

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

INFORME SOBRE LAS MEDIDAS DE LAS VIBRACIONES  
PRODUCIDAS POR LOS EXPLOSIVOS UTILIZADOS EN  
LA EXPLOTACION "SANTA LUCIA" EN AGUILAR DE -  
CAMPOO (PALENCIA)



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

00780

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
COMISARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES  
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

INFORME SOBRE LAS MEDIDAS DE LAS VIBRACIONES  
PRODUCIDAS POR LOS EXPLOSIVOS UTILIZADOS EN  
LA EXPLOTACION "SANTA LUCIA" EN AGUILAR DE -  
CAMPOO (PALENCIA)



00780



Fecha	25.2.83
Referencia	EH/dg

**INFORME** SOBRE LAS MEDIDAS DE LAS VIBRACIONES PRODUCIDAS POR LOS EXPLOSIVOS UTILIZADOS EN LA EXPLOTACION "SANTA LUCIA" EN AGUILAR DE CAMPOO (PALENCIA)

1. INTRODUCCION

A petición del escrito de fecha 11 de Octubre de 1982, del Ilmo. Sr. Director de Minas, en el que se daba cuenta al Director de este Centro de la necesidad de proceder a realizar un estudio de vibraciones producidas por el uso industrial de explosivos en la explotación "Santa Lucia" en Aguilar de Campo, se efectuó una visita a la citada explotación para tener un primer contacto con el problema planteado, los días 3 y 4 de noviembre, de la que se envió el correspondiente informe.

Durante los días 14 y 15 de Diciembre se procedió a la toma de datos en cinta magnética para su posterior análisis.

2. EQUIPO EMPLEADO

Toda la instrumentación empleada en las medidas efectuadas pertenecen a los Laboratorios de la División de Geología Aplicada a la Ingeniería del Instituto Geológico y Minero de España. Antes de efectuar la toma de datos tanto los capta

dores como el resto de la instrumentación, fueron tarados - para comprobar su correcto funcionamiento, así como la fiabilidad de sus medidas y después de realizadas estas no se detectó ninguna anomalía.

A) Sistema de tarado

El conjunto está constituido fundamentalmente por:

- Control de excitación
- Amplificador de medidas
- Amplificador de potencia
- Amplificador acondicionador
- Mesa de tarado
- Plotter
- Osciloscopio análogo

Los cinco primeros elementos son de la marca Bruel & Kjaer y corresponden a los modelos 1047, 2610, 2712, 2626 y 4808. El Plotter es marca Honey Well mod. 540 y el osciloscopio Textronix mod 3 A6.

B) Sistema de registro

a) Sobre papel: Registrador UV marca Micro Movements mod M10-120 de 10 canales, con motor servomotor controlado.

b) Magnético: Registrador marca S.E. de 8 canales -

de registro en cinta de 1/2 pulgada.

c) Captadores de aceleración: Acelerómetros sísmicos marca PCB, mod. 393 A y mod 302 A.

d) Captadores de velocidad: Electrodinámicos marca Nitro Nobel, Sinus y Nimbus

e) Sistema de medida de ruido: Sonómetro de precisión y para impulsos, marca Bruel & Kjaer mod. 2209.

f) Equipo autónomo: Bump Recorder marca Bruel & Kjaer mod. 2503.

g) Material vario para trabajos en campo, como sistemas de anclajes metálicos, líneas, etc.

Las unidades en que vienen expresados los resultados de las medidas son las siguientes:

- Frecuencia en Hz
- Aceleración en g
- Velocidad en mm/seg.
- Sonido en dB

### 3. TRABAJOS REALIZADOS

Como ya se ha citado las mediciones se realizan -

los días 14 y 15 del mes de Diciembre de 1982.

El día 14 se midió en puntos situados en el interior de la explotación y a distancias variables del punto de la pega. El día 15 por la mañana se midió en las edificaciones que están situadas junto a la explotación y entre esta y el castillo, midiendo también en un punto del interior. Finalmente el día 15 por la tarde se midió en unas edificaciones próximas a la explotación y ubicadas sobre una zona diapírica para comprobar si podían existir transmisiones anormales de ondas por efecto del cambio del tipo de terreno.

Se midieron un total de 18 voladuras, de las siguientes características:

DIA	VOLA DURA	Nº DE BARRENOS	SEPARACION	PIEDRA	CARGA DEL BARRENO
14	1	1	-	-	5 cartuchos
	2	1	-	-	10 "
	3	1	-	-	10 "
	4	1	-	-	10 "
	5	1	-	-	5 "
	6	1	-	-	5 "
	7	1	-	-	5 "
15	8	12	,30m	2,00m	10 "
	1	10	,50m	1,80m	10 "
	2	1	-	-	5 "
	3	1	-	-	5 "
	4	1	-	-	5 "
	5	1	-	-	5 "
	6	9	1,60m	2,00m	10 "
	7	1	-	-	5 "
	8	1	-	-	5 "
	9	1	-	-	5 "
10	1	-	-	5 "	

\*. Cartucho de Goma 2 Nº 10 (145 gr.) equivalente a 123,29 gr. de goma pura

En el plano n° 1 puede verse la situación de los puntos de medida (estaciones) y de las pegas realizadas.

Los sismogramas obtenidos se incluyen en el Anejo 1.

Para el estudio de las vibraciones en el dominio frecuencial se trataron con analizador 3 pegas seleccionadas por su mayor significación y cuyos resultados pueden verse en el Anejo 2.

#### 4. NIVELES DE VIBRACION

En los cuadros 1, 2 y 3 se representan los valores pico (máximos) de las vibraciones medidas para las distintas estaciones y las pegas realizadas.

Como puede verse en las medidas realizadas en las edificaciones situadas junto a la cantera (día 15 por la mañana, cuadro n° 2), los mayores valores corresponden a la componente horizontal transversal a la pega, y lógicamente el valor máximo a la pega 1 (10 barrenos de 10 cartuchos). Este valor es inferior a 2,5 mm/seg. y con frecuencias dominantes de 50-100 Hz.

En la misma pega, el equipo autónomo se situó en las instalaciones de la Compañía Telefónica Nacional de España, ubicados en lo alto de la loma donde está la explotación,

midiendo una velocidad de partícula de 4,4 mm/seg. con una frecuencia del orden de 250 Hz.

En las medidas realizadas en los edificios en construcción ubicados en el diapiro (día 15 por la tarde, cuadro n° 3), solamente se han obtenido valores significativos en la voladura 6 de 9 taladros con 10 cartuchos. La velocidad mínima medida es inferior a 1 mm/seg. con frecuencias dominantes entre los 15-40 Hz.

En estas mismas pegas se colocó el equipo de medida autónomo en el Castillo de Aguilar resultando valores inferiores a 0,1 mm/seg.

##### 5. NIVELES DE RUIDO

En las pegas 8 del día 14 y 1 del día 15 que tienen las mayores cargas se midió el nivel de ruido frente a la cantera al otro lado de la Cra. de Aguilar a Cervera del Pisuerga, resultando valores de la onda aérea inferiores a 120 dB - ponderados en líneal pico

##### 6. LEY DE PROPAGACION

Los valores picos de las componentes horizontales y vertical de la velocidad de partícula se han correlacionado con la distancia a la pega y la carga instantánea detonada se



gún la ley de propagación de la U.S.B.M., resultando:

- Componente vertical de la velocidad

$$v \text{ (mm/seg)} = 10.565 \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q}}\right)^{-2,20} \quad D \text{ en m, } Q \text{ en Kg}$$

coeficiente de correlación  $r = 0,94$

- Componente horizontal longitudinal de la velocidad

$$v \text{ (mm/seg)} = 1.188 \times \left(\frac{D}{\sqrt{Q}}\right)^{-1,82} \quad D \text{ en m, } Q \text{ en Kg}$$

coeficiente de correlación  $r = 0,92$

- Componente horizontal transversal de la velocidad

$$v \text{ (mm/seg)} = 15.891 \left(\frac{D}{\sqrt{Q}}\right)^{-2,21} \quad D \text{ en m, } Q \text{ en Kg}$$

coeficiente de correlación  $r = 0,99$

En el Cuadro n° 4 se representan los valores de las componentes de la velocidad, distancias y cargas, y en las figuras 2, 3 y 4 las leyes de propagación y los puntos medidos.

Una vez obtenidas las leyes de propagación del medio, la carga máxima instantánea (referida a goma pura) que puede detonarse se obtiene sustituyendo la velocidad por la dada en el criterio de daños elegido con el debido coeficiente de seguridad, con lo que se conoce la distancia reducida -

$(D/\sqrt{Q})$  y por tanto la carga  $Q$

## 7. CONCLUSIONES

- Las presentes conclusiones se refieren a las voladuras efectuadas en la explotación "Santa Lucia" durante los días 14 y 15 de Diciembre del año 1982.

- En España no existen normas oficiales referentes a la relación entre los parámetros de las vibraciones, así como la onda aérea producida por voladuras y los posibles daños que puedan ocasionar a personas y estructuras.

- Según la reciente investigación del "Bureau of Mines de U.S. Department of the Interior" (RI 8485), no existen daños a las estructuras de la edificación, ni cualquier posible daño a las personas a largo plazo, cuando la medida de la onda aérea ponderada en líneal pico, de valores inferiores a 133 dB.

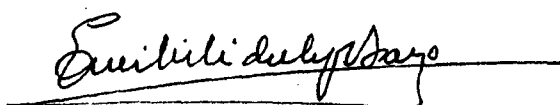
A título de información complementaria, se adjunta una recopilación de los criterios de prevención más usuales, hecha por este Centro, teniendo en cuenta la mas restrictivas y actuales. Anejo 4.

A nuestro juicio con los datos aportados se podría prever los posibles niveles de vibraciones que se alcanzarían al detonar una carga explosiva  $Q$  a una distancia dada, en el

terreno y condiciones que se ha operado.

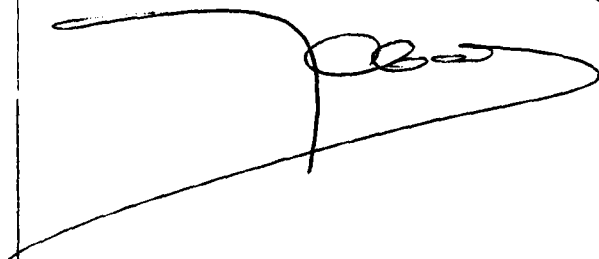
Finalmente, esperamos que este informe sea útil a quien corresponda para poder establecer las prescripciones adecuadas en el caso de ser necesarias.

EL AUTOR DEL INFORME



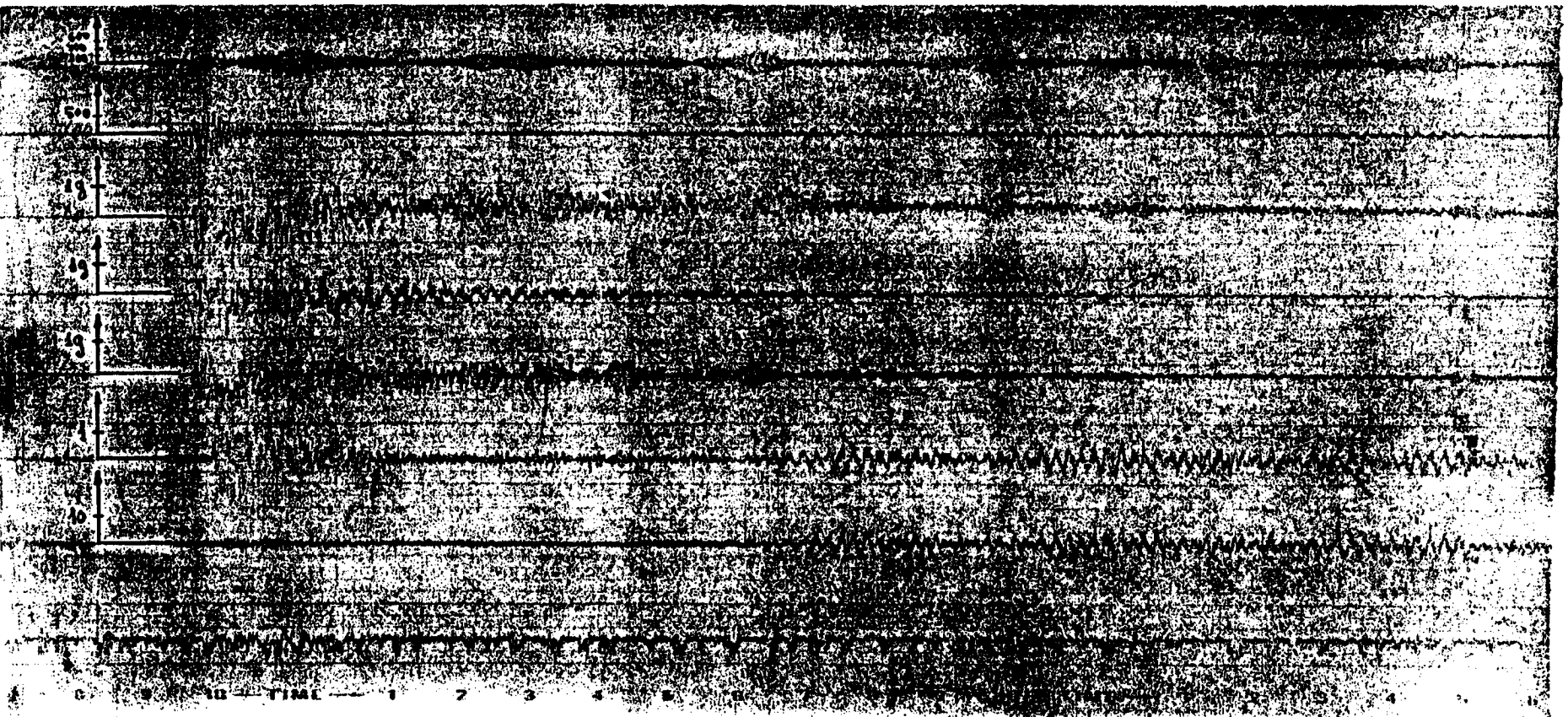
Fdo.: Emilio Hidalgo Bayo  
Jefe de la División de Geología  
Aplicada a la Ingeniería

