



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

CANIERA LA CONTA .....  
CONVENIO ESPECIFICO ENTRE EL INSTITUTO  
TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA Y LA CONSE-  
JERIA DE ECONOMIA DE LA COMUNIDAD AUTONOMA  
DE MADRID PARA LA REALIZACION DEL "ESTUDIO  
DE NIVELES DE VIBRACIONES Y ONDA AEREA  
PRODUCIDAS POR VOLADURAS" EN EXPLOTACIONES  
A CIELO ABIERTO DE LA COMUNIDAD DE MADRID





## I N D I C E

	<u>Pág.</u>
1.- INTRODUCCION .....	1
2.- METODOLOGIA .....	2
3.- EQUIPO EMPLEADO Y PERSONAL TECNICO.....	3
4.- TRABAJOS REALIZADOS .....	4
4.1. Perforación .....	4
4.2. Voladura .....	4
5.- RESULTADOS .....	5
5.1. Onda aérea .....	5
5.2. Niveles de vibración .....	5
6.- CONCLUSIONES .....	6
7.- ANEJOS	



Fecha	30.06.92
Referencia	SM/gta

## INFORME

INFORME SOBRE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA CANTERA "LA CURVA" (NAVALAGAMELLA) PARA EL CONVENIO ESPECIFICO ENTRE EL INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA Y LA CONSEJERIA DE ECONOMIA DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID PARA LA REALIZACION DEL "ESTUDIO DE NIVELES DE VIBRACIONES Y ONDA AEREA PRODUCIDAS POR VOLADURAS" EN EXPLOTACIONES A CIELO ABIERTO DE LA COMUNIDAD DE MADRID.

### 1.- INTRODUCCION

Para la realización de dicho Convenio Específico, las actuaciones concretas previstas fueron:

- a.- Toma previa de datos de la voladura de producción en relación con: tipo de roca, tipo de explosivos y accesorios utilizados, geometría del frente, condiciones atmosféricas, distancias a edificaciones o instalaciones ajenas a la explotación, etc.
- b.- Registro en cinta magnética de vibraciones y onda aérea de la voladura de producción.
- c.- Análisis y tratamiento, en laboratorio, de los registros obtenidos.
- d.- Evaluación y resultados con vistas al posible establecimiento de límites de prevención.

Se comenzó con una recopilación de datos previa, en el Servicio de Minas y Combustibles de dicha Comunidad Autónoma, en relación a todas las explotaciones que utilizan explosivos en su fase de arranque.



Teniendo en cuenta la diversidad de materiales que se explotan en la Comunidad Autónoma de Madrid, el estudio se ha realizado en tres tipos fundamentalmente: caliza, yeso y granito.

En una primera fase, en los meses de Septiembre y Octubre de 1.991, se realizó una vista previa a todas las explotaciones seleccionadas, con objeto de contactar con los responsables de las mismas y conocer la frecuencia con la que suelen realizarse voladuras en cada una de ellas.

## 2.- METODOLOGIA

Una vez recibida la comunicación, por parte del explotador, de la fecha y hora de la realización de las voladuras, los pasos a seguir han sido los siguientes:

- 1.- En los laboratorios del ITGE se procedió a la comprobación y tarado de los equipos de medida y registros utilizados.
- 2.- Comprobación "in situ" de la perforación realizada (nº de barrenos, malla de perforación, sistema de iniciación, etc.).
- 3.- Supervisión de la cantidad de explosivo utilizada en la voladura, así como control de la carga del mismo y secuencia de encendido.
- 4.- Localización de los lugares más idóneos para la colocación de las estaciones de medida.
- 5.- Una vez marcadas las estaciones en las cuales se colocarán los captadores, se efectuó un taladro de 12 mm para poder fijar con un taco de expansión un cubo de aluminio, donde se roscarán éstos, de esta forma se asegura una perfecta unión entre los captadores y el punto de medida.

El sonómetro se instaló sobre un trípode, donde según la topografía el apantallamiento sea mínimo.



- 6.- Medición de las distancias, entre el centro de gravedad de las voladuras y las estaciones de medida.
- 7.- Registro, en cinta magnética de las señales producidas, tanto de niveles de vibración como de onda aérea producidas por la voladura.
- 8.- Análisis en el laboratorio del ITGE, de las señales obtenidas en campo.
- 9.- Recopilación de información general (planos, fotografías, etc.).

### 3.- EQUIPO EMPLEADO Y PERSONAL TECNICO

El equipo empleado fue:

- 3 acelerómetros marca Brüel & Kjaer, modelo 8306, de rango  $\pm 1$  g, sensibilidad 9,2 v/g y rango de frecuencia de 0,3 Hz a 1 KHz.
- 3 acelerómetros marca Brüel & Kjaer, modelo 4370, de sensibilidad 10  $\mu\text{c}/\text{ms}^2$  y una gama de frecuencias de 0,1 a 4.800 Hz.
- 1 sonómetro marca Brüel & Kjaer, tipo 2209, con sistema de calibración interna y externa, ponderación de medida A, B, C y D, y formas de medida: Pico "fast", "slow" e impulso.
- 1 registrador magnético marca Brüel & Kjaer tipo 7005, velocidad de cinta 1,5 m/s, trabajando en FM con una gama de frecuencia de 0 a 1250 Hz.
- 1 analizador FFT, marca Ono Sokki modelo FFT-400, con sistema de autotarado y salida a Plotter.
- 1 sistema de tarado, consistente en:
  - 1 control de excitación
  - 1 amplificador de medidas
  - 1 amplificador de potencia
  - 1 amplificador acondicionador
  - 1 mesa de tarado
  - 1 plotter.
  - Osciloscopio analógico.



