° E
18-nov-98	05H47:16.1	4.7	2.6	36.77° N	7.08° W
18-nov-98	23H18:10.7	0.1	4.0	36.93° N	3.78° W
21-nov-98	04H25:19.4	93.3	3.2	35.83° N	4.59° W
24-nov-98	15H13:12.1	15.1	2.5	36.94° N	2.53° W
25-nov-98	11H07:10.9	96.1	2.4	36.55° N	4.41° W
27-nov-98	20H27:58.9	15.0	2.5	37.67° N	3.94° W
29-nov-98	4H06:10.0	5.9	2.9	38.27° N	0.34° W
09-dic-98	17H22:13.3	5.0	2.7	37.61° N	7.88° W
10-dic-98	09H29:39.0	16.1	2.6	37.35° N	2.31° W
11-dic-98	21H35:58.9	0.0	2.6	37.86° N	5.22° W
28-dic-98	04H24:13.9	14.7	2.9	38.11° N	9.32° W
30-dic-98	01H27:51.8	61.1	2.5	36.9° N	3.88° W
03-ene-99	11H15:47.5	2.4	3.3	38.93° N	0.08° W
08-ene-99	12H08:13.2	9.4	2.1	38.35° N	0.81° W
14-ene-99	20H07:40.9	0	2.1	37.05° N	2.57° W
22-ene-99	22H24:38.0	6.7	2.0	37.99° N	2.25° W
27-ene-99	13H44:41.4	5.6	3.1	38.97° N	0.07° W
02-feb-99	13H22:50.5	0.3	3.6	38.08° N	1.44° W
02-feb-99	13H45:17.8	3.96	4.8	38.12° N	1.49° W
02-feb-99	13H52:16.4	0	2.5	38.07° N	1.38° W
02-feb-99	14H24:26.9	2.1	2.9	38.04° N	1.48° W
02-feb-99	15H22:04.0	0	2.5	38.03° N	1.44° W

Tabla 5.2 (2/3) Relación de sismos utilizados para la zona sur peninsular. Datos e información IGN.

Fecha	Tiempo Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
02-feb-99	17H13:17.6	1.4	3.8	38.11° N	1.42° W
02-feb-99	19H22:45.8	0	2.4	38.05° N	1.47° W
02-feb-99	20H02:23.5	3.3	2.5	38.08° N	1.41° W
02-feb-99	20H44:16.0	0	2.1	38.09° N	1.34° W
02-feb-99	20H50:19.0	0	2.8	38.08° N	1.44° W
02-feb-99	23H12:22.3	2.6	2.6	38.01° N	1.52° W
03-feb-99	2H02:29.6	0	3.5	38.09° N	1.52° W
03-feb-99	6H02:31.8	7.2	2.8	38.02° N	1.53° W
04-feb-99	6H15:41.3	6.7	2.2	38.03° N	1.47° W
04-feb-99	19H16:57.8	0	2.1	38.11° N	1.25° W
04-feb-99	19H50:04.1	3.1	2.3	38.05° N	1.48° W
07-feb-99	0H17:40.1	0	2.0	38.11° N	1.34° W
07-feb-99	11H52:55.4	0	2.5	38.04° N	1.50° W
08-feb-99	17H16:53.1	0	2.7	37.99° N	1.38° W
08-feb-99	21H17:55.6	0	2.6	38.01° N	1.50° W
13-feb-99	23H11:48.1	11.7	1.9	37.63° N	1.78° W
14-feb-99	8H42:48.1	0	2.4	38.12° N	1.33° W
15-feb-99	11H48:09.0	0	3.0	38.05° N	1.47° W
16-feb-99	1H31:15.0	3.7	2.6	38.05° N	1.45° W
18-feb-99	19H08:03.3	10	2.0	38.01° N	1.47° W
18-feb-99	19H15:00.9	0	2.4	38.04° N	1.49° W
20-feb-99	0H20:07.8	15.4	1.7	38.60° N	1.64° W
21-feb-99	17H02:36.9	29.6	1.9	38.72° N	0.73° W
22-feb-99	0H26:08.0	15.2	2.2	38.85° N	0.65° W
27-feb-99	6H13:48.7	0	2.9	37.42° N	2.29° W
01-mar-99	10H14:35.4	43.6	1.9	38.25° N	2.15° W
01-mar-99	10H45:04.4	7.9	2.7	38.72° N	2.96° W
02-mar-99	4H29:54.0	16.35	2.1	37.36° N	2.05° W
20-mar-99	20H22:36.0	0	2.2	38.68° N	1.58° W
23-mar-99	23H57:27.5	15.27	2.1	37.93° N	0.38° W

Tabla 5.2 (3/3) Relación de sismos utilizados para la zona sur peninsular. Datos e información IGN.

Fecha	Hora Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud epicentro	Longitud epicentro
02-feb-98	18H08M23.4S	0	2.9	43.04° N	0.17° W
08-feb-98	00H40M01.8S	17.5	2.2	43.01° N	0.08° E
15-feb-98	03H40M37.3S	4.1	2.3	43.15° N	1.77° W
23-feb-98	09H08M17.5S	0	3	43.15° N	0.37° W
20-abr-98	11H27M41.3S	0	1.8	43.32° N	1.56° W
30-abr-98	11H13M32.6S	2.1	2.8	43.03° N	0.09° W
22-may-98	04H03M02.9S	0	2.3	43.11° N	0.19° W
23-may-98	08H04M53.8S	2.5	2.3	43.01° N	0.15° E
03-jun-98	01H30M38.7S	0	2.5	42.97° N	0.37° W
06-jun-98	09H37M46.2S	0	2.7	43.26° N	0.12° W
24-jun-98	07H43M27.8S	0	3	42.93° N	0.34° E
3-jul-98	15H48M26.2S	0	3	42.22° N	1.79° E
28-jul-98	07H32M37.9S	8.9	2.6	41.62° N	1.98° E
8-ago-98	03H10M49.1S	1.9	2.1	43.1° N	0.24° W
15-ago-98	15H29M06.7S	10.1	2.8	42.98° N	0.17° E
26-ago-98	17H05M50.1S	10.8	2.7	42.89° N	2.76° E
27-ago-98	05H29M25.5S	2.5	2.6	43.24° N	1.07° W
04-sep-98	17H22M30.8S	0	3.2	42.66° N	1.44° E
27-sep-98	01H33M31.8S	4.8	2.8	43.08° N	0.36° W
10-oct-98	15H46M06.1S	1.6	2.3	42.54° N	0.76° E
16-oct-98	02H32M26.9S	0	2.2	43.23° N	0.6° W
23-oct-98	09H09M33.9S	10.4	2.6	42.5° N	2.12° E
01-dic-98	23H47M59.3S	15.9	2.7	43.22° N	1.37° W
23-dic-98	11H50M49.8S	1.9	2.7	43.17° N	0.93° W
29-dic-98	12H24M20.5S	5.6	3.1	43.1° N	0.96° W
30-dic-98	18H21M25.9S	4.4	2.5	43.15° N	0.96° W

