



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**"ENSAYOS PARA CARACTERIZACION
GEOFISICA DEL CALICHE EN LA
PLANA DE CASTELLON"**

Marzo 1991



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

40392

"Ensayos para caracterización geofísica del Caliche en la Plana de Castellón".

1. Objetivo y zona del ensayo.
2. Ficha técnica del equipo empleado.
 - 2.1 Instrumentación.
 - 2.2 Personal. Fechas.
3. Descripción del ensayo sísmico.
4. Descripción del ensayo geoelectrónico.
5. Conclusiones.
6. Anexo.

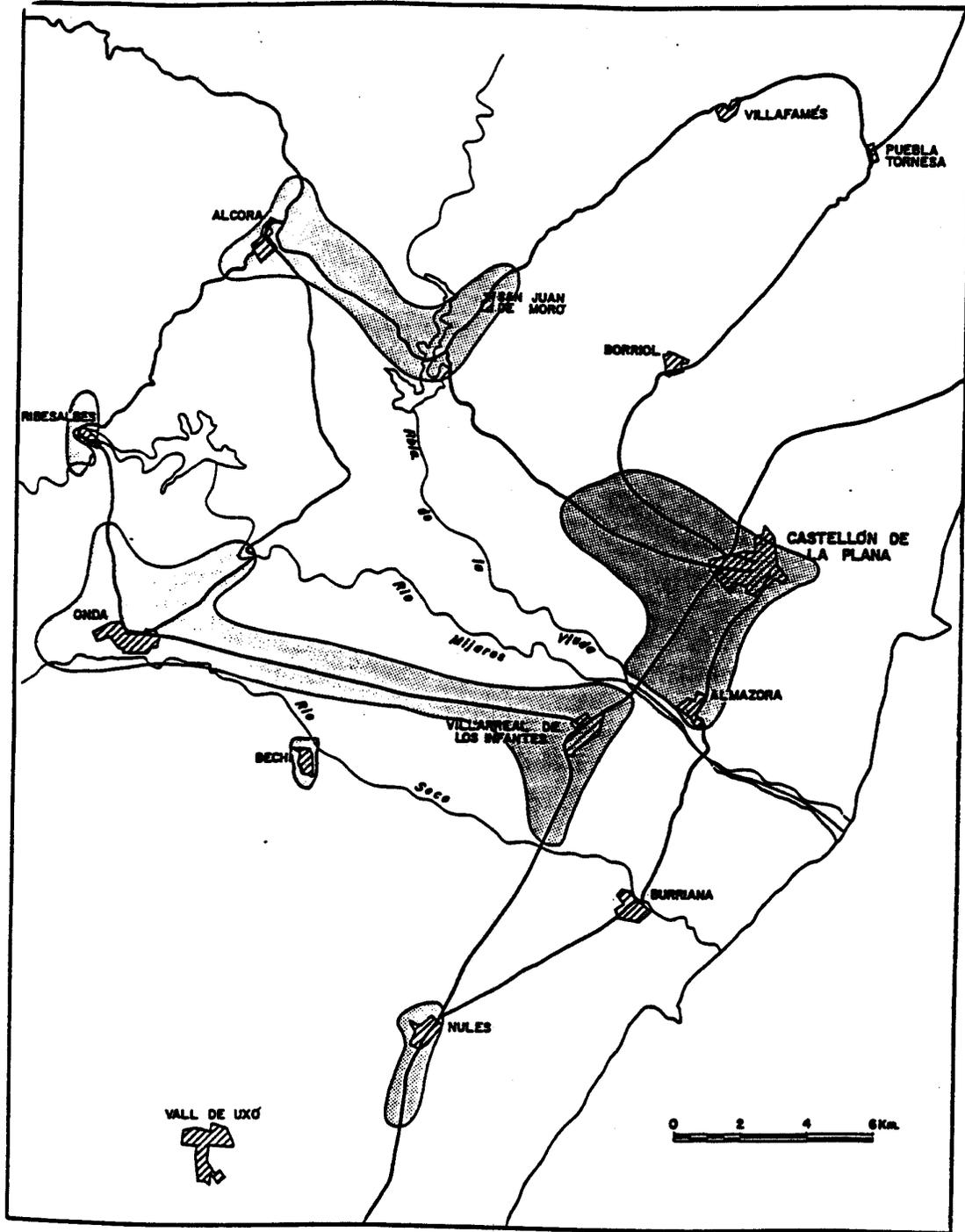
1.- OBJETIVO Y ZONA DEL ENSAYO

Como consecuencia de los trabajos hidrogeológicos realizados por el ITGE recientemente en la Plana de Castellón ("Informe hidrogeológico preliminar de la Plana de Castellón" nº fondo documental 31501 y "Estudio piloto del comportamiento de los metales pesados en la contaminación de las aguas subterráneas en la Plana de Castellón"), se ha puesto de manifiesto el riesgo de contaminación de los acuíferos que supone el vertido descontrolado de aguas residuales provenientes de la industria de cerámica de la zona.

En el mapa de la fig.1, tomado de dichos informes se sitúan las áreas de mayor riesgo por este motivo.

La Plana está cubierta por depósitos cuaternarios, continentales, (fig.2) cuya base la forman unos "mantos aluviales encostrados" (Q_1^4 Me), que son conglomerados de cantos de caliza y arenisca con matriz arcillosa, resultado del transporte producido en épocas de grandes precipitaciones, y que en posterior período más cálido han sufrido un encostramiento por cementación calcárea aportada por ascenso capilar de agua con bicarbonato cálcico. Aunque la potencia conocida de estos depósitos según el Mapa es hasta de 20 m, la porción encostrada no tiene por qué afectar a la potencia total del depósito.

Sobre esta base, que aflora en la porción N-O de la Plana, se sitúan unas arcillas rojas, con distintas facies, según formen depósitos de pie de monte (Q_1^2 L), o mantos de arroyada (Q_1^3 Ma₁), pero en cualquier caso, incorporando cantos procedentes de los mantos aluviales y presentando también el fenómeno de encostramiento por cementación calcárea, bien en la base, intercalados o superficiales. El



Situación de áreas de riesgo
(Concentración de industrias)

Fig. 1

Magna asigna a estas costras potencias no superiores a 0,20m.

Este Cuaternario, puede alcanzar potencias de 200m en el centro de la Plana y mayores en la proximidad de la costa, y es donde se localizan los actuales acuíferos de abastecimiento local.

Las facies encostradas constituyen pues una constante de la zona, denominándose "caliches", y tal es su extensión en superficie, que su eliminación, mediante rotura y arranque, ha sido recogida como símbolo de la agricultura comarcal, en el monumento al agricultor que está levantado en la plaza de Villa Real.

Por su naturaleza, supone un nivel impermeable, y de ahí su interés hidrogeológico, como potencial preservador de contaminación de origen superficial.

Aunque por su génesis, hay siempre un "caliche" aflorante, o ligeramente cubierto de suelo, la costra de la base del Pleistoceno Inferior (Q₁ Me) es la más interesante porque puede ser:

- la costra más potente.
- la más continua.
- la menos rota, cuando está cubierta por los depósitos arcillosos.

Por petición de D. Pedro Nieto, de la Dirección de Aguas Subterráneas del ITGE, el Servicio de Geofísica ha realizado unos ensayos cuyo objetivo es caracterizar geofísicamente los caliches, con vistas a su detección y seguimiento en áreas cubiertas.

Para ello, tras un amplio reconocimiento de la zona, acompañados por D. Antonio Canicio, geólogo contratista del ITGE, se seleccionaron, dentro del área de Villarreal cuatro lugares donde realizar los ensayos, cuya posición aproximada se situa en la fig.2, y será descrita en más detalle posteriormente. Obedecen al siguiente esquema de planteamiento

Zona O: caliche visible aflorante.

Zona A: " cubierto junto a aflorante.

Zona B: " visible junto a corte de río con potencia aparente >10m.

Zona C: caliche cubierto, presumiblemente roto o inexistente.

En cuanto a los métodos empleados, se seleccionaron la sísmica somera de refracción y los sondeos eléctricos verticales, por disponer de ellos el ITGE y ser métodos, que de ser válidos, permitirían una aplicación aceptablemente económica de los mismos en grandes extensiones, ya que el problema afrontado es de escala regional.

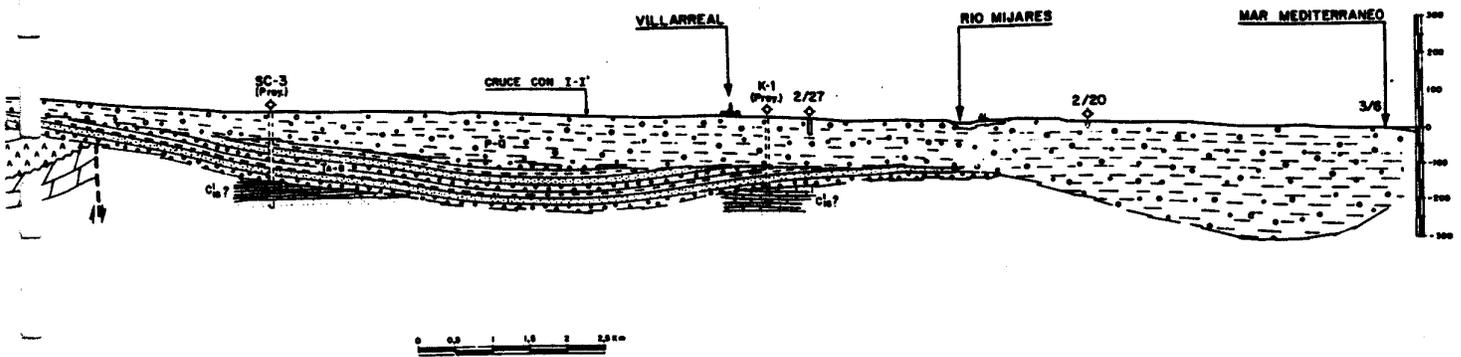
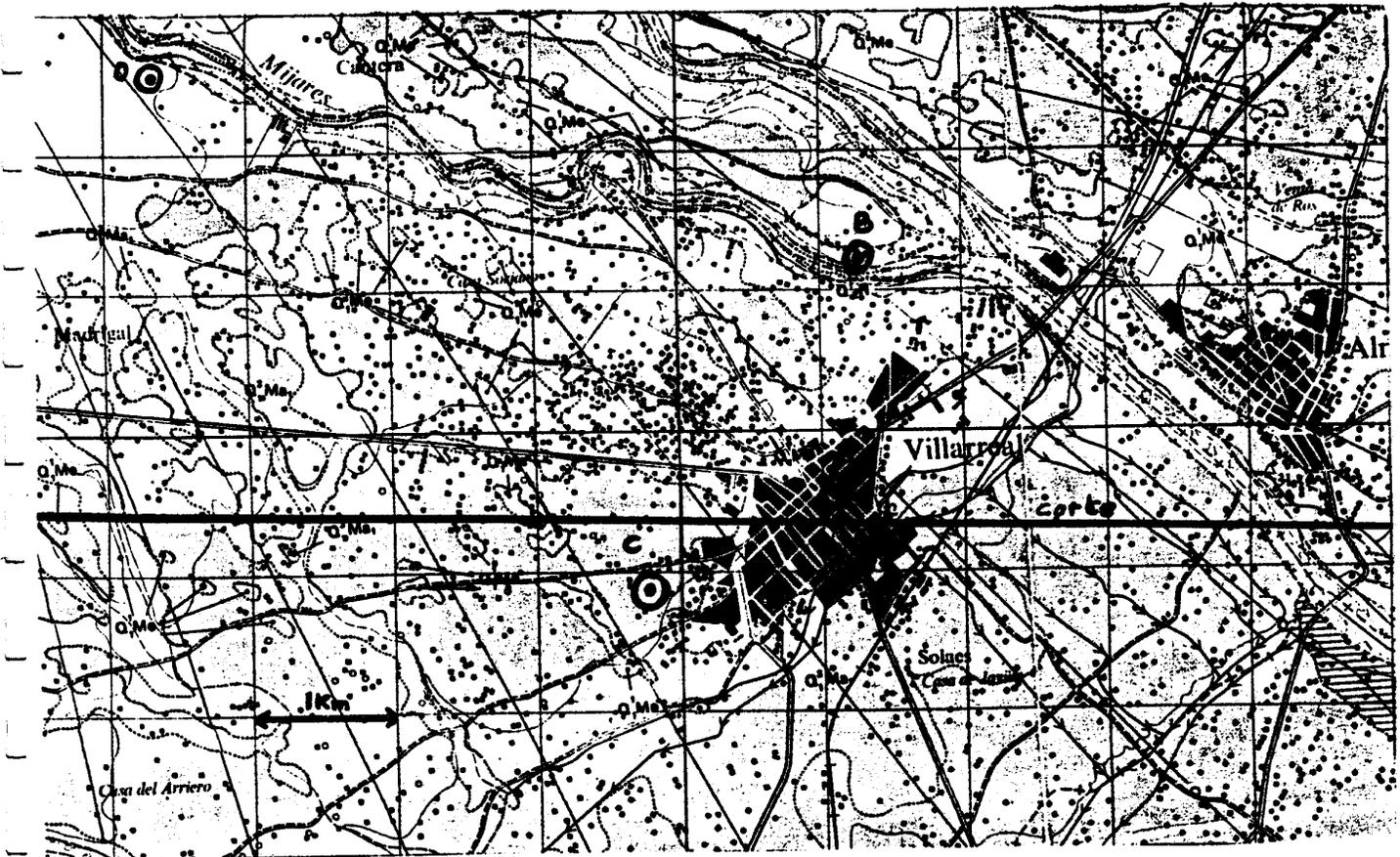


Fig. 2

2.- FICHA TECNICA DEL EQUIPO EMPLEADO

2.1. Instrumentación

a) SISMICA

Registrador: DHR 1632 MS de I/O, 12 canales.

Fuente: Pison Wacker 60 Kg.

Geófonos: Tipo 4,5 Hz (dos por traza)

Tipo 30 Hz (nueve por traza)

Dispositivo: 24 trazas, a 5 m. Offset traza próxima 5 y 65 m.

Parámetros: Muestreo 0,5 ms. Stacking vertical de disparos.

Dado el carácter de ensayo, para cada posición se han obtenido diversos registros, con modificación de posición de filtros, nº de golpes y ajuste de ganancias de los amplificadores.

b) ELECTRICO

Aparato medidor de resistividad Syscal R2E.

Alimentación mediante un convertidor con 4 baterías de 6V. conectadas en serie (24V.).

Barrenas para electrodos de corriente y de potencial.

Cables.

Dispositivo empleado tipo Schlumberger.

2.2. Personal. Fechas.

Los ensayos se efectuaron del 25/2/91 al 1/3/91. Intervinieron:

D. Juan Luis Plata Torres. Dr. Ingeniero de Minas.

D. Félix Manuel Rubio Sánchez-Aguililla. Ingeniero de

Minas.

- D. Juan Rosa Armenteros. Ingeniero Técnico Industrial (I.C.A.I.)
- D. Julián Coronel Campos. Ingeniero Técnico de Minas.
- D. Luis Cabañas Rodríguez. Físico (Becario del ITGE).
- D. Juan Francisco Nieto Gallardo. Operador.
- D. Fernando Llorente Delgado. Conductor.

3.- DESCRIPCION DEL ENSAYO SISMICO

3.1. Comentarios Generales

* Los registros obtenidos a través del ploter del equipo DHR 1632, están escalados en amplitud de manera relativa a la máxima, bien de cada traza o para el conjunto de un registro (plot normal o relativo). Introduciendo un retraso para el tiempo a partir del que se busca la máxima amplitud (Amplitude Scan delay) se puede conseguir "amplificar" algo las débiles señales de refracción, aunque también se distorsionan.

En consecuencia, no siempre puede medirse el tiempo de ruptura o inicial de las ondas, aunque sí puedan picarse sus fases sucesivas. Por tanto las velocidades obtenidas son válidas, aunque el intento de identificar los tiempos de interceptación en el origen puede no serlo.

* Para cada posición de tiro, se han dado varios disparos, modificando bien el nº de golpes para aumentar el stacking, bien las ganancias de los amplificadores. Así mismo, de cada disparo se han obtenido varios registros en plotter.

Los tiempos picados son una selección de todo ello, allí donde resulta más fiable.

* La superposición de tipos de ondas, hace difícil a veces, distinguir cuando se trata de diversas fases de un mismo suceso o un cambio a otro suceso. La repetición y coincidencia de varios tiros y registros, confieren no obstante una cierta garantía de que en cualquier caso se trata de señales coherentes, aunque su asignación no sea siempre

Única, por yuxtaposición de ondas en llegadas posteriores a la primera.

* Por su naturaleza, de desplazamiento horizontal, las ondas P directas son raramente observables, siendo los tipo S los que captan los geófonos, y por lo tanto la velocidad real debe ser superior a la medida para este tipo de onda.

* La cadencia de golpeo del Pison Wacker, no siempre se consigue que sea aleatoria, lo que provoca algo de pérdida de stacking en la primera porción de los registros, así como repeticiones por ruido de correlación. Estas repeticiones, aunque no deseables, en algún caso han resultado útiles, por producirse en posiciones del registro de poca señal y permitir un picado de velocidades que ha servido de verificación.

* El decaje entre el tiempo de golpeo y la señal de digitalización obtenida del sensor en la placa del pison, depende de la posición elegida de ganancia y umbral del M.S.A. A pesar de las variaciones de condiciones de golpeo, se ha procurado mantener estos parámetros constantes en todos los registros, para asegurar una comparación entre ellos.

Todos estos aspectos hacen que la interpretación cuantitativa a partir de los registros sísmicos obtenidos no sea fiable, aunque sí la cualitativa en cuanto a distribución de capas y velocidades. Para la modelización se ha tenido por tanto en cuenta los resultados de los S.E.V.

