

**IBERSEIS: Perfil sísmico profundo en el SO
de la Península Ibérica**

**- Informe Técnico y de los
Trabajos ejecutados -**

para:

Instituto Geológico y Minero (IGME)
Ministerio de Ciencia y Tecnología

IBERSEIS-2001

PERFIL DE SÍSMICA DE REFLEXIÓN PROFUNDA EN EL SUROESTE DE LA PENINSULA IBÉRICA: Imagen de un orógeno transpresivo

Dr. Fernando Simancas¹
Dr. Ramon Carbonell²

*(1) Dept. Geodinámica, Univ. Granada, Campus Fuente Nueva,
18071 Granada.*

*(2) Dept. Geofísica, Inst. Ciencias de la Tierra "Jaume Almera"-
CSIC, Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona*

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN
2. BASE TEÓRICA DE LA METODOLOGÍA VIBROSEIS
3. PARTICIPACIÓN, ORGANIZACIÓN, TRABAJOS REALIZADOS
4. PARÁMETROS DE ADQUISICIÓN
5. FORMATO, PROCESADO Y GENERACIÓN DE COPIAS
6. CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS
7. CARACTERÍSTICAS DE LOS RUIDOS
8. PROCESADO DE LOS DATOS
9. CARACTERÍSTICAS DE LA IMAGEN PRELIMINAR
10. INCIDENCIA SOCIAL
11. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS EN FOROS
NACIONALES E INTERNACIONALES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

1. Libro de reconocimiento del trayecto del perfil
2. Informe sobre la toma de datos topográficos
3. Fotografías del trabajo en la línea sísmica (CD-ROM)
4. Disquetes de geometría
5. Copia de las cintas magnéticas, en formato SEGY
6. Atlas de Puntos de Vibración
7. Stack del Perfil IBERSEIS completo
8. Perfil migrado de la mitad meridional de IBERSEIS
9. Primeros procesados de detalle

1. Introducción

En los años setenta tuvieron lugar numerosos programas de investigación de la litosfera mediante experimentos de sísmica de refracción en muy diversas regiones de la Tierra. A éstos se añadieron, sobre todo a partir del inicio de los ochenta, otros experimentos de sísmica de reflexión profunda, una vez que la industria del petróleo había demostrado el poder de este método para mostrar la geometría de la corteza. Los perfiles de sísmica profunda de reflexión, muchos de ellos pertenecientes a grandes programas nacionales (COCORP en Estados Unidos, BIRPS en Gran Bretaña, ECORS en Francia, DEKORP en Alemania), han contribuido de forma extraordinaria al conocimiento de la arquitectura litosférica de cratones, rifts continentales, dorsales oceánicas, márgenes pasivos y zonas de colisión continental.

Siguiendo la pauta marcada por los mencionados programas de otros países, en los años noventa se desarrolló en España el programa ESCI (Estudios Sísmicos de la Corteza Ibérica). Sin embargo, el SO de Iberia, una de las regiones geológicamente más atractivas de la Península, quedó al margen de estas investigaciones, centradas en el Margen Cantábrico, el Golfo de Valencia y la Cordillera Bética. Pronto se hizo evidente la conveniencia de corregir esta deficiencia, y en reuniones del Europrobe (un programa de la European Science Foundation que promueve contactos para desarrollar proyectos sobre la dinámica de la litosfera) se hicieron planteamientos iniciales que han venido a cristalizar en el actual perfil sísmico IBERSEIS.

El perfil de sísmica de reflexión profunda IBERSEIS proporciona una imagen de la litosfera y de los distintos dominios geológicos y principales contactos tectónicos del sudoeste de la Península Ibérica. Pretende responder a cuestiones que ha planteado la investigación geológica convencional y que no tienen otra posibilidad de respuesta. Estas cuestiones son, a la vez, de interés científico fundamental y de valor aplicado. La región atravesada por el perfil sísmico es clave para la comprensión del Orógeno Varisco y es una de las mejores expresiones de la tectónica transpresiva. Así, en el orden científico, IBERSEIS pretende ser una importante aportación al conocimiento de la dinámica litosférica y de la evolución del Orógeno Varisco, mediante el estudio de: a) la facies sísmica de los diferentes elementos de la litosfera ibérica, como base para la distinción de dominios corticales y litosféricos paleozoicos; b) la arquitectura de las suturas de colisión continental que en ella aparecen; y c) la geometría con la que se manifiesta en profundidad su tectónica transpresiva. La incidencia social de este proyecto deriva principalmente de la imagen detallada que puede ofrecer, en combinación con la geología de superficie, acerca de la estructura de la corteza superior. En el ámbito de la minería, y especialmente en la Faja Pirítica, esa imagen detallada de la corteza superior puede ser un revulsivo para la prospección. En otro orden de cosas, la imagen sísmica no dejará de tener incidencia sobre el conocimiento de la sismicidad actual en la región.

El perfil IBERSEIS tiene una longitud total de 303 km y discurre por carreteras y caminos atravesando las provincias de Huelva y Badajoz. El perfil empieza al sur del municipio de Villablanca, y discurre a través de los municipios de San Silvestre de Guzmán, Villanueva de

los Castillejos, Puebla de Guzmán, Cabezas Rubias, Aroche, Encinasola (en la provincia de Huelva., Andalucía), Jerez de los Caballeros, Valle de Santa Ana , Salvatierra de Barros, La Parra, Feria, Fuente del Maestre, Ribera del Fresno, Puebla del Prior, Puebla de la Reina, Valle de la Serena y Quintana de la Serena (en la provincia de Badajoz, Extremadura).

Se ha utilizado para la adquisición del perfil la técnica convencional de prospección sísmica conocida como "Vibroseis". Los parámetros de adquisición se diseñaron específicamente para que dieran una respuesta adecuada a la consecución de los objetivos específicos del proyecto, es decir, con el propósito de obtener una imagen detallada de la corteza superior y una buena definición de la corteza inferior y el manto superior .

2. Base Teórica de la Metodología Vibroseis

La metodología Vibroseis permite simular una señal instantánea utilizando una vibración prolongada que consiste en un barrido sistemático de una banda de frecuencias (Sheriff y Geldart, 1982, Yilmaz, 1987). La señal instantánea, cuya representación matemática es una delta de Dirac, en la realidad se puede generar utilizando explosiones que dan lugar a una ondícula de fase mínima. La vibración generada por el camión Vibroseis se colapsa a una ondícula de fase cero mediante la operación matemática denominada correlación. La utilización de la tecnología Vibroseis tiene numerosas ventajas frente a la de explosiones, puesto que: a) es mucho más económico y fácil repetir disparos que hayan resultado defectuosos por alguna razón, b) no requiere las complicadas permisiones necesarias para la utilización de explosiones, ni la realización de sondeos.