V° . B° .  
EL DIRECTOR DE AGUAS SUBTERRANEAS  
Y GEOTECNIA



ANEJO 1

SISMOGRAMAS



DIA 14-XII-82

PEGA Nº 1

Velocidad

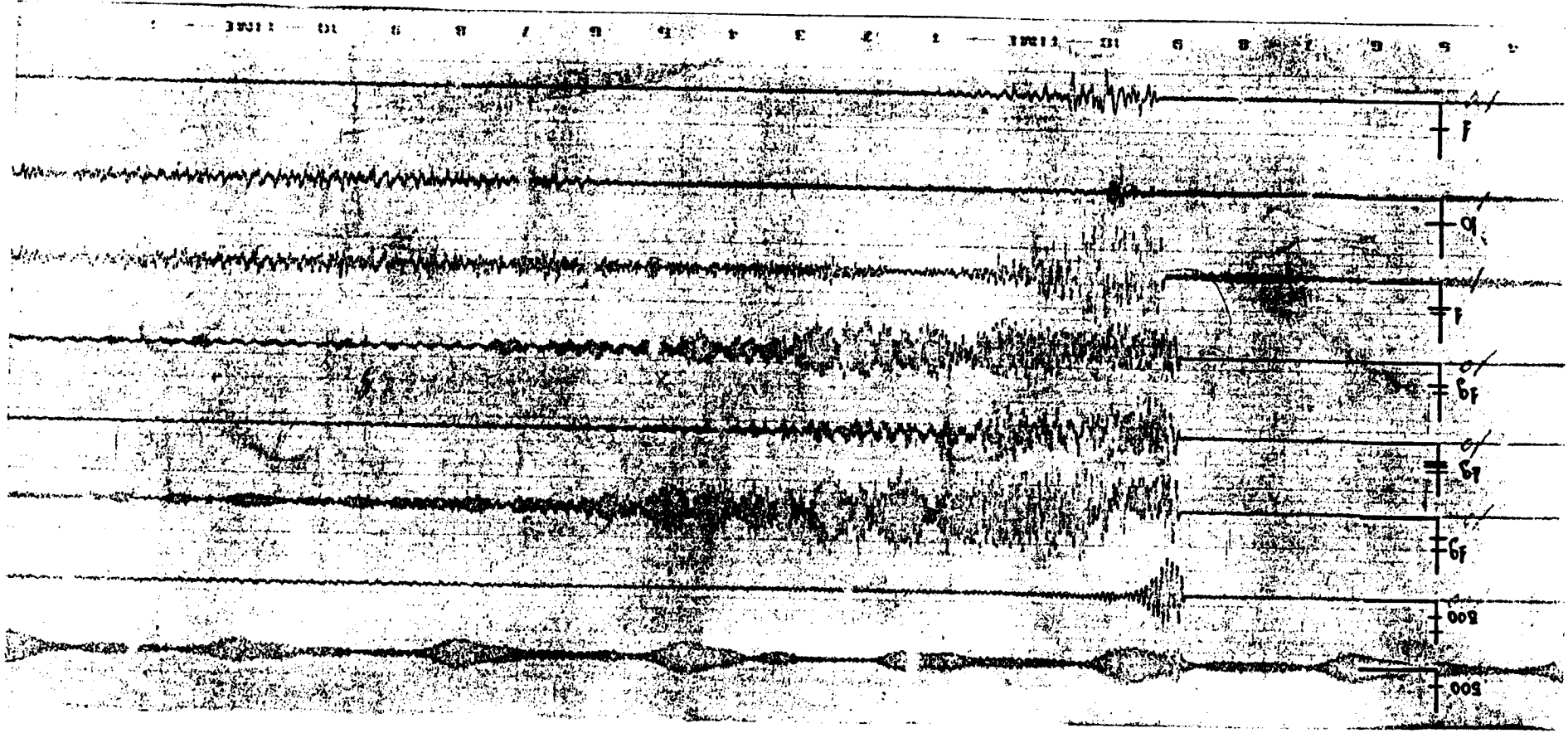
papel: 300 mm/s

DIA 14-XII-82

PEGA Nº 2

Velocidad

papel: 300 mm/s

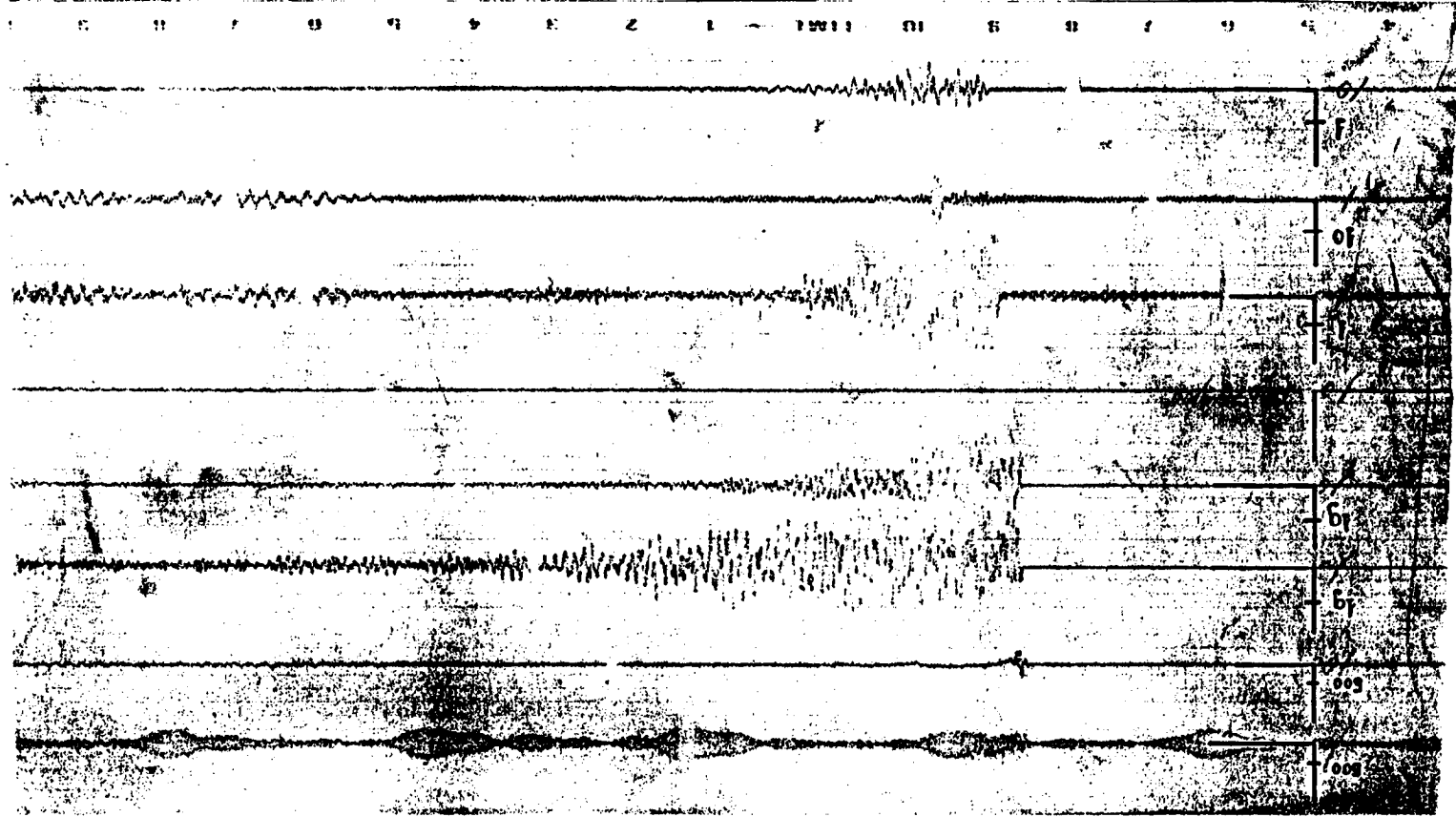


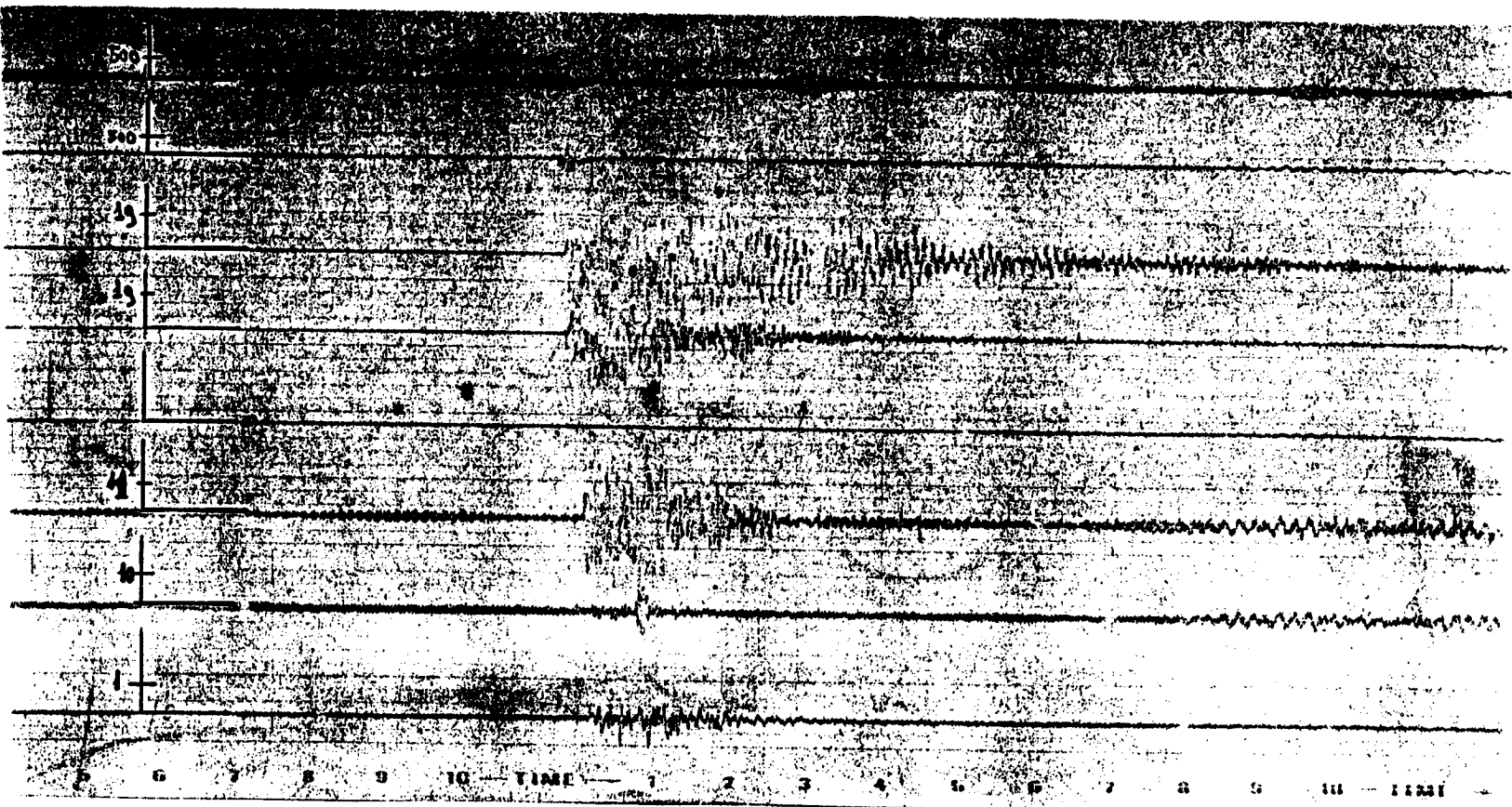
DIA 14-XII-82

PEGA NO 3

Velocidad

papel: 300 mm/s





DIA 14-XII-82

PEGA Nº 4

Velocidad

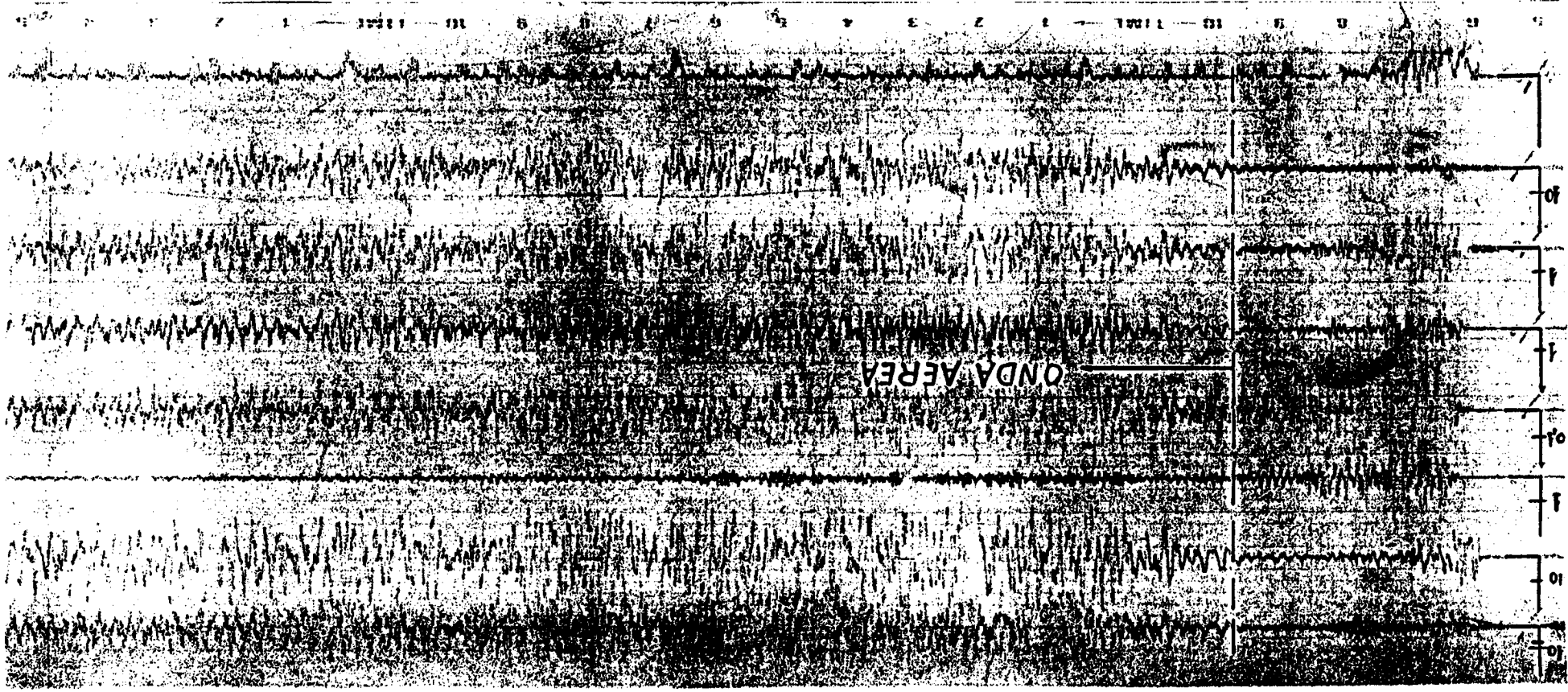
papel: 300 mm/s

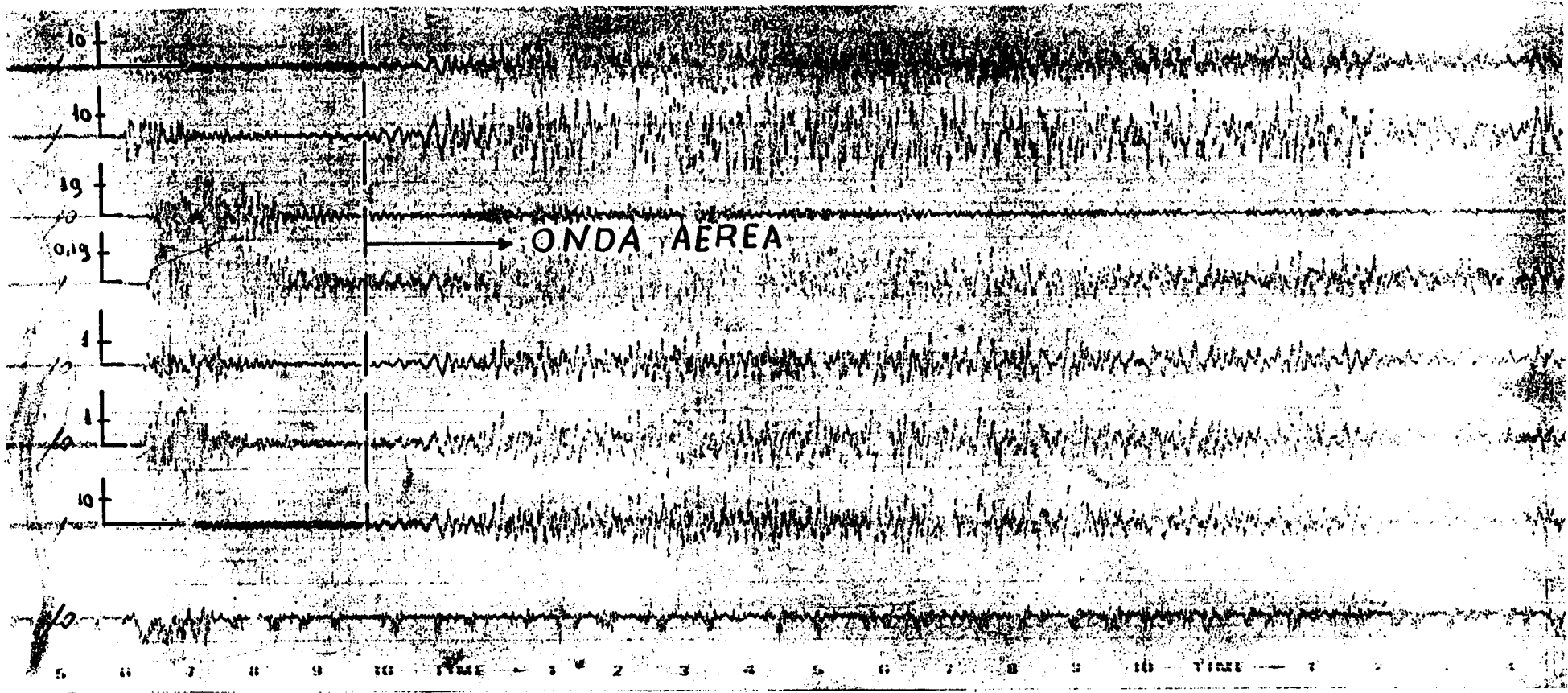


DIA 14-XII-82

PEGA Nº 5

Velocidad  
papel ~ 300 mm/s