3.2. Zona 0

Situada próxima al río Mijares. Saliendo de Villa Real, hacia el N-0 por una carretera que pasa por la industria "La Florida" y cogiendo luego el camino asfaltado "Vora del río" hasta el cruce con el canal, torciendo entonces a mano derecha, por otro camino asfaltado que va a morir a una casa. Antes de la casa, hay un campo al lado izquierdo, que no tiene vestigios de haber sido cultivado y donde aflora en toda su extensión el caliche, salvo algunas pequeñas manchas de m^2 de arcilla roja que solo ocupa algunos cm de espesor. En el corte de la carretera, la potencia aparente del caliche supera 1 m.

Dispositivo: 6 trazas, separadas 5 m, con dos geófonos juntos tipo SM6 de 4,5 Hz.

Tiros nº 5	....	offset	en	línea	a	23	m
nº 6	....	"	"	"	a	23	m
nº 7	....	"	"	"	a	6	m
nº 8	....	"	"	"	a	6	m

En anexo se adjuntan los registros de estos tiros, que se han utilizado para la interpretación.

Los tiempos picados se representan en la fig.3.

En el nº 7 y nº 8 se aprecia una onda directa de 1176 m/s, continuada por una dromocrona de 1670 m/s, igualmente observada en los nºs 6 y 5.

Es posible una llegada más rápida, de 2.500 m/s, observada en el nº 5.

Llama la atención una velocidad tan baja de onda directa, ya que esta debe ser adjudicada al terreno más superficial, o sea al caliche, lo que en principio hace pensar que se trata de una onda tipo ground-roll (GR). Por otra parte, si se admite la existencia en superficie de una capa de alta velocidad y la onda lenta de G.R., la dromocrona de 1670 m/s no puede ser la base del caliche, ya que no existe ángulo crítico para pasar de una capa de mayor a menor velocidad, y exigiría la existencia de un terreno bajo el caliche aún más lento, es decir, un modelo tipo

3000 m/s			
1200 m/s	....	sin	ángulo crítico
1600 m/s	....	48,6º	" "
2500 m/s	....	42º	" "

Estos ángulos, exigen unas trayectorias de emergencia desde el punto de tiro tales, que no se obtendría señal refractada en un dispositivo, al menos de esta longitud. Además, dado el fuerte contraste entre caliche rápido y la supuesta capa inferior a 1600 m/s, aún para ángulos de emergencia de 89º, se producen ángulos de 23º en la capa de 1200, por lo que nunca se conseguirían los críticos.

Esto nos hace concluir que, a pesar de lo esperado, el caliche no se comporta como una capa de alta velocidad. Pudiera ser que su potencia real es pequeña (sólo unos decímetros) y su naturaleza discontinua por la heterogeneidad granulométrica de los bolos conglomerados, lo que lo hace productor de ondas no coherentes.

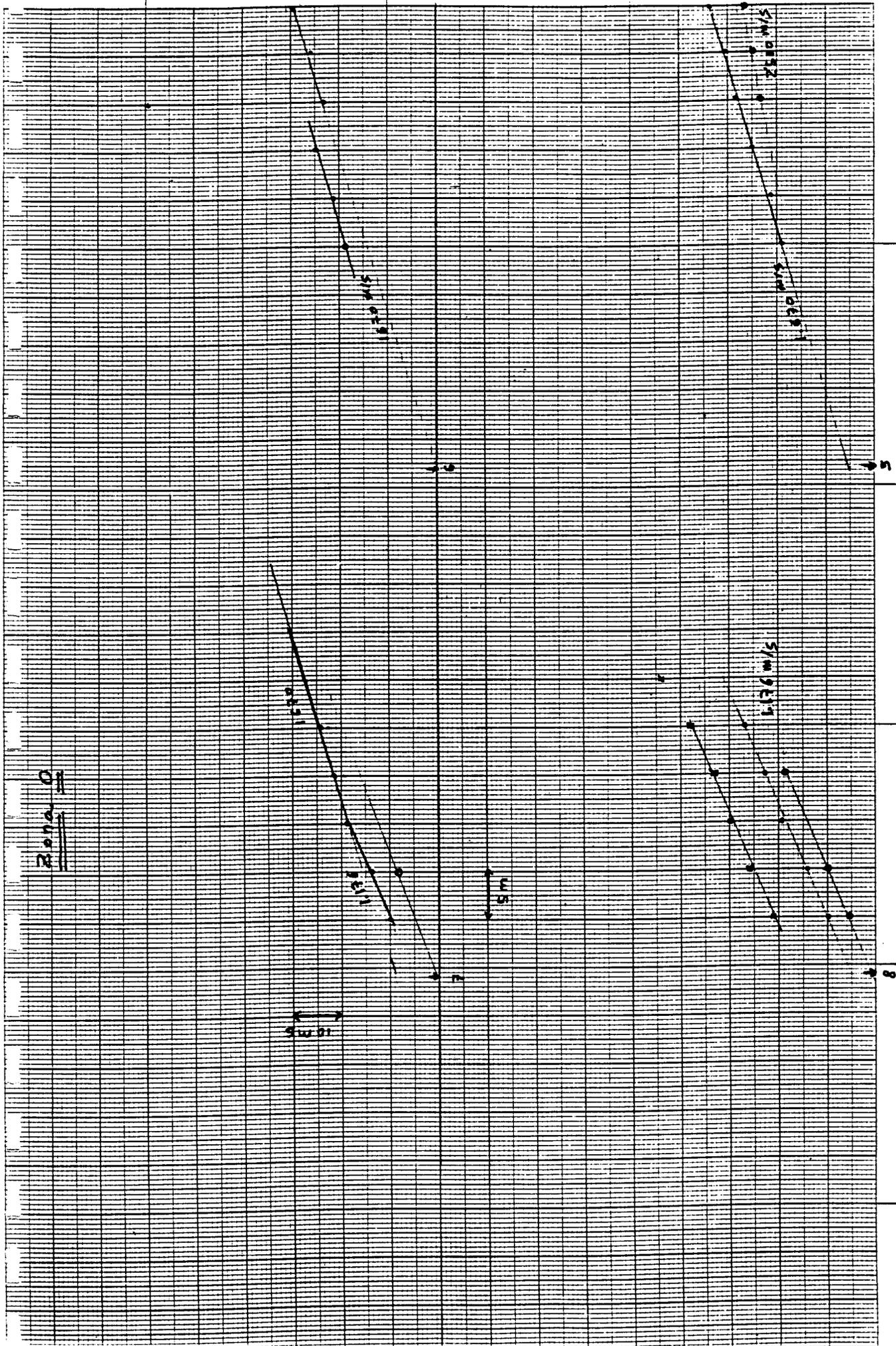
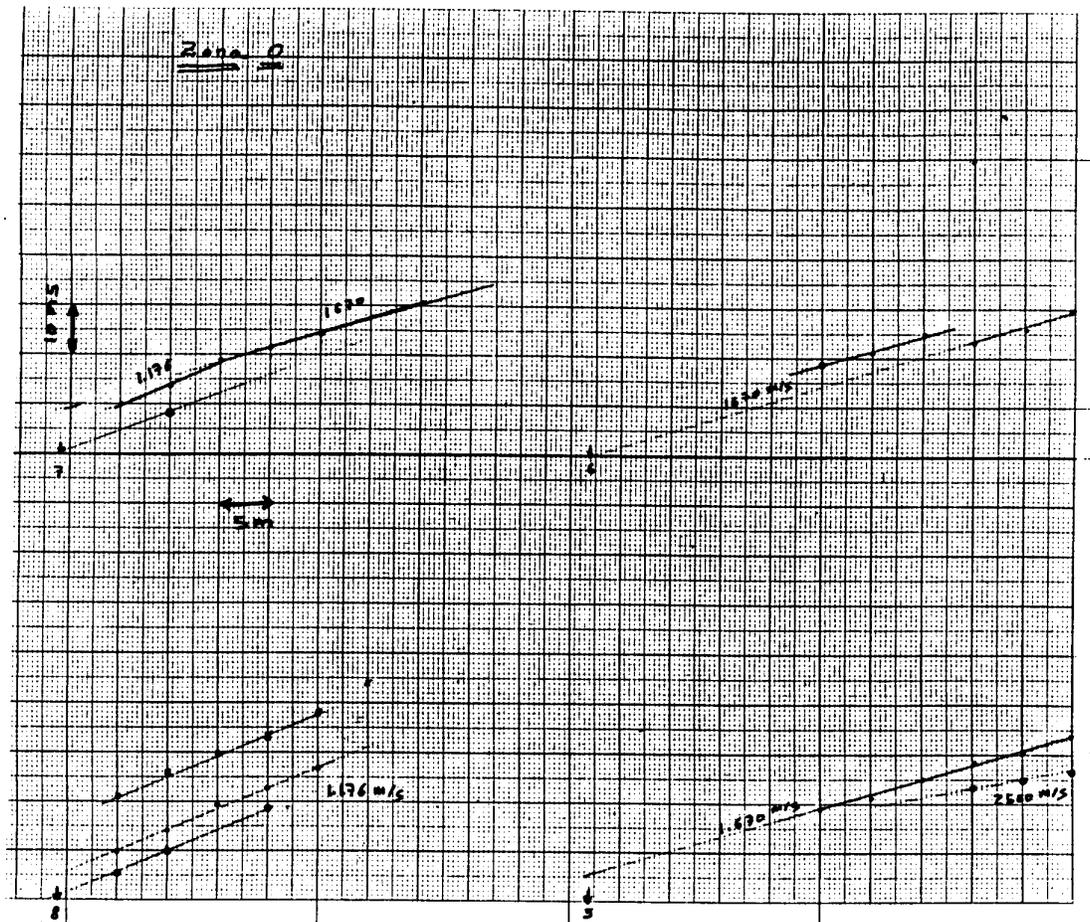


Fig. 3



TRAZADO DE ISOCRONAS PARA 3 CAPAS

Z(1) = 1 V(1) = 1176
 Z(2) = 5 V(2) = 1670
 V(3) = 2500

TIEMPOS DE INTERSECCION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 Ti(1) = 0.000 Xc(1) = 0 Ac(1) = 49.74 grados
 Ti(2) = .001 Xc(2) = 1 Ac(2) = 46.57 grados
 Ti(3) = .006 Xc(3) = 10 Ac(3) = 0.00 grados

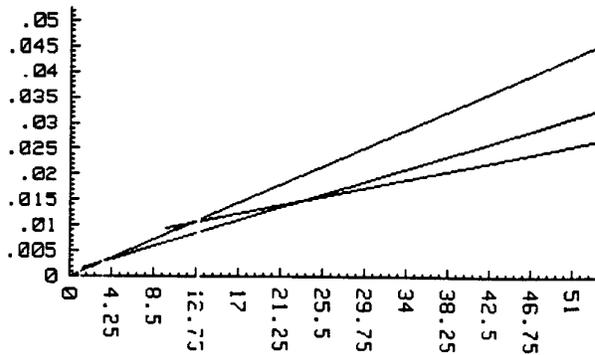


Fig.4

En este caso, la onda de 1176 m/s sería un caliche meteorizado, que se compacta algo en profundidad, pasando a 1670 m/s y aumenta luego a 2500 m/s por contener agua.

Dado el tiempo de interpolación en el origen de la dromocrona 1670 (inferior a 3 ms) y de la segunda de 2500 (inferior a 6 ms), las potencias de estos tramos serían pequeñas. Un posible modelo, es el representado en la fig.4, con 1 m de potencia para 1176 m/s y 5 m para 1670 m/s.

Puesto que en el corte de la carretera la potencia aparente de la costra calcárea es superior al metro, induce a pensar que, en efecto el fenómeno de costrificación se ha producido también por las caras laterales, y la potencia real es inferior a la aparente.

3.3 Zona A

Situada en un solar urbano de Villa Real, que está en una calle tras los graderíos del Campo de Fútbol o Polideportivo. En una esquina del solar es visible el caliche, estando el resto cubierto. El terreno no parece haber sido cultivado más que en algunas pequeñas porciones, por lo que el caliche cubierto es posible que permanezca inalterado.

Se ha utilizado un dispositivo de 24 estaciones cada 5 m, con offset de 5 m. Geofónos SM6 de 4,5 Hz.

Tiro nº 10	....	trazas 1 a 12
Tiro nº 12	....	" 13 a 24 (500 golpes)
Tiro nº 13	....	" 13 a 24 (1400 ")
Tiro nº 14	....	" 13 a 24 (por saturación de canales)

En anexo se incorporan estos registros.

Se han identificado los tiempos de varias fases de ondas, a las que puede adjudicarse una velocidad de 1150 m/s y 2000 m/s. La asignación de tiempo de ruptura a la primera en las estaciones 2 y 3 del tiro 10, induce a pensar que se trata de una onda directa de baja velocidad.

Posteriormente se observa un suceso más veloz, de unos 3000 m/s.

El suceso identificado a 230 ms en el tiro 10 puede ser una repetición de correlación de la primera llegada.

Para la fase más tardía picada en el registro 14, así como para el suceso de los 180 m/s del 10, se obtienen velocidades aparentes próximas a 5000 m/s, lo que hace pensar que se trata de reflexiones. Para el 14, la velocidad media obtenida por el método $x^2 - T^2$ es de unos 2300 m/s, que con t_0 extrapolado máximo de 45 ms, supone un reflector a unos 50 m. de profundidad máxima.

Para la "reflexión" del registro 10 se encuentran velocidades inferiores a 1000 m/s, y una profundidad de 70-80 m. No obstante, esto supondría una capa muy lenta, de 50 a 80 m., por lo que pensamos que este suceso es un ruido sin mayor significado.

De existir el reflector a unos 50 m., la distancia crítica de su refracción sería del orden de 100 m, lo que no lo hace observable en los registros.

Adoptando un tiempo de interceptación de 3 ms, según los canales 10, 11 y 12 del tiro 10, para la dromocrona de 2000 m/s, se obtiene una potencia de 2 m. para la capa de 1150 m/s.

TRAZADO DE ISOCRONAS PARA 3 CAPAS

Z(1)= 2 v(1)=1150
 Z(2)= 27 v(2)=2000
 v(3)=3000

TIEMPOS DE INTERCEPTACION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T(c 1)= 0.000 Xc(1)= 0 Ac(1)=39.00 grados
 T(c 2)= .003 Xc(2)= 3 Ac(2)=46.46 grados
 T(c 3)= .023 Xc(3)= 50 Ac(3)= 0.00 grados

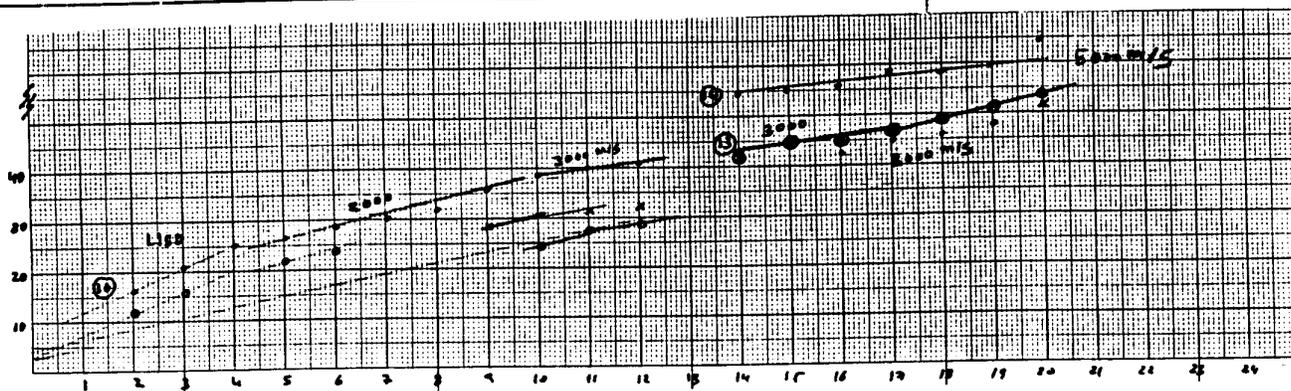
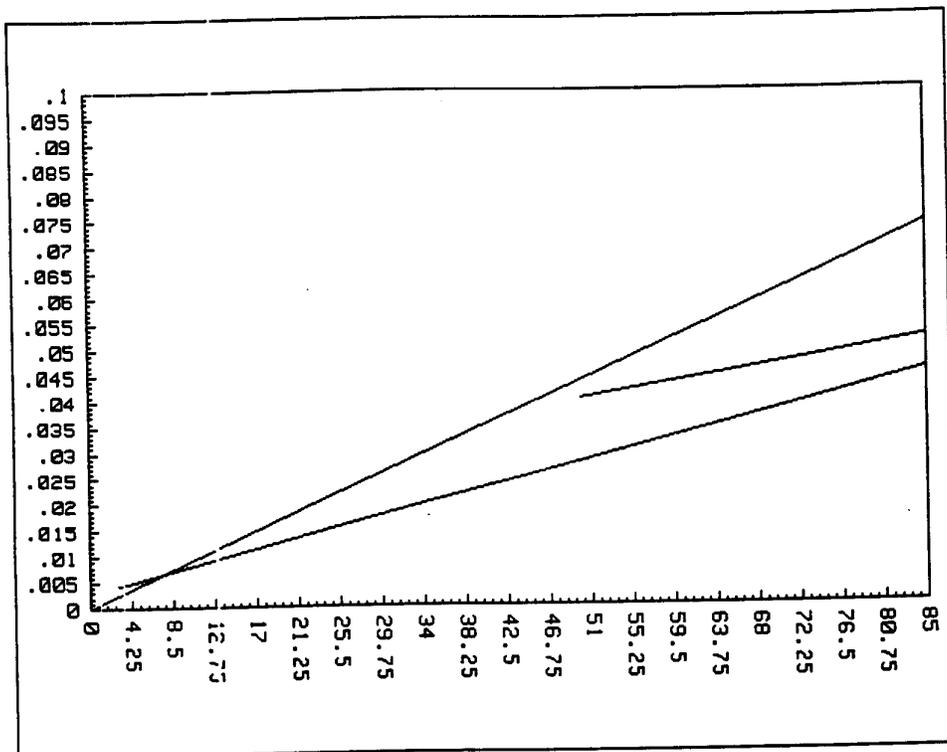