3. Participación , organización y trabajos realizados

3.1. Participación y Organización

En la realización del perfil sísmico IBERSEIS han participado varias instituciones y empresas:

Junta de Andalucía,
FEDER-CICYT
ENRESA
Instituto Geológico y Minero de España,
Swedish National Research Council
Consorcio Minero

Para la ejecución de los trabajos se contó con la participación de grupos de investigación de:

Universidad de Granada
Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" del Consejo Superior de
Investigaciones Científicas.
Universidad de Salamanca
Universidad de Huelva
Universidad de Uppsala
Instituto de Geológico y Minero de España

La dirección de los trabajos ha estado a cargo de:

Dr. Fernando Simancas (Dept. de Geodinámica de la Universidad de Granada, Granada)
Dr. Ramon Carbonell (Dept. De Geofísica del Inst. Ciencias de la Tierra "Jaume Almera",
Barcelona)

3.2. Trabajos realizados

Para la adquisición del perfil se han desarrollado las siguientes tareas :

3.2.1. Elección del trazado

La determinación del trazado de IBERSEIS fue precedida de un análisis inicial, sobre el mapa geológico y sobre el terreno, de diversos itinerarios posibles. Todos los itinerarios analizados atravesaban los grandes conjuntos geológicos del SO de la Península Ibérica (Zonas Sudportuguesa, Ossa-Morena y Centroibérica). Sin embargo, sólo algunos de ellos eran factibles cuando se consideraban requisitos de operatividad tales como la evitación de carreteras muy transitadas y, por ello, ruidosas y peligrosas para el trabajo con vibros. De esta forma, se delimitaron dos itinerarios básicos (con variantes menores): uno oriental, con inicio en Aznalcóllar (Sevilla), y otro occidental, con inicio en Villablanca (Huelva). Se eligió este segundo por las siguientes consideraciones geológicas: a) atraviesa una región más amplia y representativa de la Zona Sudportuguesa, b) atraviesa también la importante unidad del Pulo do Lobo, c) corta, en condiciones algo más favorables que el itinerario oriental, las unidades del borde meridional de la Zona de Ossa Morena.

El itinerario occidental fue examinado detalladamente en el campo por los responsables de IBERSEIS junto con un técnico de la Universidad de Uppsala, a fin de decidir el trayecto exacto: se observó la practicabilidad de carreteras y caminos, la posibilidad de rodear o cruzar poblaciones, las fuentes de ruido acústico (intensidad de tráfico, actividad agrícola e industrial) y electrónico (líneas de alta tensión). Así, se estableció el itinerario que se muestra en la figura de la página siguiente. El perfil tiene un total de 303 km de longitud, iniciándose en Villablanca y terminando en Quintana de la Serena.

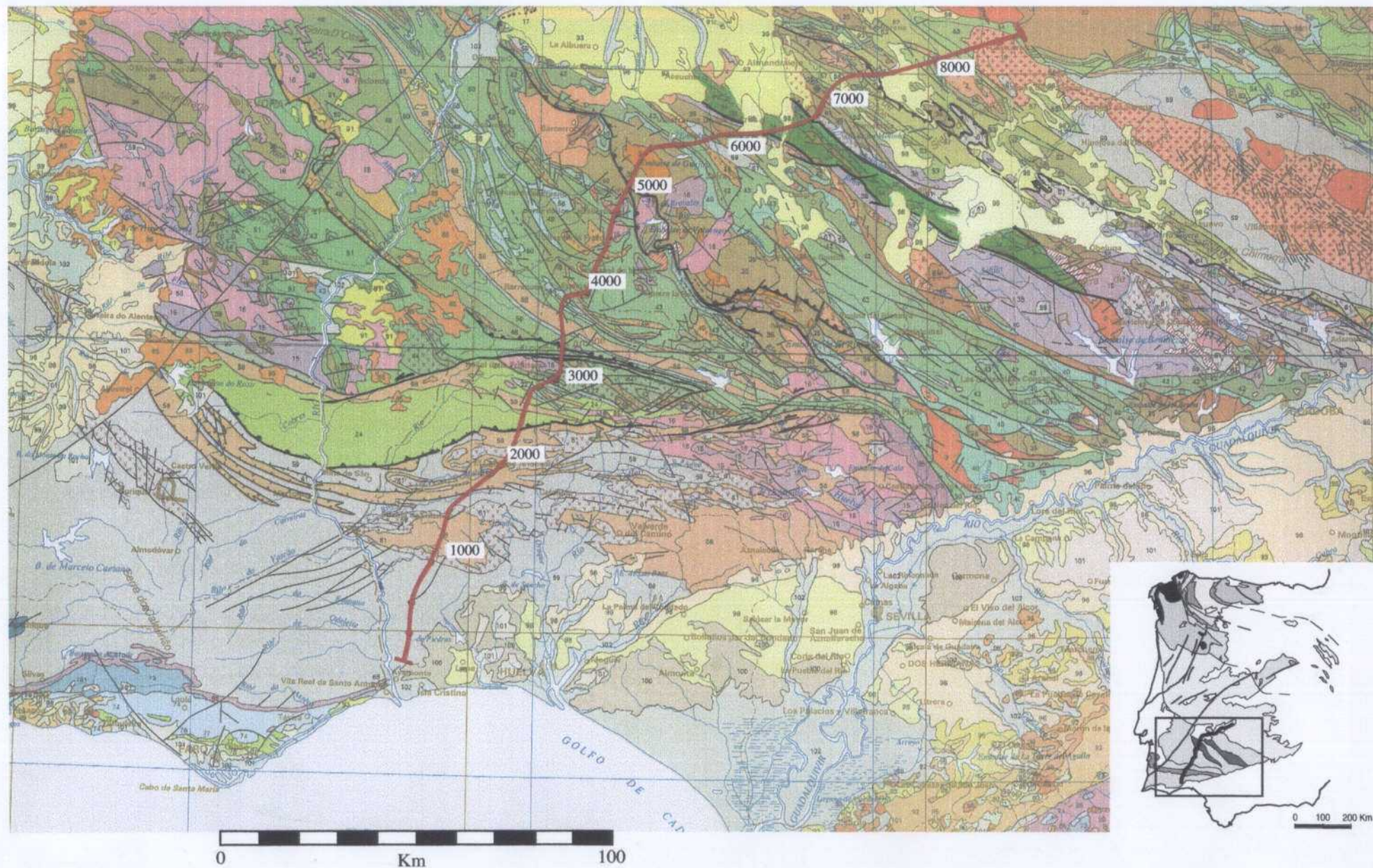


Fig. 1: Trazado del perfil de incidencia vertical IBERSEIS en la relación con las zonas del Varisco Ibérico (abajo a la derecha). En color, ampliación de los principales accidentes geológicos por los que atraviesa el perfil en las tres zonas que atraviesa (Sudportuguesa, Ossa-Morena y Centro-Ibérica). Los números de estación aparecen indicados junto a la línea del perfil.

3.2.2. Numeración de las estaciones, estacado y determinación de las coordenadas UTM de las estaciones.

El itinerario del perfil IBERSEIS se ha marcado con un total de 8660 estaciones separadas entre sí 35 m. La numeración de las estaciones y la colocación de estacas se realizó en dos fases. En una primera fase se marcaron y numeraron sólo las estaciones imprescindibles para la determinación de las coordenadas, es decir, sólo aquellas que indicaban cambios de dirección o de pendiente (no obstante, se marcaban siempre las estaciones que eran múltiplo de 10). Al mismo tiempo, se llevó a cabo un reconocimiento exhaustivo del trazado, anotando la localización exacta de tuberías, alcantarillas, puentes y edificaciones de todo tipo que pudieran originar problemas durante la adquisición (libro de reconocimiento, **ANEXO I**). Este grado de detalle es necesario ya que, a fin de evitar daños, los camiones vibradores no deben vibrar a menos de 100 m de edificaciones y tienen que evitar situarse sobre tuberías, desagües, puentes etc.

(de la numeración M en Anexo I)

El cálculo de las coordenadas de cada estación se realizó en una campaña inmediatamente posterior, y contó con la colaboración de la Universidad de Extremadura, que aportó personal e instrumentación (GPS). El desarrollo de la campaña y los cálculos de determinación de las coordenadas de las estaciones se detallan en el **ANEXO II**.