Tabla 5.3 (1/1) Relación de sismos utilizados para la zona nordeste peninsular. Datos e información IGN.

Fecha	Hora Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud epicentro	Longitud epicentro
29/01 1997	1H:58M:48.7S	17	3.2	42.82° N	7.25° W
03/02 1997	22H:9M:56.6S	8	3.6	42.83° N	7.27° W
23/02 1997	15H:13M:33.3S	9	3.3	42.8° N	6.78° W
06/03 1997	18H:16M:5.6S	22	2.8	42.23° N	8.75° W
11/03 1997	21H:24M:25.5S	8	3.2	43.4° N	8.47° W
15/03 1997	6H:59M:1.5S	15	2.8	42.78° N	7.27° W
19/03 1997	4H:13M:14.9S	2	3.0	42.83° N	7.22° W
07/04 1997	21H:36M:18.9S	5	3.3	42.25° N	7.43° W
09/04 1997	5H:50M:26.5S	6	3.4	42.85° N	8.98° W
10/04 1997	20H:46M:9.8S	9	3.0	42.7° N	7.68° W
11/05 1997	13H:13M:29.3S	6	3.0	42.82° N	7.25° W
13/05 1997	21H:58M:10S	3	2.8	42.82° N	9.07° W
23/05 1997	0H:39M:10.3S	8	3.9	42.85° N	7.25° W
23/05 1997	0H:58M:41.3S	21	3.6	42.8° N	7.17° W
23/05 1997	5H:22M:21.8S	14	3.5	42.78° N	7.23° W
23/05 1997	5H:24M:16.8S	15	3.2	42.8° N	7.22° W
23/05 1997	13H:30M:43.9S	9	3.7	42.8° N	7.23° W
24/05 1997	8H:46M:5S	14	3.5	42.82° N	7.2° W
24/05 1997	18H:33M:32.3S	8	3.4	42.82° N	7.23° W
24/05 1997	18H:42M:28.7S	12	3.4	42.83° N	7.23° W
25/05 1997	0H:36M:56.7S	12	3.6	42.8° N	7.2° W
25/05 1997	8H:11M:41.7S	12	3	42.8° N	7.23° W
27/05 1997	23H:15M:22.6S	9	3.4	42.8° N	7.23° W
28/05 1997	2H:44M:57.7S	11	3.3	42.78° N	7.25° W
28/05 1997	12H:0M:38.9S	16	2.9	42.8° N	7.18° W
28/05 1997	20H:3M:48.5S	9	3.2	42.78° N	7.18° W
29/05 1997	3H:18M:24.5S	12	2.9	42.8° N	7.25° W
29/05 1997	22H:22M:57.1S	6	3.5	42.77° N	7.27° W
30/05 1997	1H:49M:24S	14	3.4	42.8° N	7.22° W
30/05 1997	7H:49M:22.9S	13	3.4	42.82° N	7.27° W
31/05 1997	4H:21M:31.3S	18	2.9	42.72° N	7.3° W

Tabla 5.4 (1/2) Relación de sismos utilizados para la zona noroeste peninsular. Datos e información IGN.

Fecha	Hora Origen	Profundidad (km)	Magnitud	Latitud epicentro	Longitud epicentro
31/05 1997	16H:32M:8.9S	6	2.8	42.72° N	7.3° W
03/06 1997	0H:12M:28.8S	14	3.2	42.75° N	7.28° W
04/06 1997	20H:28M:10.4S	16	3.5	42.82° N	7.17° W
05/06 1997	9H:7M:53S	9	3.3	42.8° N	7.23° W
05/06 1997	9H:59M:17.3S	9	3.3	42.78° N	7.22° W
05/06 1997	22H:22M:23.3S	12	3.5	42.78° N	7.23° W
08/06 1997	1H:20M:40.8S	15	3.2	42.8° N	7.23° W
10/06 1997	8H:41M:30.8S	4	3.2	42.78° N	7.17° W
11/06 1997	12H:49M:39.2S	12	3.4	42.78° N	7.12° W
13/06 1997	0H:17M:59.6S	6	3.2	41.27° N	7.5° W
13/06 1997	14H:23M:12.2S	11	3.4	42.82° N	7.22° W
15/06 1997	7H:4M:41.4S	19	2.9	42.8° N	7.2° W
16/06 1997	11H:13M:43.1S	13	3.1	42.27° N	7.95° W
20/06 1997	23H:41M:37.3S	15	3	42.72° N	7.33° W
21/06 1997	6H:30M:34.3S	9	3.1	42.78° N	7.22° W
26/06 1997	0H:24M:11.8S	10	3.1	42.8° N	7.22° W
28/06 1997	4H:53M:8.8S	15	3.2	42.83° N	7.33° W
28/06 1997	4H:53M:53.9S	15	3.1	42.67° N	7.2° W
28/06 1997	10H:59M:10.2S	3	3.6	42.77° N	7.32° W
28/06 1997	15H:20M:17.1S	13	3.4	42.78° N	7.2° W
02/07 1997	23H:43M:53.2S	10	3.3	42.77° N	7.15° W
12/07 1997	9H:53M:26.2S	12	2.8	43.15° N	7.22° W
27/07 1997	2H:35M:40.2S	12	3	42.83° N	7.2° W
05/08 1997	22H:30M:43S	12	3.1	42.82° N	7.22° W
06/08 1997	14H:14M:54.8S	9	3.1	42.22° N	6.93° W
10/09 1997	7H:6M:35.7S	3	2.9	43.1° N	6.48° W
28/09 1997	18H:17M:2.7S	4	2.8	41.7° N	7.73° W
30/09 1997	15H:12M:55.7S	9	3	42.77° N	7.2° W
30/09 1997	15H:14M:0S	9	2.9	42.78° N	7.23° W
21/10 1997	16H:21M:40.4S	9	3	42.78° N	7.27° W

Tabla 5.4 (2/2) Relación de sismos utilizados para la zona noroeste peninsular. Datos e información IGN.