Fig. 6

REFLEXIONES PARA 3 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 2 V(1)=1150
 Z(2)= 27 V(2)=2000
 V(3)=3000

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:
 To(1)= .003 Ac(1)= 39.00
 To(2)= .030 Ac(2)= 46.46

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:
 Xc= 3 "c= .004

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida graf ca,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= .253 T(2)= .132

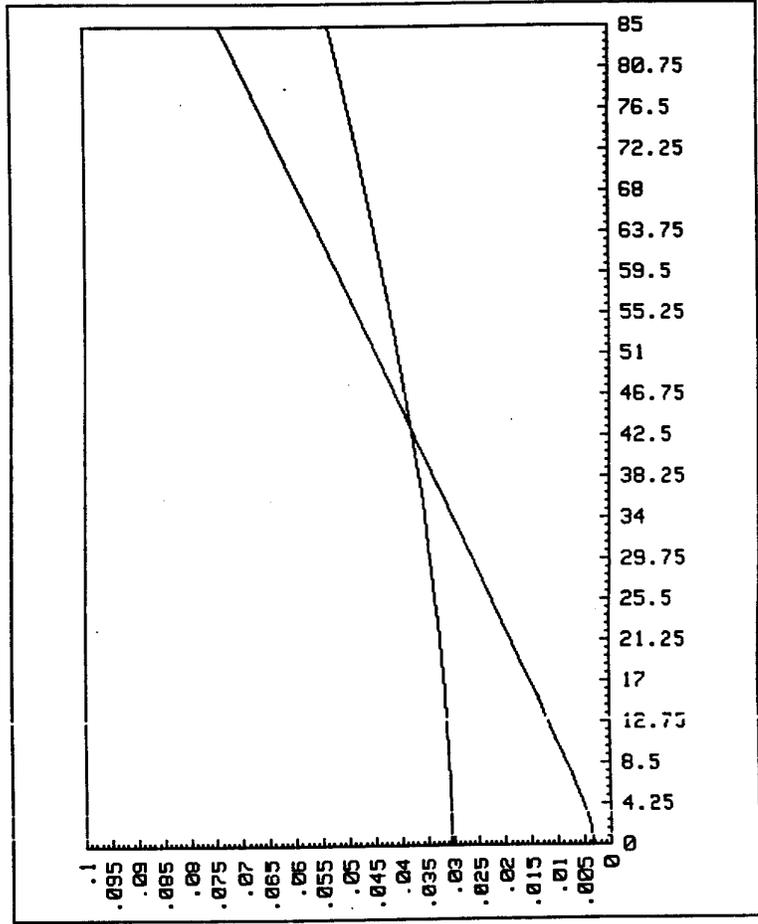


Fig. 7

REFLEXIONES PARA 3 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 3 V(1)=1150
 Z(2)= 45 V(2)=2300
 V(3)=3000

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:
 To(1)= .005 Ac(1)= 33.33
 To(2)= .045 Ac(2)= 55.62

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:
 Xc= 3 "c= .006

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION
 [para salida graf ca,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= .334 T(2)= .155

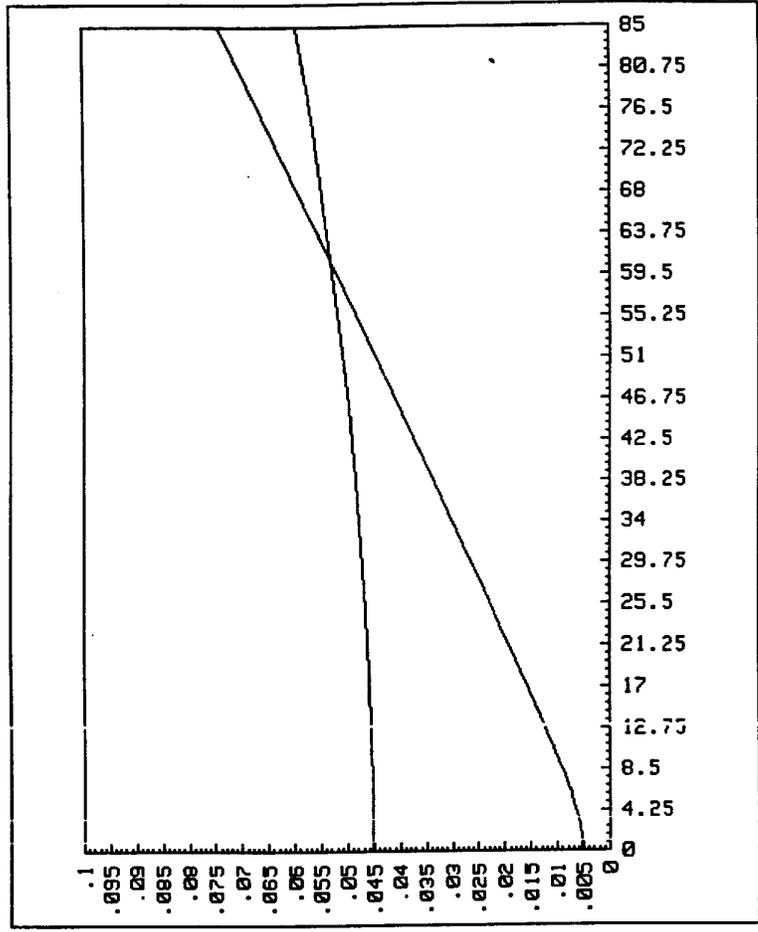


Fig. 8

Basándose en la distancia crítica posible para la dromocrona de 3000 m/s (estación 10) y un tiempo de interceptación no superior a 25 ms, se obtiene una potencia de 27 m. para la capa de 2000 m/s (modelo fig.6).

El modelo de reflexión obtenido no encaja bien en los registros (fig.7). No obstante, si se adopta la velocidad media de 2300 m/s y 46 m. de potencia, la coincidencia es buena (fig.8), por lo que mantenemos la hipótesis de este reflector bajo la capa de 3000 m/s, lo que por otra parte justifica la mayor velocidad media.

En consecuencia el modelo es:

2 m 1150 m/s

27 m 2000 m/s

17 m 3000 m/s

v_4

3.4. Zona B

Situada junto al Río Mijares, próxima a la Ermita de Santa Quiteria, en un solar con pinos que está junto a la carretera-calle que desde la Ermita continua hacia Almazora-Castellón. El río transcurre a unos 100 m. del perfil y unos 10-15 m. por debajo, formando un cortado vertical en el que es perfectamente observable el caliche que costrifica varias secuencias deposicionales. La cuestión aquí planteada es si la potencia del caliche es realmente la aparente, la del corte, o bien ésta solo forma una corteza de algunos cm, o m de espesor.

Se utilizó, idéntico dispositivo al ensayo A.

Tiro 15	....	Estaciones	1 a 12, con	400 golpes
16	....	"	1 a 12, con	1000 "
17	....	"	1 a 12, con	380 a saturación
18	....	"	13 a 24, con	730 golpes
19	....	"	13 a 24, con	520 " saturación
20	....	"	13 a 24, con	40 " muy lentos

El continuo tráfico de la carretera dificultó mucho este ensayo, obteniéndose registros, sobre todo los lejanos, de muy mala calidad, que los hacen inservibles.

Los registros obtenidos usados en la interpretación se presentan en el Anexo; en la fig.9 se representan los principales sucesos coherentes.

Se han picado diversas fases de sucesos, bien visibles en los registros 15 y 17. En apariencia, hay una onda directa de 1750 m/s, seguida de una dromocrona a 2380 m/s.

La fase marcada R1 parece pertenecer a una reflexión, con velocidad media del orden de 1400 m/s proveniente de un reflector situado a unos 6 m., o bien puede ser una fase de la dromocrona de 1250 m/s, mejor visible en fases posteriores.

El último suceso picado en el registro 15, si fuera reflexión tendría unos 900 m/s. Como onda directa presenta 1250 m/s. Hay sucesos de esta velocidad tanto en el registro 15 como 17 en los 4 primeros canales, lo que hace pensar que podría tratarse de una onda tipo ground-roll, que interfiere en sus primeras fases con el resto de los sucesos, (e incluso pudiera ser también el R1).

En el registro 17, dibujado con retraso de búsqueda de amplitud de 0,45S, aparecen unos primeros sucesos que

podrían pertenecer a la onda directa de velocidad superior a 3000 m/s que viaja por el caliche, y que tendría potencia inferior a 5 m.

La especial complejidad de estos registros ha hecho más necesario apoyarse en la información geoelectrica.

Por una parte, la secuencia de capas con velocidad creciente 1250 m/s, 1750 m/s y 2380 m/s resulta admitida, una vez asumido que la de 1250 m/s no es debida al ground-roll, o que si lo es, se debe a la presencia de una capa (poco potente) de alta velocidad seguida de una más lenta, lo que al igual que en el caso A, destroza cualquier intento de dar significado al registro.

Hemos intentado tres hipótesis, basadas en distintas agrupaciones del corte geoelectrico. En primer lugar (fig.10), se modeliza el corte:

<u>POTENCIA</u>	<u>RESISTIVIDAD</u>	<u>VELOCIDAD</u>
0,5 m	100	1250 m/s
2,6 m	1650	1750 m/s
2 m	274	1750 m/s
12 m	1150	1750 m/s
	110	2380 m/s

La distancia crítica de 38 m. obtenida para la dromocrona de 2380, invalida la hipótesis, toda vez que es observable desde los 20 m.

Las siguientes hipótesis son:

TRAZADO DE MOCROUNAS PARA 3 CAPAS

Z(1)= 1 V(1)=1250
 Z(2)= 1' V(2)=1750
 V(3)=2380

TIEMPOS DE INTERCPTACION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T(1)= 0.000 Xc(1)= 0 Ac(1)=50.65 grados
 T(2)= .001 Xc(2)= 2 Ac(2)=52.59 grados
 T(3)= .015 Xc(3)= 38 Ac(3)= 0.00 grados

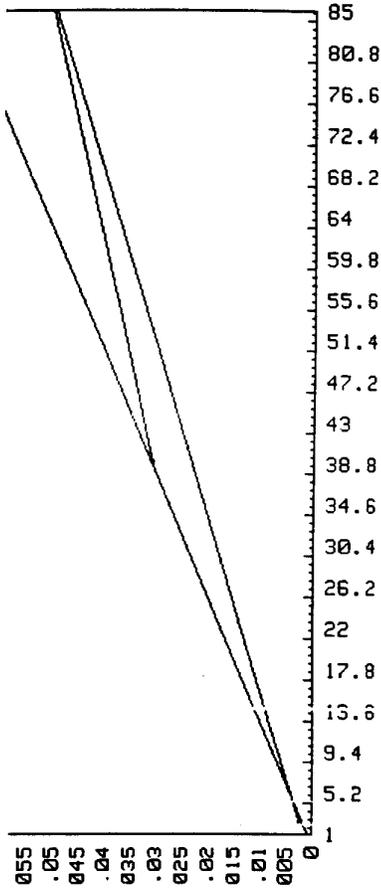


Fig. 10

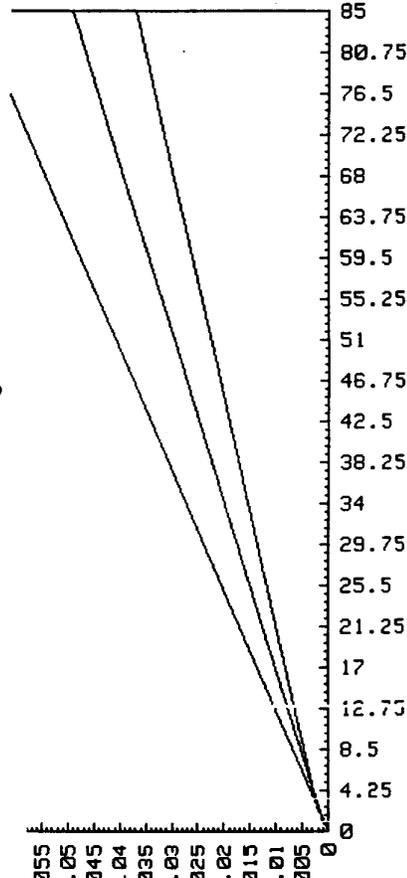


Fig. 11

TRAZADO DE MOCROUNAS PARA 3 CAPAS

Z(1)= 0 V(1)=1250
 Z(2)= 1 V(2)=1750
 V(3)=2380

TIEMPOS DE INTERCPTACION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T(1)= 0.000 Xc(1)= 0 Ac(1)=50.65 grados
 T(2)= .000 Xc(2)= 1 Ac(2)=52.59 grados
 T(3)= .001 Xc(3)= 2 Ac(3)= 0.00 grados

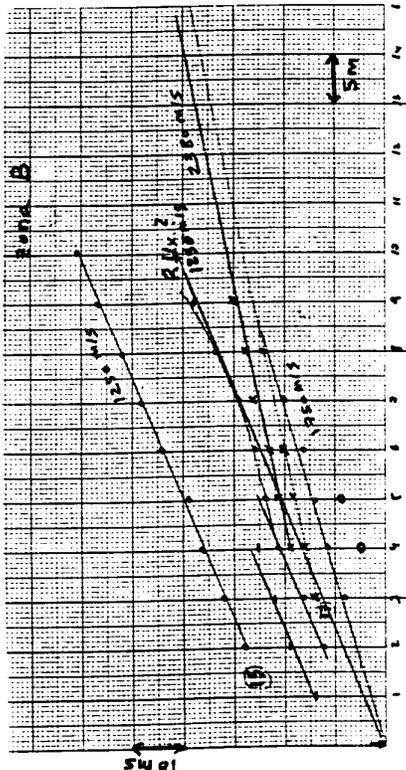


Fig. 9

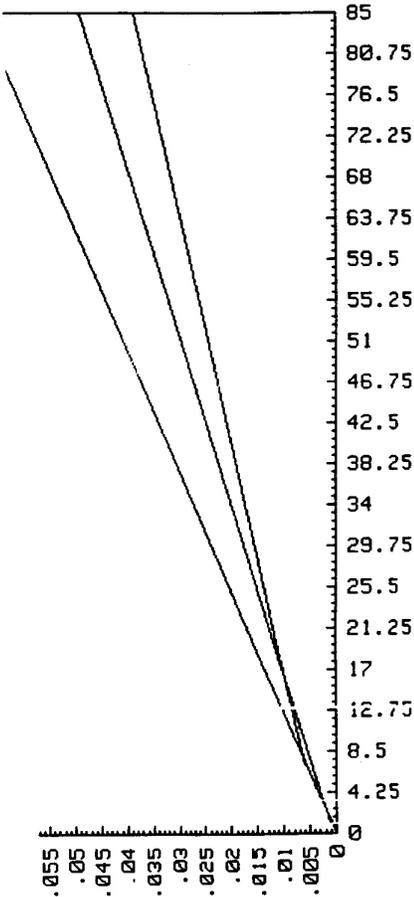


Fig. 12

TRAZADO DE MOCROUNAS PARA 3 CAPAS

Z(1)= 1 V(1)=1250
 Z(2)= 3 V(2)=1750
 V(3)=2380

TIEMPOS DE INTERCPTACION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T(1)= 0.000 Xc(1)= 0 Ac(1)=50.65 grados
 T(2)= .001 Xc(2)= 1 Ac(2)=52.59 grados
 T(3)= .003 Xc(3)= 7 Ac(3)= 0.00 grados

REFLEXIONES PARA 3 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 1 V(1)=1250
 Z(2)= 3 V(2)=1750
 V(3)=2380

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

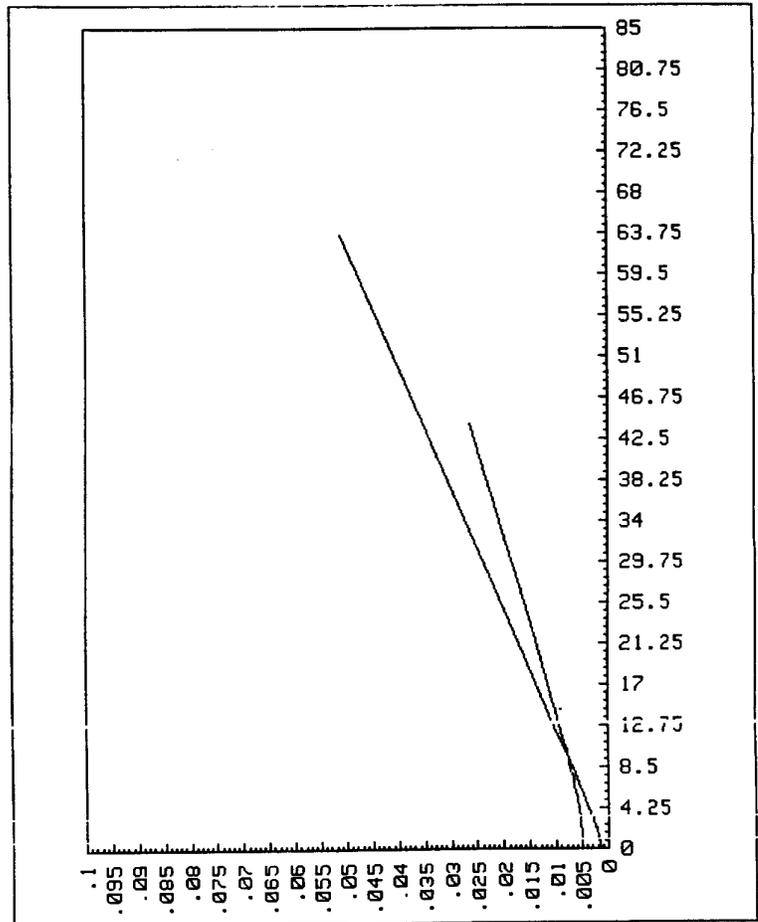
To(1)= .002 Ac(1)= 50.65
 To(2)= .005 Ac(2)= 52.59

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 2 "c= .002

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida graf ca,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 44 T(2)= .027