La segunda fase de pintura y estacado de las estaciones se realizó durante la adquisición del perfil, precediendo inmediatamente al tendido de la línea. Un equipo, que trabajaba una decena de kilómetros por delante del frente de la línea, estaba encargado de la numeración completa del perfil (una estación cada 35 m) y de la colocación de estacas. El resultado han sido 8660 estaciones marcadas, espaciados entre sí 35 m. Por razones técnicas, la adquisición se inició en la estación marcada como 100, terminando en la 8660, lo que ha hecho finalmente un total de 8560 puntos de registro.

3.2.3. Convocatoria de concurso público para contratación de asistencia técnica

A fin de ejecutar la campaña de adquisición sísmica IBERSEIS, la Universidad de Granada publicó en el BOE del 28 de marzo de 2001 una resolución convocando concurso público abierto para contratación de asistencia técnica. A este concurso presentaron ofertas las empresas

- Compagnie Générale de Géophysique (CGG)
- Thor Geophysikalische Prospektion GmbH

Reunida la Mesa de Contratación en el día y hora señalados en la convocatoria, y examinadas las ofertas, se acordó adjudicar la licitación a la empresa "Compagnie Générale de Géophysique".

3.2.4. Permisos.

Estando ya totalmente determinado el trazado del perfil, contratada con CGG la asistencia técnica, y establecidas las fechas de ejecución de la campaña de adquisición, se procedió a solicitar los permisos necesarios a las autoridades competentes. Además de la autorización del Servicio de Minas de la Junta de Andalucía, se obtuvieron los siguientes tipos de permiso:

- a) Jefaturas provinciales de Inspección de Telecomunicaciones de Huelva y Badajoz: Permiso de afectación temporal del dominio público radioeléctrico. Con este permiso se nos asignaban unas frecuencias específicas y exclusivas que permitían la comunicación y el envío instantáneo de órdenes entre el laboratorio electrónico móvil y los camiones Vibroseis.
- b) Ayuntamientos de las localidades atravesadas: Solicitud de tendido de la línea por los sucesivos términos municipales. Además de esta solicitud, realizada mes y medio antes de iniciarse la campaña, unos días antes de la instalación de la línea dentro del término municipal se visitaba al alcalde correspondiente y se le pedía, en su caso, permiso para pasar la línea por el interior del pueblo (cuando el rodeo no era posible).
- c) Jefaturas Provinciales de Tráfico: Permisos para la circulación y los trabajos en carretera de la caravana de camiones vibroseis y vehículos anejos.
- d) Consejerías de Obras Públicas, Diputaciones Provinciales: Permiso de uso de las carreteras del perfil sísmico.

La Guardia Civil de todas las localidades atravesadas estuvo informada de los trabajos que se realizaban.

3.2.5. Adquisición del perfil sísmico.

La adquisición del perfil de sísmica de reflexión profunda se llevó a cabo entre el 16 de Mayo y el 6 de Julio de 2001. De acuerdo con el contrato entre la Universidad de Granada y la Compagnie General de Geophysique, esta compañía proporcionó el instrumental y personal siguiente:

a. Medios Técnicos

Cinco camiones Vibroseis de 22 toneladas métricas (4 activos y 1 de repuesto).

14 Km de cable para la adquisición

400 cajetines de conexión cuya electrónica controla la conversión de la señal analógica generada en el sensor (geófono) a una señal digital.

Fuentes de alimentación de la línea, que se disponían cada 40 estaciones.

Una colección de 500 secuencias de 12 geófonos (sensores).

Un vehículo de asistencia a la línea

Un vehículo taller.

Un laboratorio móvil con el equipo de adquisición, montado sobre un vehículo todo terreno.

Un vehículo de transporte de personal.

b. Personal

5 conductores
Un mecánico
Un observador
Un asistente de línea

El equipo de adquisición utilizado, ubicado en el laboratorio móvil incluía:

Equipo de adquisición SERCEL 388 N con 400 canales operativos para la adquisición
Tres grabadoras, lectoras de cintas para el almacenamiento de datos.
Dos equipos de comunicación para el envío de los parámetros de adquisición a los camiones Vibroseis.
Cámara fotográfica de visualización de los datos para su control de calidad (impresor)
Radios para comunicaciones.

El resto de personas y material necesario para las distintas operaciones de adquisición sísmica fue proporcionado por las distintos grupos de investigación que participaban. El personal proporcionado por estas instituciones se dedicaba a las siguientes tareas: a) numeración de estaciones y plantado de las estacas, b) tendido de la línea (desplegado y conexión del cable, plantado y conexión de geófonos), c) distribución de fuentes de alimentación a lo largo de la línea, d) recogida de la línea y d) transporte del material. Los grupos de investigación aportaron también medios de transporte adicionales para el movimiento de personas y material: vehículos de turismo, una furgoneta, dos vehículos todo terreno y dos remolques.

La línea de adquisición del perfil sísmico constaba de 400 estaciones separadas entre sí 35 m, de manera que la línea tendida tenía una longitud total de 14 km. De las 400 estaciones de la línea sólo 240 estaban activas en cada momento (es decir, sólo 240 grababan la señal producida por los camiones vibroseis, Vibros), de forma que la porción activa del cable tenía siempre una longitud de $240 \times 35 = 8400$ m. Los puntos de vibración estaban distribuidos cada 70 m, de manera que el dispositivo de adquisición (la parte activa del cable y los camiones vibroseis) avanzaba 70 m para pasar al siguiente punto de vibración. Aunque éste era el procedimiento general, en determinados segmentos particulares se ha vibrado cada 35 m.

El avance del dispositivo de adquisición requiere que constantemente se retire instrumental (cable, geófonos y cajetines de conexión) del final de la línea (cola) y se coloquen al principio de la línea (frente). Este trabajo constante de retirada y colocación de material, siguiendo el ritmo que imponía el avance de los camiones vibroseis, ha requerido la presencia constante en la línea de unas 12 personas, que se distribuían en:

Grupo de estacado y numerado de estaciones: Constaba de 2 personas. Este grupo marcaba y numeraba las estaciones cada 35 metros. En cada estación se debía

colocar después una ristra de geófonos y un cajetín de conexión, y, enlazando dos estaciones consecutivas, se tendía un segmento de cable.

Grupo de distribución de material: Constaba usualmente de 2 personas, que utilizaban generalmente un vehículo de transporte (eventualmente más personas y más de un vehículo) para trasladar unidades de adquisición de la parte final de la línea a la parte frontal. Cada unidad de adquisición se compone de: un cajetín de conexión (*field unit box*; figura siguiente), un cable de 50 m (*line cable*; figura siguiente) y una ristra de 12 geófonos (*array geophone group*; figura siguiente). Este grupo depositaba cada unidad de adquisición encima del número pintado en el borde del asfalto o al lado de la estaca numerada, de manera que repartía las unidades de adquisición depositándolas cada 35 m. Además de esta misión específica del trabajo de línea, debe reseñarse la importancia que ha tenido el transporte de agua y alimentos a los equipos de cabeza y de cola, fundamental para aguantar las terribles jornadas de trabajo y calor.

Grupo de cabeza: Formado normalmente por 4 personas, cuya misión consistía en colocar y conectar los geófonos, y desplegar y conectar el cable. Se requieren 4 personas (puntualmente más) para asegurar la colocación de suficiente cable como para que la marcha de los Vibradores no se detenga.

Grupo de cola: Este grupo, también normalmente de 4 personas, recogía los geófonos y desconectaba y enrollaba el cable, dejando las unidades de adquisición listas para ser recogidas por el grupo de distribución de material.