DIA 14-XII-82

PEGA Nº 6

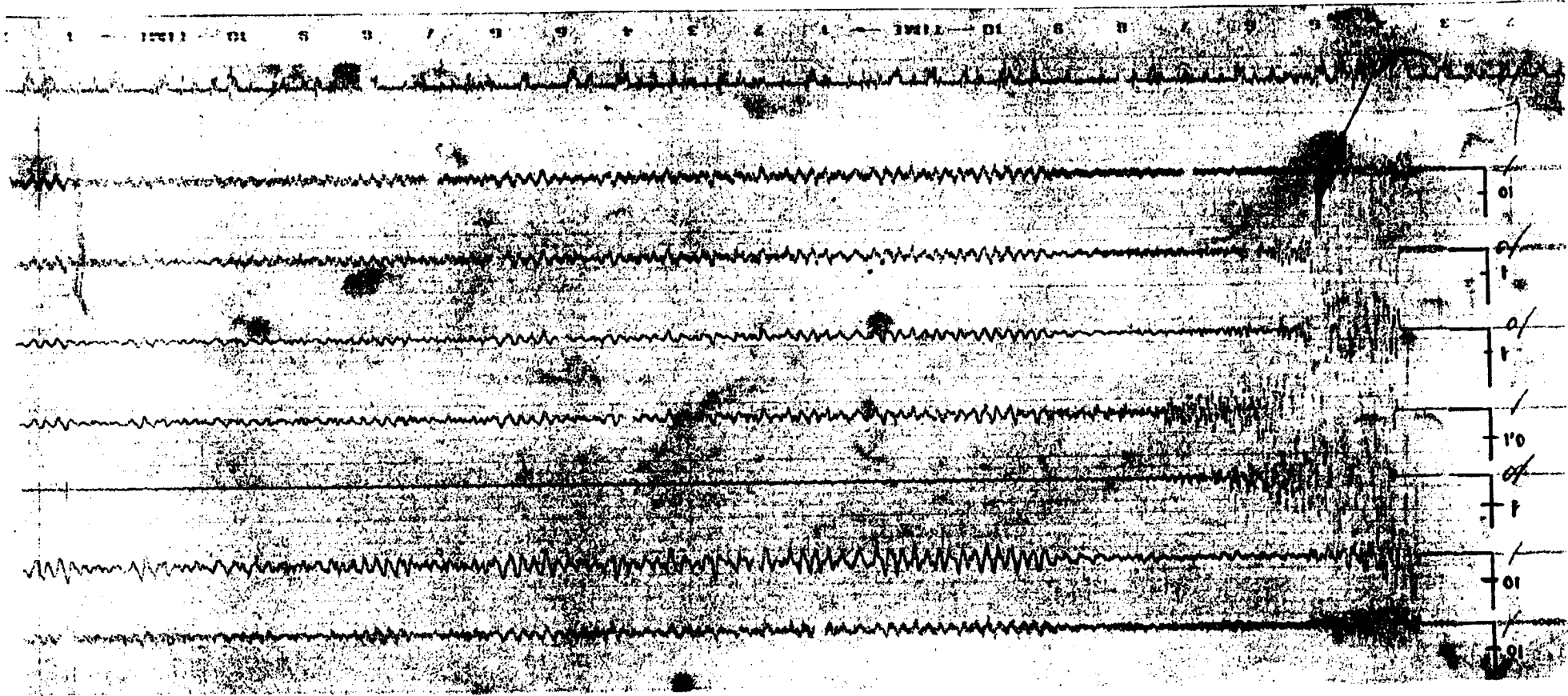
Velocidad  
papel ~ 300 mm/s

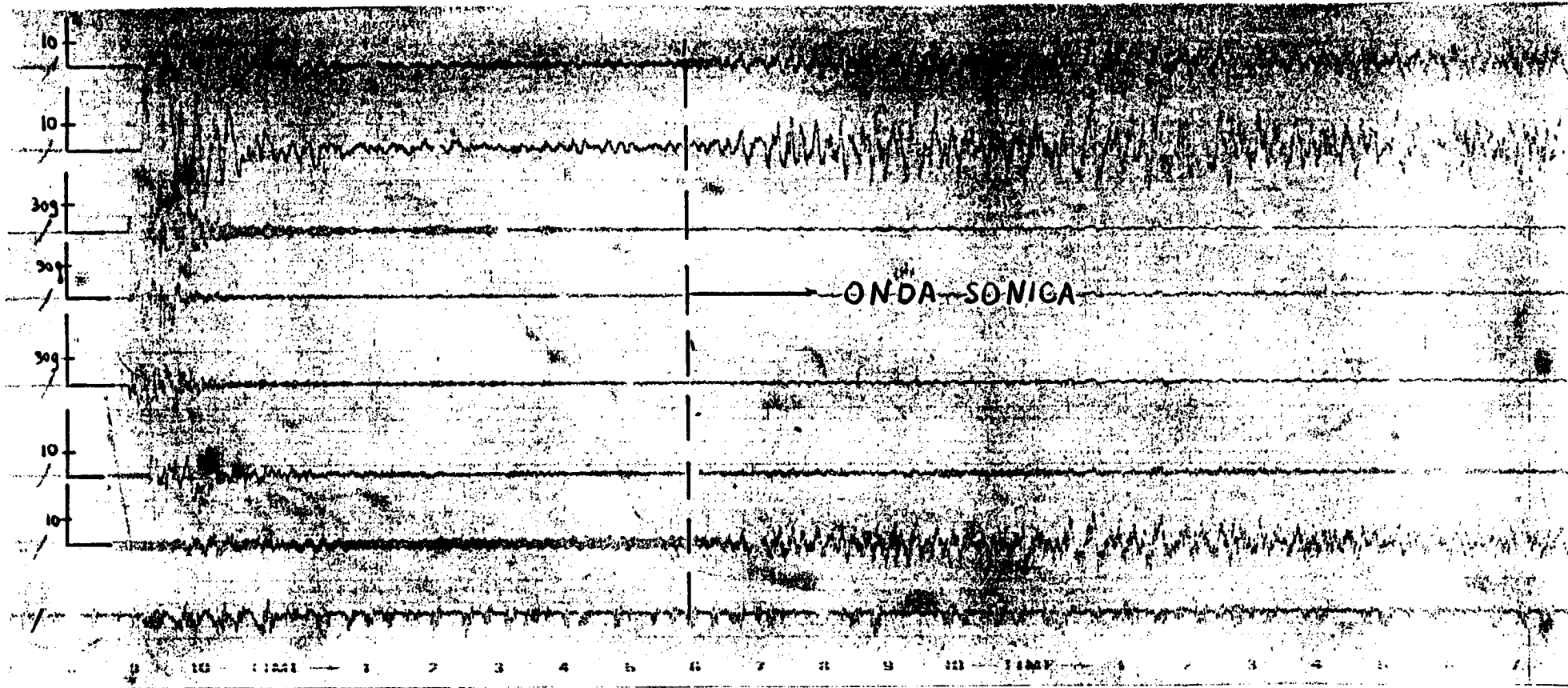
DIA 14-XII-82

PEGA Nº 7

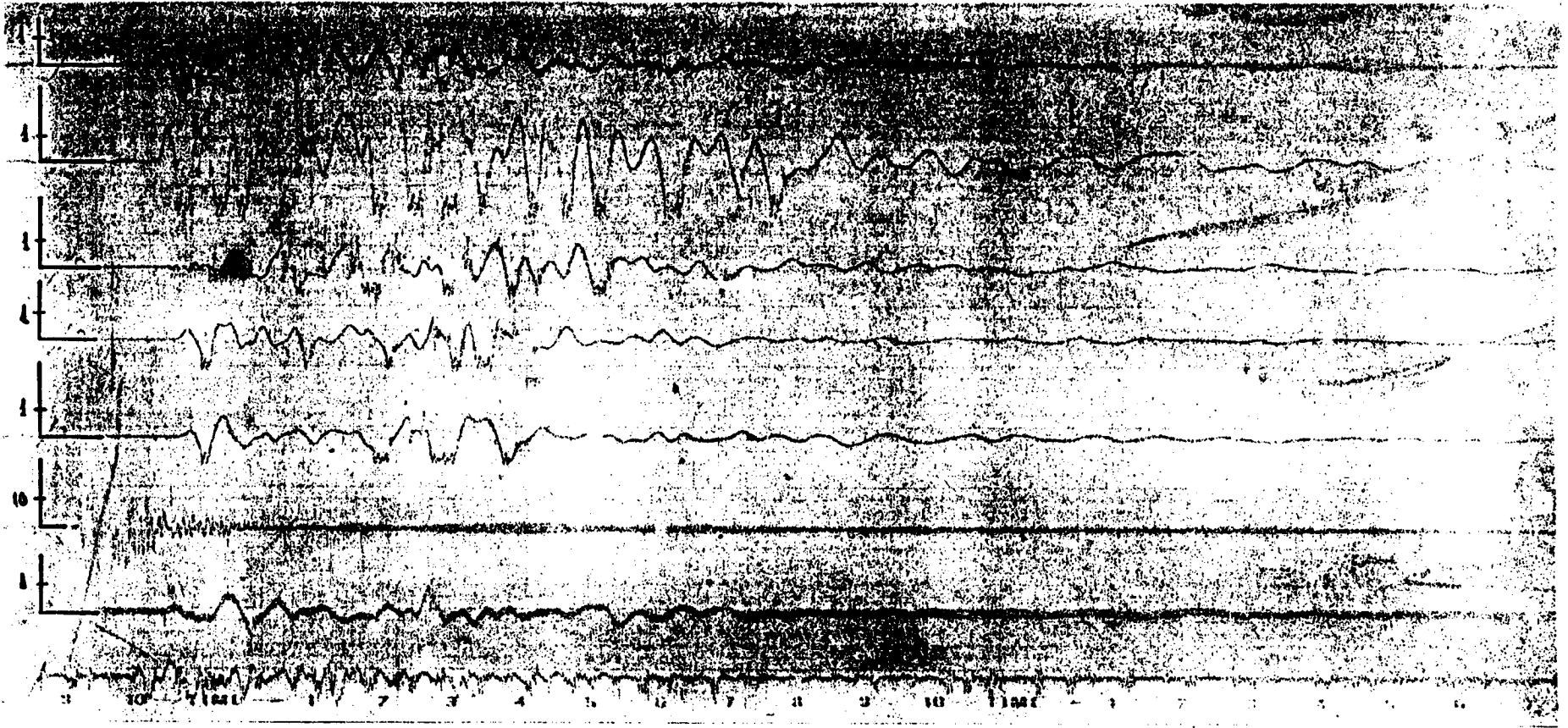
Velocidad

papel ~ 300 mm/s





DIA 14-XII-82  
PEGA Nº 8  
Velocidad  
papel ~ 300 mm/s



DIA 15-XII-82

PEGA Nº 1

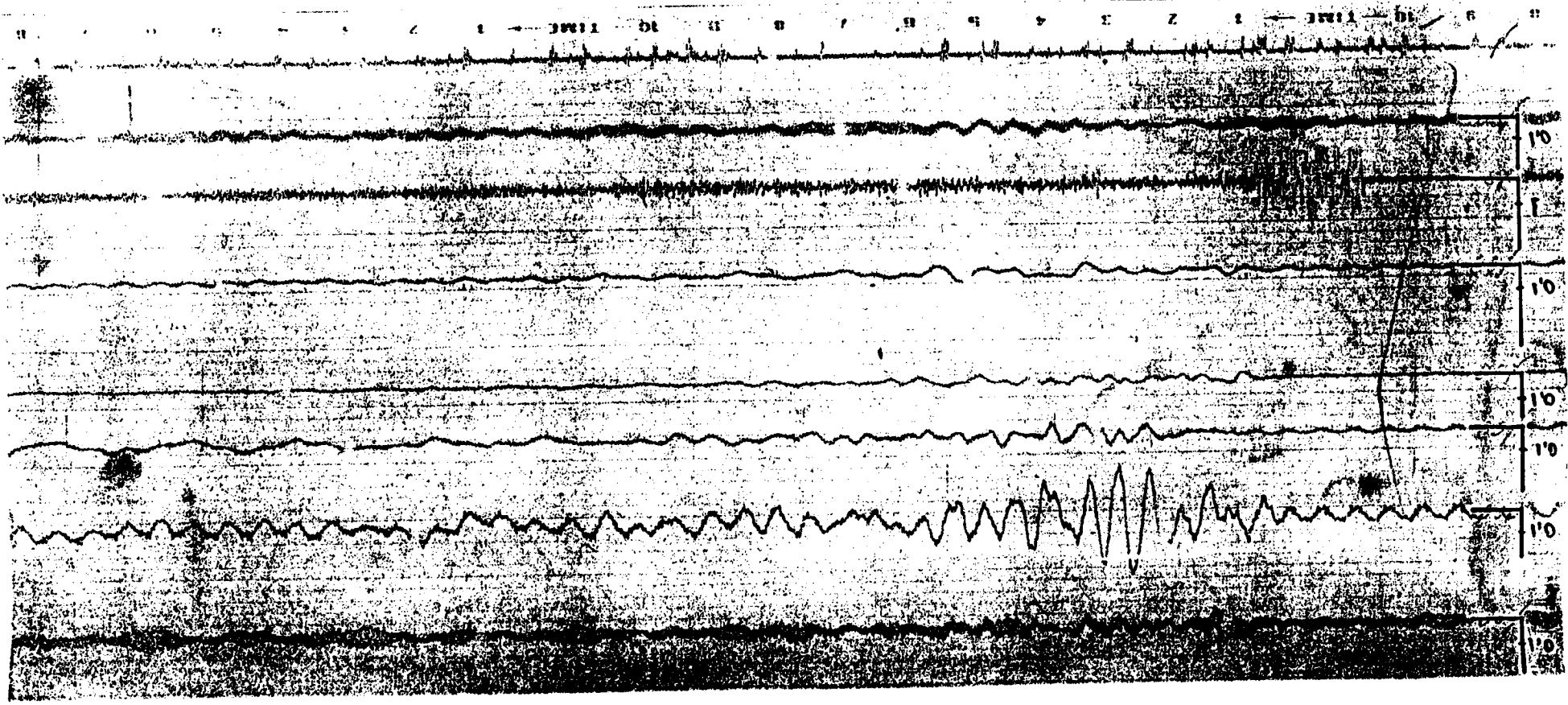
Velocidad 300 mm/s

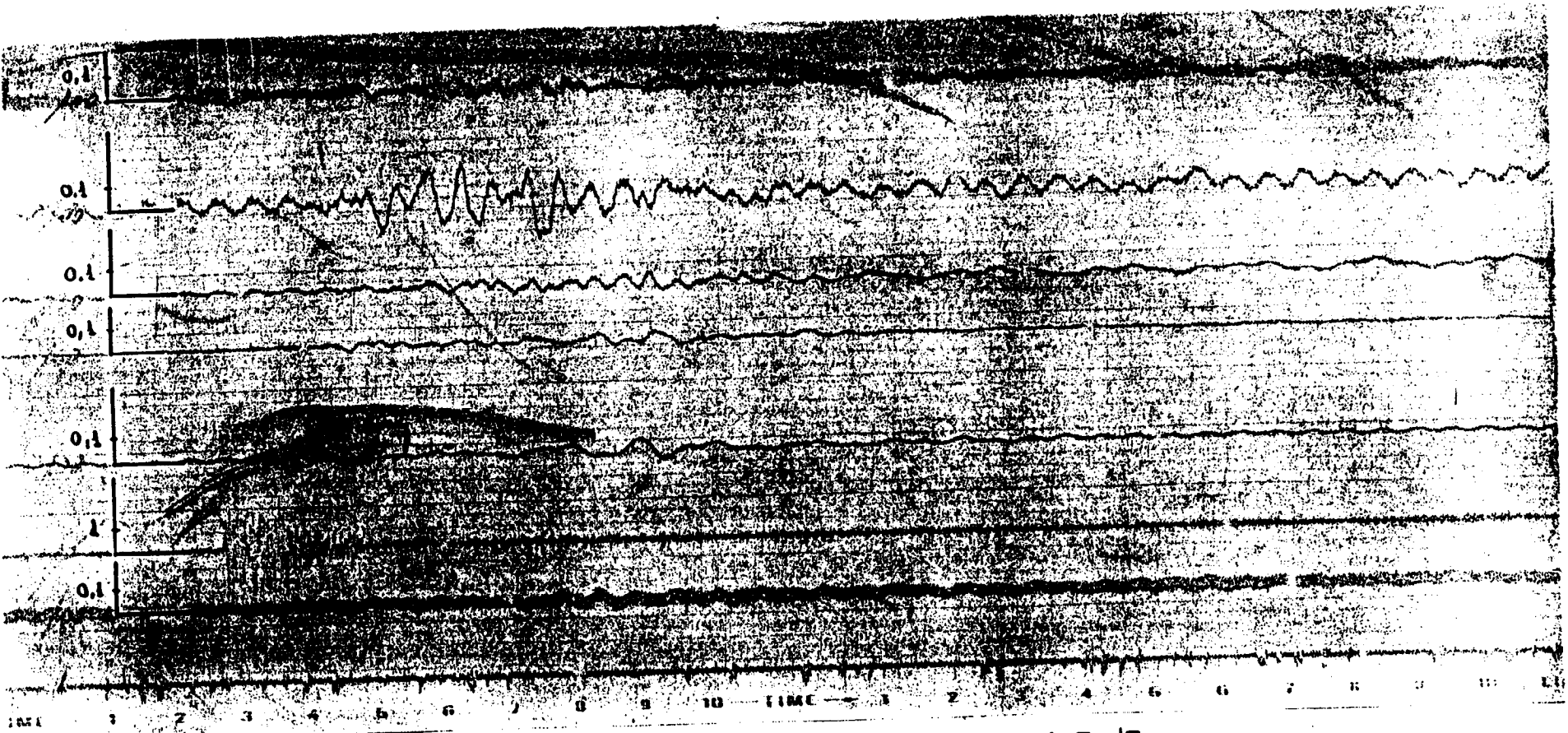
DIA 15-XII-82

PEGA Nº 2

Velocidad

papel ~ 300 mm/s





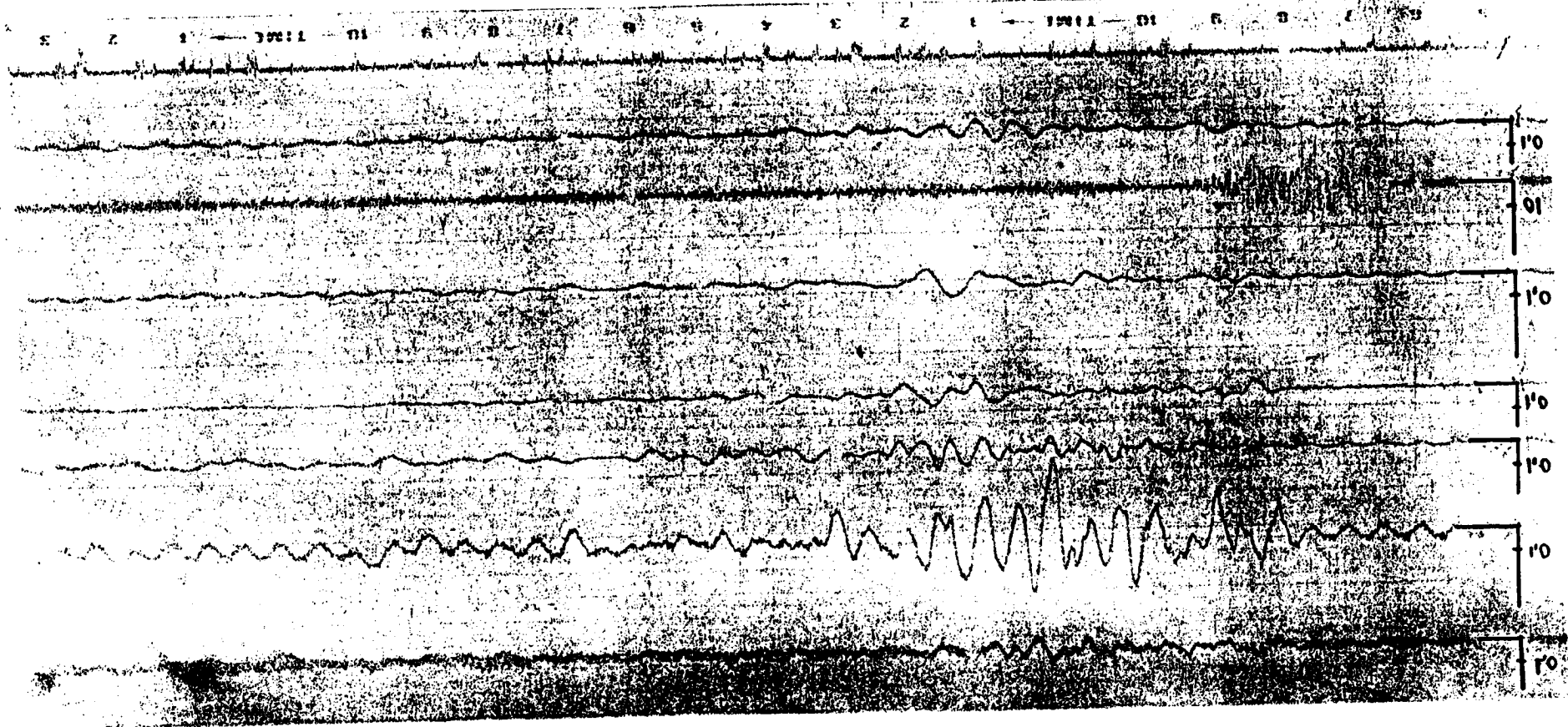
DIA 15-XII-82  
PEGA Nº 3  
Velocidad  
papel v. 300 mm/s