REFLEXIONES PARA 3 CAPAS.DISTANCIAS EN METROS Y TIEMPO DOBLE EN SEGUNDOS

Z(1)= 0 V(1)=1250
 Z(2)= 1 V(2)=1750
 V(3)=2380

TIEMPOS EN EL ORIGEN Y ANGULOS CRITICOS[grados centesimales]:

To(1)= .001 Ac(1)= 50.65
 To(2)= .001 Ac(2)= 52.59

DISTANCIA Y TIEMPO CRITICO DE LA 10 REFLEXION:

Xc= 1 "c= .001

DISTANCIAS Y TIEMPOS MAXIMOS DE CADA REFLEXION

[para salida graf ca,segun el intervalo elegido para la variacion del angulo]
 X(2)= 11 T(2)= .007

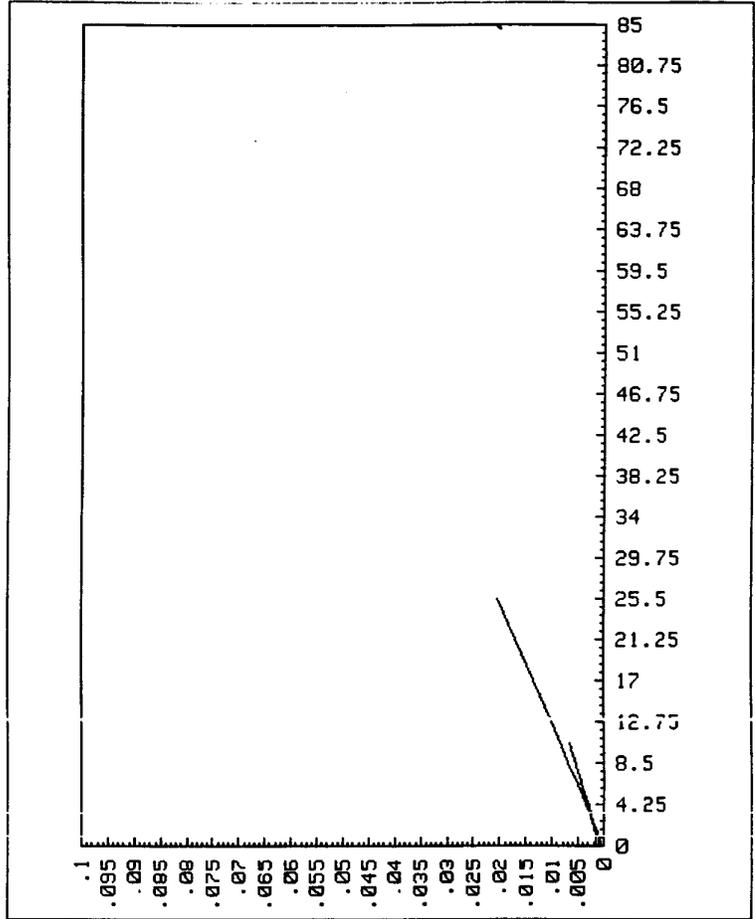


Fig. 13

<u>POTENCIA</u>	<u>RESISTIVIDAD</u>	<u>VELOCIDAD</u> (fig.11)
0,5	100	1250
2,6	1650	1750
2	274	2380
12	1150	
	110	

<u>POTENCIA</u>	<u>RESISTIVIDAD</u>	<u>VELOCIDAD</u> (fig.12)
0,4	90	1250
0,7	2199	1750
27	780	2380

Ambas válidas sísmicamente, ya que la intercalación conductora de 274 m, resultaría difícilmente diferenciable en registros de esta calidad.

Desde el punto de vista de la reflexión (fig.13), quizá resulte más plausible la hipótesis de la fig.11.

3.5. Zona C

Está situada en un solar tras la factoría de AZUVI, de la Avda. de Italia en Villa Real. Se accede por el camino "carretera", y está frente a una casa-vaquería. En el solar hay una casa abandonada, con unos pinos. El campo parece que ha sido hasta no hace mucho una huerta en una parte y algún otro cultivo en otra, con rasgos de que el caliche superficial debe haber sido roto y levantado.

Se han hecho los siguientes registros; utilizando los mismos geófonos de 4,5 Hz.

Distancia entre trazas 5 m.

Offset 5 m.

Tiro 24 trazas 1-12, 200 golpes
 25 " 1-12, 600 "
 26 " 13-24,

Los registros son de buena calidad, habiéndose picado varias fases de los mismos sucesos, y se dan en el Anexo. En los sucesos picados (fig.14), se observa una dromocrona, tanto en el reg.25 como 26, de 1170 m/s, y posteriormrnete otras de 1670 m/s y 3300 m/s, (que asumidos unos tiempos de interceptación de 12 y 40 ms sitúan capas a profundidades de unos 10 y 30 m).

En las primeras trazas se aprecian unas ondas, de velocidad aparente 2860 m/s, que pudieran ser reflexiones de la primera capa, aunque no se descarta una dromocrona debida a un fino estrato más veloz.

Como en la zona 0, la velocidad de 1670 m/s, si es refracción, estaría tras una capa de menos velocidad, que adjudicada la onda de 1170 m/s al Ground-Roll, no tiene explicación. Por ello cabe también la hipótesis de que dicho suceso de 1170 m/s de velocidad aparente, sea en realidad una onda directa.

Siguiendo de nuevo la distribución geoelectrica, se ha hecho una modelización (fig.15) asumiendo:

<u>POTENCIA</u>	-----	<u>V</u>
0,6	100	1170
5	450	1670
3	170	1670
35	500	2860
	114	3350

Se obtiene una distancia crítica para la dromocrona de 3300 m/s de 131, lo que no es compatible con el registro, que la obtiene a partir de los 85 m., y por tanto de menos profundidades. Por otra parte, esta imposibilidad de reunir en una sola velocidad capas de diferente comportamiento eléctrico, viene a corroborar la bondad de discriminación del método eléctrico.

En los siguientes modelos se asume:

<u>POTENCIA</u>	-----	<u>V (Fig.16)</u>	<u>V (Fig.17)</u>
0,6	100	1170	1170
5	450	1670	1670
3	170	2860	3300
35	500	3300	

Siendo válido sísmicamente cualquiera de los dos, si bien el primer suceso picado en las trazas 2 a 6 del tiro nº 24 concuerda bien con una reflexión a los 9 m. (modelo de fig.16).

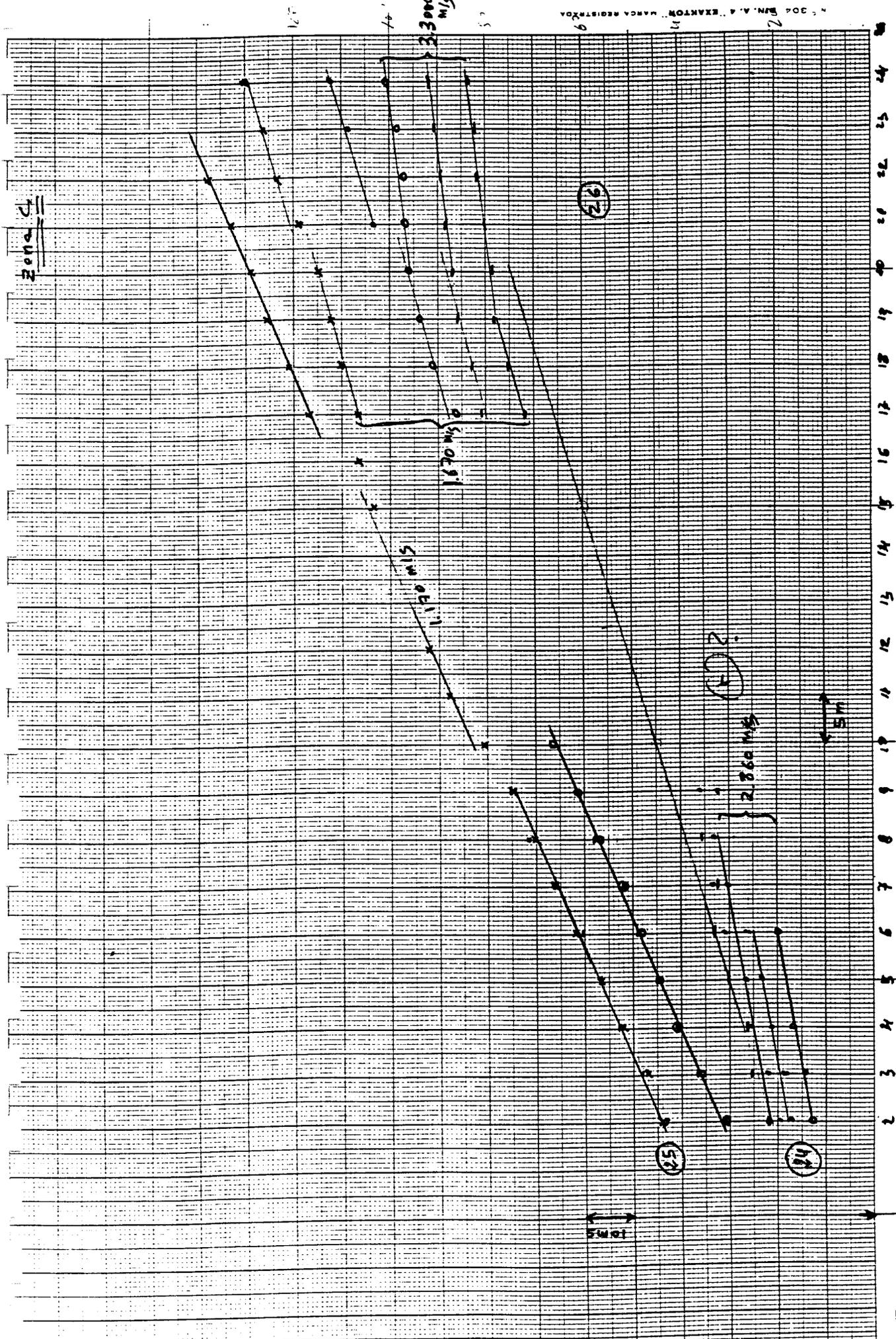
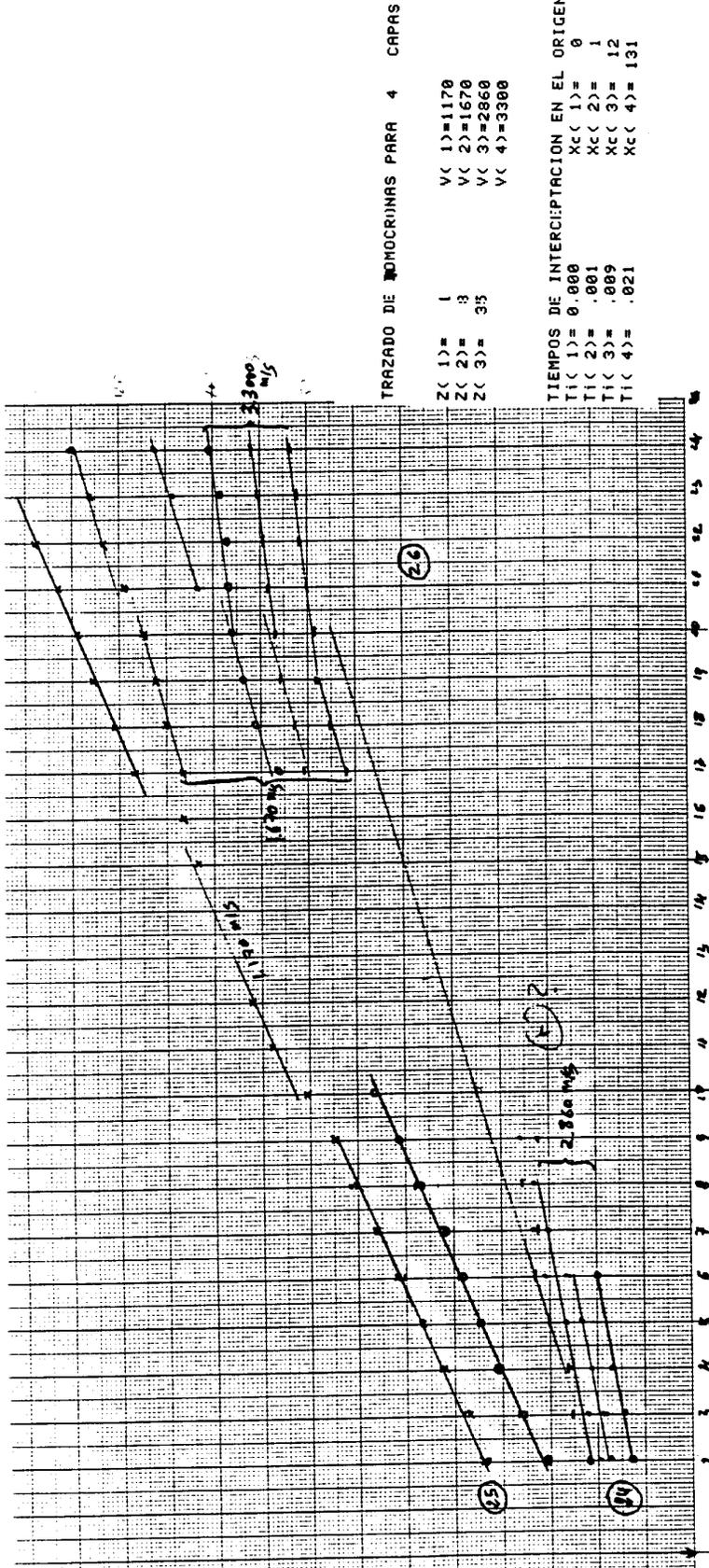


Fig.14

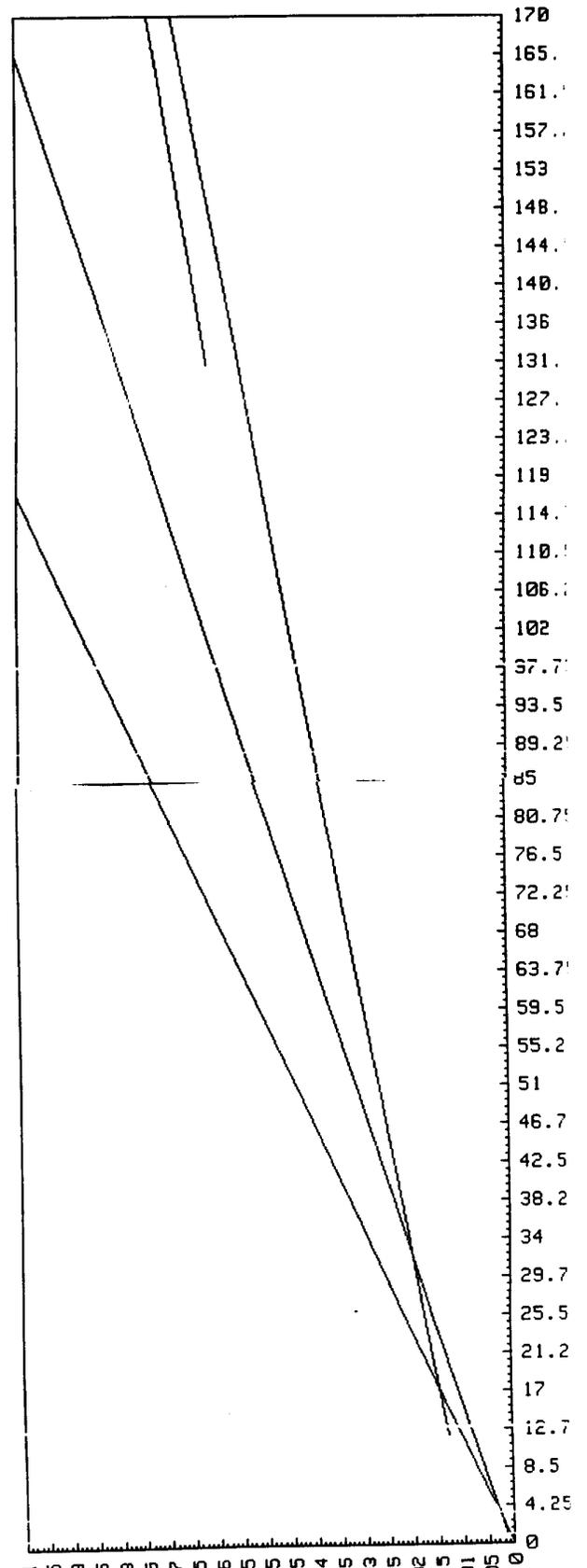
Fig.15



TRAZADO DE HOMOCORINAS PARA 4 CAPAS

Z(1)= 1
 V(1)=1170
 Z(2)= 3
 V(2)=1670
 Z(3)= 35
 V(3)=2860
 V(4)=3300

TIEMPOS DE INTERCEPTACION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T1(1)= 0.000 Xc(1)= 0
 T1(2)= .001 Xc(2)= 1
 T1(3)= .009 Xc(3)= 12
 T1(4)= .021 Xc(4)= 131



TRAZADO DE DOMOCRINAS PARA 4 CAPAS

Z(1)= 1 V(1)=1170
 Z(2)= 5 V(2)=1670
 Z(3)= 3 V(3)=2860
 V(4)=3300

TIEMPOS DE INTERSECCION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T1(1)= 0.000 Xc(1)= 0 Rc(1)=49.42 grados
 T1(2)= .001 Xc(2)= 1 Rc(2)=39.70 grados
 T1(3)= .006 Xc(3)= 8 Rc(3)=66.75 grados
 T1(4)= .007 Xc(4)= 17 Rc(4)= 0.00 grados