5.3 Primera distribución de estaciones y eventos. Análisis de cubrimiento

El modelo teórico empleado para analizar la atenuación anelástica en la Península Ibérica requiere que las distancias epicentro-estación sean pequeñas. Por otra parte, para obtener un cubrimiento óptimo es necesaria una buena distribución de eventos y de estaciones. En el caso de la península las trayectorias epicentro-estación analizadas indican un cubrimiento heterogéneo. No obstante se observa que el cubrimiento correspondiente a las trayectorias entre sismos locales y las estaciones de la red presenta una densidad y una homogeneidad adecuadas en tres zonas bien delimitadas. El hecho es que estas tres áreas no cubren toda la península debido a que la distribución de la sismicidad natural es tal que la mayoría de eventos se localizan en la periferia de la meseta ibérica. También concurre el hecho de que el diseño de la red sísmica es paralelo a la sismicidad natural en la península.

Por tanto, es en estas tres zonas, localizadas en el marco de la meseta, donde tiene sentido abordar un estudio sobre atenuación anelástica. Estas tres zonas son el noroeste peninsular, el eje pirenaico al nordeste y el eje sureste-suroeste peninsular.

Durante el proceso de selección de eventos fue necesario consultar de forma exhaustiva los catálogos de sismicidad del Instituto Geográfico Nacional. Es por ello que muchos datos necesarios para los cálculos posteriores fueron recogidos y transcritos manualmente. Esta operación entrañaba el peligro de contaminar de errores la base de datos que se estaba elaborando. Por tanto fue necesario idear mecanismos de control sobre aquellos datos que en origen no se obtenían por métodos computacionales o de bases de datos capturadas electrónicamente. Dado que eran necesario asociar a cada sismograma, la distancia hipocentral, el tiempo de llegada de las ondas S, el tiempo origen y otros parámetros, se pensó en calcular la velocidad de las ondas S a partir de los datos iniciales a fin de comprobar que el resultado era razonable. Si esto era así, se podía afirmar que los datos transcritos tenían una alta probabilidad de ser una replica de los originales.

También se realizaron otras comprobaciones a fin de garantizar la coherencia de los datos tratados en este estudio. Se presentan a continuación las gráficas correspondientes a la comprobación en velocidades de onda S.

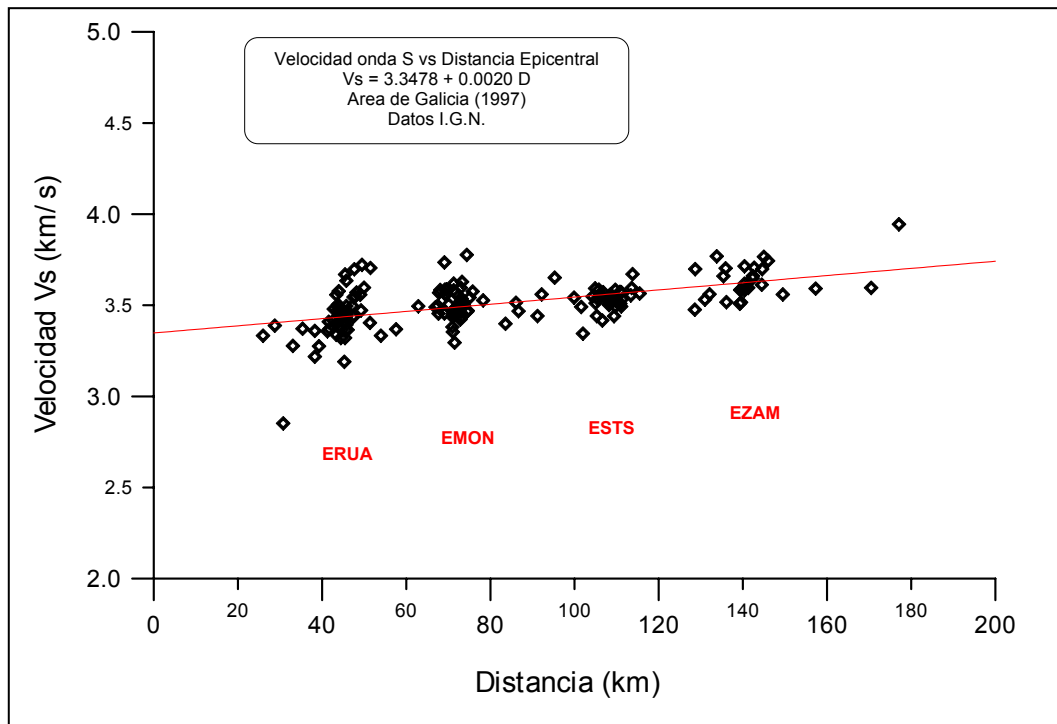


Figura 5.1 Velocidad de las ondas S de eventos ocurridos durante 1997 y seleccionados para la Región Noroeste Peninsular. Datos IGN.