Los cinco primeros elementos son de la marca Brüel & Kjaer y corresponden a los modelos 1047, 2610, 2712, 2626 y 480 K. El Plotter es marca Honeywell, modelo 540 y el osciloscopio Textronix, modelo 3 A6.

- Material vario de campo, como sistemas de anclajes metálicos, grupo electrógeno, taladradora, líneas, etc.

El Personal Técnico estuvo compuesto por D. Miguel Abad Fernández, D. Alfonso Martín Berzal y D. Juan Manuel Gallego-Preciados Algora, pertenecientes al Area de Seguridad Minera.

#### 4.- TRABAJOS REALIZADOS

##### 4.1. Perforación

Para la realización de las voladuras, se marcó una malla de perforación de 3 m de piedra por 3 m de espaciamento, el diámetro de perforación fue de 105 mm.

En la 1ª voladura se perforaron un total de 20 barrenos, los cuales tenían una longitud de 40 m y una inclinación de 15º. En la 2ª voladura se perforaron un total de 7 barrenos, los cuales tenían una longitud de 7 m y una inclinación de 15º.

La altura de banco en ambas voladuras fue de 40 m y el retacado compuesto por detritus de perforación tuvo una longitud de 2,5 m.

##### 4.2. Voladura

Para ambas voladuras se utilizó sistema de iniciación eléctrico, con detonadores de microrretardos tipo "S" (todos con el nº 0). Como cordón detonante se empleó el



de 20 g/m. En la 1ª voladura, la cantidad total de explosivo fue de 4350 Kg repartidos entre Goma 2E-C como carga de fondo (1.000 Kg) y Nagolita como carga de columna (3.350 Kg).

En la 2ª voladura, la cantidad total de explosivo fue de 575 Kg repartidos entre Goma 2E-C como carga de fondo (175 Kg) y Nagolita como carga de columna (400 Kg).

La carga máxima operante fue de 4.350 Kg en la 1ª voladura y 575 Kg en la 2ª voladura.

## 5.- RESULTADOS

### 5.1. Onda aérea

Debido a la proximidad del sonómetro a las voladuras, la sobrepresión fue muy elevada, por lo cual éste trabajó fuera de rango, no obteniéndose una señal fiable, debido a la saturación de la misma.

### 5.2. Niveles de vibración

Los resultados en cuanto a nivel de vibración se refiere, son los siguientes:

PEGA Nº	ESTACION Y POSICION	VELOCIDAD (mm/sg)	f (Hz)
1	E1-V	3,871	14,7
	E1-L	6,46	12,6
	E1-T	5,05	13,2

PEGA Nº	ESTACION Y POSICION	VELOCIDAD (mm/sg)	f (Hz)
2	E1-V	1,22	21,3
	E1-L	1,63	20,4
	E1-T	1,45	17,8



Se trata de los valores pico, de velocidad de partícula expresados en mm/sg. Las letras V, L y T hacen referencia a la posición en que estuvo colocado el captador, bien vertical, longitudinal o transversal en dirección de la pega.

La estación de medida se situó en un afloramiento de granito a una distancia de 310 m del centro de gravedad de ambas voladuras.

A la vista de los niveles obtenidos y considerando el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, en la Especificación Técnica 0308-1-85, "Control de vibraciones producidas por voladuras", se tiene la norma DIN 4150, la más restrictiva en cuanto a niveles de vibración se refiere, en frecuencias bajas.

En este caso, aún no existiendo estructuras próximas a proteger, no se han alcanzado en el punto de medida, valores que se consideren como límites de prevención.

#### 6.- CONCLUSIONES

Las presentes conclusiones se refieren a las voladuras realizadas en la explotación de granito "La Curva", el día 13.05.92.

- \* La onda aérea (sobrepresión) fue elevada, debido a la corta distancia del sonómetro a las voladuras.
- \* En el apartado 5.2. ("Niveles de vibración"), se justifica debidamente, según la norma DIN 4150, que los niveles obtenidos no han alcanzado en ninguno de ellos valores que puedan considerarse como límites de prevención, aunque la estación de





medida no se situó en ninguna estructura a proteger, de las contempladas en dicha norma.

- \* La fragmentación en ambas voladuras fue regular y las proyecciones alcanzaron distancias próximas a los 100 m.