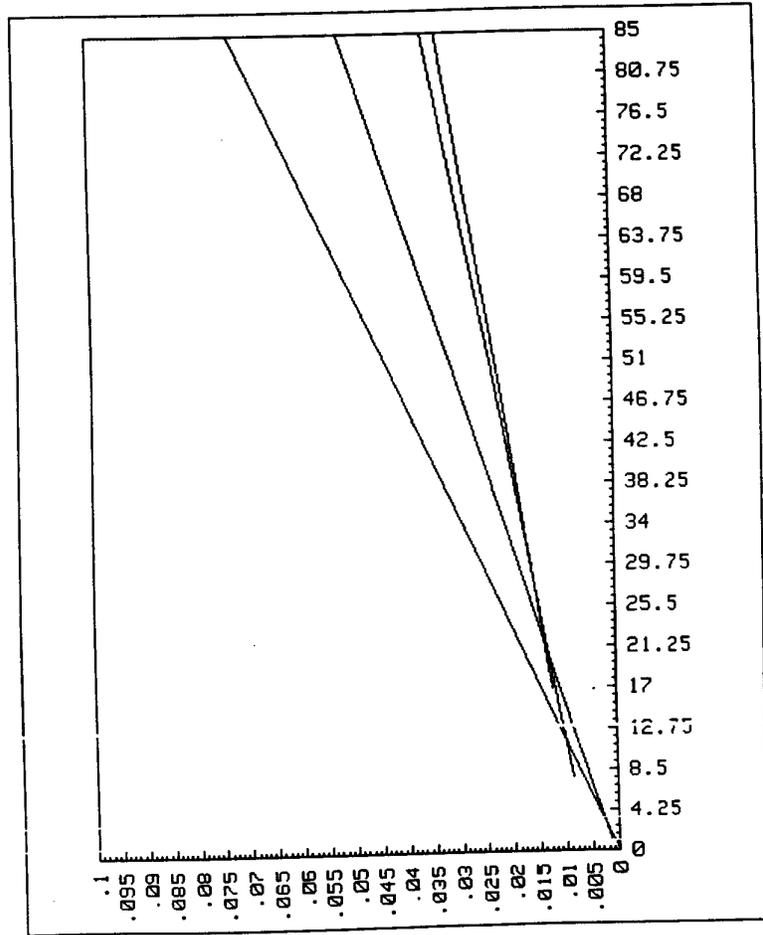


Fig. 16

TRAZADO DE DOMOCRINAS PARA 3 CAPAS

Z(1)= 1 V(1)=1170
 Z(2)= 5 V(2)=1670
 V(3)=3300

TIEMPOS DE INTERSECCION EN EL ORIGEN, DISTANCIA Y ANGULO CRITICO:
 T1(1)= 0.000 Xc(1)= 0 Rc(1)=49.42 grados
 T1(2)= .001 Xc(2)= 1 Rc(2)=33.78 grados
 T1(3)= .006 Xc(3)= 6 Rc(3)= 0.00 grados

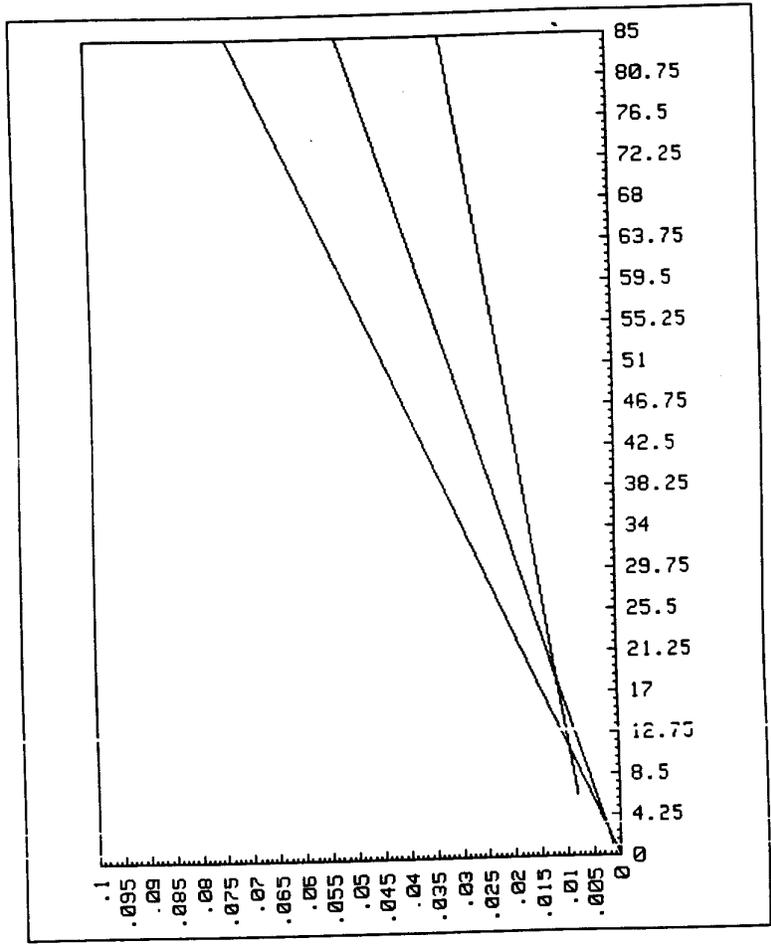


Fig. 17

4.- DESCRIPCION DEL ENSAYO GEOELECTRICO

4.1. Comentario General

Dado los objetivos del ensayo, se realizó un S.E.V., en cada una de las zonas seleccionadas.

El dispositivo empleado fue el Schlumberger, siendo el AB máximo variable en cada una de las zonas.

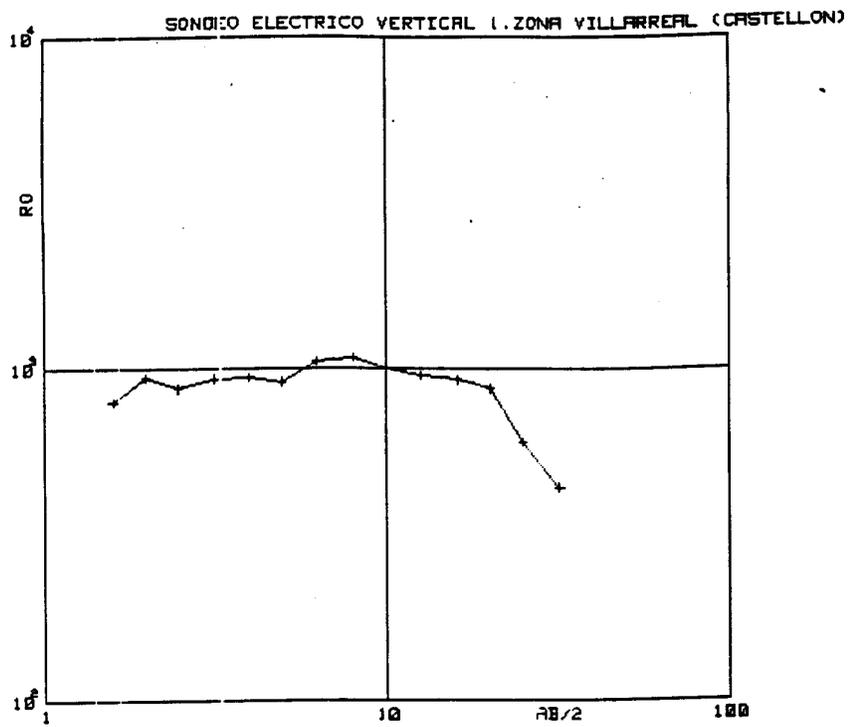
El tratamiento de los datos fue el standard del Servicio de Geofísica del ITGE esto es, una primera interpretación empleando abacos, que fue utilizada como modelo inicial en la interpretación automática realizada con el programa S.E.V. del Servicio de Geofísica, en el ordenador HP 9845 B.

En el proceso se ha optado siempre, por elegir la interpretación más sencilla en cada caso, dándose más de una interpretación únicamente en aquellas zonas donde la forma de la curva pudiera aconsejarlo, pero sin tratar en ningún momento de producir múltiples interpretaciones para cada una de las curvas, que pudiesen llevar a confusión en la interpretación final.

4.2. Zona 0

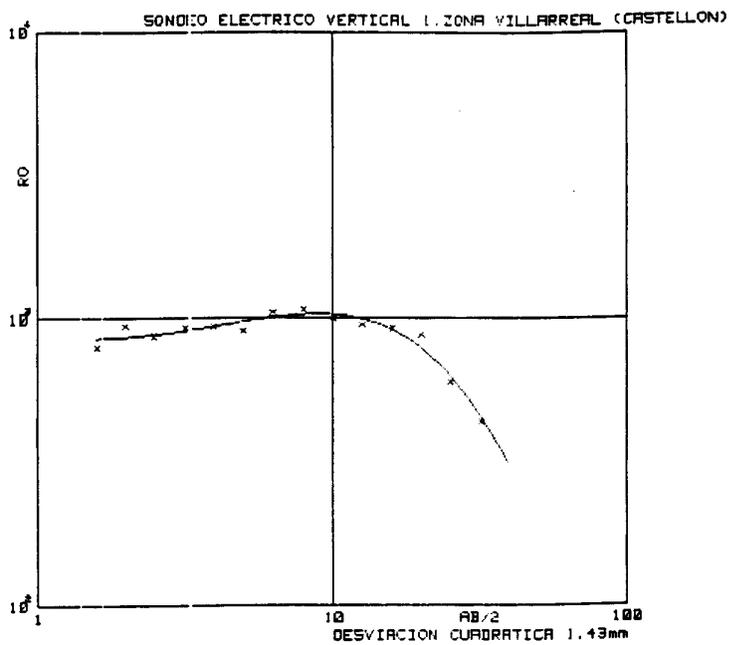
El S.E.V. alcanzó un AB/2 de 32 m., que define suficientemente el último tramo conductor, y cuyo objetivo era el tratar de parametrizar la resistividad del caliche aflorante en toda la zona.

Dentro del ensayo geoelectrico este S.E.V. ha sido denominado como el nº 1, y en la fig.18 pueden observarse los datos de campo y la forma de la curva de campo.



DATOS DE CAMPO

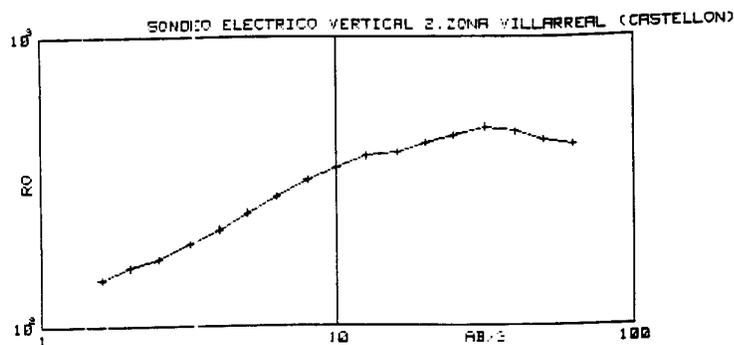
N	AB/2	RO	N	AB/2	RO	N	AB/2	RO
1	1.6	793.0	6	5.0	910.0	11	16.0	924.1
2	2.0	942.0	7	6.3	1050.9	12	20.0	871.0
3	2.5	870.1	8	8.0	1074.8	13	25.0	599.8
4	3.2	933.4	9	10.0	997.4	14	32.0	438.2
5	4.0	943.4	10	12.6	954.1			



MODELO

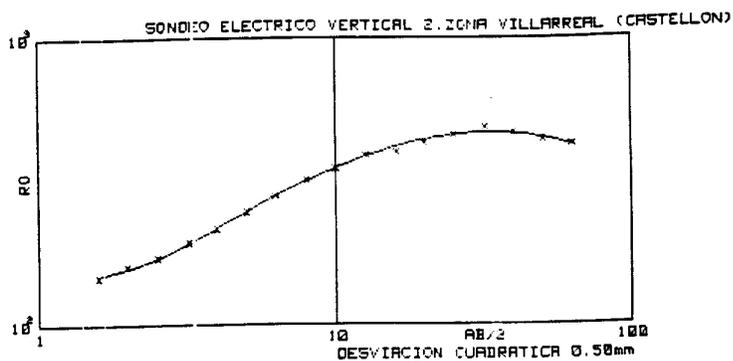
CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	840.3	2.2
2	1260.0	10.9
3	527.0	13.2
4	127.4	

Fig. 18



DATOS DE CAMPO

N	AB/2	RO	N	AB/2	RO	N	AB/2	RO
1	1.6	145.9	7	6.3	280.6	13	25.0	454.2
2	2.0	159.8	8	8.0	319.4	14	32.0	484.7
3	2.5	170.8	9	10.0	351.0	15	40.0	469.0
4	3.2	192.9	10	12.5	387.3	16	50.0	439.0
5	4.0	215.3	11	16.0	397.3	17	63.0	422.0
6	5.0	246.1	12	20.0	429.0			



MODELO

CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	135.2	1.8
2	542.0	29.7
3	266.9	

Fig. 19

En la fig.18 se muestra una posible interpretación, aunque no resulta muy fiable debido a la mala calidad de la curva de campo.

Esta mala calidad puede ser debida a la gran dificultad que existió al clavar los electrodos por causa de la enorme dureza de la costra carbonatada aflorante, no permitiendo un buen contacto de los electrodos. Por otro lado se podía observar la gran heterogeneidad en el tamaño de los cantos que forman parte de dicha costra, lo cual puede producir efectos laterales que "estropean" la curva de campo.

4.3. Zona A

El sondeo realizado en esta zona, y denominado como S.E.V.2, alcanzó un AB/2 de 63 m.

En la figura 19 pueden observarse los datos de campo, y la forma de la curva, así como la interpretación adoptada.

Esta interpretación presenta un modelo de 3 capas, con un tramo superficial conductor ($135 \Omega \text{ m}$) y unos 2 m. de potencia, seguido de un tramo resistivo mucho más potente (27 m.), finalizando en un tramo conductor ($267 \Omega \text{ m}$), el cual no está posiblemente bien definido, debido a los pocos puntos que presenta la rama final descendente, pudiendo ser este tramo de menor valor de resistividad.

4.4. Zona B

El sondeo realizado en esta zona alcanzó un AB/2 de 63 m. En la figura 20 puede observarse la forma de la curva y los datos de campo. Y en las figs.20 y 21, las distintas

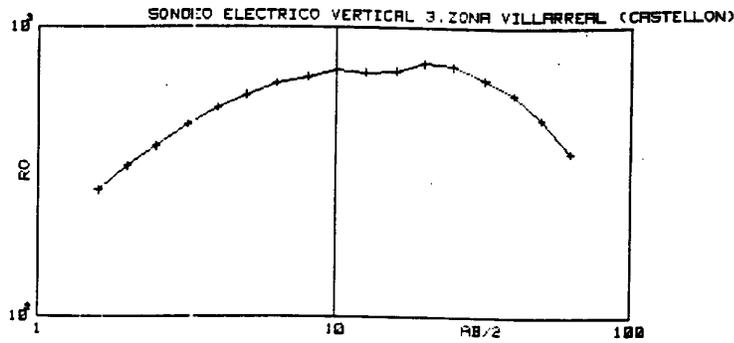
interpretaciones obtenidas. Este sondeo ha sido denominado como S.E.V. nº 3.

Las interpretaciones obtenidas son:

	<u>CAPA</u>	<u>RESISTIVIDAD</u>		<u>POTENCIA</u>
a)	1	89,9 Ω m	con	0,4m de espesor
	2	2199,4 . m	con	0,7m de "
	3	777 . m	con	27,4m de "
	4	49 . m		
b)	1	170 . m	con	0,9m de espesor
	2	1650 . m	con	1,1m de "
	3	900 . m	con	17,4m de "
	4	170 . m		
c)	1	900 . m	con	0,5m de espesor
	2	1647 . m	con	2,1m de "
	3	274,3 . m	con	1,9m de "
	4	1153 . m	con	13,7m de "
	5	110,6 . m		

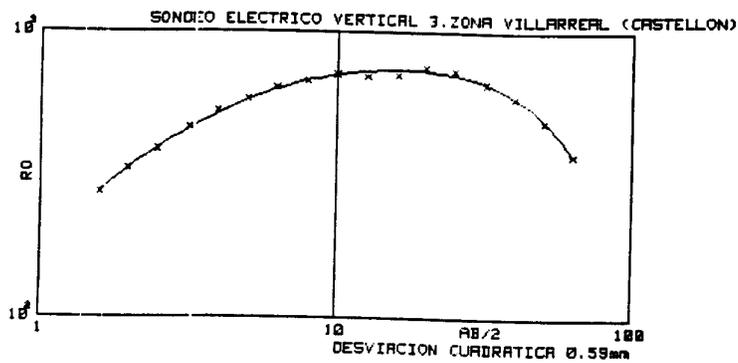
Todas ellas tienen en común la existencia de un pequeño tramo superficial conductor de 0,5 a 1 m. de espesor, seguido de un tramo resistivo con un espesor entre 1 y 2 m. En las dos primeras (a y b), sigue un tramo resistivo de distinto espesor según la interpretación que tomemos (17 ó 27 m), y un tramo conductor final, posiblemente debido al paso del nivel freático.

Sin embargo la última interpretación, tiene la característica de presentar un tramo conductor intermedio, y encontrarse el tramo conductor a menor profundidad.