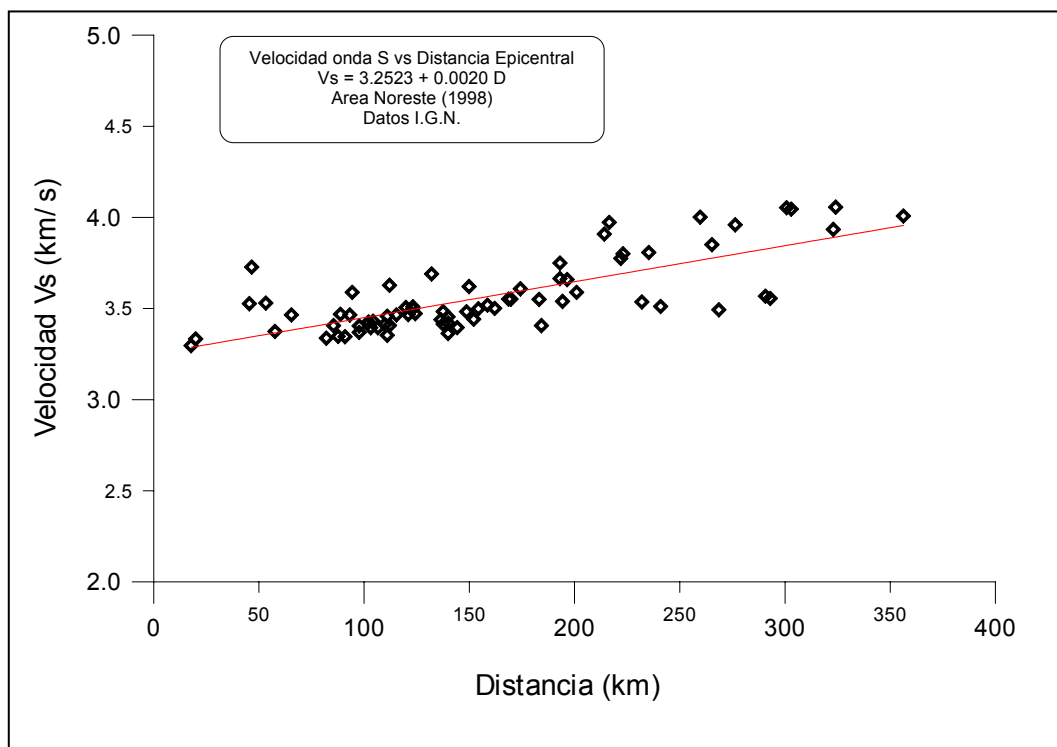


Figura 5.2 Velocidad de las ondas S de eventos ocurridos durante 1998 y seleccionados para la Región Nordeste Peninsular. Datos IGN.

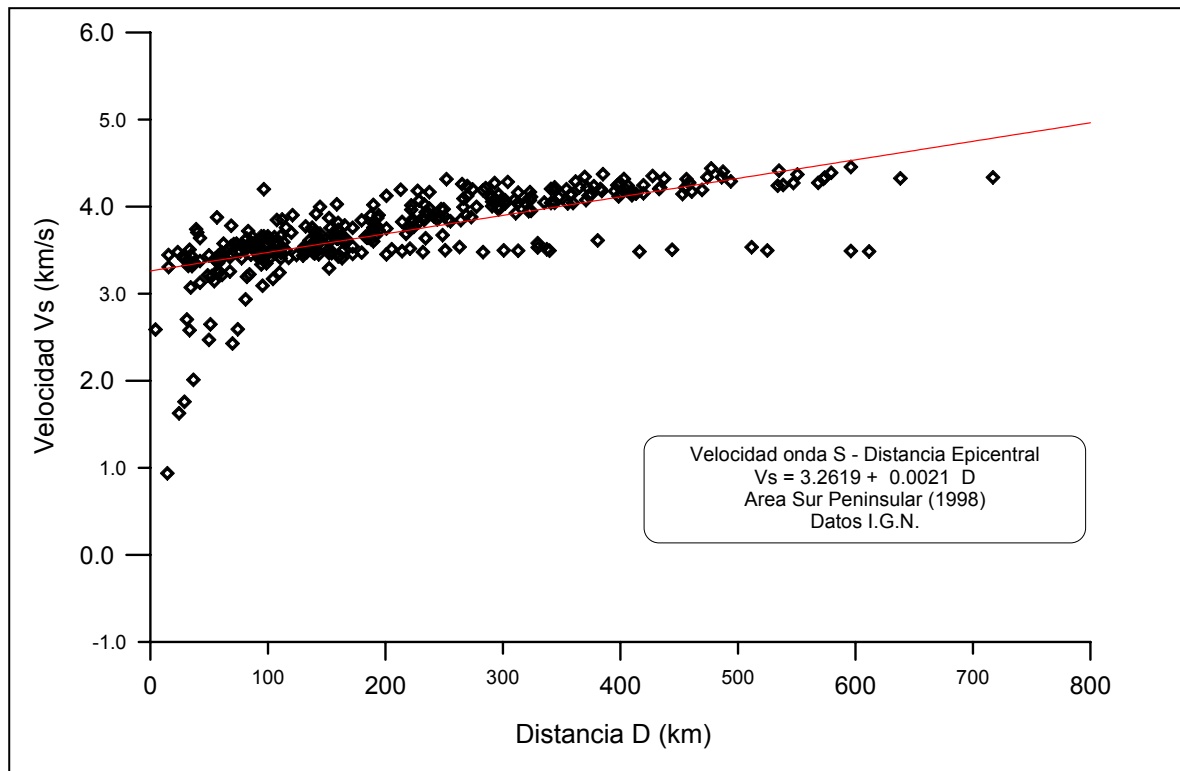


Figura 5.3 Velocidad de las ondas S de eventos ocurridos durante 1997 y seleccionados para la Región Sur Peninsular. Datos IGN.

Se observa que la velocidad de las ondas S parece ligeramente mayor en la región noroeste que en las regiones alpinas del nordeste y sur peninsulares. También se observa que en las tres regiones, la dependencia de la velocidad de ondas S con la distancia epicentral es prácticamente la misma.

En la región noroeste el gráfico muestra cuatro concentraciones de valores. Esto es así dado que la mayoría de eventos registrados por las cuatro estaciones gallegas pertenecían al mismo núcleo sísmico (Crisis sísmica de Sarria, Becerreá y Triacastella de Lugo - 22 de mayo de 1997).