ANEJO 1

PARTES DE VOLADURA



DATOS DE VOLADURA				"LA CURVA"			
NUMERO 1		FECHA 13.05.92		LOCALIZACION		NAVALAGAMELLA	
TIPO DE VOLADURA	PRODUCCION	BANCO	S	Nº DETONADORES	Nº BARRENOS	CARGA MAXIMA POR BARRENO	CARGA TOTAL POR Nº DE RETARDO
TIEMPO TOTAL	TIPO DE ROCA		GRANITO	0			
EQUIPO EMPLEADO	BRÜEL	NOTAS		1			
<u>GEOMETRIA DE LA VOLADURA</u>				2			
Nº DE BARRENOS	20	DIAMETRO(MM)	105	3			
ALTURA DE BANCO (M)	40	LONGITUD DE BARRENO (M)	40	4			
INCLINACION (º)	15	SOBREPERFORACION (M)	--	5			
PIEDRA (M)	3	ESPACIAMIENTO (M)	3	6			
RETACADO (M)	2,5	TIPO RETACADO	DETRITUS	7			
Nº DE FILAS	1	Nº DE FREYES LIBRES	1	8			
ERROR DE EMBOCQUE (CM)				9			
				10			
<u>EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</u>				11			
TIPO EXPLOSIVO DE FONDO	GOMA 2E-CANT. TOTAL (KG) 000			12			
ENCARTUCHADO S/N	S	DIAM. CARTUCHOS (MM)	85	13			
TIPO EXPLOSIVO DE COLUMNA	NAGOLITA CANT. TOTAL (KG) 3350			14			
ENCARTUCHADO S/N	N	DIAM. CARTUCHOS (MM)	--	15			
FABRICANTE DE LOS EXPLOSIVOS	U.E.E.			16			
TIPO DE CEBADO	CABEZA	SIST. INICIACION ELECTRICO		17			
TIPO DE CIRCUITO, SERIE	S	PARALELO	--	18			
SECUENCIA DE INCENDIO	MICRORRETARDO Nº 0						
TIPO DETONADORES	SENSIBLES		FABRICANTE U.E.E.				
TIPO DE CORDON DET.	20 g/m						
FABRICANTE	U.E.E.						
<u>CONDICIONES ATMOSFERICAS</u>				CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO (KG) 4350			
CIELO	<u>DESPEJADO</u>	NUBOSO	LLUVIA	VOLUMEN TOTAL DE ROCA VOLADA (M <sup>3</sup> )			
TEMPERATURA	<u>CALOR</u>	TEMPLADO	FRIO	TONELAJE TOTAL DE ROCA VOLADA (T)			
VIENTOS	N S	NE SO	E O	CONSUMO ESPECIFICO MEDIO (KG/T O M <sup>3</sup> )			
<u>EVALUACION DE RESULTADOS</u>				<u>ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA</u>			
FRAGMENTACION	EXC	M.BEÑA	ELENA	<u>REG.</u>	MALA		
PROYECCIONES	50 M.	<u>100 M.</u>	150 M.	200 M.	+200 M.		
SOBREEXCAVACION	1 M.	2 M.	3 M.	4 M.	+4 M.		
<u>OBSERVACIONES</u>							
NOMBRE DEL DIRECTOR FACULTATIVO <u>JOSE A. ABEJARO</u>							



DATOS DE VOLADURA				"LA CURVA"	
NUMERO	2	FECHA	13.05.92	LOCALIZACION	NAVALAGAMELLA
TIPO DE VOLADURA	PRODUCCION BANCO	S	Nº DETONADORES	Nº BARRENOS	CARGA MAXIMA POR BARRENO
TIEMPO TOTAL	TIPO DE ROCA	GRANITO	0		
EQUIPO EMPLEADO	BRÚJEL	NOTAS	1		
<u>GEOMETRIA DE LA VOLADURA</u>			2		
Nº DE BARRENOS	7	DIAMETRO(MM)	105	3	
ALTURA DE BANCO (M)	40	LONGITUD DE BARRENO (M)	20	4	
INCLINACION (º)	15	SOBREPERFORACION (M)	--	5	
PIEDRA (M)	3	ESPACIAMIENTO (M)	3	6	
RETACADO (M)	2,5	TIPO RETACADO	DETRITUS	7	
Nº DE FILAS	1	Nº DE FRENES LIBRES	1	8	
ENCR DE EMBOCUILLE (CM)					
<u>EXPLOSIVOS Y ACCESORIOS</u>			9		
TIPO EXPLOSIVO DE FONDO	GOMA 2E-C	CANT. TOTAL (KG)	175	10	
ENCARTUCHADO S/N	S	DIAM. CARTUCHOS (MM)	85	11	
TIPO EXPLOSIVO DE COLUMNA	NAGOLITA	CANT. TOTAL (KG)	400	12	
ENCARTUCHADO S/N	N	DIAM. CARTUCHOS (MM)	--	13	
FABRICANTE DE LOS EXPLOSIVOS	U.E.E.				
TIPO DE CEBADO	CABEZA	SIST. INICIACION	ELECTRICO	14	
TIPO DE CIRCUITO, SERIE	S	PARALELO	--	15	
SECUENCIA DE INCENDIO	MICRORRETARDO Nº 0				
TIPO DETONADORES	SENSIBLES FABRICANTE U.E.E.				
TIPO DE CORDON DET.	20 g/m				
FABRICANTE	U.E.E.				
<u>CONDICIONES ATMOSFERICAS</u>			16		
CIELO	DESPEJADO	NUBOSO	LLUVIA	17	
TEMPERATURA	CALOR	TEMPLADO	FRIO	18	
VIENTOS	N S	NE SO	E O		
<u>EVALUACION DE RESULTADOS</u>			<u>ESQUEMA EN PLANTA DE LA VOLADURA</u>		
FRAGMENTACION	EXC	M.BLENA	BLENA	REG.	MALA
PROYECCIONES	50 M.	100 M.	150 M.	200 M.	+200 M.
SOBREEXCAVACION	1 M.	2 M.	3 M.	4 M.	+4 M.
<u>OBSERVACIONES</u>					
NOMBRE DEL DIRECTOR FACULTATIVO J. ANGEL ABEJARO					