DIA 15-XII-82

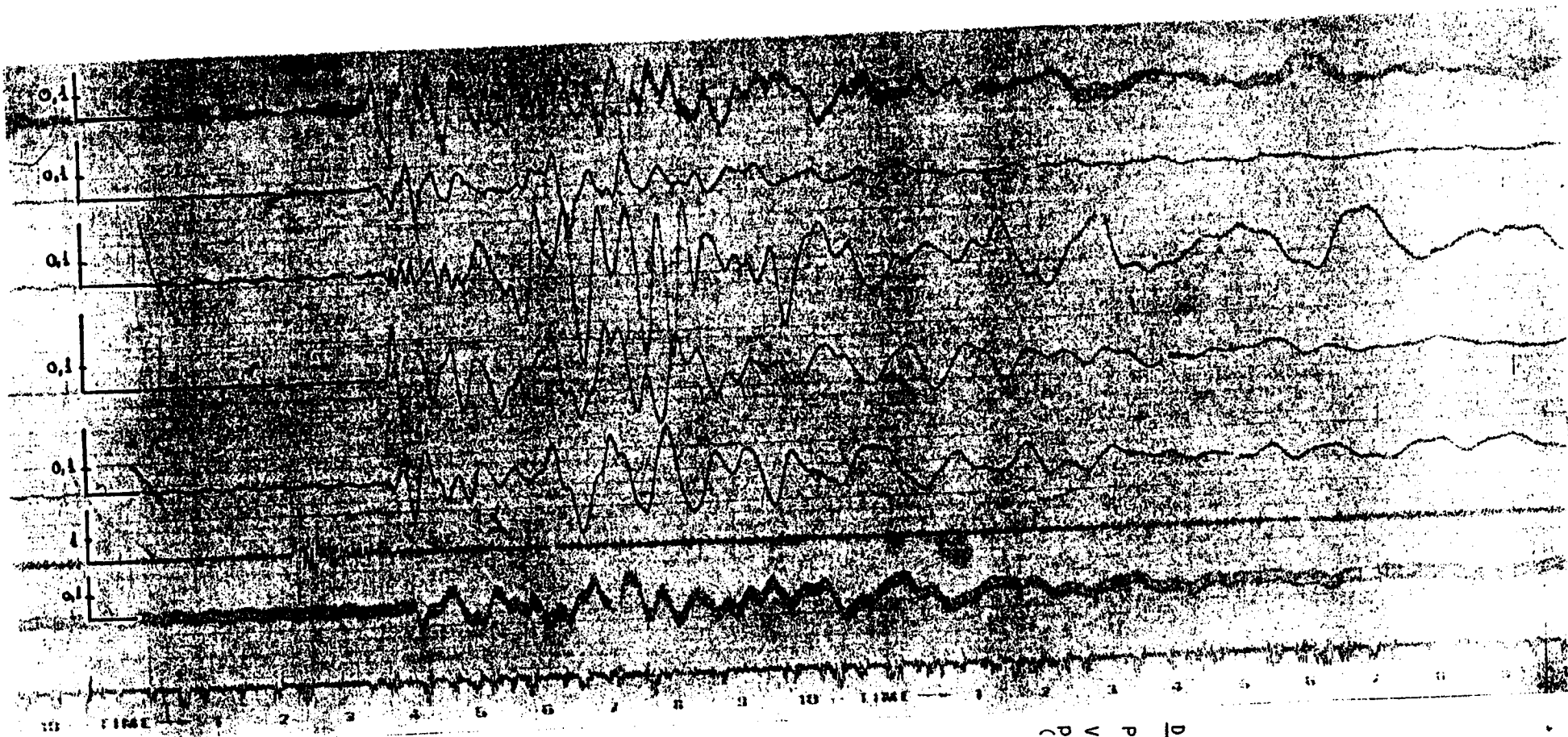
PEGA Nº 4

Velocidad

papel ~ 300 mm/s





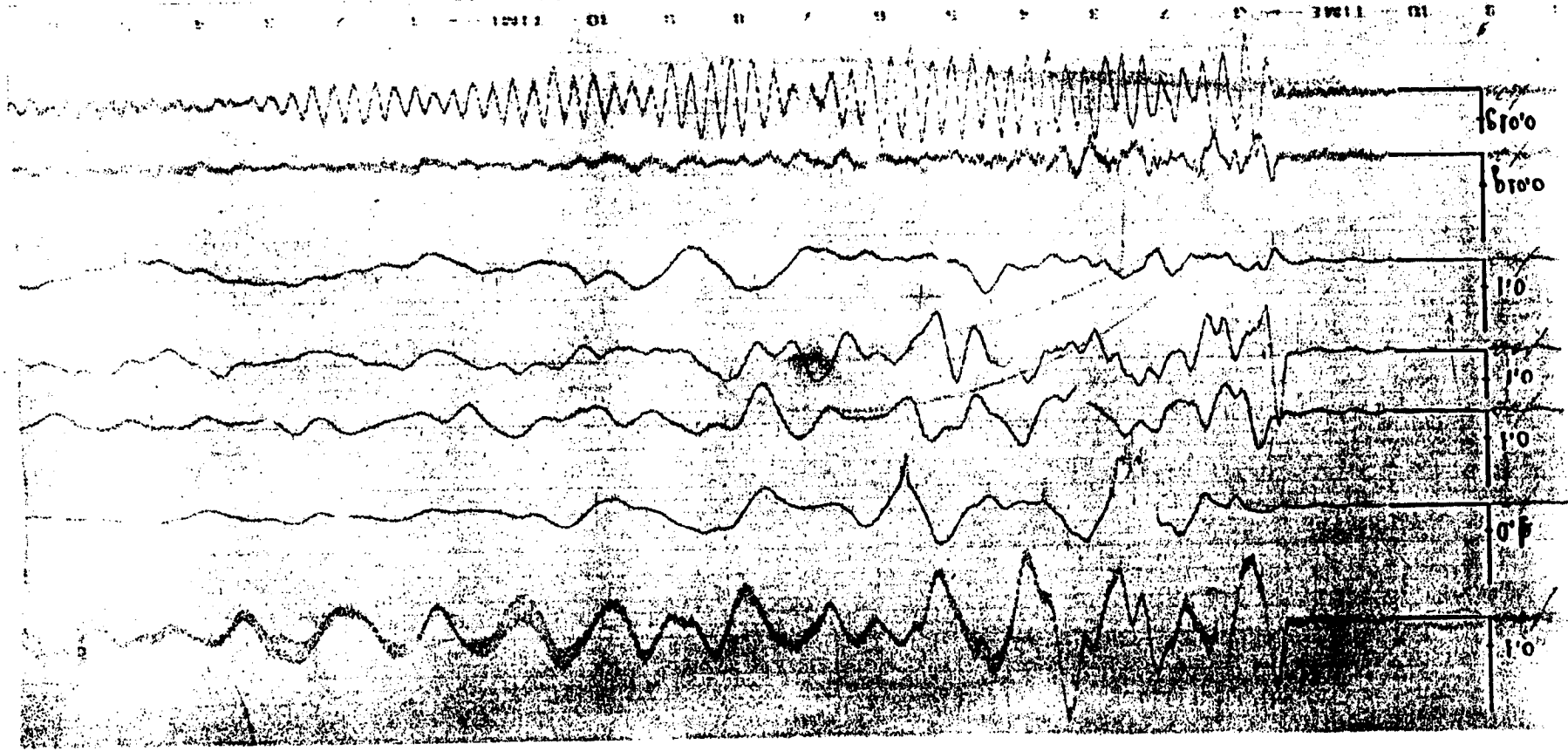


DIA 15-XII-82  
PEGA Nº 5  
Velocidad  
papel ~ 300 mm/s  
(por la mañana)