DATOS DE CAMPO

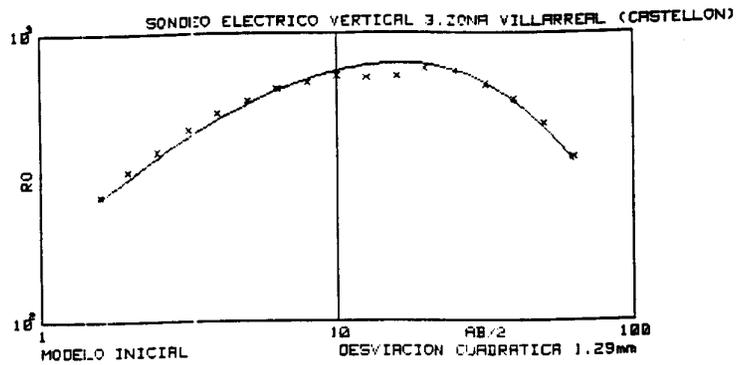
N	AB/2	RO	N	AB/2	RO	N	AB/2	RO
1	1.6	272.4	7	6.3	640.3	13	25.0	735.7
2	2.0	339.8	8	8.0	672.6	14	32.0	660.2
3	2.5	387.0	9	10.0	710.1	15	40.0	587.8
4	3.2	460.2	10	12.5	697.3	16	50.0	484.8
5	4.0	525.5	11	16.0	705.7	17	63.0	370.0
6	5.0	582.1	12	20.0	753.5			



MODELO

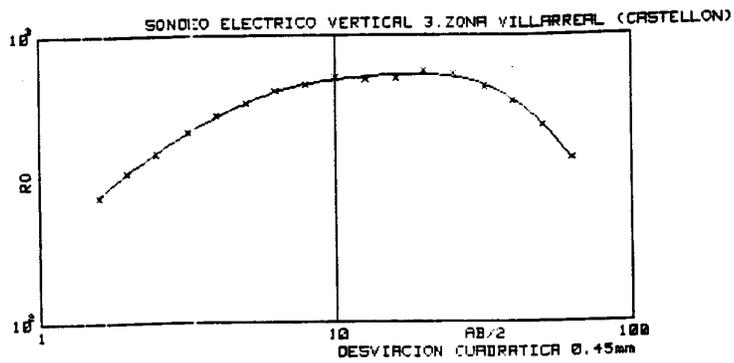
CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	89.9	0.4
2	2199.4	1.1
3	776.9	28.5
4	49.0	

Fig.20



MODELO

CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	170.0	0.9
2	1650.0	2.0
3	900.0	19.4
4	170.0	



MODELO

CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	99.7	0.5
2	1647.1	2.6
3	274.3	4.5
4	1152.9	18.2
5	110.6	

Fig. 21

4.5. Zona C

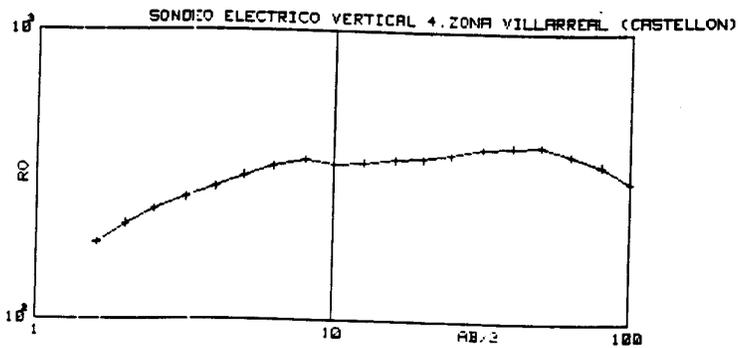
En sondeo realizado en esta zona se denomina S.E.V.4. El AB/2 fue de 100m, y los datos de campo y la forma de la curva puede verse en la fig.22.

La interpretación adoptada (fig.22) es:

<u>CAPA</u>	<u>RESISTIVIDAD</u>	<u>POTENCIA</u>
1	107,6	0,6m.
2	448,1	4,7m.
3	170	2,7m.
4	531	34,1
5	115	

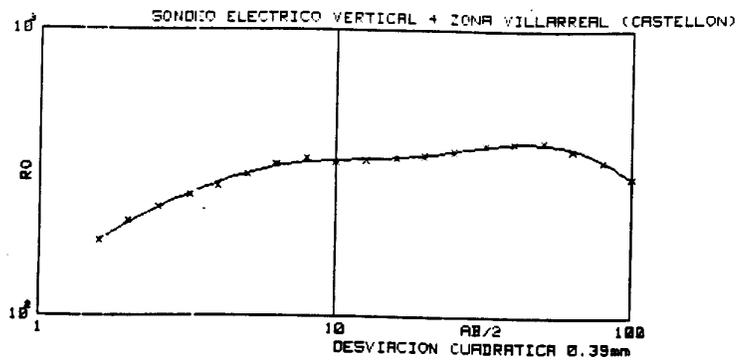
Es un modelo muy parecido al c) de la zona anterior, aunque con valores de resistividad menores.

El tramo conductor final se encuentra a mayor profundidad (40 m.).



DATOS DE CAMPO

N	AB/2	RO	N	AB/2	RO	N	AB/2	RO
1	1.6	183.1	8	8.0	357.6	14	32.0	397.2
2	2.0	213.2	9	10.0	345.7	15	40.0	404.9
3	2.5	239.8	10	12.0	350.3	16	50.0	407.4
4	3.2	262.7	11	16.0	359.6	17	63.0	378.6
5	4.0	285.3	12	20.0	363.8	18	80.0	349.6
6	5.0	313.7	13	25.0	377.5	19	100.0	305.2
7	6.3	339.0						



MODELO

CAPA	RESISTIVIDAD	PROFUNDIDAD
1	107.6	0.6
2	448.1	5.3
3	170.0	8.1
4	531.2	44.2
5	114.8	

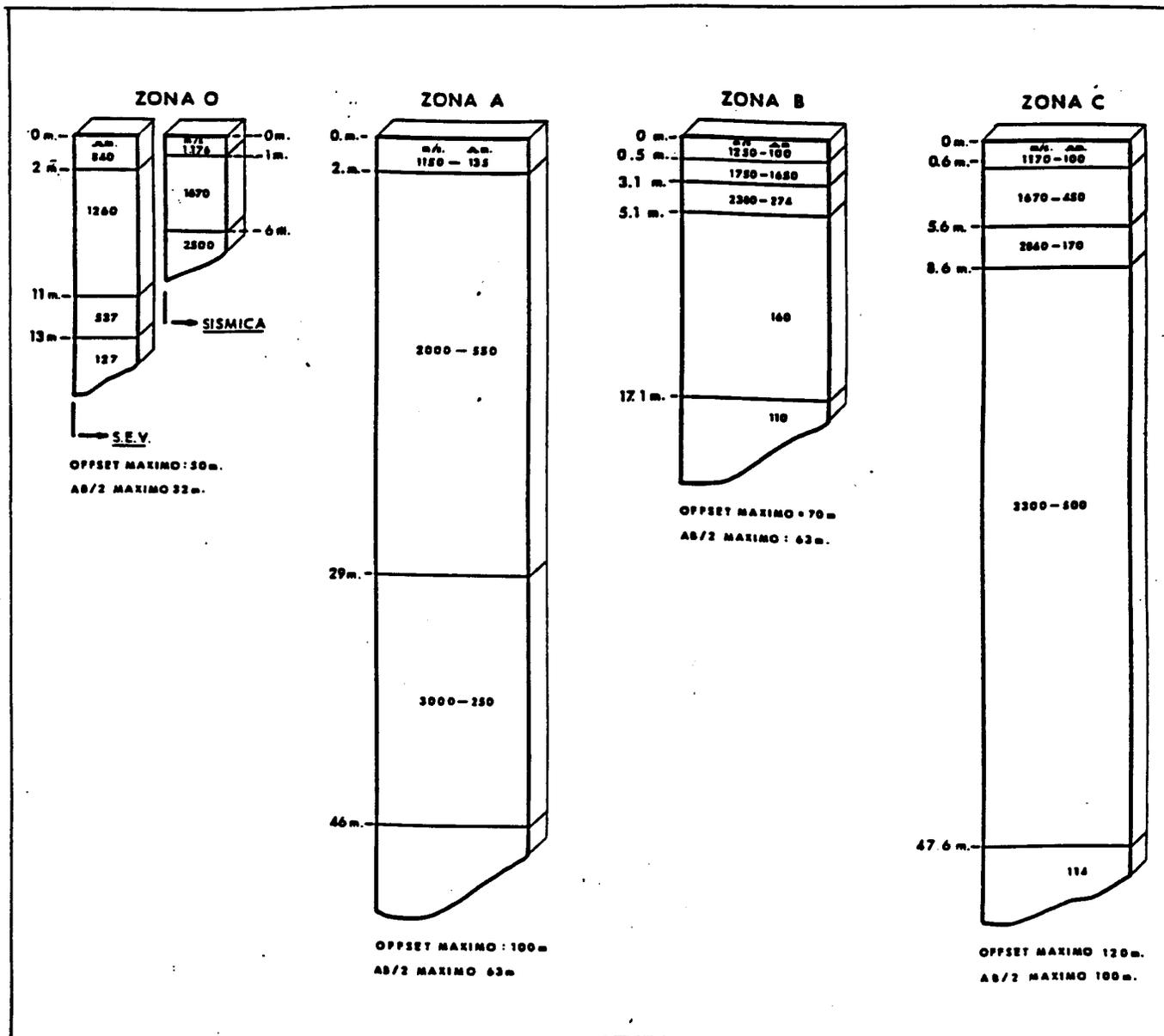
Fig. 22

5.- CONCLUSIONES

En el esquema de la fig.23 se representan los diferentes tramos geoelectricos y sísmicos encontrados. Con total generalidad, se empieza por un tramo conductor (100-135 Ω m), que se adapta bien a una capa de baja velocidad (1150-1250 m/s). Es representativo de una zona de suelo o roca muy meteorizada, y su potencia oscila entre 0,5 y 2 m. Posteriormente se presenta un tramo más resistivo (450-550 Ω m y que alcanza 1650 Ω m. en la zona B), coincidente con una capa más veloz (1670-1750-2000 m/s). Su potencia es del orden de 2,5 a 5 m. (aunque alcanza 27 en la zona A). Es asimilable a una roca detrítica sana y seca, con matriz arcillosa.

Posteriormente se pasa a un tramo más conductor (170-274 Ω m) con un aumento de velocidad (2380-3000 m/s) y de potencia 2-3 m (17 m en zona A), asimilable al paso a la misma roca anterior, pero con mayor saturación de agua.

Este esquema no permite hablar claramente de una diferenciación de la presencia del caliche. Sin embargo en las zonas B y C, tras el último conductor señalado, aparece un resistivo potente (12 a 35 m.) de 500-1150 Ω m seguido de un conductor de 110-114 Ω m., y solo caracterizado sísmicamente en la zona C como de 3300 m., y por tanto perteneciente a una roca más compacta. Puesto que precisamente estas dos zonas son en las que cabe la posibilidad de que están realizadas directamente sobre la facies arcillosa del Pleistoceno Superior, solo en una hipótesis muy aventurada, cabría pensar que se trata del caliche del Pleistoceno inferior, debiéndose las costras vistas en superficie a las existentes en los mantos de arroyada.



MODELO DEL ENSAYO SISMICO Y GEOELECTRICO
 DE LA PLANA DE CASTELLON

En cualquier caso, dada la gran heterogeneidad observada en los depósitos, no parece muy recomendable, sin mayor criterio, aceptar esta hipótesis.

En nuestra opinión, se precisa de una descripción mejor conocida de la secuencia litológica de este Cuaternario, antes de poder adjudicar parámetros físicos a tramos litológicos. Esta descripción podría obtenerse mediante la testificación geofísica de sondeos mecánicos.