ANEJO 2

NIVELES DE VIBRACION



VOLADURA CANTERA "LA CURVA". NAVALAGAMELLA

Día 13.05.92

NIVELES DE VIBRACION

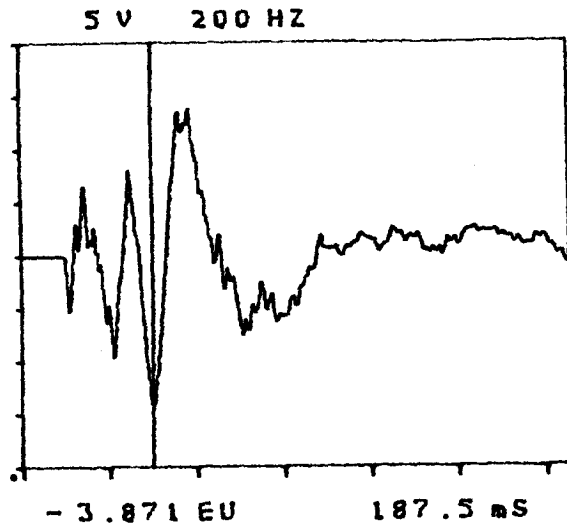
<u>PEGA Nº</u>	<u>CANALES</u>	<u>ESTACION</u>	<u>CARGA (Kg)</u>	<u>DISTANCIA (m)</u>	<u>VELOCIDAD (mm/s)</u>	<u>f (Hz)</u>
		<u>Y POSICION</u>				
1	2	EI-V	4350	310	3,871	14,7
	3	EI-L	4350	310	6,46	12,6
	4	EI-T	4350	310	5,05	13,2
2	2	EI-V	575	310	1,22	21,3
	3	EI-L	575	310	1,63	20,4
	4	EI-T	575	310	1,45	17,8