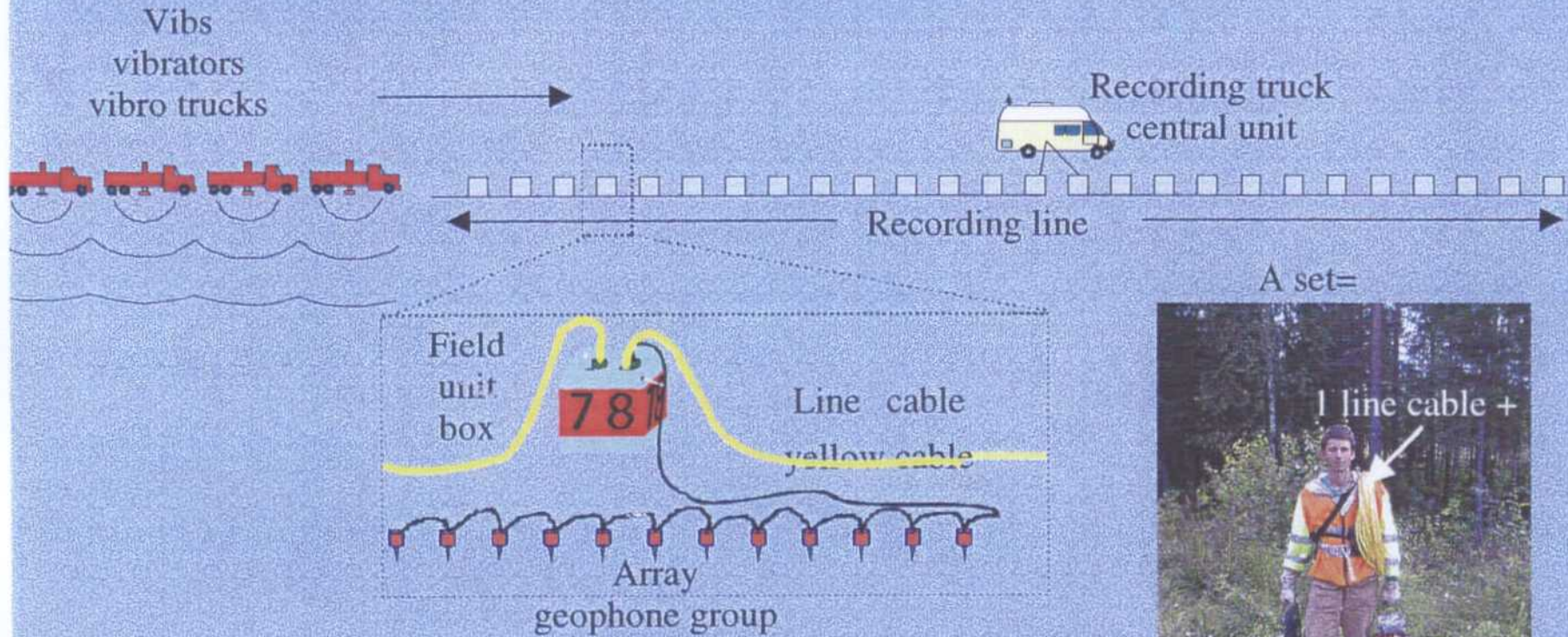
La figura de la página siguiente muestra el esquema de organización de la línea, y en las fotografías incluidas en CD-ROM adjunto (**ANEXO III**) se presentan aspectos diversos del trabajo en la línea y del material utilizado.

3.2.6. Incidencias.

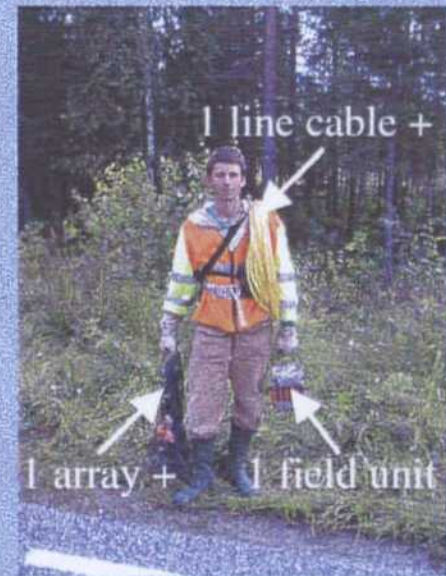
Es de destacar que, a pesar de la complejidad logística que ha supuesto el experimento IBERSEIS, no se ha producido ningún tipo de accidente laboral durante su ejecución. Ello se debe principalmente a la excelente actuación del personal implicado en los trabajos.

Si se han producido algunos robos y desperfectos del material de la línea durante la noche. Un pequeño robo acompañado de ciertos desperfectos en los camiones vibroseis, sucedido entre las localidades de Aroche y Jerez de los Caballeros, aconsejó contratar a mitad de campaña los servicios de un vigilante nocturno que cuidara de los vibroseis y del camión laboratorio. De todas formas, la vigilancia de los 14 km de línea resulta tarea impracticable, y hemos registrado en diversos lugares la desaparición de segmentos de cable.

CDP Profiling



A set=



4. Parámetros de adquisición

Los parámetros de adquisición se diseñaron con el objetivo de obtener una imagen de alta resolución de la corteza superior y una buena definición de la corteza inferior y el manto superior.

Distancia entre estaciones:	35 m
Distancia entre puntos de tiro:	70 m
Frecuencia de la vibración (sweep):	8-80 Hz
Modo de generación de las frecuencias del sweep:	No lineal
Tiempo de vibración :	20 s
Numero de Vibraciones en cada punto de tiro:	6
Tiempo de registro:	40 s
Intervalo de muestreo:	0.002 s
Numero de canales activos:	240
Método de sumado de los sweep en cada disparo:	Diversity Stack

entonces 2150
220
VO

La resolución horizontal esta condicionada por dos parámetros: distancia entre estaciones, y distancia entre los puntos de tiro. El diseño escogido da una distancia entre CDPs de 17.5 m esto permite una imagen de alta resolución de la corteza superior. La resolución vertical está condicionada por la banda de frecuencias y el intervalo de muestreo. El intervalo de muestreo de 0.002 s asegura una representación digital de señales hasta una frecuencia de Nyquist de ~~125~~ 125 Hz. La banda de frecuencias entre 8 y 80 Hz permite una resolución vertical de unos 50 m. El tiempo de vibración (longitud del sweep), y el numero de vibraciones (sweeps), el número de camiones Vibradores y su masa controlan la energía de la señal que se envía. El parámetro que tiene más influencia en la energía de la señal es la longitud del sweep.

Los dos primeros días de adquisición se dedicaron al diseño de los parámetros de adquisición. A este fin se realizaron una serie de ensayos sistemáticos variando la longitud del sweep y número de sweeps por punto de vibración. Un análisis de los registros de estos ensayos resultó definitivo para la elección de estos parámetros. El tiempo de registro venia condicionado por los objetivos del proyecto, pues se quería obtener una buena definición de la corteza inferior, y el manto superior, de manera que el registro debía tener una longitud mínima de 15 s. Finalmente, se decidió que un tiempo de grabación de 40 s proporcionaría un tiempo de registro de 20s de los cuales, aproximadamente, los últimos 9 corresponderían al manto superior. Los registros de las pruebas sistemáticas no mostraban mejoras sustanciales al aumentar el número de sweeps por disparo, sin embargo el tiempo requerido para la grabación de un disparo aumentaba considerablemente lo que aumentaba el tiempo requerido para la realización del experimento. El número de sweeps por punto de disparo es un numero par debido a que esto permite sincronizar el tiempo de inicio de los sweeps con los tiempo de la amplitudes máxima y mínima de ruidos externos de frecuencias fija como los 50 Hz de la señal eléctrica para que al sumarse los sweeps el ruido externo se atenué. Cada punto de vibración consiste en la suma de 6 sweeps. El equipo de adquisición utilizado permite realizar esta suma de varias maneras.