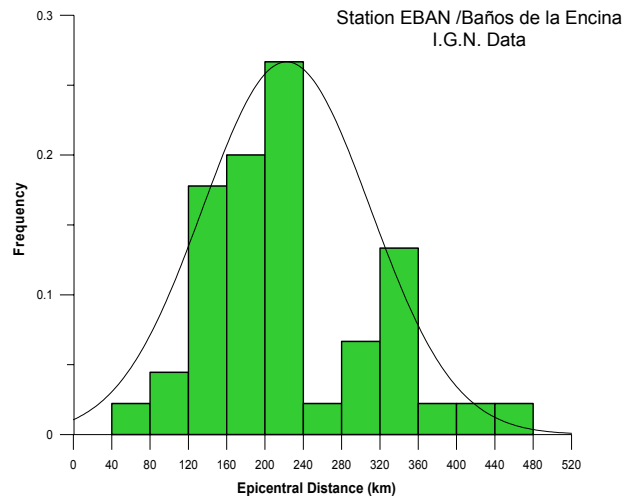
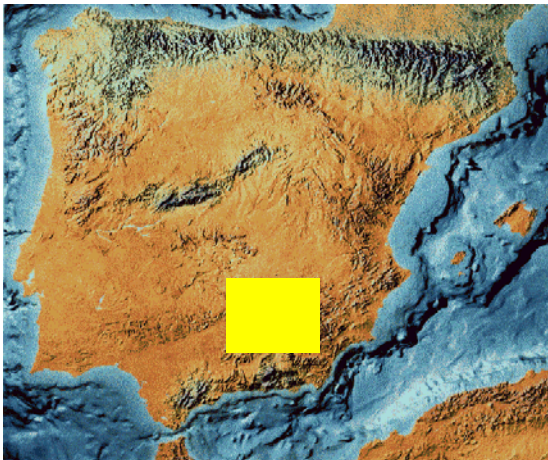
En la región sur se observa un comportamiento de los datos que recuerda los análisis estadísticos en los que aparecen muestras bimodales. La explicación es que para algunos eventos se desconocía el tiempo de llegada de la onda S, y, por tanto, se decidió emplear el tiempo de llegada de las fases Lg. Al evaluar las velocidades para estos últimos eventos, se obtuvieron valores inferiores a los que se hubiera obtenido utilizando ondas S sobretudo al aumentar la distancia y debido al carácter de onda superficial de este tipo de ondas.

tablas y figuras permiten hacerse una idea de la cantidad y calidad de los datos disponibles, así como del peso de la estación dentro del estudio global.

En el Anexo 2 se presentan los datos correspondientes a todas y cada una de las estaciones utilizadas.

Como puede observarse a partir del mapa de la figura 5.4, se dispone de un buen cubrimiento de la zona Sur, un cubrimiento de menor calidad en la zona Noroeste y Nordeste y no hay datos en la parte central de la Península. Toda esta información será fundamental a la hora de analizar los resultados obtenidos tanto mediante las técnicas de dispersión simple como las de dispersión múltiple.

Estación: EBAN
 Localidad: Baños de la Encina (Jaen)
 Latitud: 38° 09' 51"85 N
 Longitud: 03° 47' 08"13 W
 Altitud: 460 m
 Instalación: Noviembre 1986



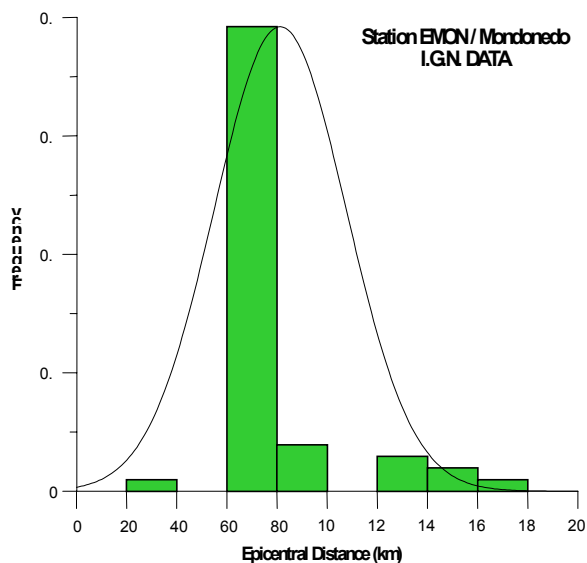
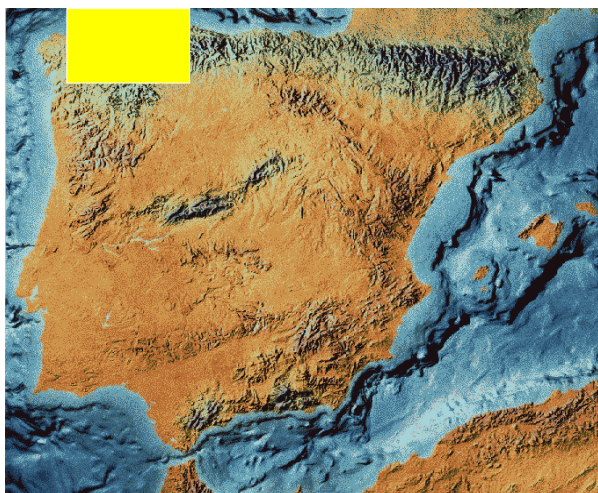
Histograma correspondiente a distancias epicentrales a la estación EBAN.