DIA 15-XII-82

PEGA Nº 6

Velocidad  
papel  $\sim$  300 mm/s

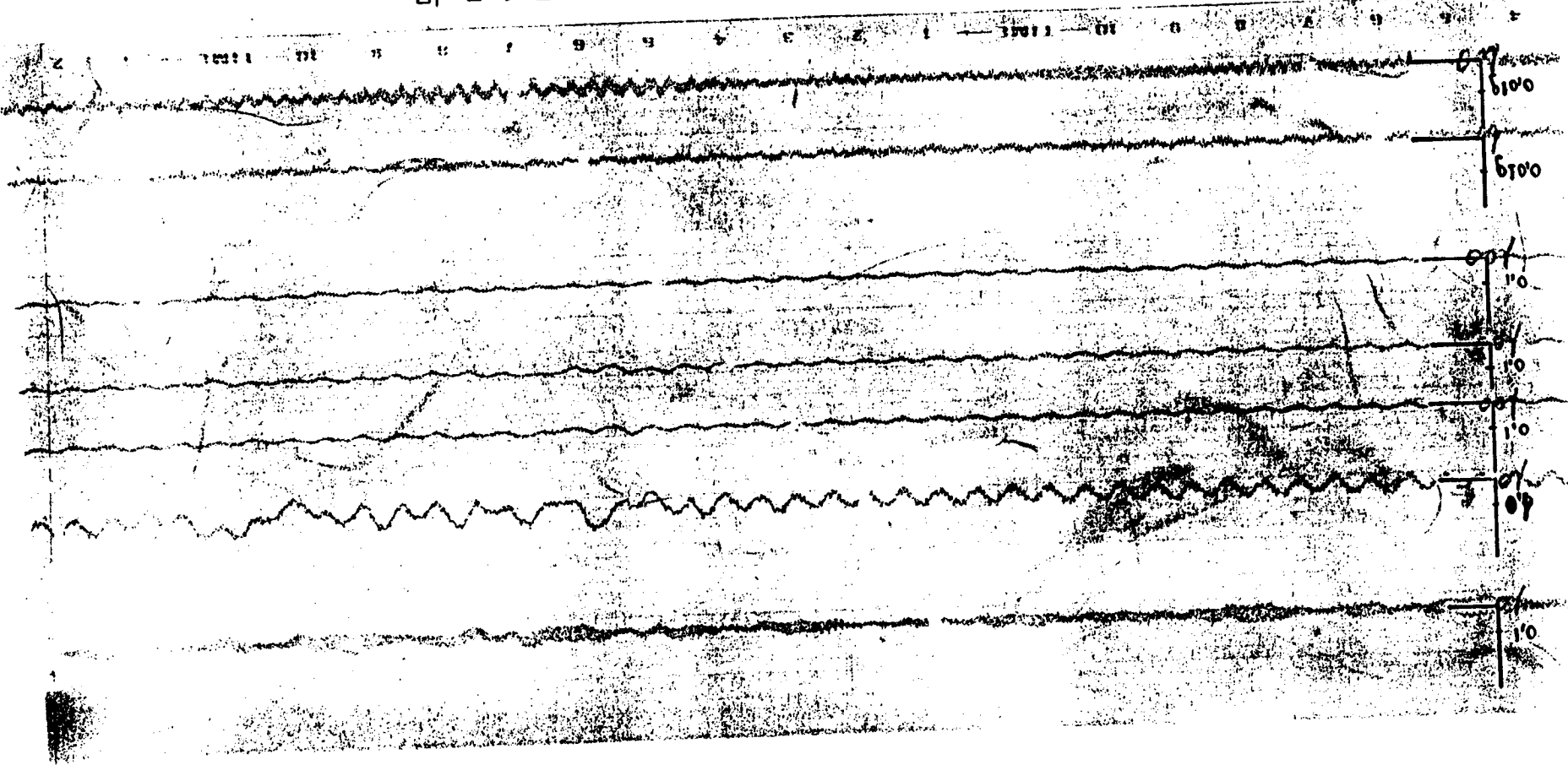


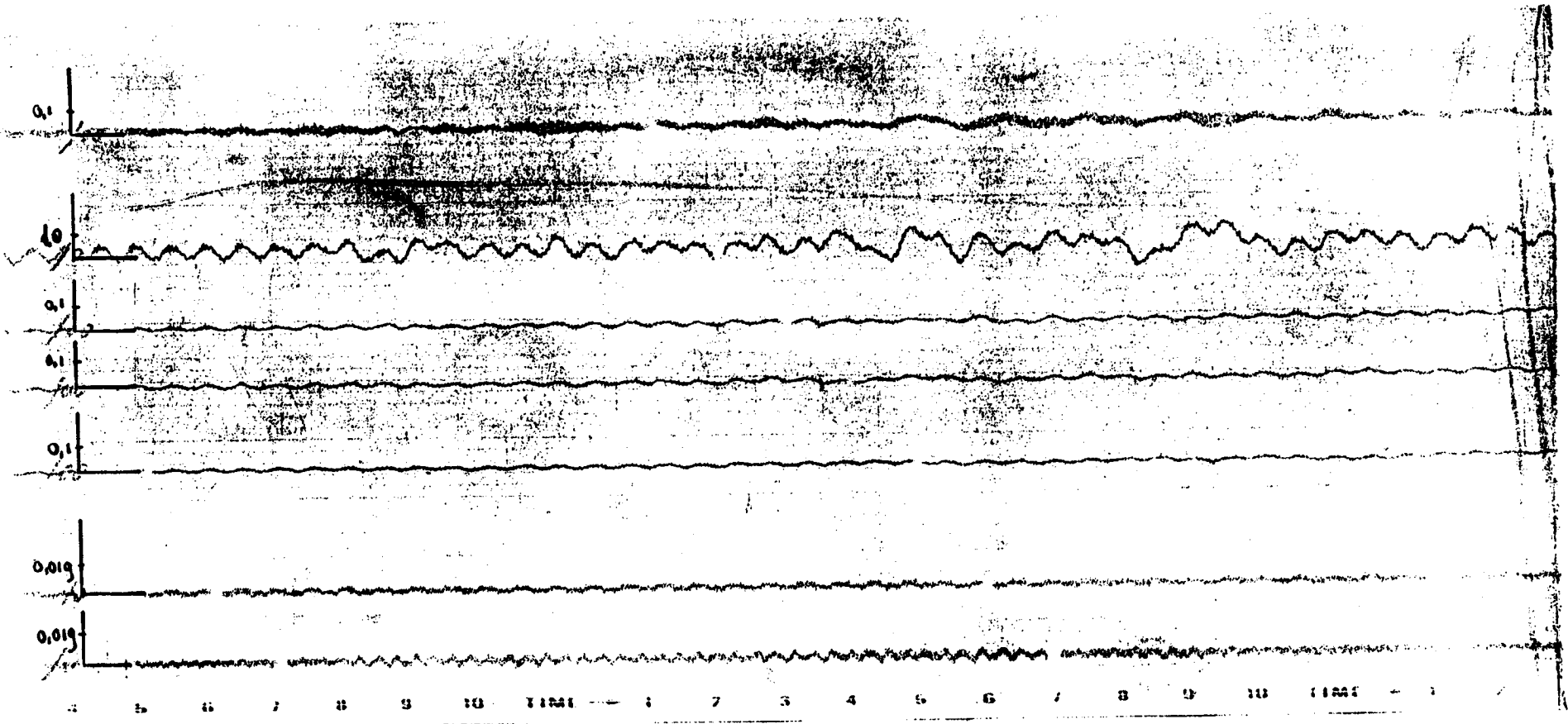
DIA 15-XII-82

PEGA Nº 7

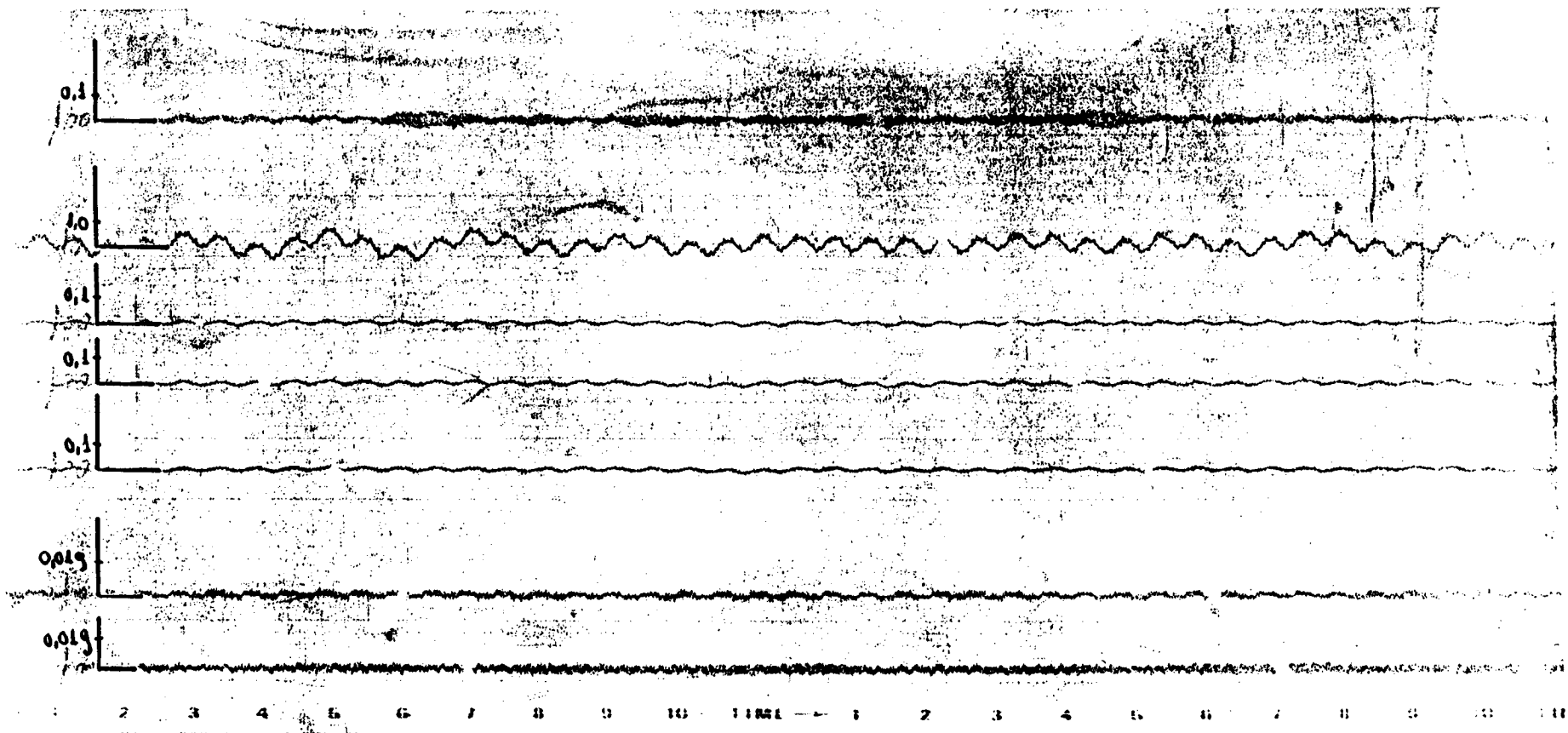
Velocidad

papel + 300 mm/s





DIA 15-XII-82  
PEGA Nº 8  
Velocidad  
papel + 300 mm/s



DIA 15-XII-82

PEGA Nº 9

Velocidad

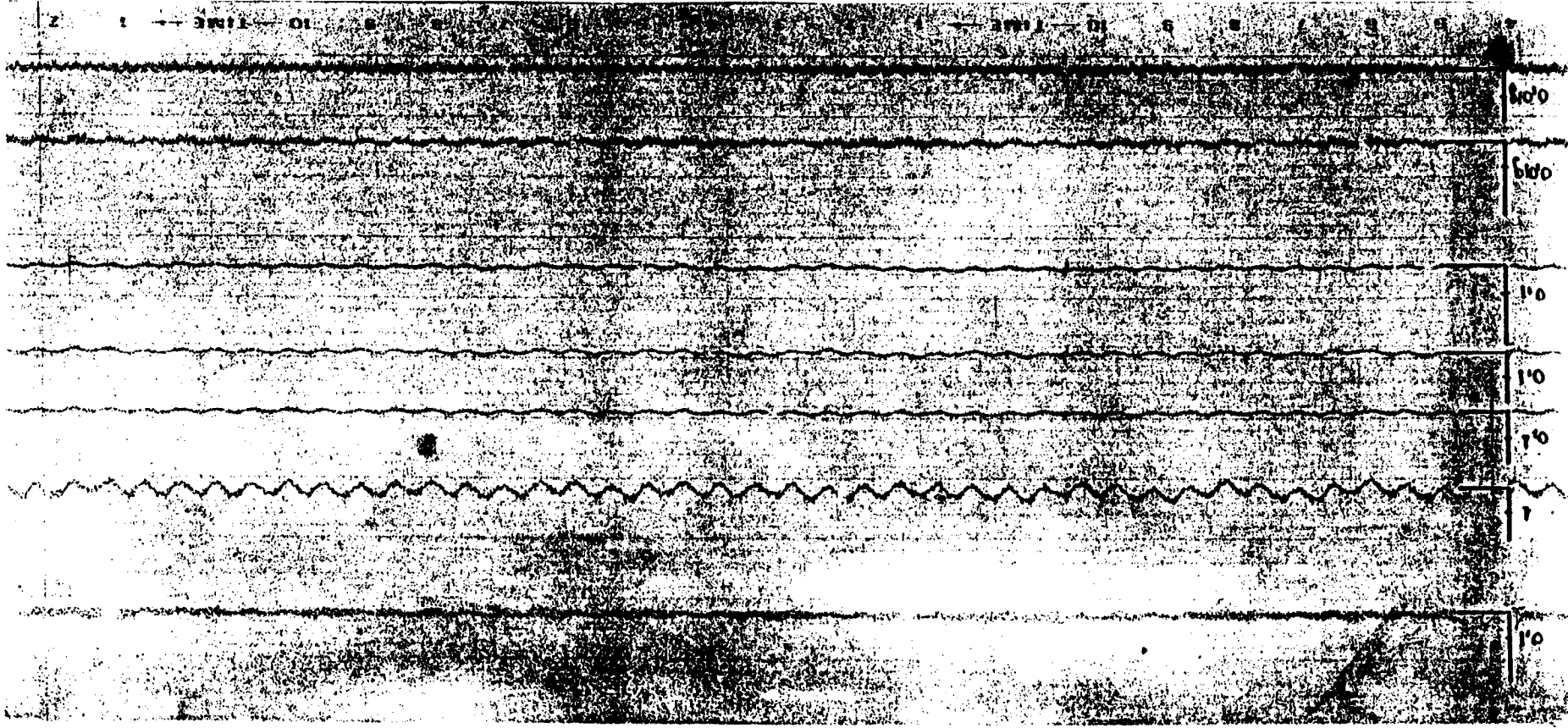
papel + 300 mm/s

DIA 15-XII-82

PEGA Nº 10

Velocidad

papel + 300 mm/s



ANEJO 2

ANALISIS FRECUENCIAL



DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-5

Fecha.....15-XII-1982.....  
 Localidad.. AGUILAR DE CAMPOO.....  
 Cinta.....111.....  
 Vuelta.....188.....  
 Carga (Kg. goma pura).....0,64.....

Canal Estación Captador Posición V.pico Frecuen. Overall Pico  $0/\sqrt{Q}$   $0/Q^{2/3}$

Canal	Estación	Captador	Posición	V.pico	Frecuen.	Overall	Pico	$0/\sqrt{Q}$	$0/Q^{2/3}$
1	E2	V-353	Vertic.	0,408	85	0,105	0,043 13,8 Hz	184	198
2	E2	H-97	H.Trans	$\geq 0,98$	49	0,185	0,053 (48,8 Hz)	184	198
3	E2	H-99	H.Long	0,415	51	0,127	0,065 (12,5 Hz)	184	198
4	E4	V-355	Vertic.	0,378	85	0,084	0,056 (23,8 Hz)	176	190
5	E4	H-102	H.Long	0,244	29	0,092	0,035 (25 Hz)	176	190
6	E3	V-356	Vertic.	15,38	256	1,11	0,27 1,25 Hz	26,2	28,2
7	E1	V-357	Vertic.	0,108	47,4	0,047	0,020 13,8 Hz	214	230
8	NO	HAY	GRABACION						

- Velocidad de partícula en mm/seg.
- Aceleración de partícula en g.





DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-6

Fecha ..... 15-XII-1982 .....  
 Localidad . AGUILAR . DE . CAMPOO .....  
 Cinta ..... 111 .....  
 Vuelta ..... 271 .....  
 Carga (Kg. goma pura) .... 11,5 .....

Canal Estación Captador Posición V.pico Frecuen. Overall Pico  $D/\sqrt{Q}$   $D/Q^{2/3}$

Canal	Estación	Captador	Posición	V.pico	Frecuen.	Overall	Pico	$D/\sqrt{Q}$	$D/Q^{2/3}$
1	E2	V-357	Vertic.	0,38	19,6 Hz	$58,8 \times 10^{-3}$	$27 \times 7 \times 10^{-3}$		
2	E2	H-102	HT	> 0,928	19,7 Hz	0,114	0,049 (110 Hz)		
3	E2	H-99	HL	0,133	34 Hz	$31,9 \times 10^{-3}$	$10,7 \times 10^{-3}$ (f= 11 Hz)		
4	E3	V-353	Vertic.	0,257	73 Hz	0,044	-0,021 ( 6 Hz)		
5	E3	H-97	Long.	0,105	15 Hz	0,0211	0,008 (6,7 Hz)		
6	E1	A-2	Vertic.	$7,26 \times 10^{-3}$	73 Hz	$0,90 \times 10^{-3}$	$0,60 \times 10^{-3}$ (50 Hz)		
7	E1	A-1	Transv.	$19,92 \times 10^{-3}$	85	$3,81 \times 10^{-3}$	$2,08 \times 10^{-3}$ (93,5 Hz)		
8									

- Velocidad de partícula en mm/sec.
- Aceleración de partícula en g.



DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

Fecha ..... 14-XII-1982 .....  
 Localidad .AGUILAR. DE. CAMPOD.....  
 Cinta .....111.....  
 Vuelta ....147,5.....  
 Carga (Kg. goma pura) ...15,3.....

Canal	Estación	Captador	Posición	V.pico	Frecuen.	Overall	Pico	$D/\sqrt{Q}$	$D/Q^{2/3}$
1	E4	H-101	Long.	14,4	99	2,81	0,82 (140)	15,1	9,6
2	E4	H-102	Transv.	24,6	80	2,62	0,78 (140)	15,1	9,6
3	E2	A-BCB	Vertic.	21,38	301	4,57	1,32 (580)	3,3	2,1
4	E2	A-PCB	H.Long.	21,62	171	2,74	0,95 130 Hz	3,3	2,1
5	E2	A-PCB	H.Trans.	23,35	394 Hz	5,06	1,99 735 Hz	3,3	2,1
6	E3	V-352	Vertic.	> 10,38	-	2,77	1,00 55 Hz	14,8	9,4
7	E4	V-357	Vertic.	10,94	92	4,25	1,24 72,5 Hz	15,1	9,6
8									

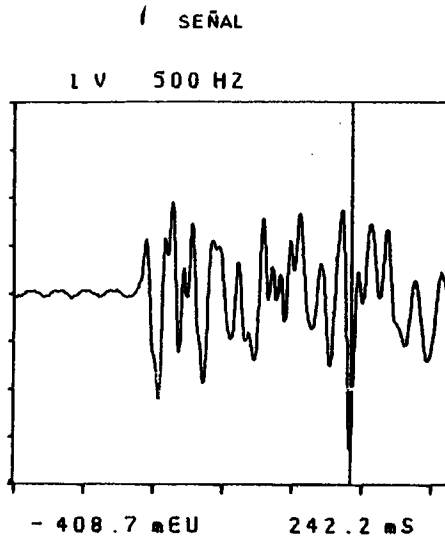
- Velocidad de partícula en mm/seg.
- Aceleración de partícula en g.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

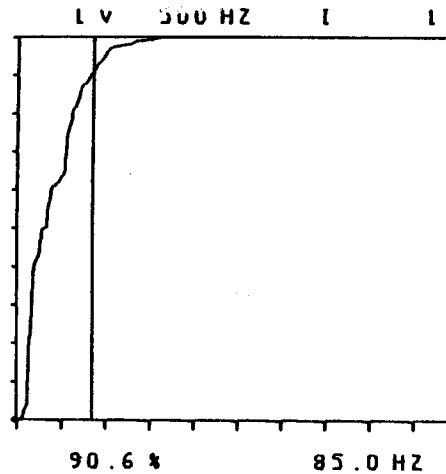


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

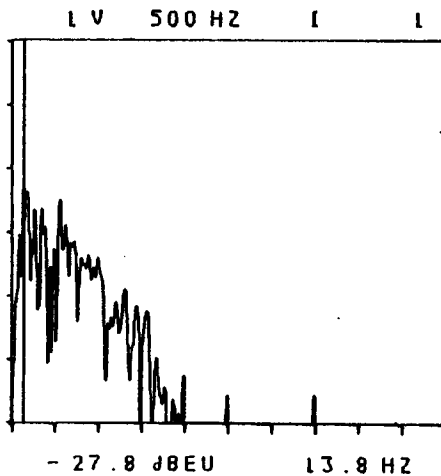
P-5



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



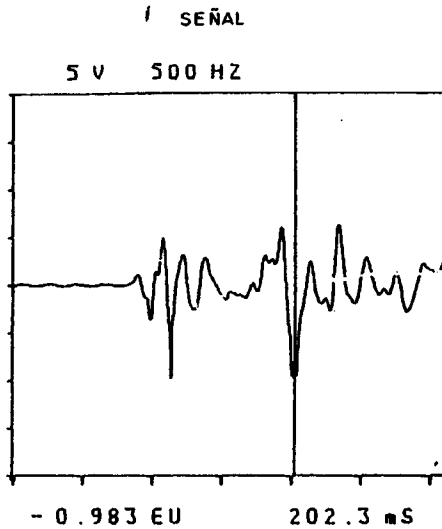
Fecha. 15-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-1  
 Captador. V-353  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

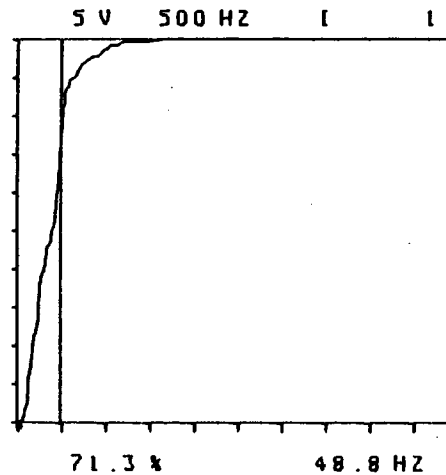


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

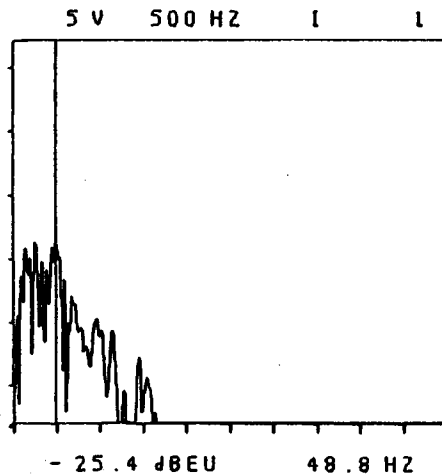
P-5



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 15-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-2  
 Captador. H-97 TRANSVERSAL  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

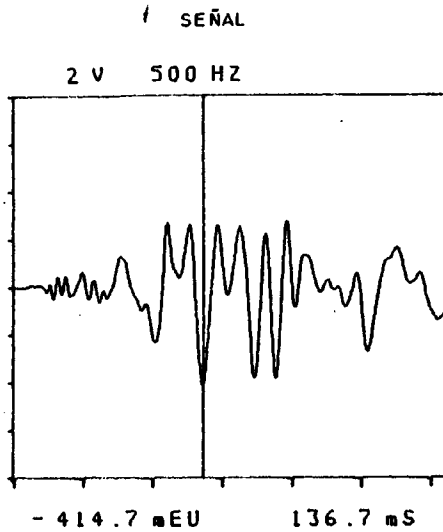


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

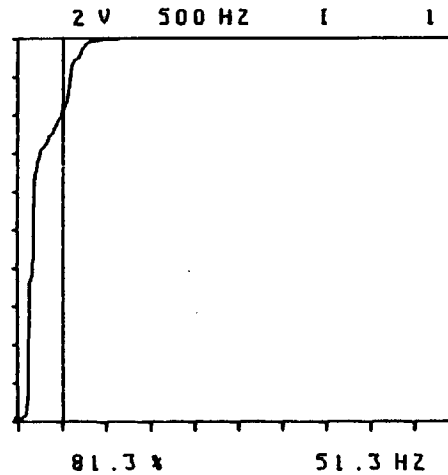
P-5

15-XII-82

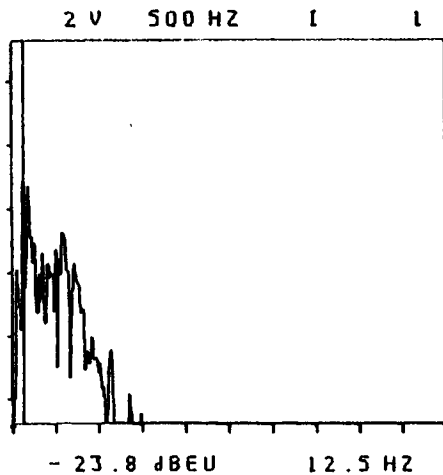
Fecha. ....  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-4  
 Canal. C-3  
 Captador. H-99 LONGITUDINAL  
 Filtrado. NO  
 Observaciones. ....



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



+

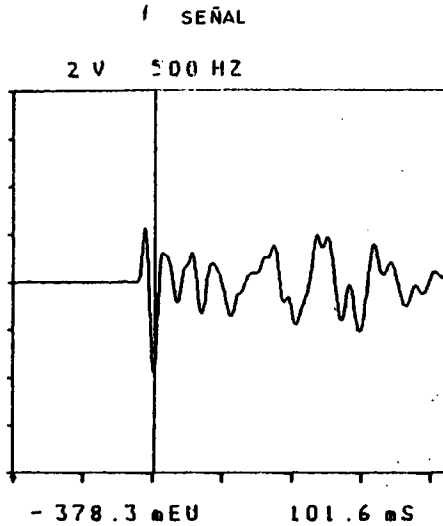
+

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

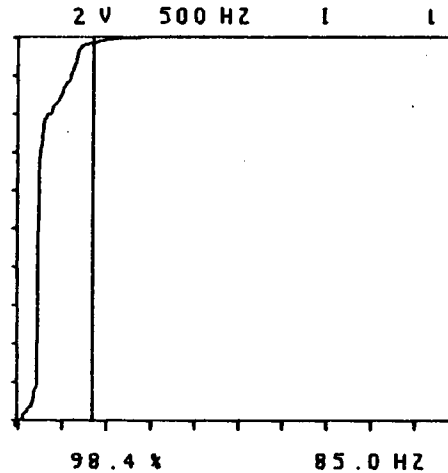


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

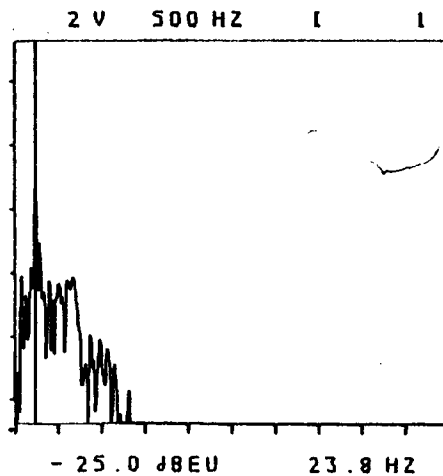
P-5



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F.



Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-4  
 Canal. C-4  
 Captador. V-355  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

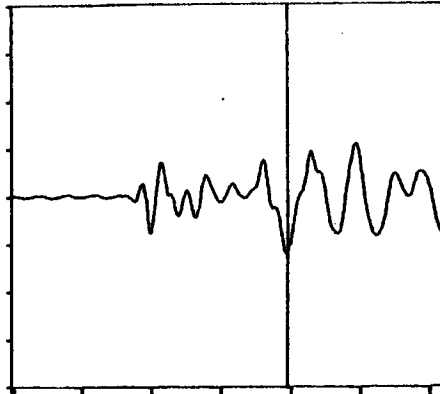
P-5

15-XII-82

Fecha .....  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO .....  
 Emplazamiento. E-4 .....  
 Canal. C-5 .....  
 Captador. H-102 LONG. ....  
 Filtrado. ....  
 Observaciones. ....