1. La suma de amplitudes es la media de las amplitudes distintas de 0.

¿disparos buenos?

obtener la imagen sísmica. Esta información se debe incluir lo antes posible en las cabeceras de las trazas para su posterior procesado con paquetes de software especializados.

Ejemplo del fichero de incidencias (fichero *PAG

 CLIENT: IBERSEIS AREA NAME : SUR-PORTUGUESA DATE : 9 Jun
 1 PAGE 10

 CONTRACTOR: CGG COMMENTS: 2D -VIBRO ESTUDIO DE LA CORTEZA
 TERRESTRE (DEL MOHO)

 CREW: 134-32-23 OBS SIGNATURE : Pascal.POUJADE QC SIGNATURE
 :

=====

TIME	SHOT	REEL	FILE	LINE	STATION	LINE STATIONS	OPERATOR	COMMENTS
------	------	------	------	------	---------	---------------	----------	----------

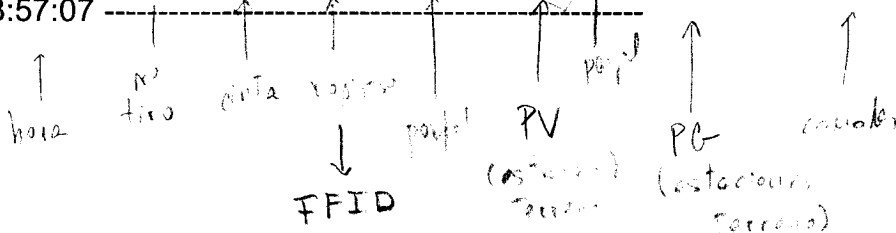
=====

08:43:57	0	107	9001	0.0	0.0	1=3595-3870	(1-276)	
08:43:57	-----							
08:44:12	0	107	9002	0.0	0.0	1=3595-3870	(1-276)	
08:44:12	-----							
08:44:34	0	107	9003	0.0	0.0	1=3595-3870	(1-276)	
08:44:34	-----							
08:44:55	0	107	9004	0.0	0.0	1=3595-3870	(1-276)	
08:44:55	-----							
08:45:10	0	107	9005	0.0	0.0	1=3595-3870	(1-276)	
08:45:10	-----							

INICIO DEL DIA

PV NORMAL CON DESPLAZAMIENTO

08:46:33	470	107	1774	1.0	3818.0	1=3595-3815	(5-225)	
08:46:33	470	107	1774	1.0	3818.0	1=3820-3869	(226-275)	
08:46:33	-----							
08:51:11	471	107	1775	1.0	3820.0	1=3595-3817	(3-225)	
08:51:11	471	107	1775	1.0	3820.0	1=3822-3871	(226-275)	
08:51:11	-----							
08:57:07	472	107	1776	1.0	3822.0	1=3595-3819	(1-225)	
08:57:07	472	107	1776	1.0	3822.0	1=3824-3873	(226-275)	
08:57:07	-----							





INSTITUTE OF EARTH SCIENCES (JAUME ALMERA)
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
Lluís Solé i Sabarís s/n, 08028 Barcelona, SPAIN
Tel.: 3493 4095410
Fax.: 3493 4110012
Www: <http://www.ija.csic.es>

Dr. Ramon Carbonell
Dpt. of Geophysics
Email: rcarbo@ija.csic.es

Dr. Juan Luis Plata
Instituto Geológico y Minero de España
Rios Rosas, 23
28003 Madrid

Barcelona, 14 de mayo de 2003

Querido Juan Luis,

Te envío una breve descripción del contenido de los ficheros SPSS, SPSX (diskettes de geometría), tal como solicitaste.

Fichero SPSX

X107	17751	1.0	3820.01	1	22511	3593	38171
X107	17751	1.0	3820.01	226	27511	3822	38711
X107	17761	1.0	3822.01	1	22511	3595	38191
X107	17761	1.0	3822.01	226	27511	3824	38731
X107	17771	1.0	3824.01	1	22511	3597	38211
X107	17771	1.0	3824.01	226	27511	3826	38751

Este fichero se especifica la distribución de los receptores con geometría split spread para cada disparo. Este fichero contiene la misma información que los ficheros PAG. Cada disparo, si se ha grabado con una configuración split spread se deben considerar dos líneas, esto está indicado por el número de FFID (4 primeros dígitos de la 2 columna). La primera línea indica el primer y último canal del sector de cable activo por delante de los Vibros. La segunda línea primer y último canal del sector de cable activo por detrás de los Vibros.

No conozco en detalle el significado de los dígitos que son códigos internos, pero en CGG me indicaron que son útiles cuando se adquieren datos en 3D.

1. Columna Corresponde a la columna REEL (n. de Cinta de los ficheros PAG).
2. Columna Los primeros 4 dígitos son el FFID (Field file Identification Number) o número de disparo en el campo. El quinto dígito es un código interno del sistema de adquisición.
3. Columna Los primeros 4 dígitos corresponden al número de la estación donde está la fuente emisora. Los dos últimos dígitos es un código interno del sistema de adquisición

- que indica el estado de los Vibros. fuente emisora
4. Columna Código interno del sistema de adquisición.
 5. Columna Numero del canal inicial del sector del cable activo.
 6. Columna Los primeros 3 dígitos indican el último canal del sector del cable activo por delante de los Vibros. Los últimos 2 dígitos son un código interno del sistema de adquisición referido al estado del sector.
 7. Columna Número de la estación a que corresponde el canal indicado por la columna 5.
 8. Columna Los primeros 4 dígitos indican el número de la estación a que corresponde el canal indicado por la columna 6. El último dígito es un código interno del sistema de adquisición.

Fichero SPSS

Este fichero indica el estado de las fuentes emisoras y es un control del sistema de emisión de la señal a los Vibros. Los 4 primeros dígitos de la segunda columna corresponden al número de la estación en que esta localizada la fuente emisora. Según CGG es útil en la adquisición 3 D pues da cuenta de la disposición de los Vibros. En nuestro caso no proporciona ninguna información útil.

S1.0	3820.01	0	160085111
S1.0	3822.01	0	160085707
S1.0	3824.01	0	160090151

Toda la geometría se introdujo en el campo en las cabeceras del formato SEG Y standart. Cada traza contiene las coordenadas de las fuentes emisoras y de la localización del receptor en UTM además de los números de estación en la que estaba localizado el receptor y el emisor. Esto hace que estos ficheros solo sean necesarios en caso de que se requiera reconstruir la geometría. En este último caso solo es necesaria la información de los ficheros PAG.