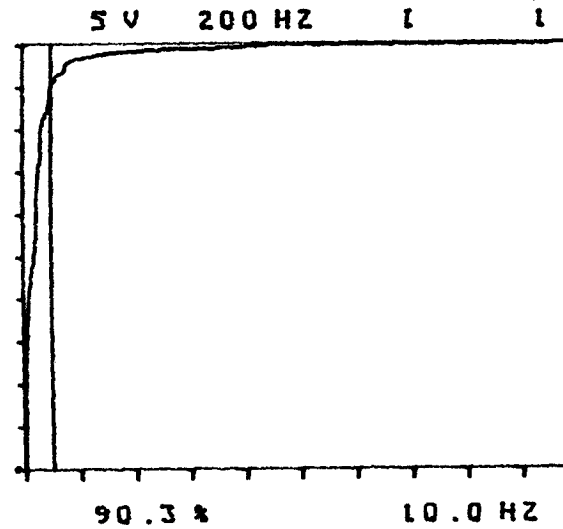
A N E J O 3

S I S M O G R A M A S

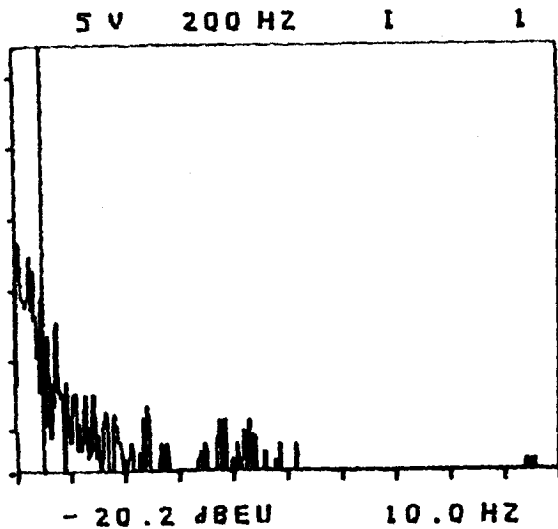
SEÑAL



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha 13.05.92

Localidad NAVALAGAMELLA

Pega. 1

Emplazamiento EI-V

Canal 2

Captador ACELERACION

Filtrado

Observaciones f= 14,7 Hz

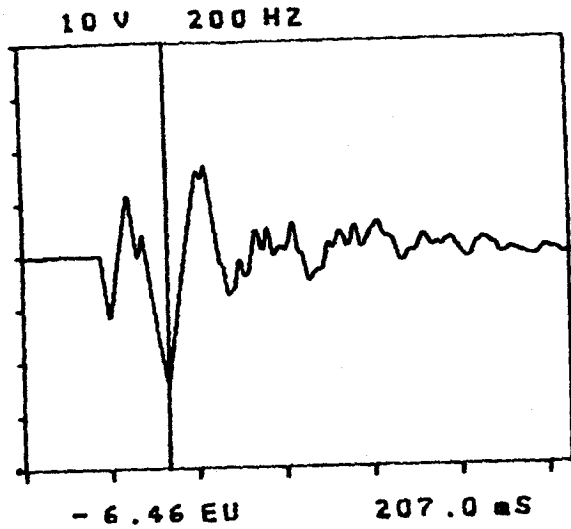


SEÑAL V

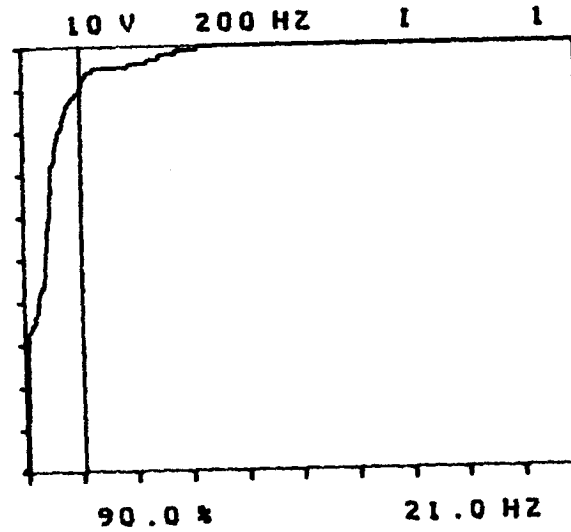
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



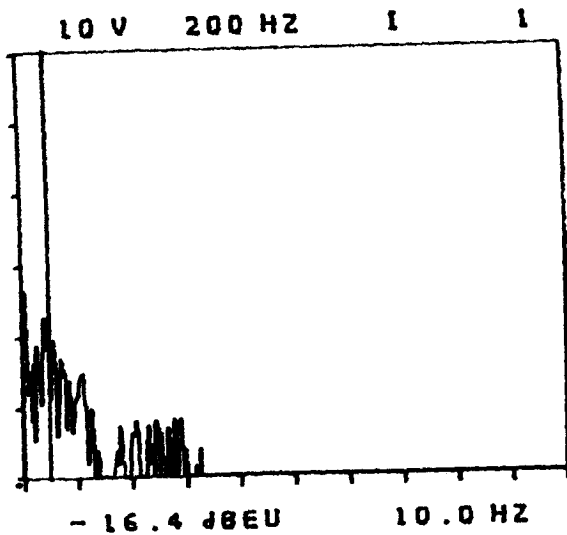
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha ... 13.05.92 .....

Localidad. NAVALAGAMELLA .....

Pega. .... 1 .....

Emplazamiento. .... EI-L .....

Canal. .... 3 .....

Captador. .... ACELERACION .....

Filtrado. .... .....

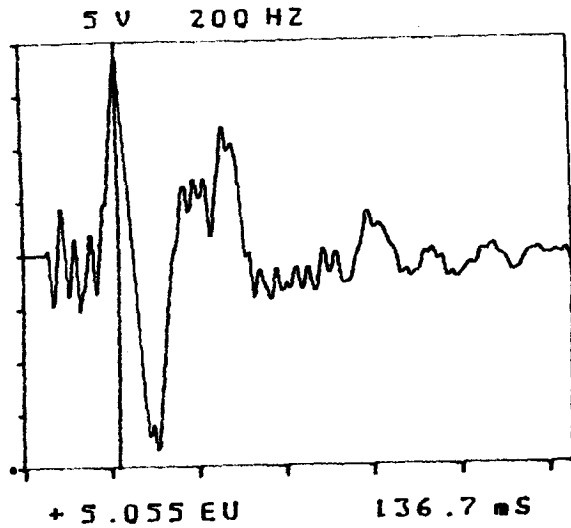
Observaciones. .... f= 12,6 Hz .....

SEÑAL V

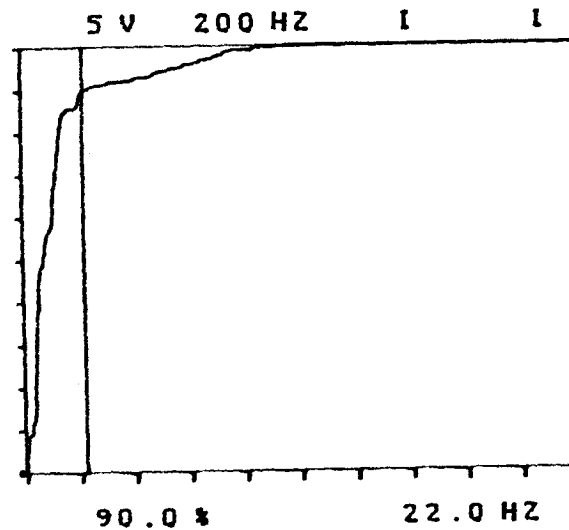
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