SEÑAL

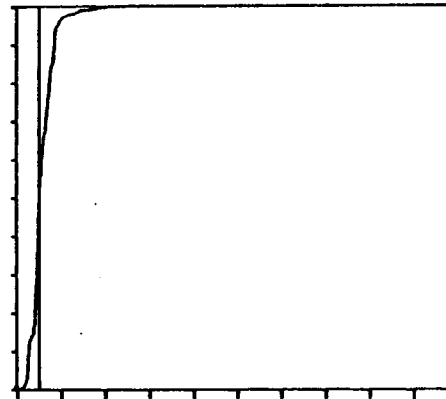
2 V 500 HZ



- 244.3 mEU 197.7 mS

DISTRIBUCION DE ENERGIA

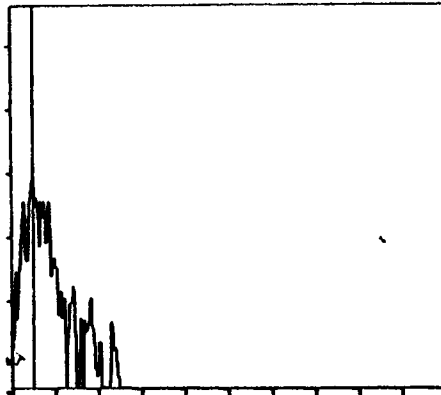
2 V 500 HZ I I



45.3 % 25.0 HZ

ESPECTRO DE F.

2 V 500 HZ I I



+ - 29.0 dB EU 25.0 HZ

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

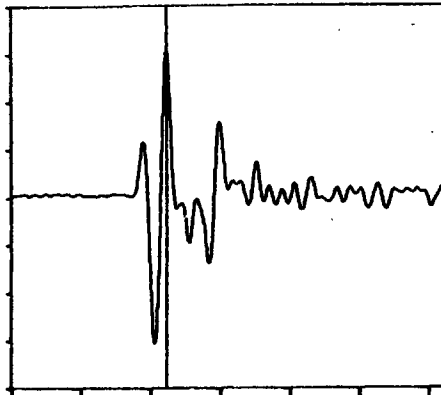
P-5

15-XII-82

Fecha .....  
 Localidad ..... AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento ..... E-3  
 Canal ..... C-6  
 Captador ..... V-356  
 Filtrado ..... NO  
 Observaciones .....

SEÑAL

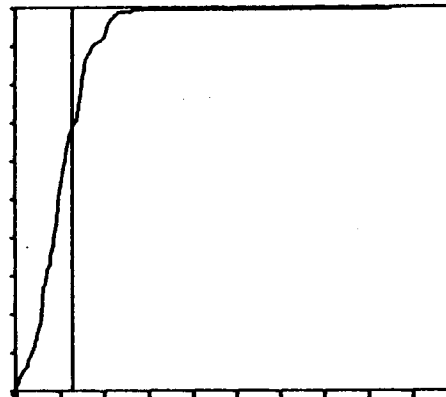
0.5 V 2 KHZ



+ 15.38 EU 27.93 mS

DISTRIBUCION DE ENERGIA

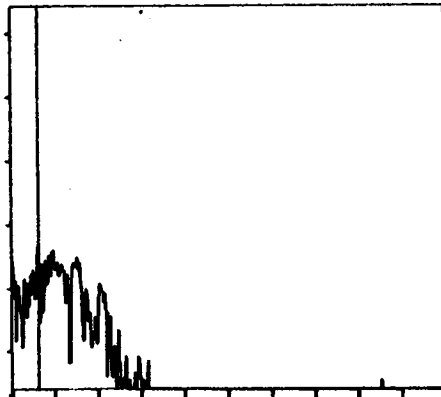
0.5 V 2 KHZ I I



67.8 % 0.255 KHZ

ESPECTRO DE F

0.5 V 2 KHZ I I



- 11.0 J8EU 0.125 KHZ



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**



DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-5

15-XII-82

Fecha: .....

Localidad: **AGUILAR DE CAMPOO** .....

Emplazamiento: **E-1** .....

Canal: **C-7** .....

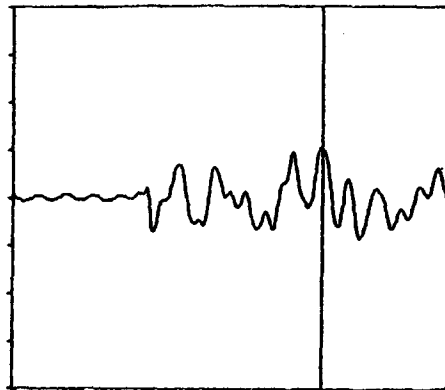
Captador: **V-357** .....

Filtrado: **NO** .....

Observaciones: .....

SEÑAL

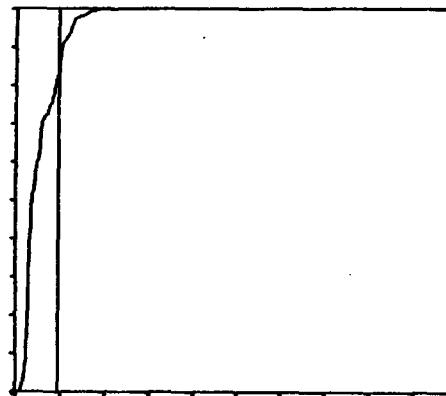
1 V 500 Hz



+ 108.3 mEU      221.9 mS

DISTRIBUCION DE ENERGIA

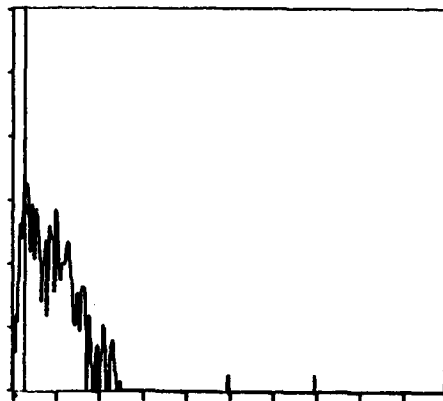
1 V 500 Hz



82.8 %      47.5 Hz

ESPECTRO DE F

1 V 500 Hz



- 34.0 dB EU      13.8 Hz

+

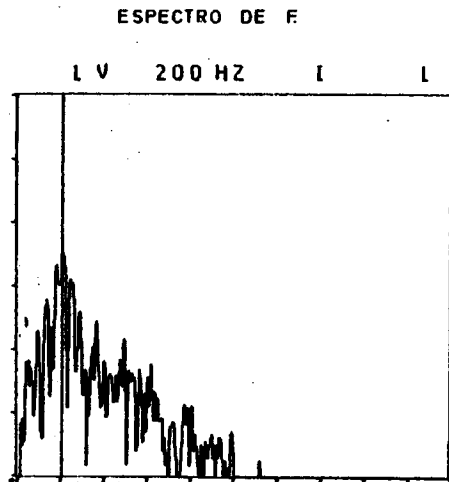
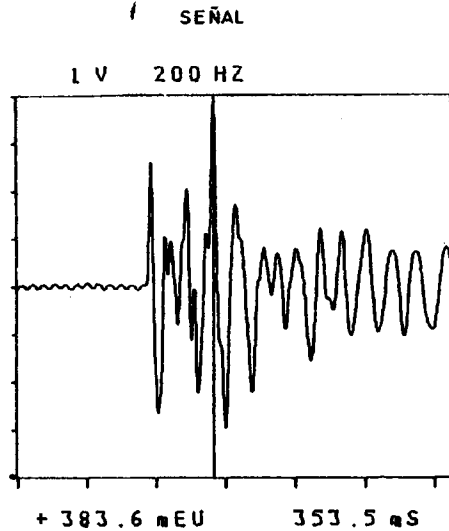
+

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

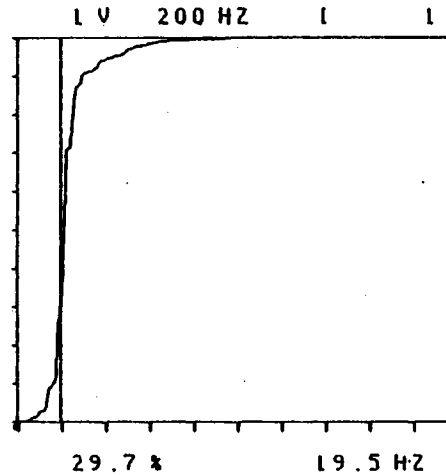


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-6



DISTRIBUCION DE ENERGIA



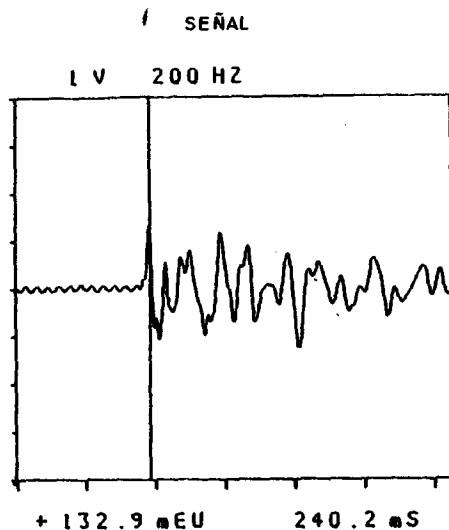
Fecha. 15-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-1  
 Captador. V-357  
 Filtrado. > 500 HZ  
 Observaciones. VERTICAL

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

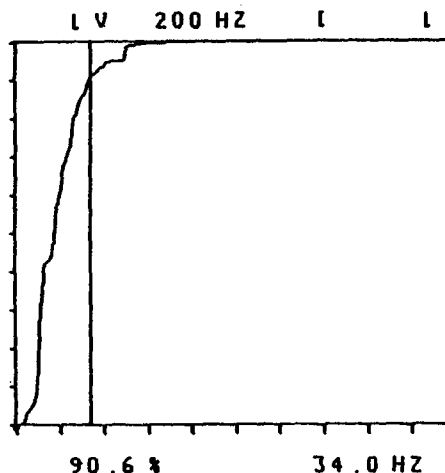


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

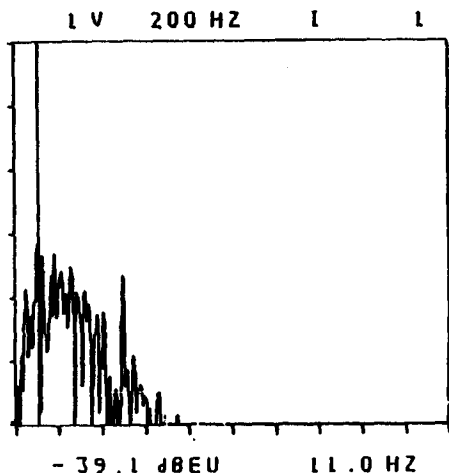
P-6



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F.



14-XII-82  
 Fecha .....  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO .....  
 Emplazamiento. E-2 .....  
 Canal. C-3 .....  
 Captador. H-99 TRANSV. ....  
 Filtrado. 500 HZ .....  
 Observaciones. HORIZ. TRANSV. ....

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

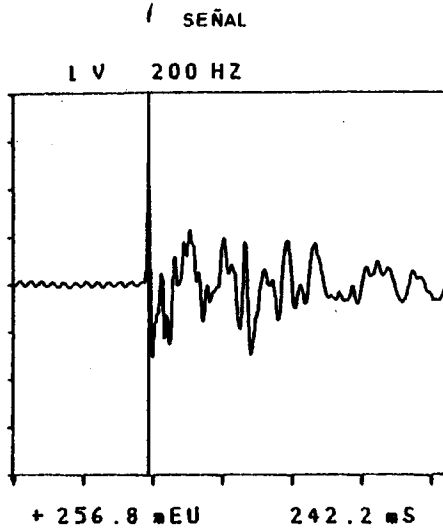


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

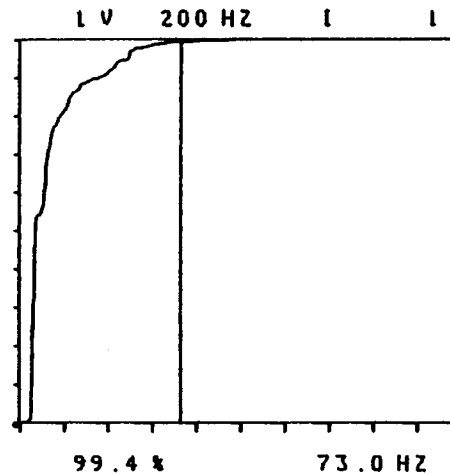
P-6

15-XII-82

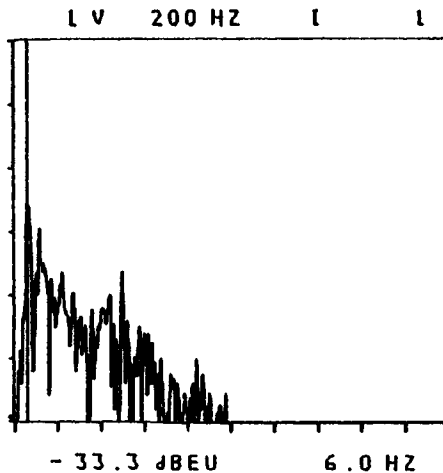
Fecha. ....  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-3  
 Canal. C-4  
 Captador. V-353  
 Filtrado. > 500 Hz  
 Observaciones. ....



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F

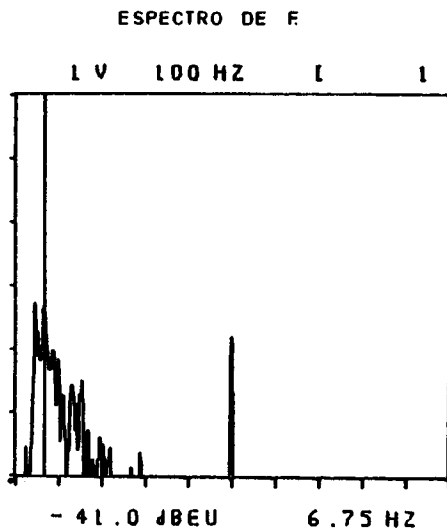
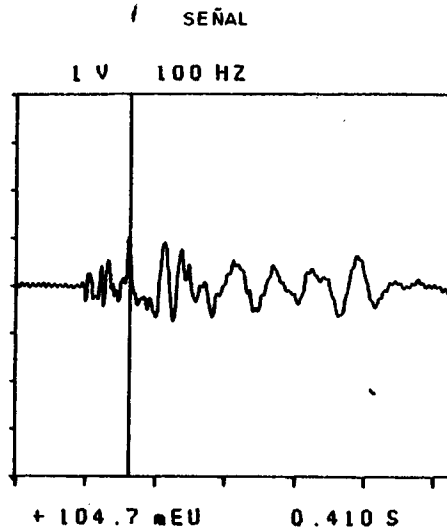


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

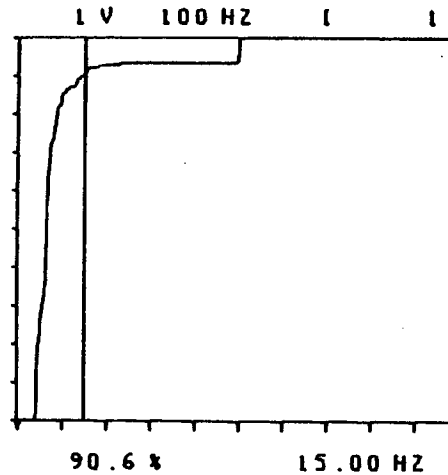


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-6



DISTRIBUCION DE ENERGIA



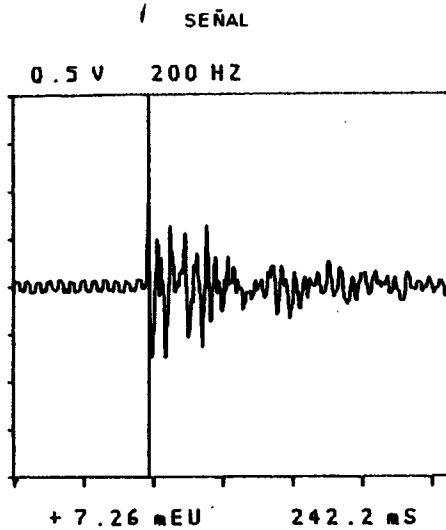
Fecha. 15-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-3  
 Canal. C-5  
 Captador. H-97 LONG.  
 Filtrado. 500 Hz  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

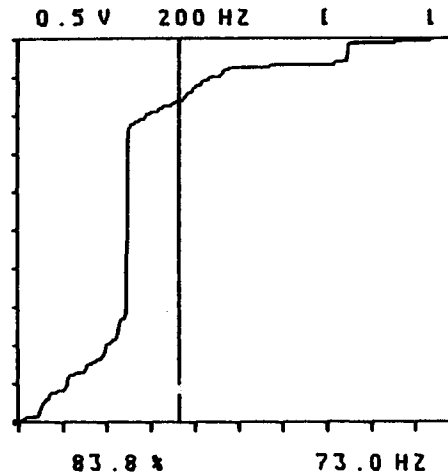


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

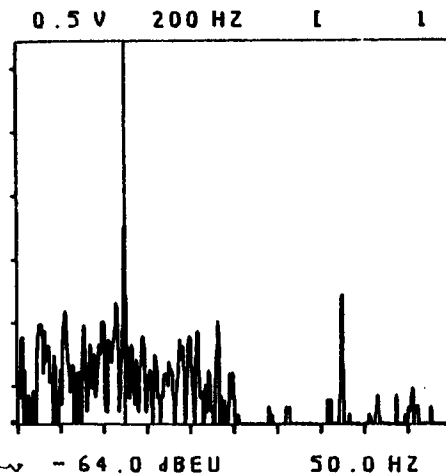
P-6



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 15-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-1  
 Canal. C-6  
 Captador. A-2 VERTICAL  
 Filtrado.  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

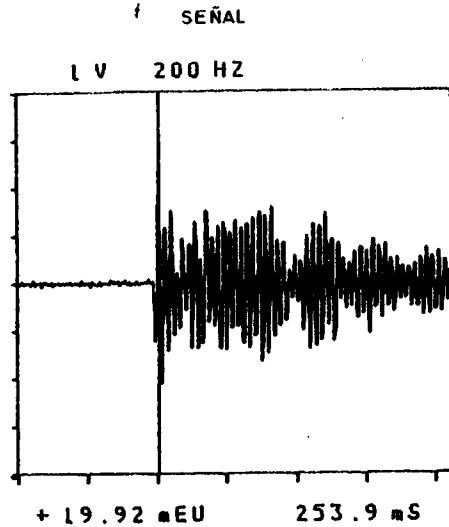


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

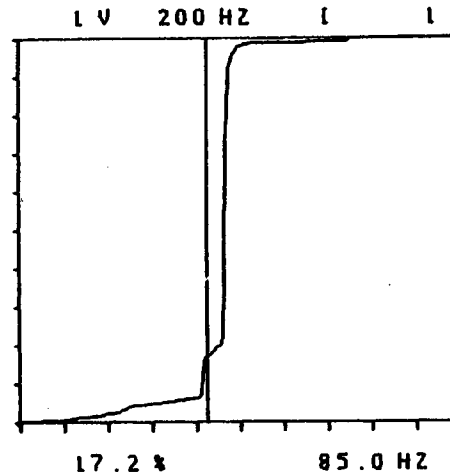
P-6

15-XII-82

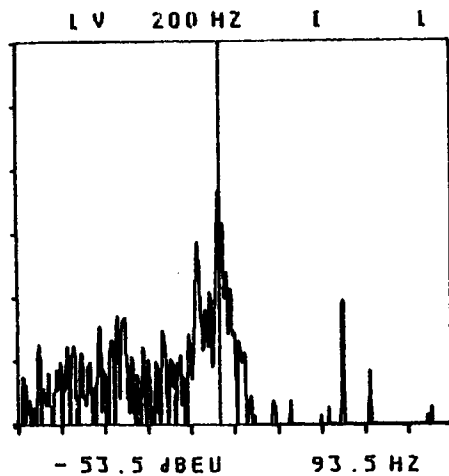
Fecha .....  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-1  
 Canal. C-7  
 Captador. A-1 TRANSVERSAL  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.....