Referencia	Fecha	Hora Origen	Prof (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
eban98160a	09-jun-98	3H:31:52.2	0	2.80	38.34° N	1.3° W
eban98267a	24-sep-98	7H:45:49.5	0	3.00	37.82° N	1.47° W
eban98088a	29-mar-98	15H22:56.6	14.9	3.3	36.77° N	7.38° W
eban98212b	31-jul-98	09H14:00.5	15.6	3.2	36.85° N	8.04° W
eban98212c	31-jul-98	09H27:05.8	2.3	3.8	38.84° N	7.81° W
eban98242a	30-ago-98	20H55:54.3	15.3	2.6	36.89° N	8.71° W
eban98244a	01-sep-98	15H47:52.0	15.4	3	36.83° N	6.92° W

eban98248a	05-sep-98	23H47:29.3	9.5	2.4	38.79° N	8° W
eban98299a	26-oct-98	03H18:37.5	39.6	3.4	36.98° N	4.47° W
eban98300b	27-oct-98	06H35:49.0	3.9	3	37.62° N	1.74° W
eban98305a	01-nov-98	02H42:54.1	0	2.5	36.63° N	2.84° W
eban98306b	02-nov-98	20H27:08.4	0.3	2.5	37° N	4.18° W
eban98310a	06-nov-98	09H34:55.2	4.2	3.4	38.21° N	0.11° E
eban98315a	11-nov-98	09H36:35.8	10.7	2.5	36.89° N	7.1° W
eban98318a	14-nov-98	03H:09:46.7	6.1	3.3	38.21° N	0.21° W
eban98318b	14-nov-98	16H47:03.4	0.6	2.7	36.5° N	3.18° W
eban98319a	15-nov-98	18H58:41.0	2.4	2.6	37.29° N	3.2° W
eban98322b	18-nov-98	23H18:10.7	0.1	4	36.93° N	3.78° W
eban98325a	21-nov-98	04H25:19.4	93.3	3.2	35.83° N	4.59° W
eban98328a	24-nov-98	15H13:12.1	15.1	2.5	36.94° N	2.53° W
eban98329a	25-nov-98	11H07:10.9	96.1	2.4	36.55° N	4.41° W
eban98331a	27-nov-98	20H27:58.9	15	2.5	37.67° N	3.94° W
eban98333a	29-nov-98	4H06:10.0	5.9	2.9	38.27° N	0.34° W
eban98344a	10-dic-98	09H29:39.0	16.1	2.6	37.35° N	2.31° W
eban98345a	11-dic-98	21H35:58.9	0	2.6	37.86° N	5.22° W
eban98364a	30-dic-98	01H27:51.8	61.1	2.5	36.9° N	3.88° W
eban99003a	03-ene-99	11H15:47.5	2.4	3.25	38.93° N	0.08° W
eban99014b	14-ene-99	20H07:40.9	0	2.08	37.05° N	2.57° W
eban99022a	22-ene-99	22H24:38.0	6.7	1.97	37.99° N	2.25° W
eban99027a	27-ene-99	13H44:41.4	5.6	3.05	38.97° N	0.07° W
eban99033a	02-feb-99	13H22:50.5	0.3	3.59	38.08° N	1.44° W
eban99033d	02-feb-99	14H24:26.9	2.1	2.86	38.04° N	1.48° W
eban99033f	02-feb-99	17H13:17.6	1.4	3.38	38.11° N	1.42° W
eban99033g	02-feb-99	19H22:45.8	0	2.40	38.05° N	1.47° W
eban99033j	02-feb-99	20H50:19.0	0	2.78	38.08° N	1.44° W
eban99034b	03-feb-99	2H02:29.6	0	3.48	38.09° N	1.52° W
eban99034f	03-feb-99	6H02:31.8	7.2	2.80	38.02° N	1.53° W
eban99035c	04-feb-99	19H50:04.1	3.1	2.26	38.05° N	1.48° W
eban99039a	08-feb-99	17H16:53.1	0	2.67	37.99° N	1.38° W
eban99046a	15-feb-99	11H48:09.0	0	2.95	38.05° N	1.47° W
eban99047a	16-feb-99	1H31:15.0	3.7	2.60	38.05° N	1.45° W
eban99049c	18-feb-99	19H15:00.9	0	2.40	38.04° N	1.49° W
eban99058a	27-feb-99	6H13:48.7	0	2.93	37.42° N	2.29° W
eban99060b	01-mar-99	10H45:04.4	7.9	2.68	38.72° N	2.96° W
eban99061a	02-mar-99	4H29:54.0	16.35	2.12	37.36° N	2.05° W

Tabla 5.5 Registros sísmicos seleccionados para la estación EBAN (Baños de la Encina). Período 1998-1999.

Estación: EMON
 Localidad: Mondoñedo (Lugo)
 Latitud: 43° 26' 10" 10 N
 Longitud: 07° 19' 47" 59 W
 Altitud: 615 m
 Instalación: Julio 1988



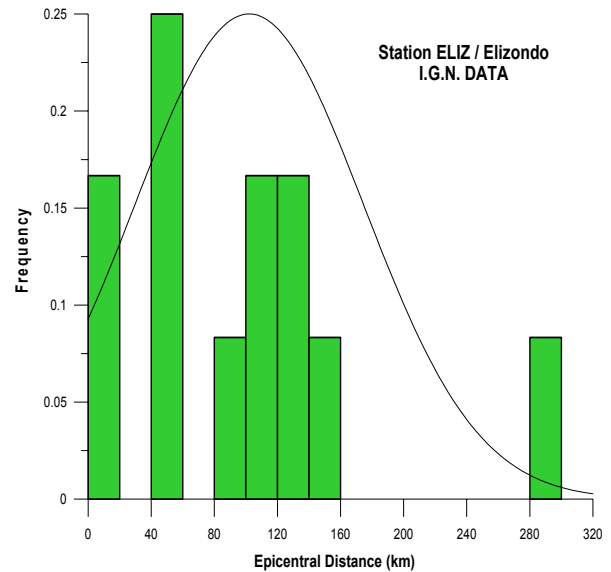
Histograma correspondiente a distancias epicentrales a la estación EMON.