Un abrazo

Ramon Carbonell

09:01:51	473	107	1777	1.0	3824.0	1=3597-3821 (1-225)
09:01:51	473	107	1777	1.0	3824.0	1=3826-3875 (226-275)

09:07:39	474	107	1778	1.0	3826.0	1=3599-3823 (1-225)
09:07:39	474	107	1778	1.0	3826.0	1=3828-3877 (226-275)

09:12:19	475	107	1779	1.0	3828.0	1=3601-3825 (1-225)
09:12:19	475	107	1779	1.0	3828.0	1=3830-3879 (226-275)

09:17:21	476	107	1780	1.0	3830.0	1=3603-3827 (1-225)
09:17:21	476	107	1780	1.0	3830.0	1=3832-3881 (226-275)

Ejemplo de fichero de geometría: *SPSX*

n cinta, punto de vibración, n. disparo, canales activos, estaciones activas

X48	7521	1.0	1686.01	181	24011	1688	17471
X48	7531	1.0	1688.01	1	18011	1506	16851
X48	7531	1.0	1688.01	181	24011	1690	17491
X48	7541	1.0	1690.01	1	18011	1508	16871
X48	7541	1.0	1690.01	181	24011	1692	17511
X48	7551	1.0	1692.01	1	18011	1510	16891
X48	7551	1.0	1692.01	181	24011	1694	17531
X48	7561	1.0	1694.01	1	18011	1512	16911
X48	7561	1.0	1694.01	181	24011	1696	17551
X48	7571	1.0	1696.01	1	18011	1514	16931
X48	7571	1.0	1696.01	181	24011	1698	17571
X48	7581	1.0	1698.01	1	18011	1516	16951
X48	7581	1.0	1698.01	181	24011	1700	17591
X49	7591	1.0	1700.01	1	18011	1518	16971
X49	7591	1.0	1700.01	181	24011	1702	17611
X49	7601	1.0	1702.01	1	18011	1520	16991
X49	7601	1.0	1702.01	181	24011	1704	17631
X49	7611	1.0	1704.01	1	18011	1522	17011
X49	7611	1.0	1704.01	181	24011	1706	17651
X49	7621	1.0	1706.01	1	18011	1524	17031
X49	7621	1.0	1706.01	181	24011	1708	17671
X49	7631	1.0	1708.01	1	18011	1526	17051
X49	7631	1.0	1708.01	181	24011	1710	17691
X49	7641	1.0	1710.01	1	18011	1528	17071
X49	7641	1.0	1710.01	181	24011	1712	17711
X49	7651	1.0	1712.01	1	18011	1530	17091

2p
FID
↓
↑
...
...

En el laboratorio base se realizaba un procesado básico de los datos obteniéndose stacks parciales para el control de calidad de los datos adquiridos. En el campo se disponía de dos paquetes de software para el procesado de los datos sísmicos, que permitieron obtener imágenes preliminares. El procesado en el campo solo tenía, por limitaciones de tiempo, los pasos más básicos: remuestreado a 0.004s, Filtrado , NMO con velocidad constante de 6000 m/s, y suma.

Una vez generadas en el campo mismo las copias en cinta DAT, una copia de los cartuchos 3480 se mandaba, por cuestión de seguridad, a la Universidad de Granada, y una segunda copia se mandaba al Instituto de Ciencias de la Tierra en Barcelona. La copia en cintas DAT se mantenía en el campo. Una vez finalizada la adquisición, una de las copias de los cartuchos se envió a CGG para obtener una transcripción en formato SEG-Y generada por la misma compañía también en soporte magnético DAT de 4 mm. Una vez terminada la adquisición se han generado 5 copias adicionales de los datos. Estas copias, de las que se incluye una en esta memoria (**ANEXO V**), contienen la información de la geometría ya grabada en las cabeceras de las trazas (SEG-Y + GEO). En la careta de cada una de las 21 cintas en las que está grabado todo el perfil IBERSEIS, se indica: el número de cinta (DAT 001, DAT 002....., DAT 021), los número de disparo de la cinta (e.g., FFID: 3863-3961), el intervalo temporal de muestreo de la señal (DT: 0.002 segundos), y el número de muestras tomadas en cada traza (MS: 10001).

6. Características de los Datos

A lo largo de todo el perfil, la calidad de los datos se puede calificar como excelente. La reflectividad es siempre alta y en las pocas zonas donde hay ruido éste es de características bien diferentes a las de la señal y fácil de eliminar. La calidad de los datos se debe, por un lado, al modo de vibración. En cada VP se vibró seis veces y la señal de obtenida en cada caso se sumó en una sola, de modo que el ruido aleatorio se minimiza y la señal coherente se suma. Además, las características geológicas del SW del Varisco Ibérico condicionan la existencia de importantes cambios de impedancia en profundidad, lo que conlleva a la aparición de claros reflectores corticales.

A continuación se presenta una breve descripción de las características más importantes que desde el punto de vista de reflectividad aparecen en cada una de las tres zonas del Varisco en las que se ha realizado este perfil. Apoyando estas descripciones se presenta un atlas con algunos de los mejores VP del perfil IBERSEIS 2001 (**ANEXO VI**). Dichos VP están ordenados por día y hora, lo que equivale a decir que comienzan en la Zona Sudportuguesa, continúan por la zona de Ossa-Morena y terminan en la Zona Centro-Ibérica. En ellos se señalan, con flechas, los intervalos en donde aparecen reflectores importantes. La mayoría de ellos están todavía sin interpretar aunque en ocasiones, situando el VP en el mapa geológico (Fig. 1) y viendo los accidentes que cruzan la zona del perfil representada por dicho VP, se puede hacer una interpretación preliminar del accidente geológico al que representan.

La correspondencia entre número de estación y principales accidentes geológicos se puede resumir en la tabla que sigue:

<u>Grandes unidades geológicas del perfil sísmico</u>	<u>Intervalo de estaciones</u>
Zona Sudportuguesa (ZSP)	100-900
Contacto ZSP con Zona de Ossa Morena (ZOM)	900-2190
Zona de Ossa Morena (ZOM)	2750-6300
Contacto ZOM con Zona Centro-Ibérica	6300-6600
Zona Centro-Ibérica	6600-8660

6.1. Reflectividad en la zona Sudportuguesa

a) Accidentes geológicos

La Zona Sudportuguesa (ZSP) queda comprendida entre las estaciones 100 y 2190. Entre las estaciones 100-900 el perfil cruza el dominio del Culm, y entre las estaciones 900-2190 se encuentra la Faja Pirítica. Alrededor de la estación 2190 aflora el cabalgamiento de la importante unidad tectónica del Pulo de Lobo.

b) Reflectividad

Esta zona del perfil presenta ruido en su parte inicial, en gran medida debido a la actividad agrícola propia de la zona y la actividad festiva propia de las fechas. Aún así, la calidad de los datos es excepcional. En el atlas se muestran 10 VP pertenecientes a esta zona. Los VP 146, 272 y 726 muestra importante reflectividad entre los 3 y los 5 s TWT. Esta reflectividad buza hacia el N (parte derecha del shot gather). En los VP 146, 1648, 1656 y 2180 existe reflectividad profunda, entre 10 y 10.5 s TWT que probablemente representa el límite corteza-manto (LCM). Una banda reflectiva situada alrededor de 6-6.5 s TWT aparece en los VP 1987, 1997, 2089, y 2180. Esta banda representa un reflector aproximadamente horizontal y se va profundizando a medida que avanzamos en el perfil llegando hasta más de 7 s TWT en el VP 2180.