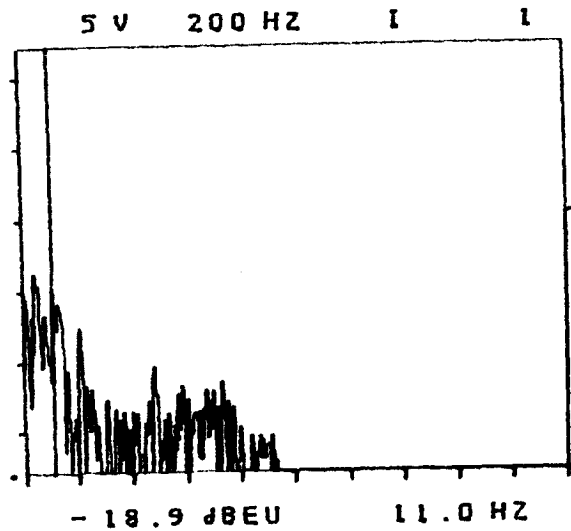
LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 13.05.92

Localidad. NAVALAGAMELLA

Pega. 1

Emplazamiento. EI-T

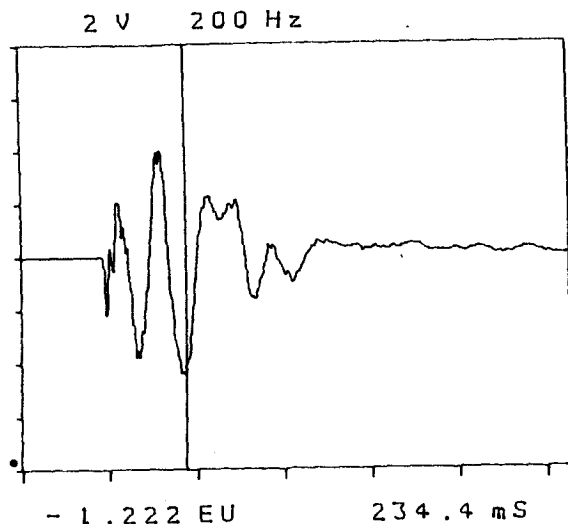
Canal. 4

Captador. ACELERACION

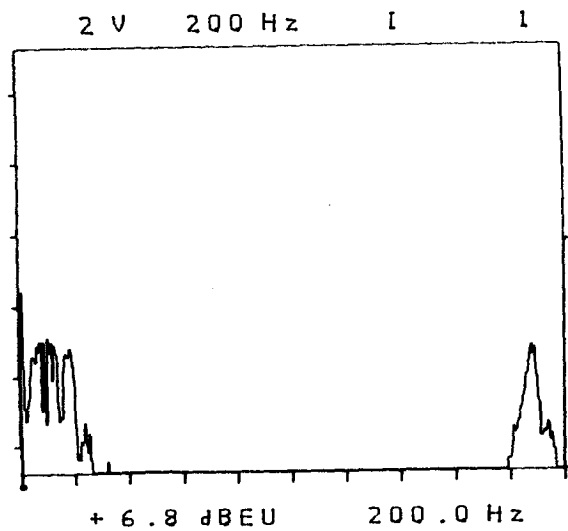
Filtrado.

Observaciones.  $f = 13,2$  Hz

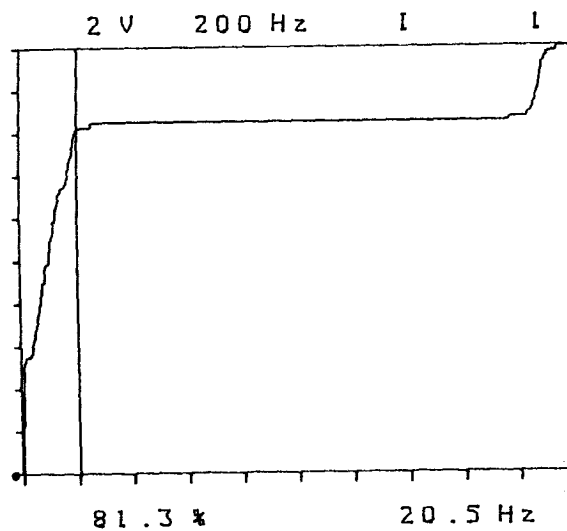
SEÑAL V



ESPECTRO DE F



DISTRIBUCION DE ENERGIA



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

Fecha. .13.05.92.....

Localidad.NAVALAGAMELLA.....

Pega. .... 2.....

Emplazamiento.EI-V.....

Canal. .... 2.....

Captador. ACELERACION.....

Filtrado. ....

Observaciones. f= 21,3 Hz.....