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



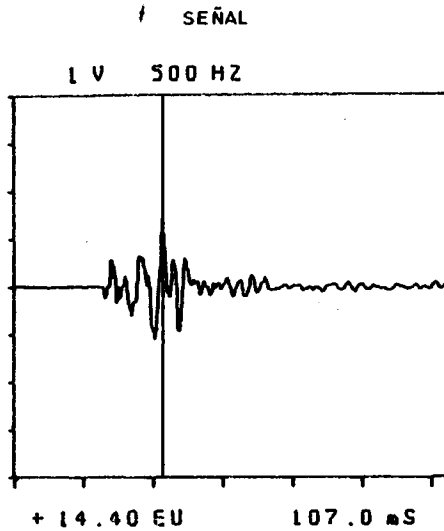
+

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

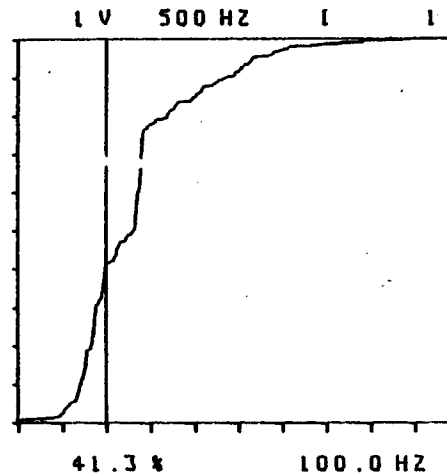


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

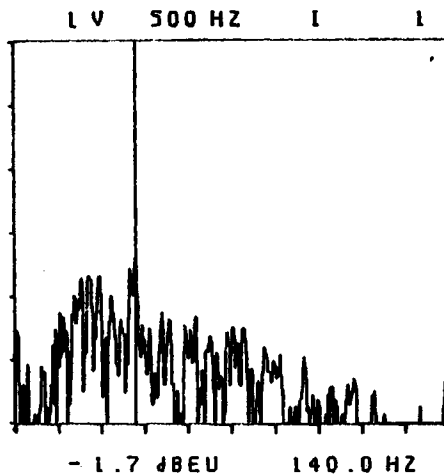
P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-4  
 Canal. C-1  
 Captador. H-101 LONGIT.  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

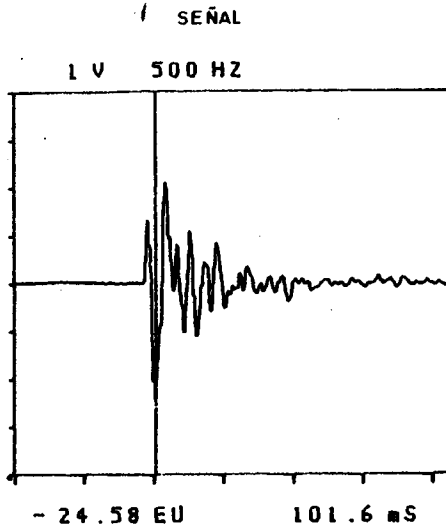


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

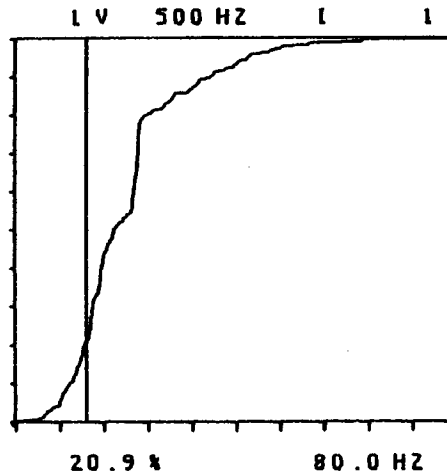


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

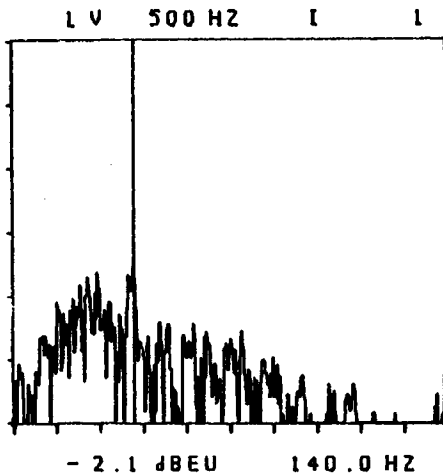
P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



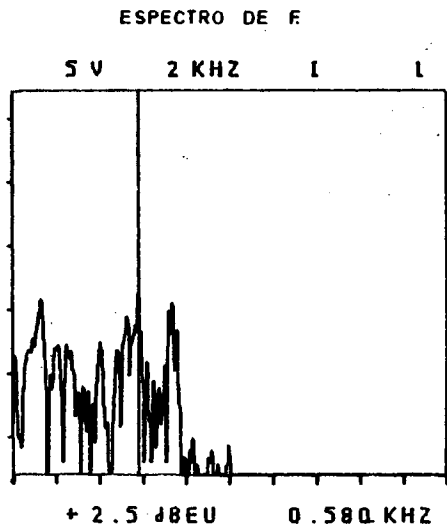
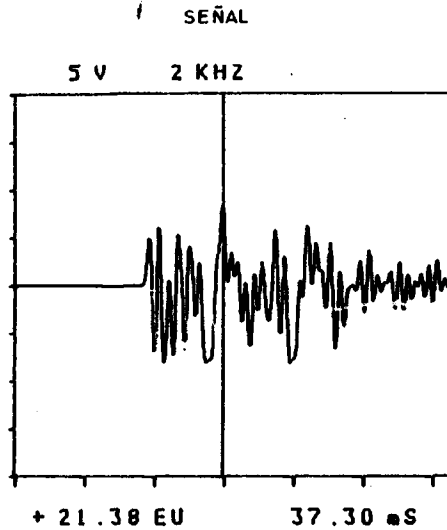
Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-4  
 Canal. C-2  
 Captador. H-102: TRANSVERSAL  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

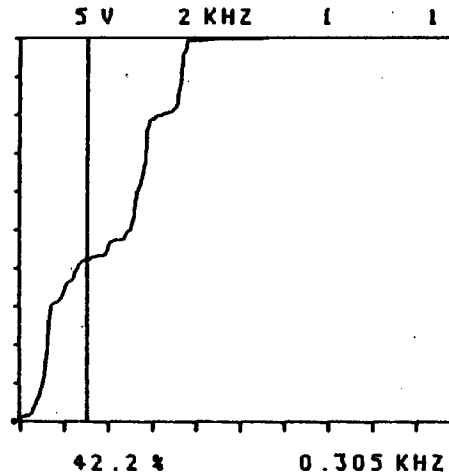


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



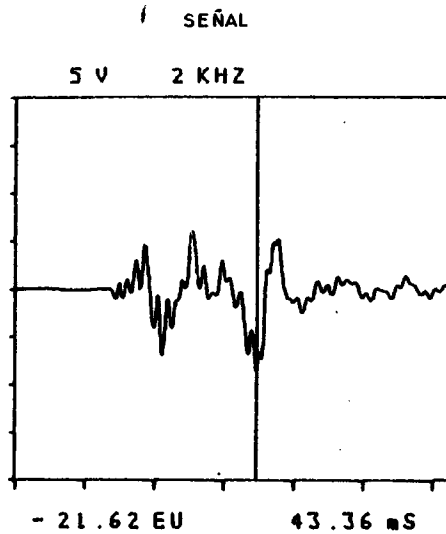
Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-3  
 Captador. APCB VERTICAL  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

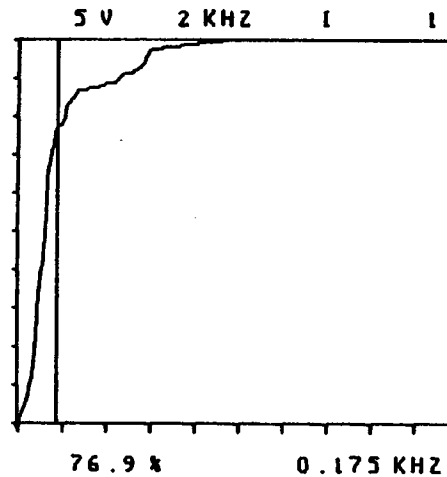


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

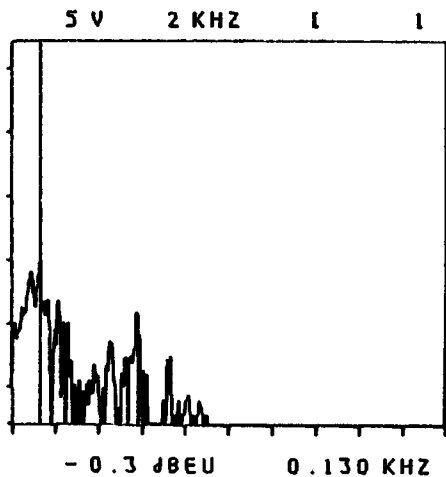
P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



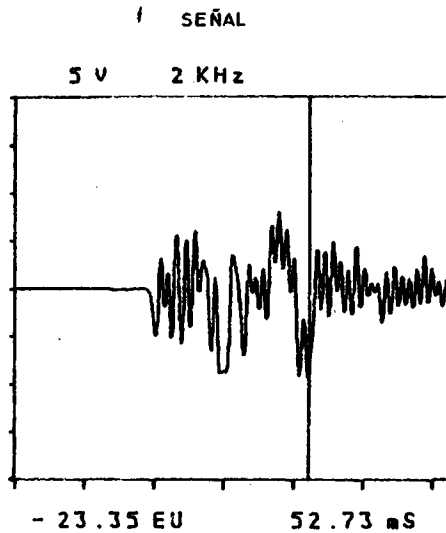
Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-4  
 Captador. PCB HOR. LONG.  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

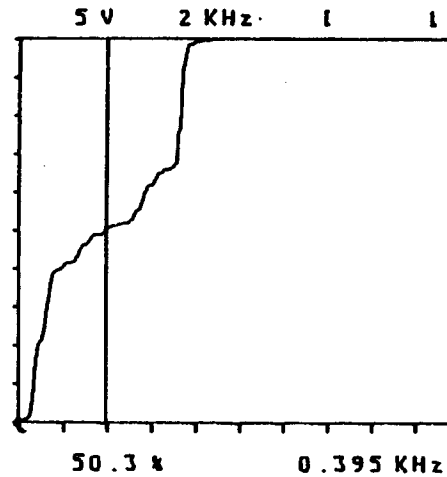


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

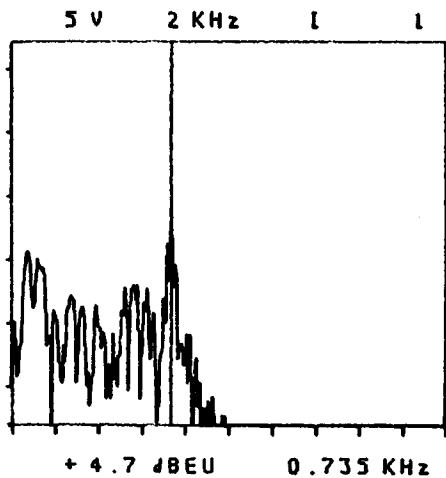
P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F.



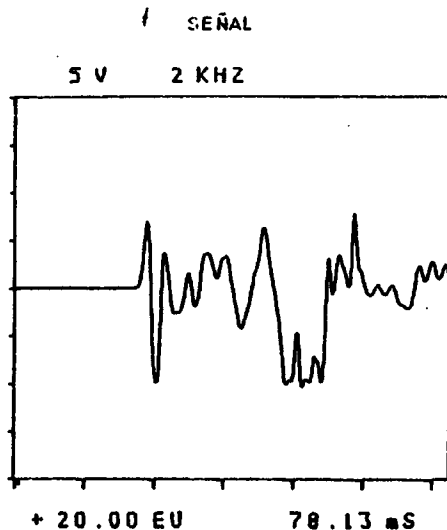
Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-2  
 Canal. C-5  
 Captador. PCB. HORIZ-TRANS.  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

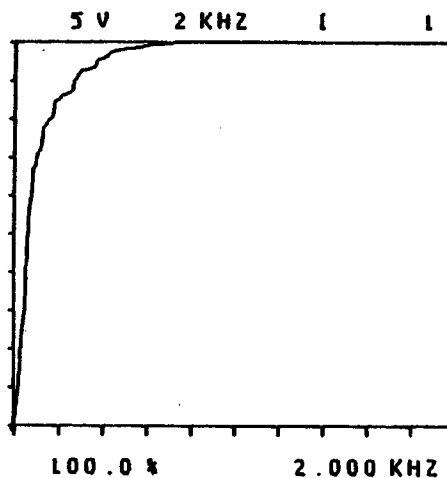


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

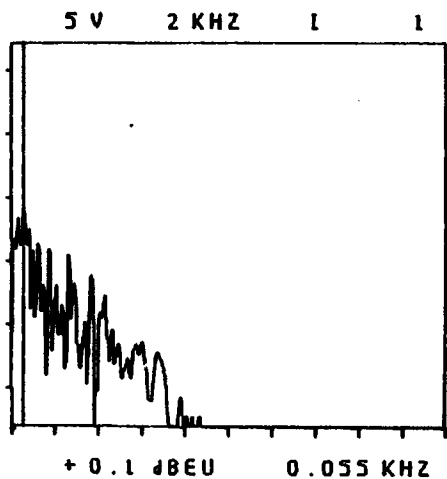
P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



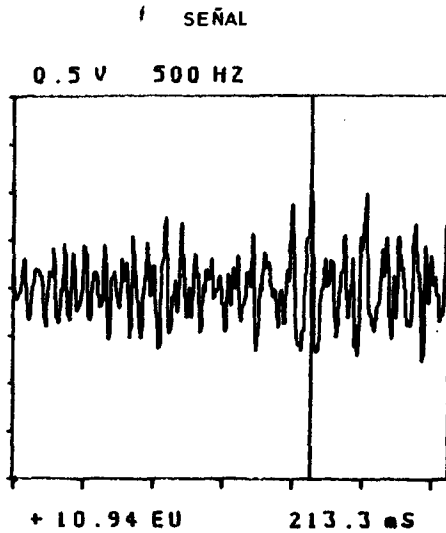
Fecha. 14-XII-82  
 Localidad. AGUILAR DE CAMPOO  
 Emplazamiento. E-3  
 Canal. C-6  
 Captador. V. 352  
 Filtrado. NO  
 Observaciones.

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
 INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

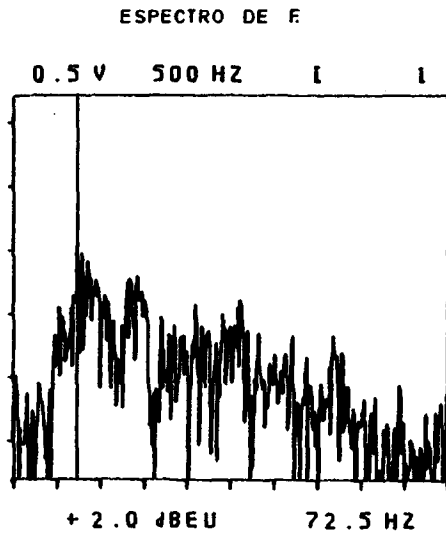
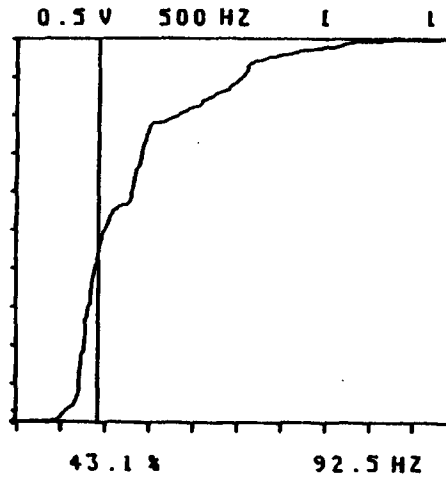


DIRECCION DE  
 AGUAS SUBTERRANEAS Y GEOTECNIA  
 Laboratorio de Mecánica de Rocas

P-8



DISTRIBUCION DE ENERGIA



Fecha. 14-XII-82

Localidad. AGUILAR DE CAMPOO

Emplazamiento. E-4

Canal. C-7

Captador. V357

Filtrado. NO

Observaciones.