6.2. Reflectividad en la Zona de Ossa-Morena

a) Accidentes geológicos

La Zona de Ossa-Morena (ZOM) propiamente dicha comienza alrededor del VP 2750 y termina en el 6300. Ocupa la mayor parte del perfil, aproximadamente 125 km. Pero antes, desde el VP 2190 hasta el 2750 el perfil cruza las unidades del contacto entre la ZSP y la ZOM, que incluye la unidad Pulo de Lobo (2190-2750), con basaltos oceánicos entre los VP

2610 a 2650, el cabalgamiento de las anfibolitas de Acebuches (VP 2725) y las propias anfibolitas de Acebuches (VP 2725-2750). La ZOM propiamente dicha incluye los siguientes accidentes relevantes: una estrecha faja de contacto entre la corteza continental de Aracena y anfibolitas oceánicas en el VP 2750, un dominio de rocas de alto grado metamórfico entre los VP 2750-2920, el granitoide de Aroche (VP 2920-3025), la zona de cizalla de Aroche (VP 3030), el cabalgamiento de Monesteiro (VP 4945), el granito de Salvatierra (5140-5300), la falla normal de Santos de Maimona (VP 5745), el cabalgamiento de Santos de Maimona (VP 5805) y la falla de Azuaga (VP 6300).

b) Reflectividad

Este intervalo del perfil muestra igualmente una elevada reflectividad a todos los niveles corticales. Su parte más meridional exhibe claros reflectores a 7, 9 y 10.5 s TWT (p. ej. VP 2191, 2196) horizontales o con un ligero buzamiento hacia el norte. En VP más altos (hacia el norte) aparece una banda reflectiva en la que se pueden diferenciar 3 reflectores a 2.5, 3.4 y 4 s TWT, con un claro buzamiento hacia el norte (VP 2390, 2408, 2418). En ocasiones (VP 2408) estos reflectores están limitados en su parte superior (3 s TWT) por un reflector horizontal o con un ligero buzamiento hacia el sur. En la zona de contacto entre la ZSP y la ZOM aparece también una clara reflectividad horizontal entre 7.5 y 8.5 s. (VP 2390, 2408, 2418). El resto de la zona de contacto muestra una reflectividad menos relevante que no vuelve a destacar hasta alrededor del VP 3092 donde existe reflectividad que buza al norte alrededor de 3.5-4 s y que va a unirse con otro intervalo reflectivo horizontal a unos 4.7 s TWT. Además, existen reflectores horizontales más profundos (p.ej. a 6 s TWT). Hacia el norte (VP 3236 y 3428) aparece otra vez reflectividad con buzamiento hacia el norte en la corteza superior (entre 2 y 3 s TWT). Además, en niveles corticales más bajos (8-9 s TWT en VP 3236) existen reflectores con buzamientos contrarios, es decir, hacia el sur. Hacia el VP 3588, bandas de reflectividad buzando hacia el norte aparecen de nuevo entre 4 y 5 s TWT. Más adelante, en el VP 3970 la reflectividad más llamativa es la que encontramos a 10.5 s TWT, señalando probablemente el LCM y la banda existente entre 6 y 7.5 s TWT (unos 5 km de potencia aproximadamente). Esta banda se repite con frecuencia en esta zona (VP 4044, 4136, 4262, 4392, 4522, 4649, 4924, 5110, 5128, 5145, 5276, 5304) aunque sus características varían. En este intervalo también es frecuente encontrar una reflectividad importante en niveles corticales altos con buzamientos tanto al norte (p.ej. VP 4924, 4966, 5110, 5128, 5145, 5276) como al sur (p.ej. VP 4262, 5145). La reflectividad en la zona media e inferior de la corteza disminuye en el extremo norte de la ZOM pero la corteza superior sigue mostrando buena reflectividad con altos buzamientos en la parte más superior de la corteza. Algunos de ellos afloran (p.ej. VP 5304, el reflector aflorando en la estación 5131, cerca del granito de Salvatierra o en el VP 5739 un reflector aflorando cerca de la estación 5636). La interpretación preliminar de estos reflectores no es directa ya que la precisión con la que se puede determinar el punto en el que afloran es baja.

6.3. Reflectividad en la Zona Centro-Ibérica.

a) Accidentes geológicos

El intervalo existente entre los VP 6300-6600 comprende la zona de contacto entre la ZOM y la Zona Centro-Ibérica (ZCI), la cual comprende la falla de Azuaga (VP 6300) y la Unidad Central (VP 6300-6600). Hacia el norte, el resto del perfil, hasta el VP 8660 muestrea la ZCI, pasando por importantes accidentes como la Falla del Matachel (VP 6600, la Unidad Alóctona de la ZCI (6600-7440), el cabalgamiento de la Unidad Alóctona (VP 7440) y el Granito de los Pedroches (VP 8230-8580).

b) Reflectividad

El final del perfil vuelve a ser más ruidoso por la existencia de varias canteras de granito, de producción casi continua. Por lo demás, la reflectividad en esta área sigue siendo tan alta como en el resto del perfil pudiéndose identificar intervalos reflectivos a todos los niveles corticales.

7. Características de los Ruidos

Durante la adquisición se detectaba en los disparos la presencia de ruidos contaminantes, que afectaba la calidad de los datos. Los ruidos más comunes durante la adquisición eran:

Ruido de maquinaria agrícola, tractores, bombas de agua.

Ruido de maquinaria en funcionamiento en industrias (serradoras, canteras)

Ruido eléctrico de frecuencia fija

En el primer caso siempre que se detectaban en los disparos se negociaba con los agricultores si podían modificar su horario, o zona de trabajo durante las 24 horas que la parte activa del dispositivo estaba lo suficientemente cerca para verse afectada por dicho ruido. El segundo caso era mucho más difícil de prevenir, y debido a que no se podía para la industria en cuestión se aumentaba la energía de los disparos, haciendo repeticiones de los mismos y/o en vez de localizar los puntos de vibración cada 70 m se hacían cada 35. O adquirir durante un horario alternativo. El ruido eléctrico es uno de los mas problemáticos. Pues el sistema de adquisición tiene una longitud total de 14 km y actúa como una antena, de manera que si se cruzaba una línea de alta tensión la corriente inducida por esta generaba una señal que enmascaraba parcial o incluso totalmente la imagen sísmica. Para atenuar este ruido de frecuencia fija se instalaba el camión laboratorio debajo de la línea de alta tensión, se emplazaba una secuencia de geófonos debajo de dicha línea para recoger la señal eléctrica y se sincronizaban los tiempos de inicio de los sweep para que coincidiesen alternativamente con el máximo y el mínimo de la amplitud de la señal eléctrica de manera que al sumarlos este ruido de 50 Hz se atenuase. En algunos casos donde el camión laboratorio quedaba demasiado lejos de la línea y no se podían sincronizar los disparos, se aplica un filtro notch de

50 Hz durante el procesado.

El trazado del perfil cruza algunos núcleos urbanos. Obviamente en el interior de las poblaciones era difícil el emplazamiento de los geófonos, sin embargo se emplazaban siempre que era posible. Para tener datos que permitieran obtener una imagen del subsuelo por debajo de dichos municipios, se cambiaba el dispositivo de adquisición. Se aumentaba el número de canales activos, aumentando la porción activa del dispositivo de adquisición hasta unos 360 canales, de manera que el dispositivo activo cubría ambos lados del núcleo urbano. También se aumentaba el número de puntos de vibración a ambos lados de la población tirando a 35 m. De esta manera se mantenía la cobertura (número de trazas por CDP) en el interior de la población, aunque no se grabase en superficie.

8. Procesado de los Datos

En total se han adquirido sobre unos 80 GigaBytes de datos. Para obtener una imagen de una manera rápida, con el objetivo de estimar la calidad de todos los datos y obtener una imagen preliminar de la corteza en un tiempo relativamente corto, se remuestrearon los datos a 0.004 s, de manera que se disminuyó la cantidad de datos a 40 Gbytes. Entonces se diseñó una estrategia de procesado que permitiera obtener dicha imagen en un tiempo record. Los 40 Gbytes de datos son más manejables que la cantidad original. Seguidamente se seccionó el perfil en trozos más pequeños creando tres bases de datos que se procesaron en paralelo y se unieron seguidamente.