Madrid, 18 de Marzo de 1991



Fdo: Félix M. Rubio

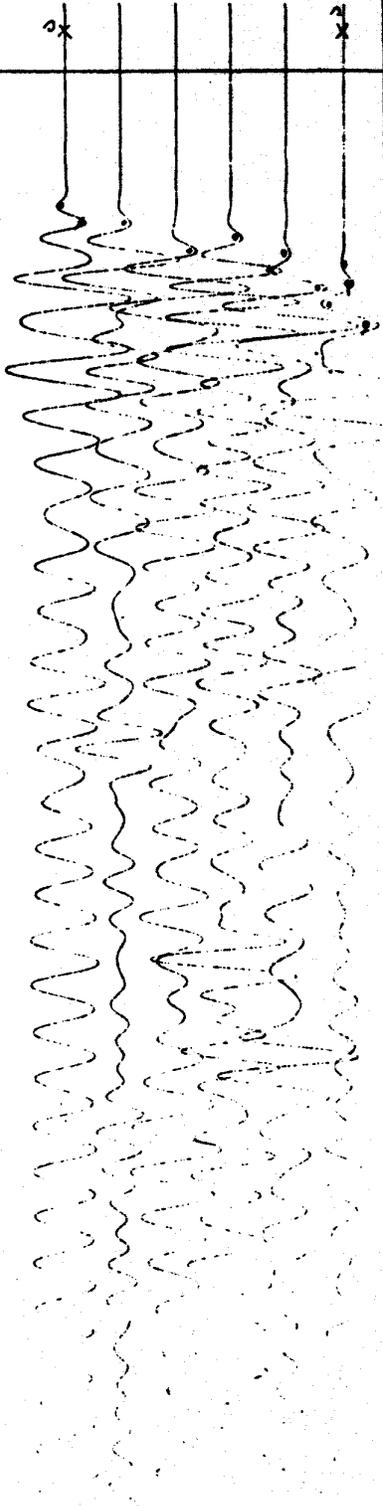


Fdo: Juan L. Plata Torres

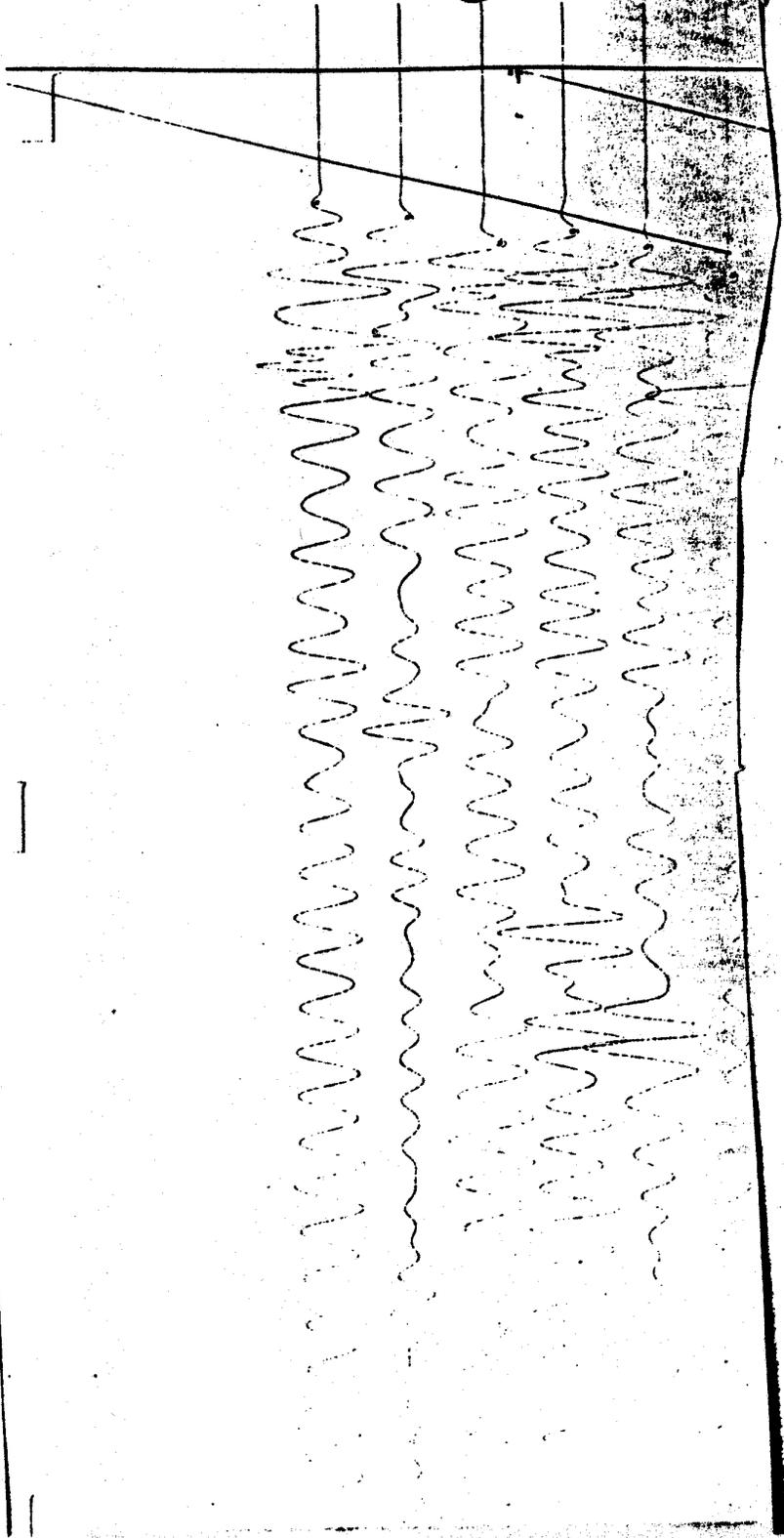
A N E X O

COPIAS DE REGISTROS SISMICOS

Ref 5
①



Ref 6
②

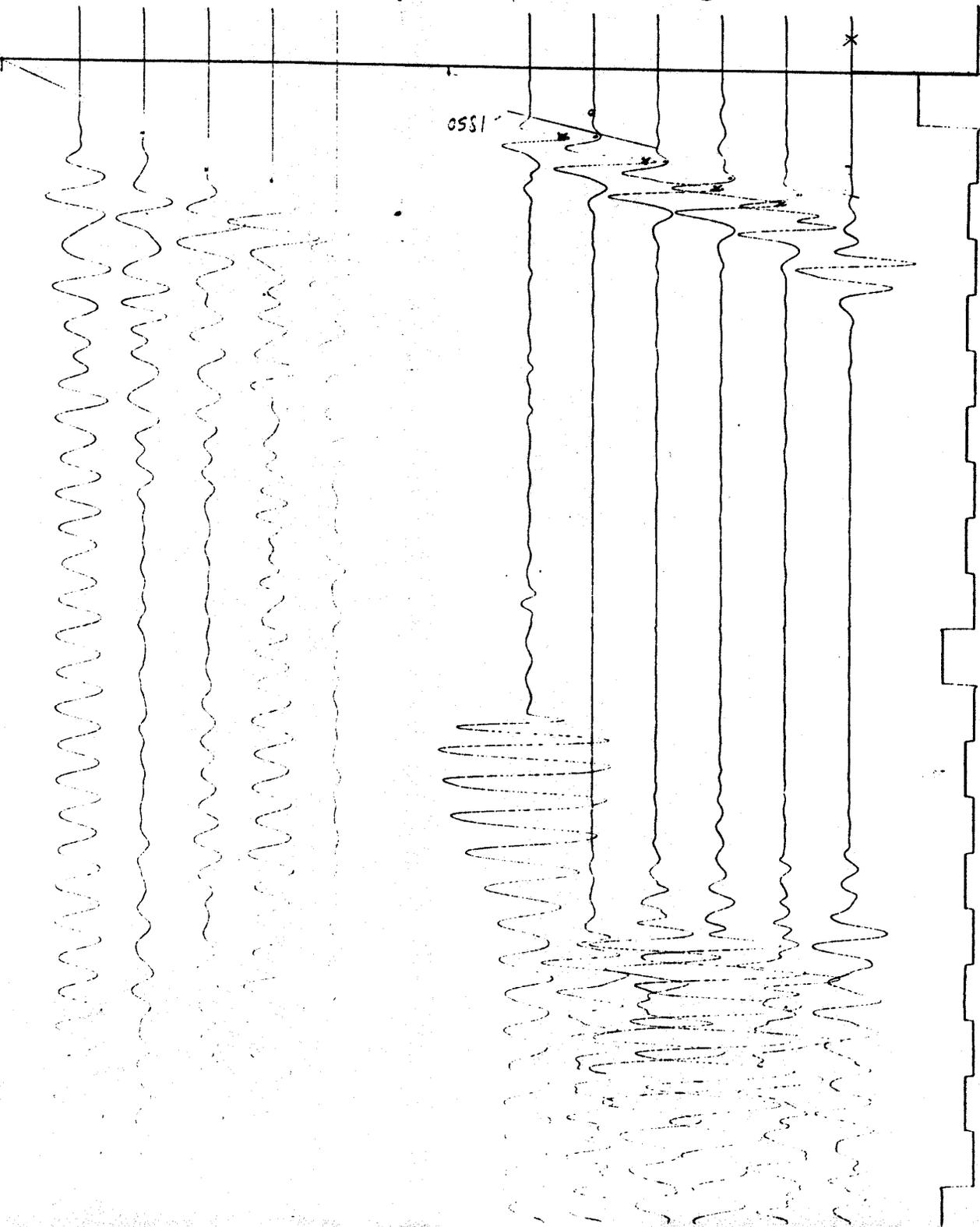


147 m/s

Ref

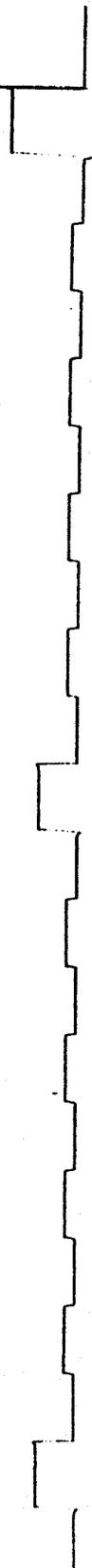
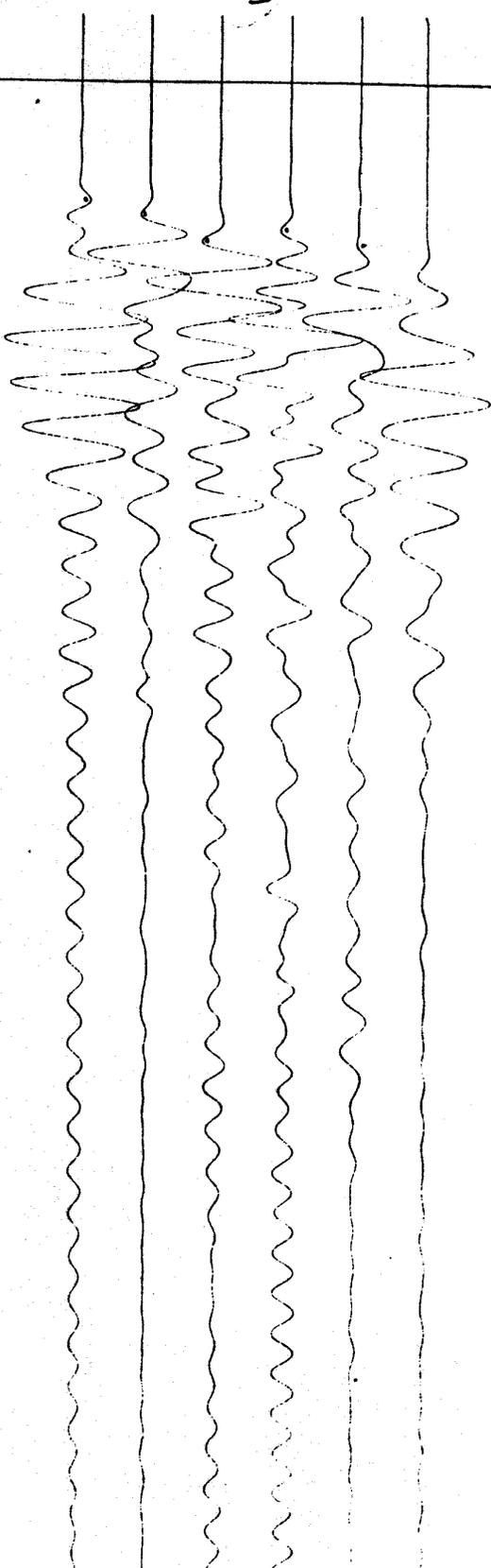
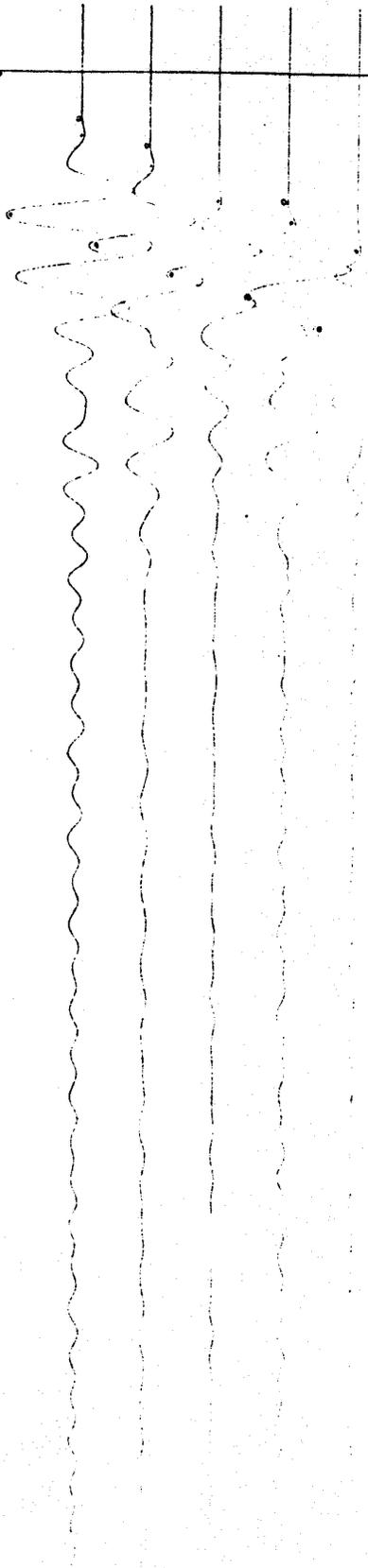
↓ polar
combida

8

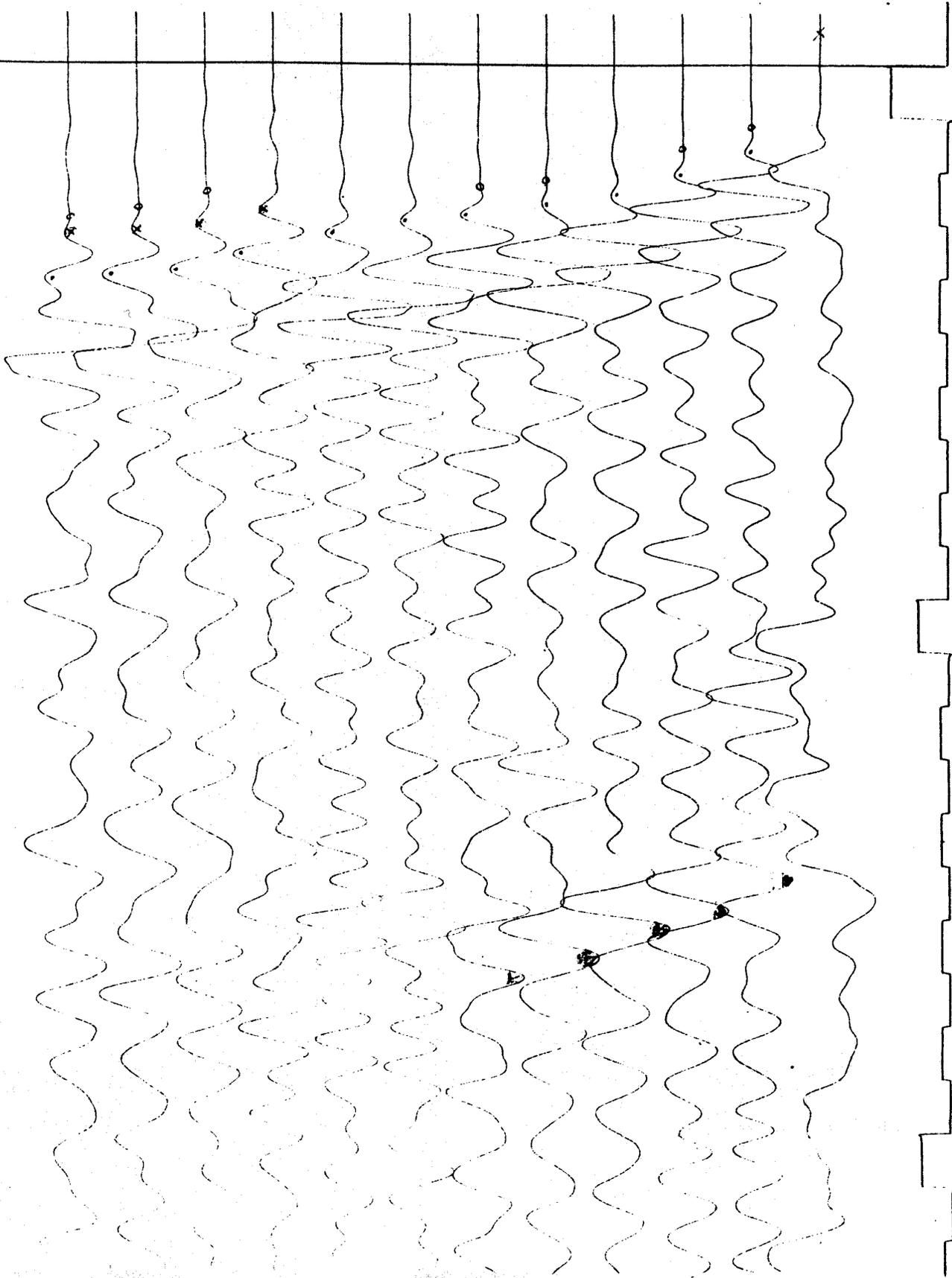


8

51



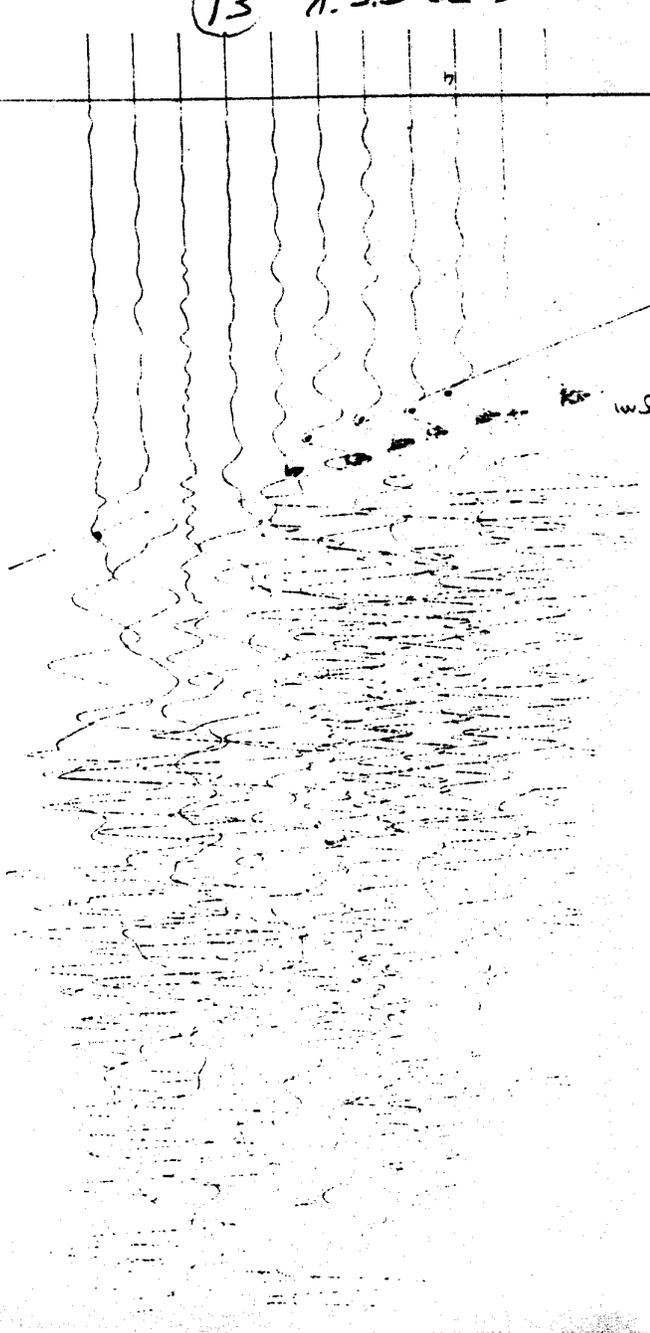
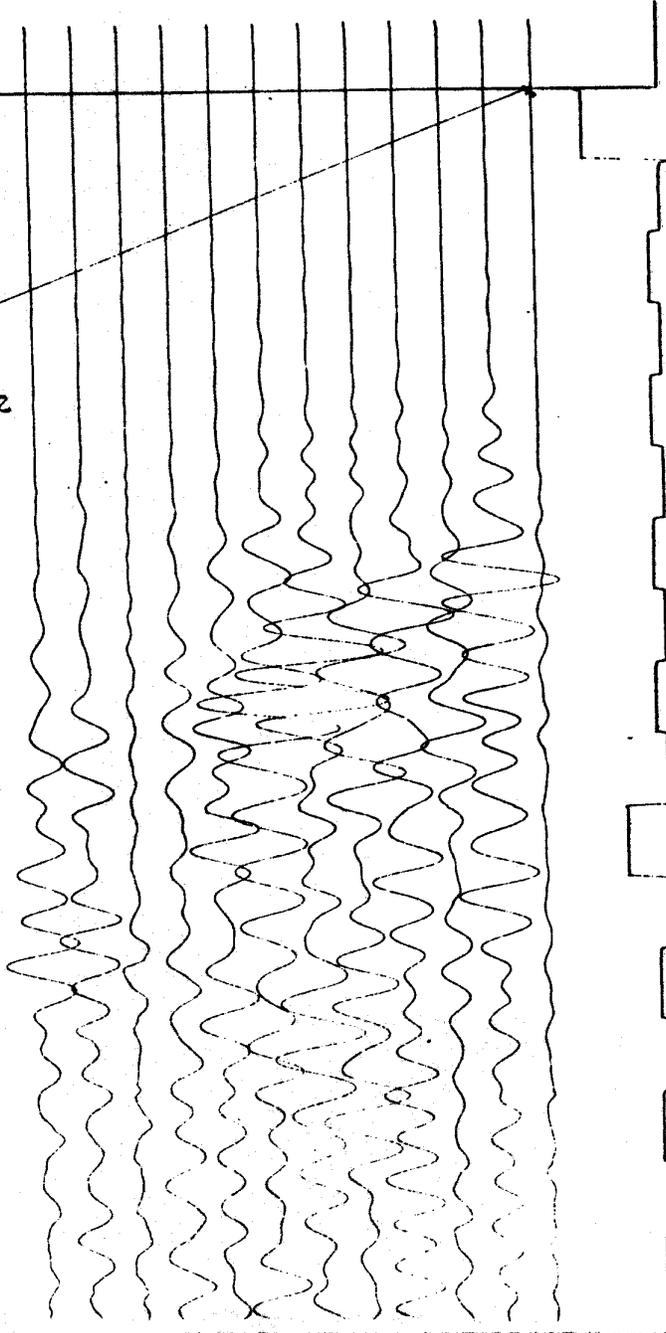
10