ANEJO 3

FIGURAS, CUADROS Y LEYES DE PROPAGACION

CUADRO Nº 1

DIA 14-XII-1982

PEGA	CARGA GOMA PURA	E-1		E-2		E-3		E-4		E-5	
P-1	0,64 Kg	6 m	500 mm/seg	15 m	1,6 g	58 m	2,6 mm/seg	55 m	2,4 mm/seg	94 m	V
					1,4 g						HL
			1000 mm/seg		1,2 g						HT
P-2	1,28 Kg	5 m	800 mm/seg	16 m	1,8 g	46 m	2,5 mm/seg	53 m	7,2 mm/seg	93 m	V
					1,5 g						HL
			1300 mm/seg		1,2 g						HT
P-3	1,28 Kg	5 m	400	16 m	1,7 g	46 m	3,1 mm/seg	53 m	9,6 mm/seg	93 m	V
					1,6 g						HL
			400		-						HT
P-4	1,28 Kg	5 m	300	16 m	1,8 g	46 m	3,0 mm/seg	53 m	8,4 mm/seg	93 m	V
					1,6 g						HL
			300								HT
P-5	0,64 Kg	60 m		70 m	1,6 g	58 m	1,68 mm/seg	21 m	2 mm/seg	36 m	V
					0,4 g						HL
											12 mm/seg
P-6	0,64 Kg	60 m		70 m	1,6 g	58 m	2,16 mm/seg	21 m	2,2 mm/seg	36 m	V
					0,22 g						HL
											12 mm/seg
P-7	0,64 Kg	60 m		70 m	2,2 g	58 m	2,76 mm/seg	21 m	7,2 mm/seg	36 m	V
					0,21 g						HL
											27,6 mm/seg
P-8	15,3 Kg	12 m		13 m	21,38 g	58 m	> 10,38 mm/seg	59 m	10,94 mm/seg	99 m	V
					21,62 g						HL
					23,35 g						24,6 mm/seg





CUADRO Nº 3

DIA 15-XII-1982 TARDE

PEGA	CARGA GOMA PURA	E-1		E-2		E-3		E-4			
P-6	11,5 Kg	280 m	0,0073 g	260 m	0,38 mm/seg	280 m	0,26 mm/seg				V
					0,13 mm/seg		0,10 mm/seg				HL
			0,02 g		> 0,93 mm/seg						HT
P-7	0,64 Kg	300 m	*	285 m	+	280 m	+				V
					+		+				HL
			*		< 0,3 mm/seg						HT
P-8	0,64 Kg	300 m	*	285 m	+	280 m	+				V
					+		+				HL
			*		< 0,3 mm/seg						HT
P-9	0,64 Kg	300 m	*	285 m	+	280 m	+				V
					+		+				HL
			*		< 0,3 mm/seg						HT
P-10	0,64 Kg	300 m	*	285 m	+	280 m	+				V
					+		+				HL
			*		< 0,3 mm/seg						HT

+ Velocidades de partícula inferiores a 0,03 mm/seg.

\* Aceleración de partícula inferior a 0,003 g.

CUADRO Nº 4

PEGA	ESTACION	CARGA EN GOMA PURA	DISTANCIA ( m )	$D/\sqrt{Q}$	V.VERTICAL mm/seg	V.HORIZONT. mm/seg	V.HOR.TRANS. mm/seg
<u>14 DE DICIEMBRE 1982</u>							
1	1	0,64 Kg	6	7,5	500	-	1000
1	3	0,64 Kg	58	72,5	2,6	-	-
1	4	0,64 Kg	55	68,8	2,4	-	-
2	1	1,28 Kg	5	4,4	800	-	1300
2	3	1,28 Kg	46	40,6	2,5	-	-
2	4	1,28 Kg	53	46,8	7,2	-	-
3	1	1,28 Kg	5	4,4	400	-	400
3	3	1,28 Kg	46	40,6	3,1	-	-
3	4	1,28 Kg	53	46,8	9,6	-	-
4	1	1,28 Kg	5	4,4	300	-	300
4	3	1,28 Kg	46	40,6	3	-	-
4	4	1,28 Kg	53	46,8	8,4	-	-
5	3	0,64 Kg	58	51,3	1,68	1,08	-
5	4	0,64 Kg	21	18,6	2	5	12
6	3	0,64 Kg	58	51,3	2,16	0,84	-
6	4	0,64 Kg	21	18,6	2,2	6	12
7	3	0,64 Kg	58	51,3	2,8	1,8	-
7	4	0,64 Kg	21	18,6	7,2	10,8	27,6
8	3	15,3 Kg	58	14,8	>10,38	-	-
8	4	15,3 Kg	59	15,1	10,94	14,4	24,6
<u>15 DE DICIEMBRE 1982</u>							
1	1	12,8 Kg	178	49,7	1,44	-	-
1	2	12,8 Kg	152	42,5	>1,32	>1,4	>2,4
1	3	12,8 Kg	45	12,6	21,6	-	-
1	4	12,8 Kg	160	44,7	>1,20	-	>1,2
2	1	0,64 Kg	212	265,0	<0,02	-	-
2	2	0,64 Kg	187	233,7	0,07	0,06	0,24
2	3	0,64 Kg	54	67,5	1,80	-	-
2	4	0,64 Kg	188	235,0	0,024	0,036	-
3	1	0,64 Kg	212	265,0	<0,02	-	-
3	2	0,64 Kg	187	233,7	0,036	0,036	>0,017
3	3	0,64 Kg	54	67,5	1,92	-	-
3	4	0,64 Kg	188	235,0	0,036	0,048	-
4	1	0,64 Kg	212	265	0,048	-	-
4	2	0,64 Kg	187	233,7	0,048	0,072	0,312
4	3	0,64 Kg	54	67,5	3,84	-	-
4	4	0,64 Kg	188	235	0,048	0,06	-
5	1	0,64 Kg	171	213,7	0,11	-	-

CUADRO Nº 4

PEGA	ESTA- CION	CARGA EN GOMA PURA	DISTANCIA ( m )	$D/\sqrt{Q}$	V.VERTICAL mm/seg	V.HORIZONT. mm/seg	V.HOR.TRANS. mm/seg
<u>15 DE DICIEMBRE DE 1982 (Cont ... )</u>							
5	2	0,64 Kg	147	183,7	0,38	0,41	>0,98
5	3	0,64 Kg	21	26,2	15,38	-	-
5	4	0,64 Kg	141	176,2	0,38	0,24	-
6	2	11,50 Kg	260	76,7	0,38	0,13	>0,93
6	3	11,50 Kg	280	53,1	0,26	0,10	-

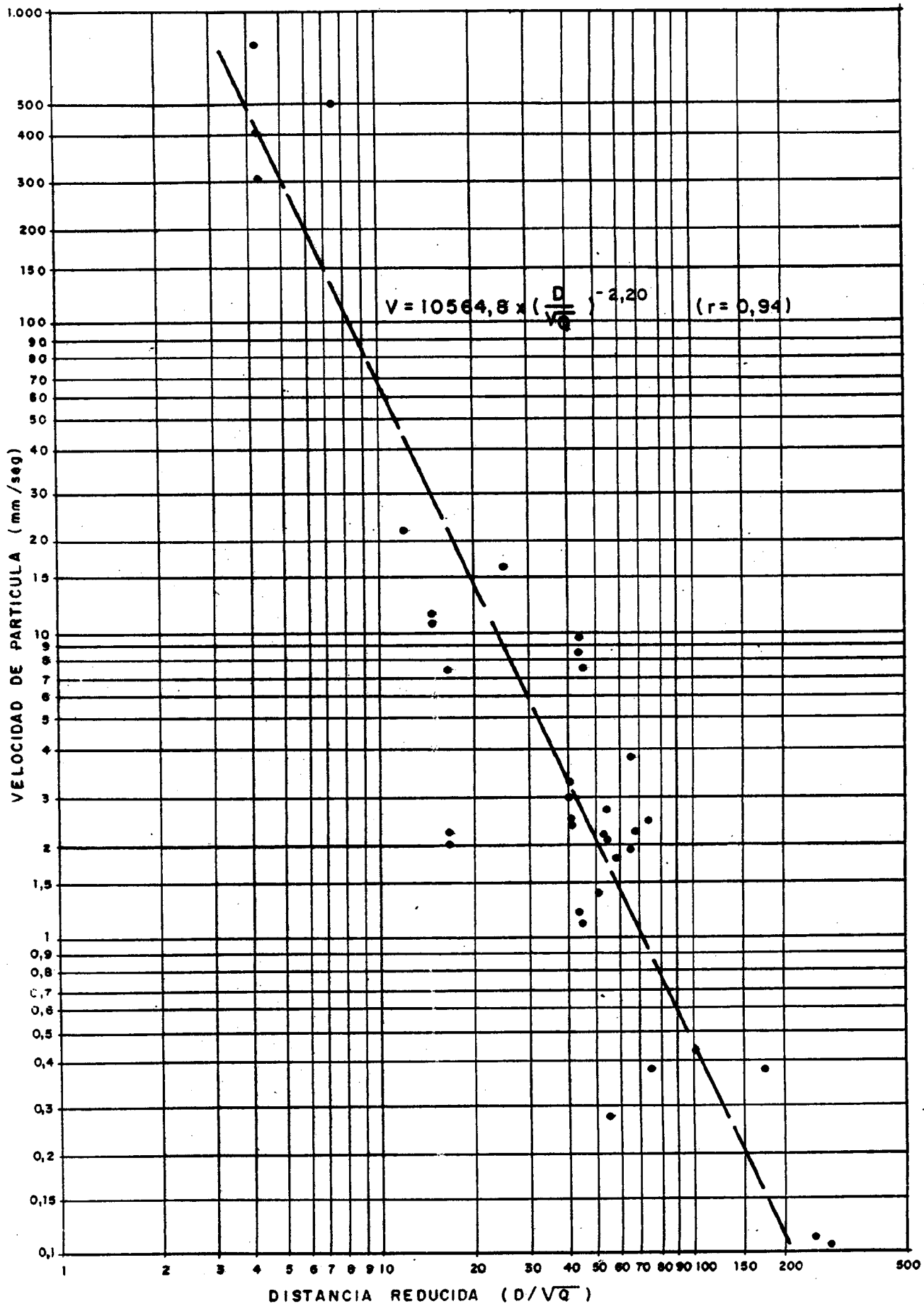


FIG. 2.- COMPONENTE VERTICAL DE LA VELOCIDAD

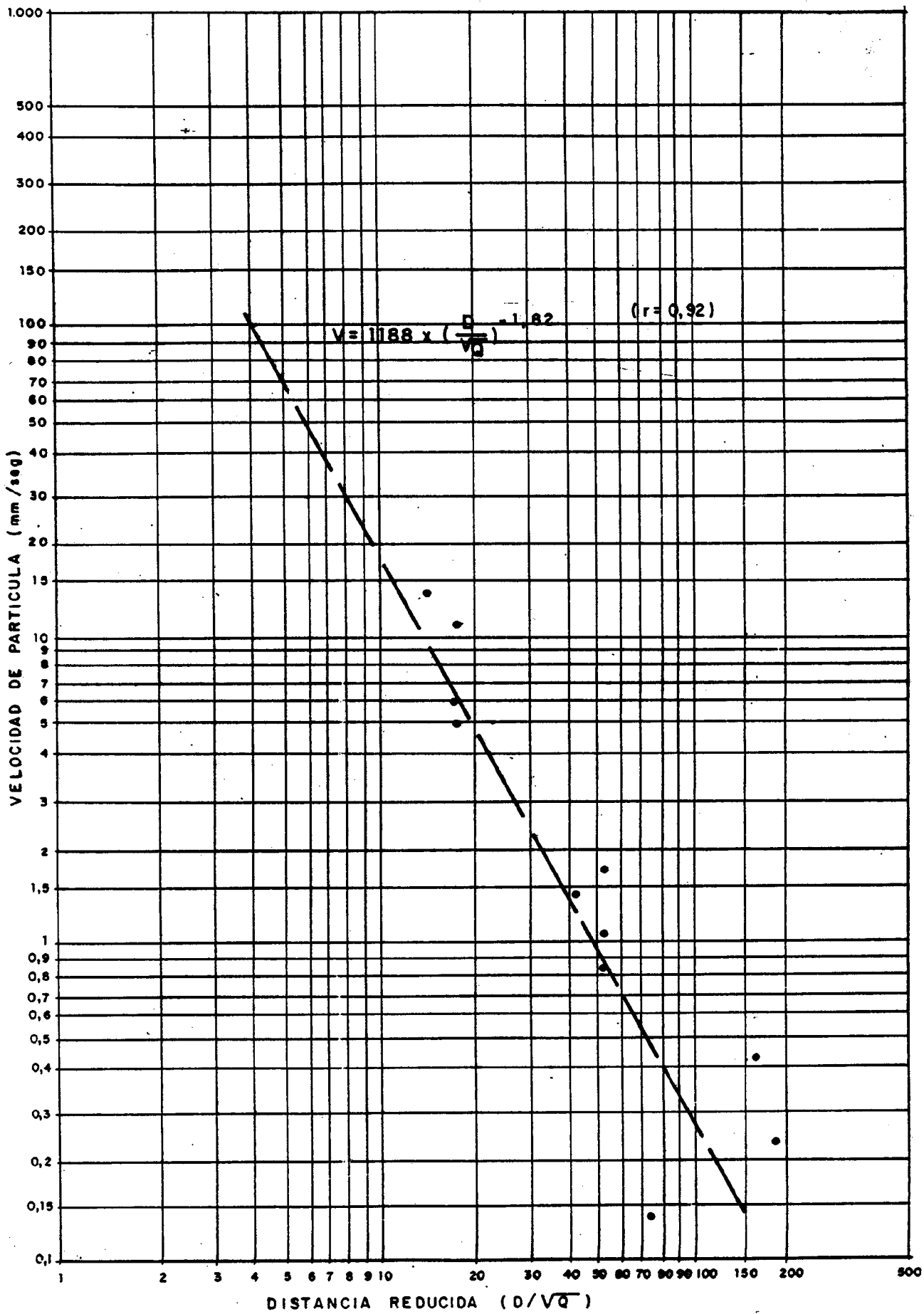


FIG. 3.- COMPONENTE HORIZONTAL LONGITUDINAL DE LA VELOCIDAD.

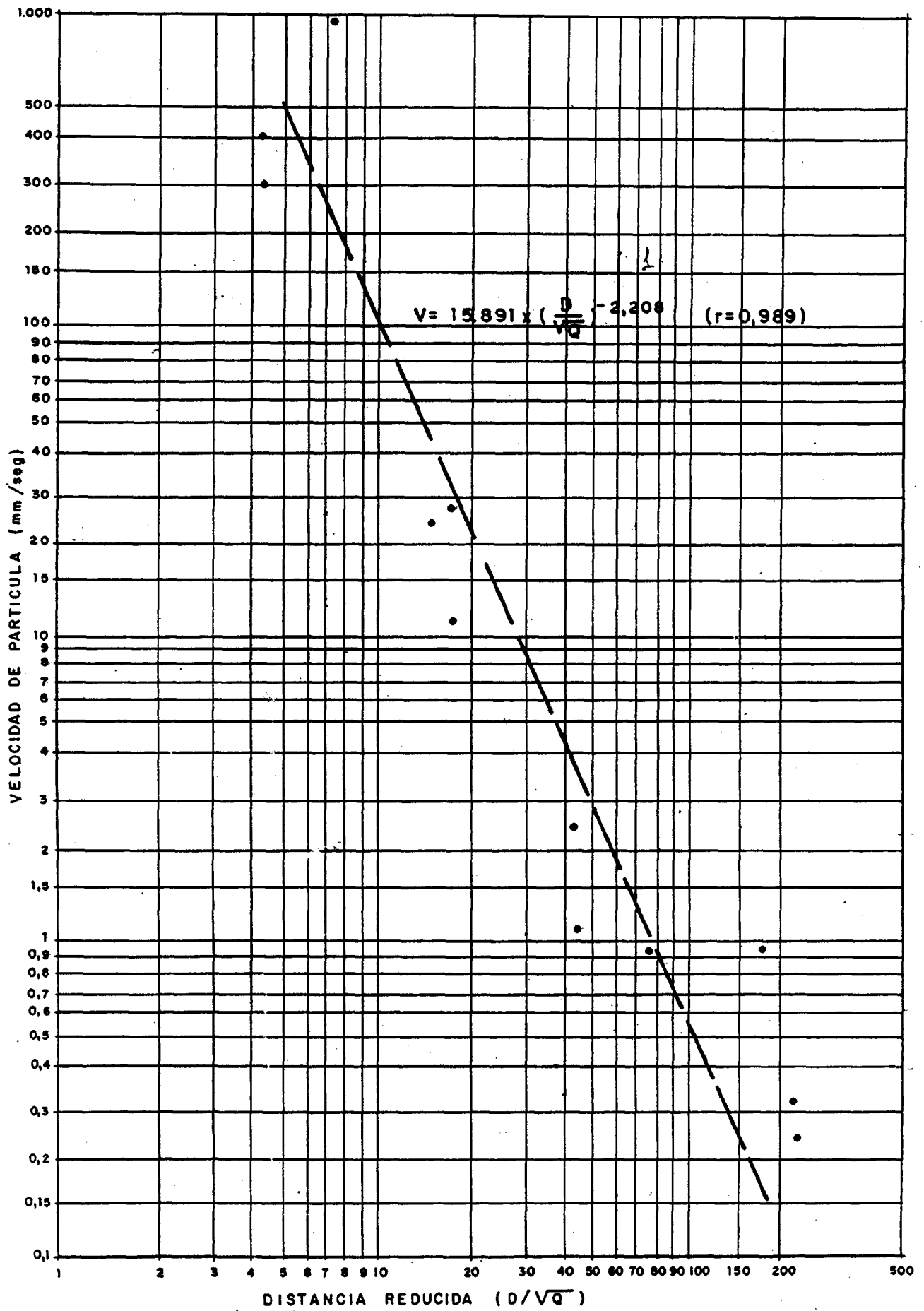


FIG. 4 - COMPONENTE HORIZONTAL TRANSVERSAL DE LA VELOCIDAD.

ANEJO 4

CRITERIOS DE PREVENCION





Longfords y Whittem (1976)	U.S.O.M (1966)	Concord (1949) Lynch (1970)	AFYES				DIN 4130	hcs (1970)	NORMA PGS-11074	Mercalli Modificada	D'Appolonia (1967)	Forstblad (1973)	Kocher (1953) D'Neil (1971) Roberts (1971)	Theissen y Windes (1949)	Zabla	Rendon y Seden.	Geoch (1968)	Nitro-Consult A.G. (1962)
Pico máxima componente	Pico máxima componente	Pico máxima componente	Máximo vector velocidad				Máximo vector velocidad	en máxima componente	Pico máximo componente	Pico máximo componente	Pico máximo componente	Pico máximo componente	Pico máximo componente	Pico máximo componente	Pico máxima componente	Pico máxima componente	Componente vertical	Pico máximo componente
			Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal												
			Vertical	Horizontal	Horizontal	Horizontal												
1000																		
800																		
600																		
400																		
200																		
100																		
50																		
20																		
10																		
5																		
2																		

0 DAÑO POSIBLE A SECCIONES ANTIGUAS      0 PRECIBSIMO      100M      2      3      4      5      6      7      8      9      10      11      12      13      14      15      16      17      18      19      20

CRITERIOS DE PREVENCIÓN