El flujo de procesado seguido ha sido:

 Antialias filter 8-62 Hz

Remuestreado a 0.004 s

Recuperación de amplitudes ganancia variable en tiempo

Correcciones estáticas de elevación

Selección de trazas por CDP

Corrección NMO (Normal Moveout) para una velocidad constante de 6000 m/s

Sumado de trazas, generación de la imagen

9. Características de la Imagen Preliminar

La imagen se puede calificar como excepcional, ya que muestra una corteza muy reflectiva visualizándose estructuras en la corteza superior, media e inferior. La base de la corteza se

puede identificar a lo largo de todo el perfil.

En el **ANEXO VII** se presenta el stack completo del perfil IBERSEIS. Se incluye también un perfil ya migrado, aunque todavía preliminar, de la primera parte de IBERSEIS (hasta la estación 3800; **ANEXO VIII**, copia en papel y ficheros Postscript y COREL Photo Paint). Se trabaja en estos momentos sobre el procesado más completo de los datos del perfil sísmico y sobre la interpretación geológica, aspectos de los que se ofrecerán avances significativos en un futuro muy próximo.

Un aspecto particularmente interesante para la minería es el procesado de detalle de la parte más alta de la corteza de la Zona Sudportuguesa. En el **ANEXO IX** se muestra un primer ejemplo de lo que puede obtenerse con estos estudios, actualmente en fase inicial. La parte reprocesada que se muestra en las figuras corresponde a las 400 primeras estaciones, desde el inicio del perfil hasta San Silvestre de Guzmán. Las dos imágenes detalladas (una migrada y otra no migrada) de los tres primeros segundos permiten observar diferentes facies sísmicas interpretables como diferentes unidades litoestratigráficas. La identificación y localización en profundidad de las rocas volcánicas puede constituir una importante contribución a la prospección minera.

10. Incidencia Social

Para dar amplia difusión de este experimento, manteniendo a la sociedad informada de la actividad científica que finalmente la propia sociedad sostiene, se establecieron diversos contactos con los medios de comunicación. Inmediatamente antes de iniciarse la campaña de adquisición se desarrolló una rueda de prensa en la Univ. de Huelva (elegida por su proximidad al inicio del perfil), en la que se presentó a los medios de comunicación el experimento. De esta rueda de prensa se publicaron varios artículos en los periódicos regionales. Por otro lado, la ejecución del experimento apareció también reseñada como noticia de agencia en periódicos nacionales. Finalmente, en los primeros días de la campaña de adquisición, equipos de televisión de Tele 5, Antena 3 y Canal Sur realizaron reportajes que fueron emitidos pocos días después en sus informativos. El de Canal Sur fue un reportaje especial emitido en la 2 de Canal Sur, en el programa Tesis. Esperamos realizar nuevos contactos con los medios de difusión una vez que se haya concluido el procesado de los datos y dispongamos de interpretaciones geológicas bien asentadas.

11. Presentación de los datos en Foros Nacionales e Internacionales

La campaña de adquisición sísmica terminó el día 6 de Julio de 2001. Debido a la enorme trascendencia que en el ámbito de las Ciencias de la Tierra tiene este estudio, grupos de investigación concedores del experimento han invitado a los investigadores para la presentación de datos en conferencias nacionales e internacionales. En el momento de

redactar este informe, el experimento IBERSEIS ha sido presentado de forma preliminar en:

- Conferencia Anual do GGET. (Grupo de Geología Estructural e Tectónica da Sociedade Geológica de Portugal), Lisboa, Portugal, 20-22 Setiembre, 2001
- GEODE Workshop "Massive sulphide deposits in the liberian Pyrite Belt: New advances and comparison with equivalent systems", Aracena, España, 1 -5 Octubre 2001
- EUROPROBE Workshop: Variscides-Craton-Uralides: Linkage between Orogenic and Intraplate Processes. Moscu, Rusia, 28-31 Octubre 2001.

, y están programadas presentaciones más completas en:

- American Geophysical Union, San Francisco, USA, 10-14 Diciembre 2001
- Deep Seismic Profiling of the Continents and Their Margins, New Zeland, Enero 2002

Bibliografia

Sheriff R.E. And Geldart, L.P., 1983, Exploration Seismology, Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Yilmaz, 1987, Seismic Data Processing, Society of Exploration Geophysicist, Tulsa OK.

F. Simancas, R. Carbonell, F.G. Lodeiro, A. Pérez Estaún, P. Ayarza, A. Azor, R. Sáez, C. Juhlin, R. Rodríguez and IBERSEIS Working Group (2001).

TÍTULO: The Crustal structure of the Variscan Transpressive Orogen of SW Iberia.

REF: *EOS Trans. AGU*, 82(47) Fall Meet. Suppl., Abs s42e-08.

R. Carbonell, F. Simancas, C. Juhlin, P. Ayarza, F.G. Lodeiro, A. Pérez Estaún, J. Plata and the IBERSEIS Working Group (2001).

TÍTULO: IBERSEIS: A seismic Reflection Image of the Variscan Orogen, SW Iberia.

REF: *EOS Trans. AGU*, 82(47) Fall Meet. Suppl., Abs s42e-09.

IBERSEIS Working Group, F. Simancas, R. Carbonell (2001).

TÍTULO: Deep Reflection Seismic Probing of the Variscan Orogen: IBERSEIS.

REF: *EOS Trans. AGU*, 82(47) Fall Meet. Suppl., Abs. S42e-07.

F. Simancas, R. Carbonell, F. González Lodeiro, A. Pérez-Estaún, P. Ayarza, A. Azor, R. Sáez, C. Juhlin, R. Rodríguez and the IBERSEIS Working Group.

TÍTULO: The Crustal structure of the Variscan Transpressive Orogen of SW Iberia.

REF: EUROPROBE Devonian-Triassic "Time-Slice" Symposium. Variscides - Craton - Uralides: Linkage between Orogen and Intraplate Processes. Moscow (Russia).

Año : 2001.

R. Carbonell, F. Simancas, C. Juhlin, P. Ayarza, F. Lodeiro, A. Pérez-Estaún, J. Plata and the IBERSEIS Working Group.

TÍTULO: IBERSEIS: A Seismic Reflection Image of the Variscan Orogen, SW Iberia.

REF: EUROPROBE Devonian-Triassic "Time-Slice" Symposium. Variscides - Craton - Uralides: Linkage between Orogen and Intraplate Processes. Moscow (Russia).

Año : 2001.

R. Carbonell, F. Simancas and the IBERSEIS Working Group.

TÍTULO: IBERSEIS: The Deep Seismic Reflection Transect of the Transpressive Orogen of SW Iberia.

REF: GEODE Workshop "Massive sulphide deposits in the Iberian Pyrite Belt: New advances and comparison with equivalent systems", Aracena (España).

Año : 2001.

F. Simancas, R. Carbonell, F. González Lodeiro, A. Pérez Estaún, P. Ayarza, C. Juhlin, A. Azor, R. Sáez, D. Martínez Poyatos, E. Pascual.

TÍTULO: The architecture of a variscan collisional crust, as revealed by the IBERSEIS seismic reflection profile in southwest Iberia.

REF: European Geophysical Society (EGS) General Assembly

Año : 2002