Referencia	Fecha	Hora Origen	Prof (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
emon97029a	29/01 1997	1H:58M:48.7	17	3.2	42.82° N	7.25° W
emon97054a	23/02 1997	15H:13M:33.3	9	3.3	42.8° N	6.78° W
emon97065a	06/03 1997	18H:16M:5.6	22	2.8	42.23° N	8.75° W
emon97070a	11/03 1997	21H:24M:25.5	8	3.2	43.4° N	8.47° W
emon97074a	15/03 1997	6H:59M:1.5	15	2.8	42.78° N	7.27° W
emon97078a	19/03 1997	4H:13M:14.9	2	3.0	42.83° N	7.22° W
emon97097a	07/04 1997	21H:36M:18.9	5	3.3	42.25° N	7.43° W
emon97099a	09/04 1997	5H:50M:26.5	6	3.4	42.85° N	8.98° W
emon97100a	10/04 1997	20H:46M:9.8	9	3.0	42.7° N	7.68° W
emon97131a	11/05 1997	13H:13M:29.3	6	3.0	42.82° N	7.25° W
emon97133a	13/05 1997	21H:58M:10	3	2.8	42.82° N	9.07° W
emon97143c	23/05 1997	5H:22M:21.8	14	3.5	42.78° N	7.23° W
emon97143d	23/05 1997	5H:24M:16.8	15	3.2	42.8° N	7.22° W
emon97143e	23/05 1997	13H:30M:43.9	9	3.7	42.8° N	7.23° W
emon97144a	24/05 1997	8H:46M:5	14	3.5	42.82° N	7.2° W
emon97144b	24/05 1997	18H:33M:32.3	8	3.4	42.82° N	7.23° W
emon97144c	24/05 1997	18H:42M:28.7	12	3.4	42.83° N	7.23° W
emon97145a	25/05 1997	0H:36M:56.7	12	3.6	42.8° N	7.2° W
emon97145b	25/05 1997	8H:11M:41.7	12	3	42.8° N	7.23° W
emon97147a	27/05 1997	23H:15M:22.6	9	3.4	42.8° N	7.23° W
emon97148a	28/05 1997	2H:44M:57.7	11	3.3	42.78° N	7.25° W

emon97148b	28/05 1997	12H:0M:38.9	16	2.9	42.8° N	7.18° W
emon97148c	28/05 1997	20H:3M:48.5	9	3.2	42.78° N	7.18° W
emon97149a	29/05 1997	3H:18M:24.5	12	2.9	42.8° N	7.25° W
emon97149b	29/05 1997	22H:22M:57.1	6	3.5	42.77° N	7.27° W
emon97150a	30/05 1997	1H:49M:24	14	3.4	42.8° N	7.22° W
emon97155a	04/06 1997	20H:28M:10.4	16	3.5	42.82° N	7.17° W
emon97156a	05/06 1997	9H:7M:53	9	3.3	42.8° N	7.23° W
emon97156b	05/06 1997	9H:59M:17.3	9	3.3	42.78° N	7.22° W
emon97156c	05/06 1997	22H:22M:23.3	12	3.5	42.78° N	7.23° W
emon97159a	08/06 1997	1H:20M:40.8	15	3.2	42.8° N	7.23° W
emon97161a	10/06 1997	8H:41M:30.8	4	3.2	42.78° N	7.17° W
emon97162b	11/06 1997	12H:49M:39.2	12	3.4	42.78° N	7.12° W
emon97164b	13/06 1997	14H:23M:12.2	11	3.4	42.82° N	7.22° W
emon97166a	15/06 1997	7H:4M:41.4	19	2.9	42.8° N	7.2° W
emon97167a	16/06 1997	11H:13M:43.1	13	3.1	42.27° N	7.95° W
emon97172a	21/06 1997	6H:30M:34.3	9	3.1	42.78° N	7.22° W
emon97177a	26/06 1997	0H:24M:11.8	10	3.1	42.8° N	7.22° W
emon97179a	28/06 1997	4H:53M:8.8	15	3.2	42.83° N	7.33° W
emon97179b	28/06 1997	4H:53M:53.9	15	3.1	42.67° N	7.2° W
emon97179c	28/06 1997	10H:59M:10.2	3	3.6	42.77° N	7.32° W
emon97179d	28/06 1997	15H:20M:17.1	13	3.4	42.78° N	7.2° W
emon97183a	02/07 1997	23H:43M:53.2	10	3.3	42.77° N	7.15° W
emon97193a	12/07 1997	9H:53M:26.2	12	2.8	43.15° N	7.22° W
emon97208a	27/07 1997	2H:35M:40.2	12	3	42.83° N	7.2° W
emon97217a	05/08 1997	22H:30M:43	12	3.1	42.82° N	7.22° W
emon97218a	06/08 1997	14H:14M:54.8	9	3.1	42.22° N	6.93° W
emon97253a	10/09 1997	7H:6M:35.7	3	2.9	43.1° N	6.48° W
emon97273a	30/09 1997	15H:12M:55.7	9	3	42.77° N	7.2° W
emon97273b	30/09 1997	15H:14M:0	9	2.9	42.78° N	7.23° W
emon97294a	21/10 1997	16H:21M:40.4	9	3	42.78° N	7.27° W

Tabla 5.6 Registros sísmicos seleccionados para la estación EMON (Mondoñedo). Período: Enero-Diciembre 1997.

Estación: ELIZ
 Localidad: Elizondo (Navarra)
 Latitud: 43° 09' 50" 04 N
 Longitud: 01° 18' 50" 69 W
 Altitud: 523 m
 Instalación: 1992

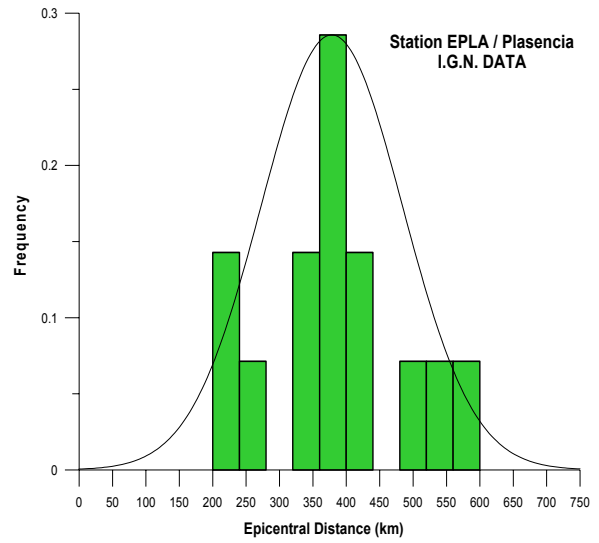
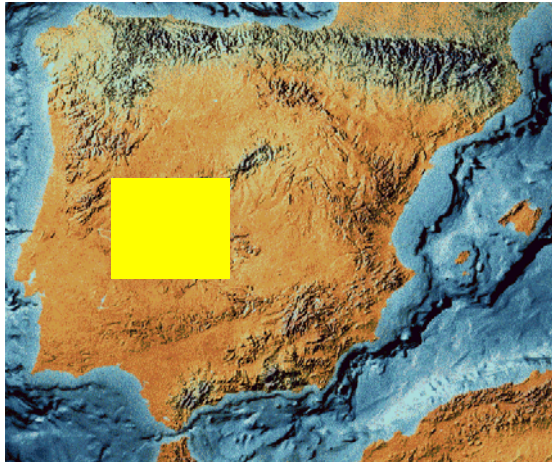