X

13

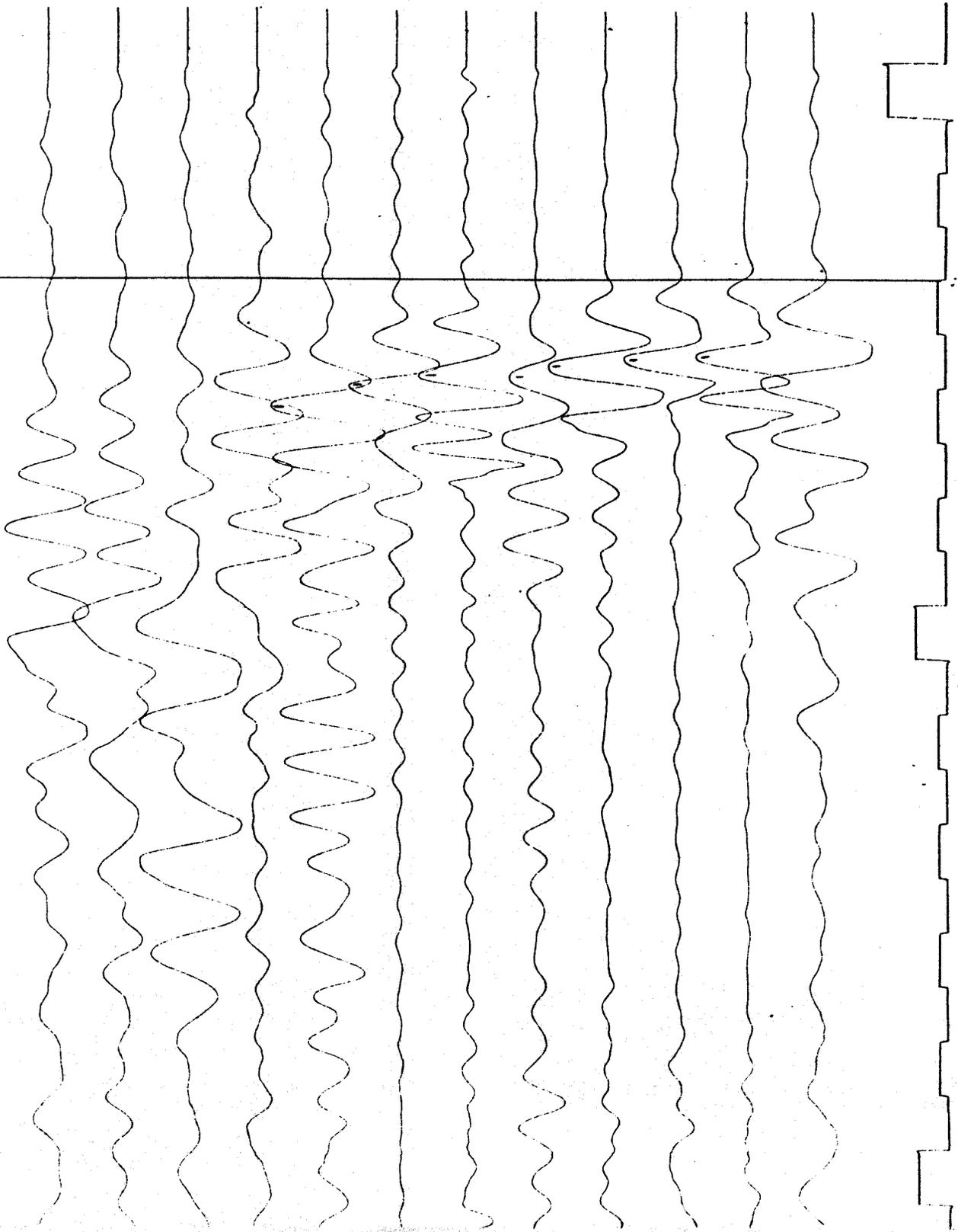
13 A.S.D. 25



25m

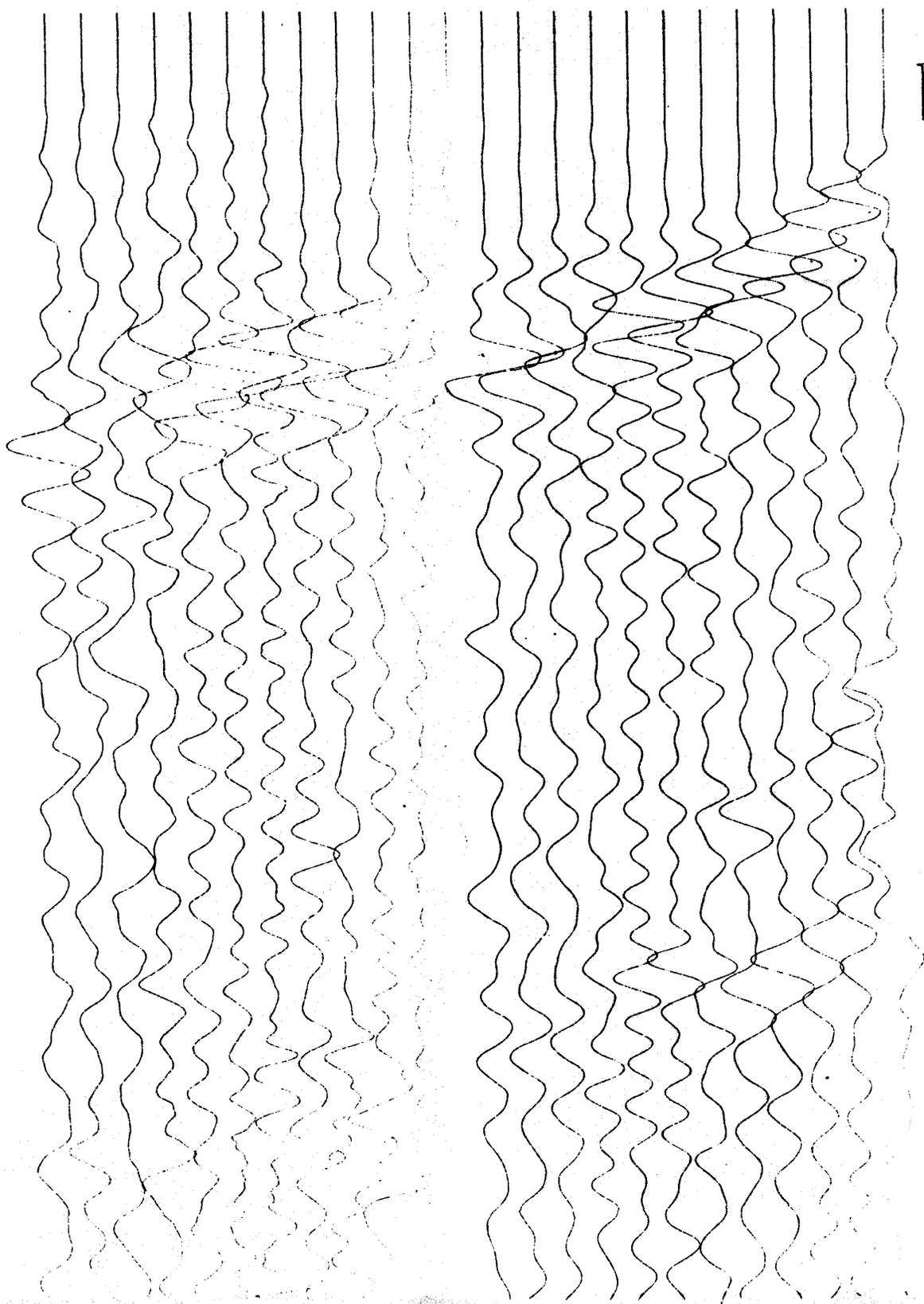
14

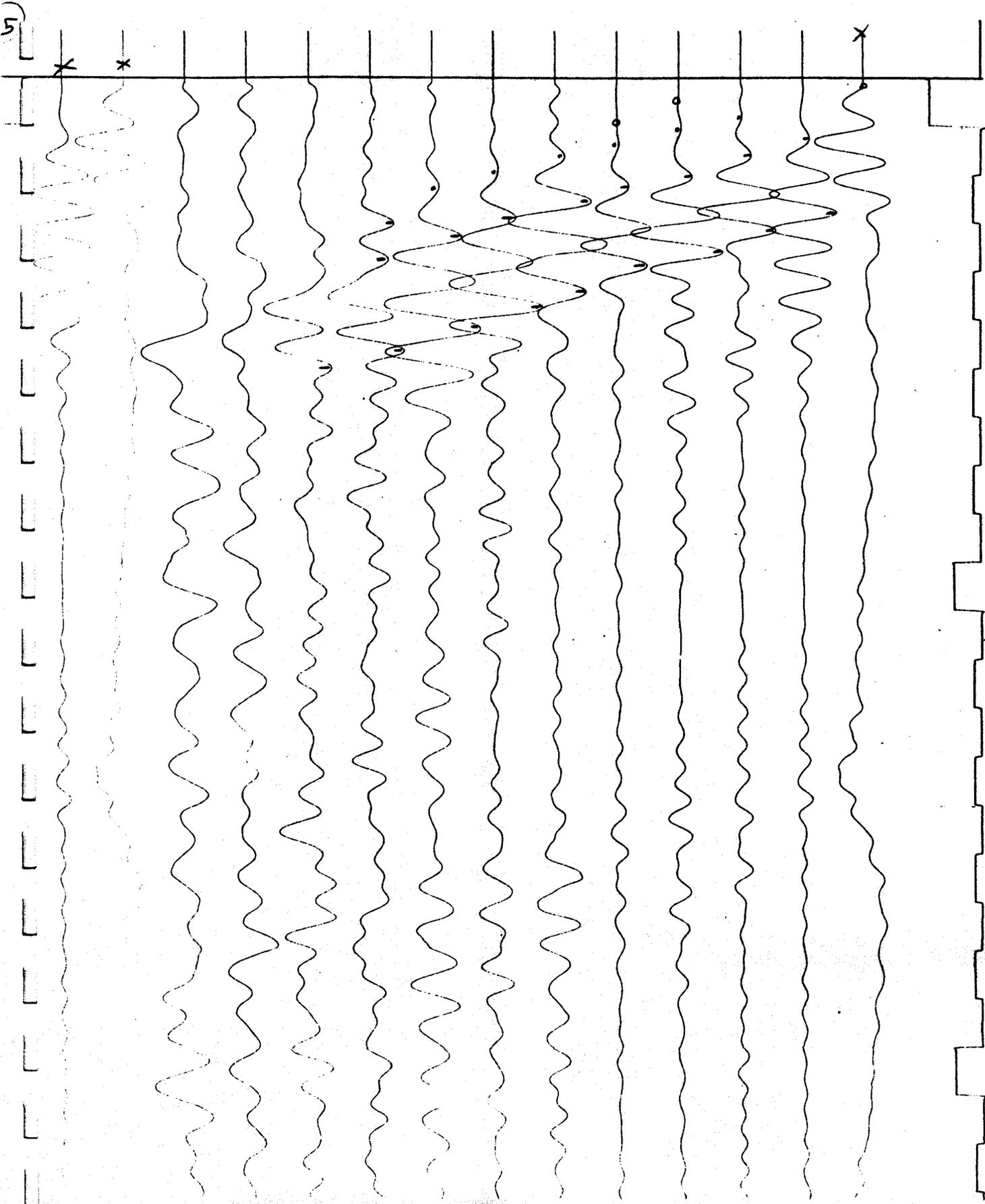
4



14

10



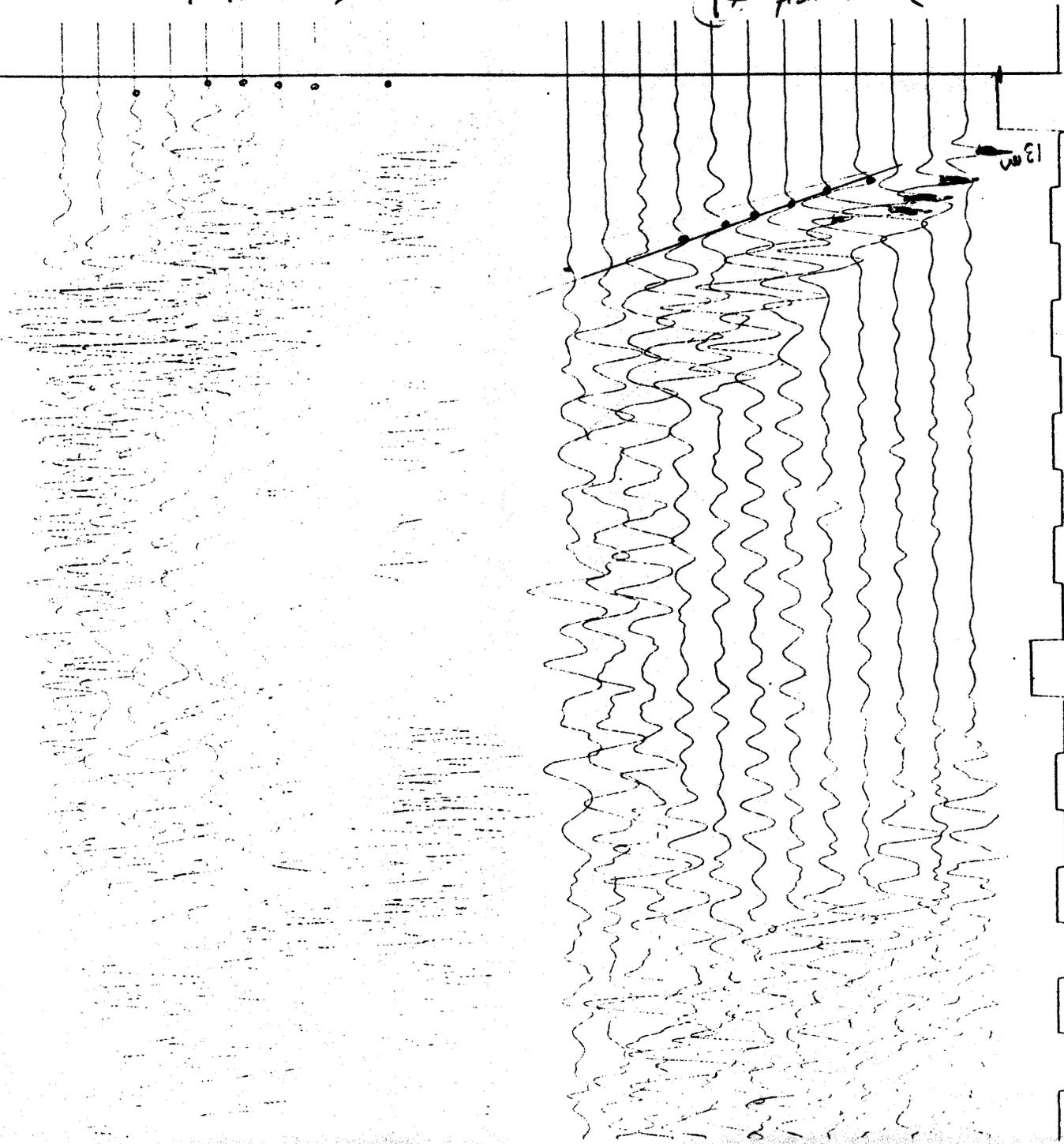


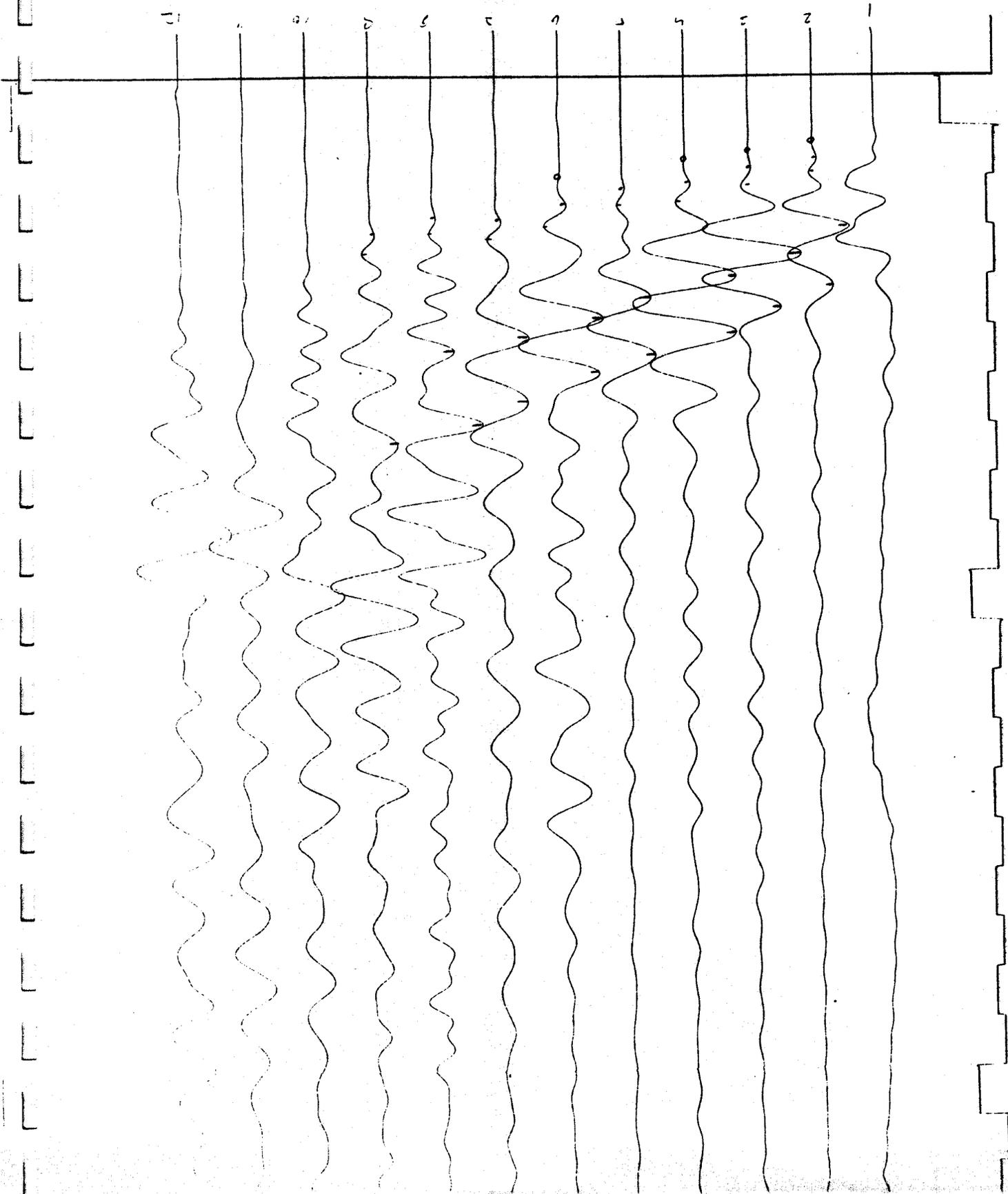
Bottom - water table

17 ASD 0,45

17 Hot water

13 cm





26

25

6 25