+

+

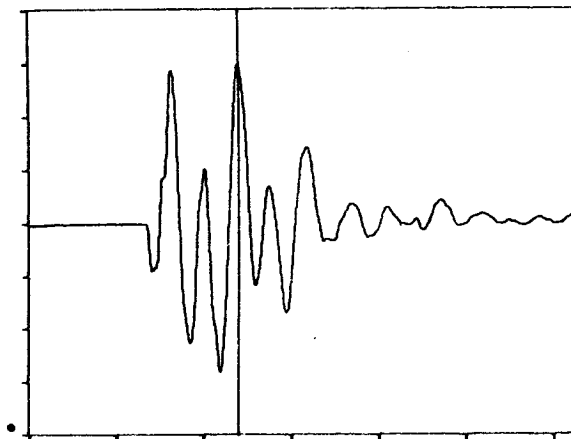
SEÑAL V

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA



LABORATORIO DE SEGURIDAD MINERA

2 V 200 HZ

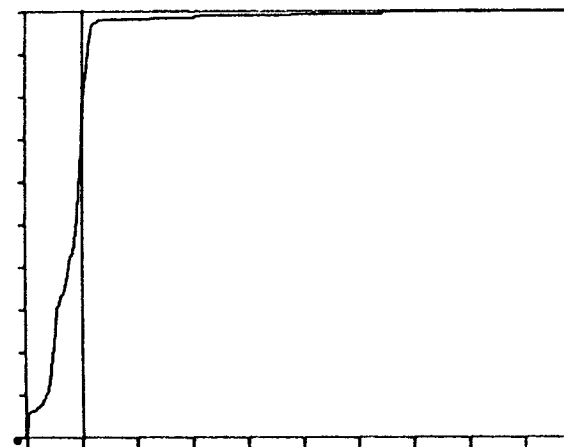


+ 1.634 EU

300.8 mS

DISTRIBUCION DE ENERGIA

2 V 200 HZ I I

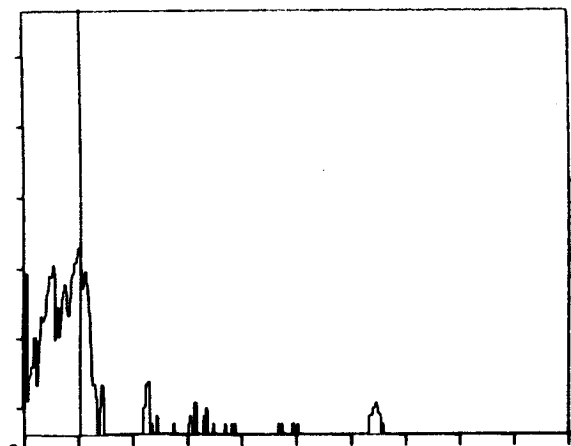


73.4 %

20.5 HZ

ESPECTRO DE F

2 V 200 HZ I I



- 26.5 dB EU

21.0 HZ

Fecha. 13.05.92

Localidad. NAVALAGAMELLA

Pega. 2

Emplazamiento. EI-L

Canal. 3

Captador. ACELERACION

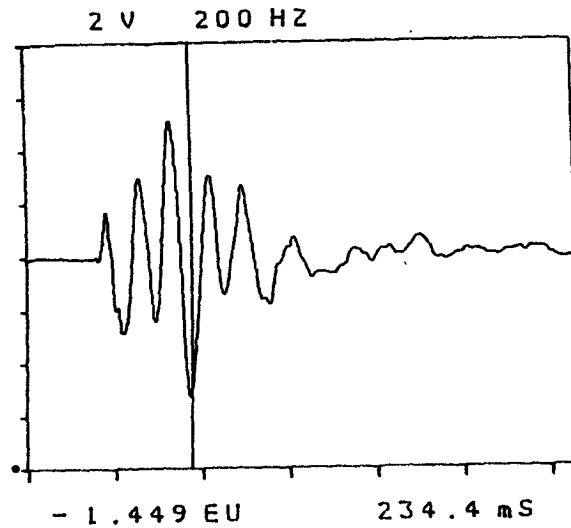
Filtrado.

Observaciones. f= 20,4 Hz

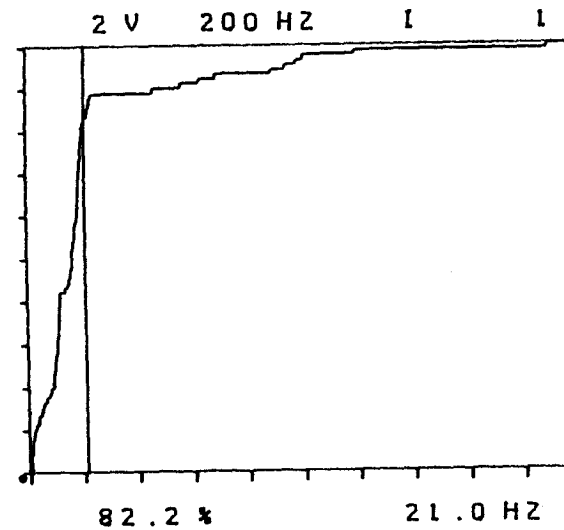
+

+

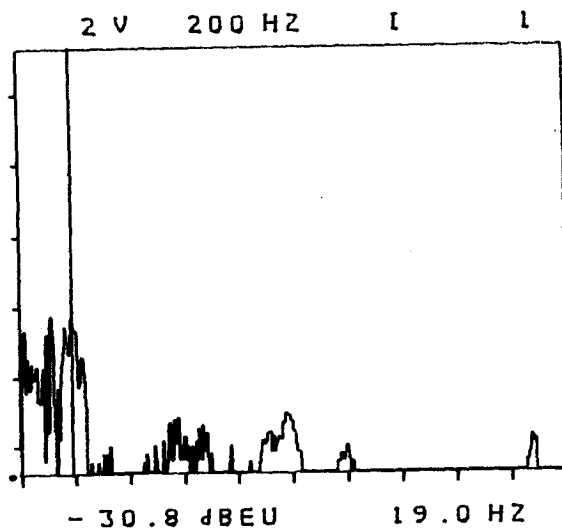
SEÑAL V



DISTRIBUCION DE ENERGIA



ESPECTRO DE F



Fecha. 13.05.92

Localidad. NAVALAGAMELLA

Pega. 2

Emplazamiento. EI-T

Canal. 4

Captador. ACELERACION

Filtrado.