Histograma correspondiente a distancias epicentrales a la estación ELIZ.

Referencia	Fecha	Hora Origen	Prof (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
eliz98034a	02-feb-98	18H08M23.4S	0	2.9	43.04° N	0.17° W
eliz98039a	08-feb-98	00H40M01.8S	17.5	2.2	43.01° N	0.08° E
eliz98046a	15-feb-98	03H40M37.3S	4.1	2.3	43.15° N	1.77° W
eliz98054a	23-feb-98	09H08M17.5S	0	3	43.15° N	0.37° W
eliz98110a	20-abr-98	11H27M41.3S	0	1.8	43.32° N	1.56° W
eliz98157a	06-jun-98	09H37M46.2S	0	2.7	43.26° N	0.12° W
eliz98175a	24-jun-98	07H43M27.8S	0	3	42.93° N	0.34° E
eliz98184a	03/07/98	15H48M26.2S	0	3	42.22° N	1.79° E
eliz98227a	08/08/98	03H10M49.1S	1.9	2.1	43.1° N	0.24° W
eliz98335a	01-dic-98	23H47M59.3S	15.9	2.7	43.22° N	1.37° W
eliz98363a	29-dic-98	12H24M20.5S	5.6	3.1	43.1° N	0.96° W
eliz98364a	30-dic-98	18H21M25.9S	4.4	2.5	43.15° N	0.96° W

Tabla 5.7 Registros sísmicos seleccionados para la estación ELIZ (Elizondo). Período: Enero-Diciembre 1998.

Estación: EPLA
 Localidad: Plasencia (Cáceres)
 Latitud: 40° 03' 50" 80 N
 Longitud: 06° 04' 49" 07 W
 Altitud: 591 m
 Instalación: Agosto 1985



Histograma correspondiente a distancias epicentrales a la estación EPLA.

Referencia	Fecha	Hora Origen	Prof (km)	Magnitud	Latitud Epicentro	Longitud Epicentro
epla98088a	29-mar-98	15H22:56.6	14.9	3.3	36.77° N	7.38° W
epla98159a	08-jun-98	15H06:32.0	3.1	2.9	37.48° N	8.58° W
epla98212b	31-jul-98	09H14:00.5	15.6	3.2	36.85° N	8.04° W
epla98212c	31-jul-98	09H27:05.8	2.3	3.8	38.84° N	7.81° W
epla98242a	30-ago-98	20H55:54.3	15.3	2.6	36.89° N	8.71° W
epla98244a	01-sep-98	15H47:52.0	15.4	3	36.83° N	6.92° W
epla98248a	05-sep-98	23H47:29.3	9.5	2.4	38.79° N	8° W
epla98299a	26-oct-98	03H18:37.5	39.6	3.4	36.98° N	4.47° W
epla98310a	06-nov-98	09H34:55.2	4.2	3.4	38.21° N	0.11° E
epla98318a	14-nov-98	03H:09:46.7	6.1	3.3	38.21° N	0.21° W
epla98322b	18-nov-98	23H18:10.7	0.1	4	36.93° N	3.78° W
epla98325a	21-nov-98	04H25:19.4	93.3	3.2	35.83° N	4.59° W
epla98331a	27-nov-98	20H27:58.9	15	2.5	37.67° N	3.94° W
epla98345a	11-dic-98	21H35:58.9	0	2.6	37.86° N	5.22° W

Tabla 5.8 Registros sísmicos seleccionados para la estación EPLA (Plasencia).Período: Enero-Diciembre 1998.

5.4 Resumen y conclusión

Tras una selección preliminar, sobre catálogo, de estaciones y eventos para cubrir los objetivos del trabajo, del análisis estación por estación de los datos realmente disponibles en la base de datos del Instituto Geográfico Nacional, y de una revisión gráfica, una a una de las trazas sísmicas escogidas, ha sido posible seleccionar un total de 935 sismogramas digitales. Los terremotos generadores de estos datos no están distribuidos de forma homogénea en la Península Ibérica, reflejando el patrón de la sismicidad natural del área.

De esta forma se ha centrado el estudio en el análisis de la atenuación sísmica en tres regiones: La zona Sur, La zona Noroeste y la zona Nordeste en las que la sismicidad natural durante los años 1997, 1998 y 1999 permite un cubrimiento excelente de la región Sur y suficiente en las otras dos regiones.

Dada la importancia que desempeñan las ondas S en las técnicas empleadas se han reevaluado las velocidades aparentes a partir de las lecturas directas de los tiempos de llegada en los simogramas, obteniéndose una excelente correlación con las provincias tectónicas correspondientes. También se ha observado una dependencia de la velocidad aparente con la distancia. La velocidad aumenta debido a que las ondas internas viajan por zonas más profundas y, por lo tanto, más rápidas.

En el Anexo 2 se detallan en tablas, las 29 estaciones y epicentros seleccionados para este estudio. Así pues, como resultado de este capítulo y del capítulo 4, se dispone de la infraestructura de datos suficiente para abordar el estudio de la atenuación sísmica a partir de la coda en tres grandes áreas de la Península Ibérica. Este estudio se aborda en los capítulos siguientes.