Observaciones. f= 17,8 Hz



A N E J O 4

F O T O S



VISTA GENERAL DE LA CANTERA



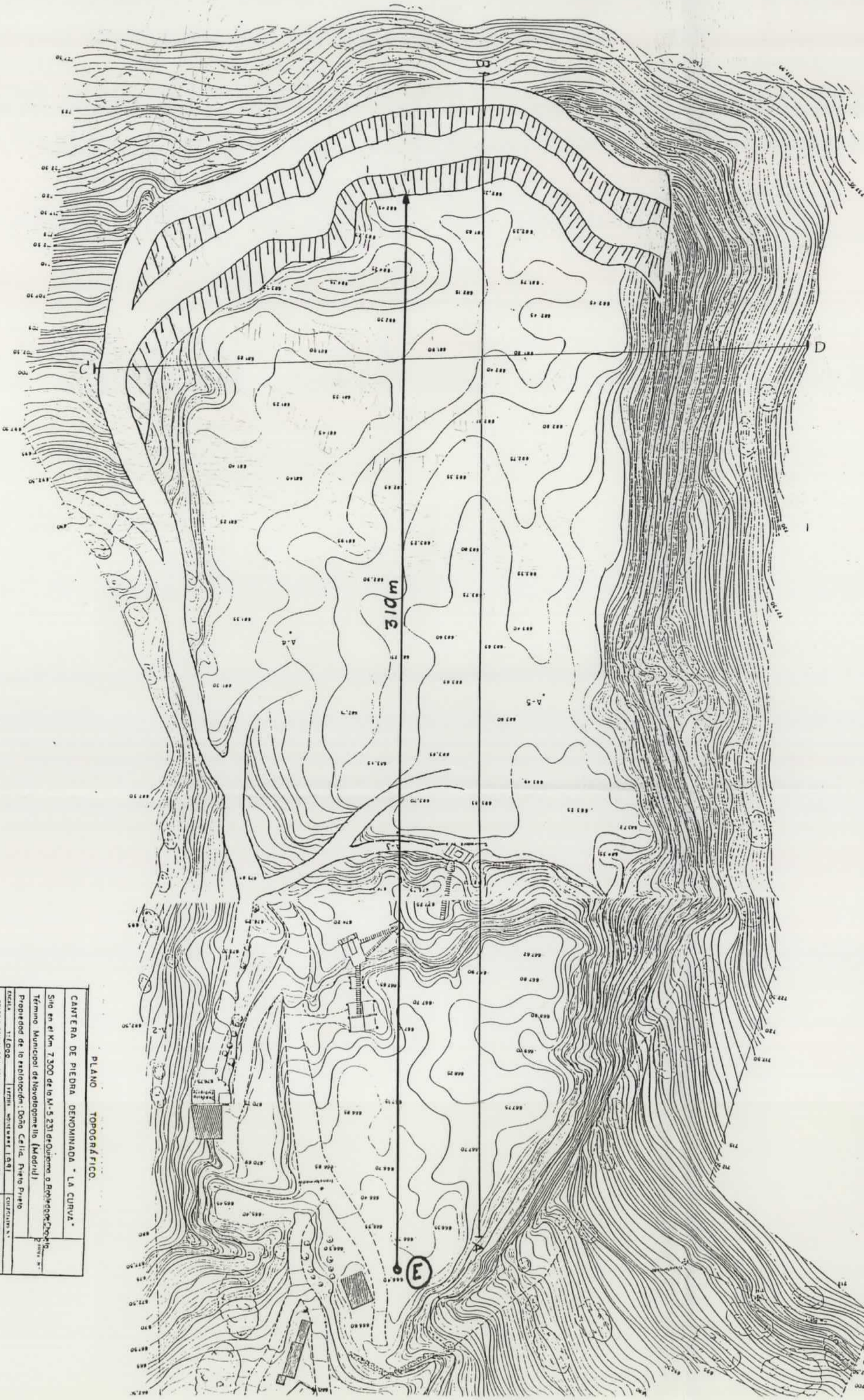
VISTA DEL FRENTE



A N E J O 5

P L A N O S





**PLANO TOPOGRÁFICO**

**CANTERA DE PIEDRA DENOMINADA "LA CURVA"**

Sitio en el Km 7.300 de la M.-5.231 de Quijorna a Roldán, Depto. Cuzco

Término Municipal de Novotomeillo (Madrid)

Propiedad de la explotación: Doña Celia Prieto Prieto

Escala: 1:1000

COLECCIÓN OFICIAL DE MAPAS TÉCNICOS DE MINAS

DIRECCIÓN DE MINAS

FECHA DE VISIÓN

PROYECTANTE: [Signature]

ELABORADO: [Signature]

REVISADO: [Signature]

APROBADO: [Signature]