



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

APOYO GEOFISICO A LAS INVESTIGACIONES DEL ITGE.

ESTUDIO GEOFISICO POR EL METODO EM DE DOMINIO DE TIEMPOS  
EN LA ZONA DEL CORTIJO DEL CID  
RESERVA HUEZGAR.

NOVIEMBRE - 1.994.



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

40439

## INDICE

1.	INTRODUCCION Y OBJETIVOS	1
2.	METODOLOGIA DE TRABAJO	4
	2.1. Pefiles EMDT	4
	2.2. Testificación de sondeos	9
3.	EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS MATERIALES	13
	3.1. Personal	13
	3.2. Medios materiales	13
4.	TRABAJO REALIZADO	17
	4.1. Toma de datos	17
	4.1.1. Perfiles EM con dispositivo de bucle fijo	17
	4.1.2. Perfiles EM con dispositivo de bucles móviles	19
	4.1.3. Medidas en el sondeo HC-2	20
	4.2. Procesado y presentación de los datos	20
	4.3. Documentos del estudio	22
5.	RESULTADOS OBTENIDOS	24
	5.1. Medidas EM con dispositivo de bucle fijo	24
	5.2. Medidas con dispositivo de bucles móviles	38
	5.3. Registros en el Sondeo HC-22	40
6.	CONCLUSIONES	43
7.	BIBLIOGRAFIA.	

40439

## **ANEXOS**

**Nº 1. Medidas obtenidas con dispositivo TURAM.**

- 1a). BUCLE 1
- 1b). BUCLE 2
- 1c). BUCLE 3

**Nº 2. Medidas obtenidas con dispositivo SLINGRAM**

**Nº 3. Registros del Sondeo HC-2.**

## **PLANOS**

- Nº 1. Localización de los perfiles medidos con el dispositivo TURAM**
- Nº 2. Localización de los perfiles medidos con el dispositivo SLINGRAM**
- Nº 3. Localización de los bucles empleados para las medidas en el sondeo S-2 y perfiles TURAM donde se midieron dos componentes.**
- Nº 4. Resumen de resultados.**

## INDICE DE FIGURAS.

- Nº 1. Localización de la zona de trabajo.
- Nº 2. Dispositivos empleados para las medidas EMDT en superficie.
- Nº 3. Dirección del vector de campo según McNae.
- Nº 4. Esquema general de las medidas EMDT en sondeos.
- Nº 5. Aspectos significativos de las medidas de la componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.
- Nº 6. Respuestas EMDT correspondientes a un conductor de tipo tabular. Medidas con dispositivo TURAM.
- Nº 7. Línea 31, Bucle 1, medio homogéneo de 550 ohm.m. Canales 1-5
- Nº 8. Línea 31, Bucle 1, medio homogéneo de 550 ohm.m. Más placa conductora. Canales 1-5.
- Nº 9. Línea 31, Bucle 1, medio homogéneo de 550 ohm.m. Más placa conductora. Canales 6-10
- Nº 10. Medidas de la componente X con dispositivo TURAM, línea 30.
- Nº 11. Medidas de la componente X con dispositivo TURAM, línea 31.
- Nº 12. Línea 30, Bucle 3, medio homogéneo + placa conductora. Canales 1-5, Componente vertical.
- Nº 13. Línea 30, Bucle 3, medio homogéneo de 550 ohm.m. Canales 1-5, Componente X.
- Nº 14. Línea 30, Bucle 3, medio homogéneo + placa conductora. Canales 1-5, Componente X.
- Nº 15. Anomalías teóricas correspondientes a medidas con dispositivo de bucles móviles.
- Nº 16. Sondeo HC-2, Bucle Central, Medio homogéneo. Canales 1-5.
- Nº 17. Sondeo HC-2, bucle Central, Medio homogéneo. Canales 6-10
- Nº 18. Columna litológica simplificada del sondeo HC-2.

## **1. INTRODUCCION Y OBJETIVOS.**

Los estudios que se describen en este Informe constituyen parte de los trabajos del Proyecto «APOYO GEOFISICO A LAS INVESTIGACIONES DEL ITGE»

Estos estudios se han realizado en una zona donde previamente se han llevado a cabo diversos trabajos por parte de la Dirección de Recursos Minerales del ITGE, así como varias campañas de prospección geofísica, por parte del Area de Geofísica del mismo Organismo. Las referencias más representativas al respecto son:

- \* «Reconocimiento mediante P.I. en la zona del Cortijo del Cid. Reserva Hueznar. 1.992».
- \* «Campaña de P.I. y magnético en la zona del Cortijo del Cid. Reserva Hueznar. 1.994».

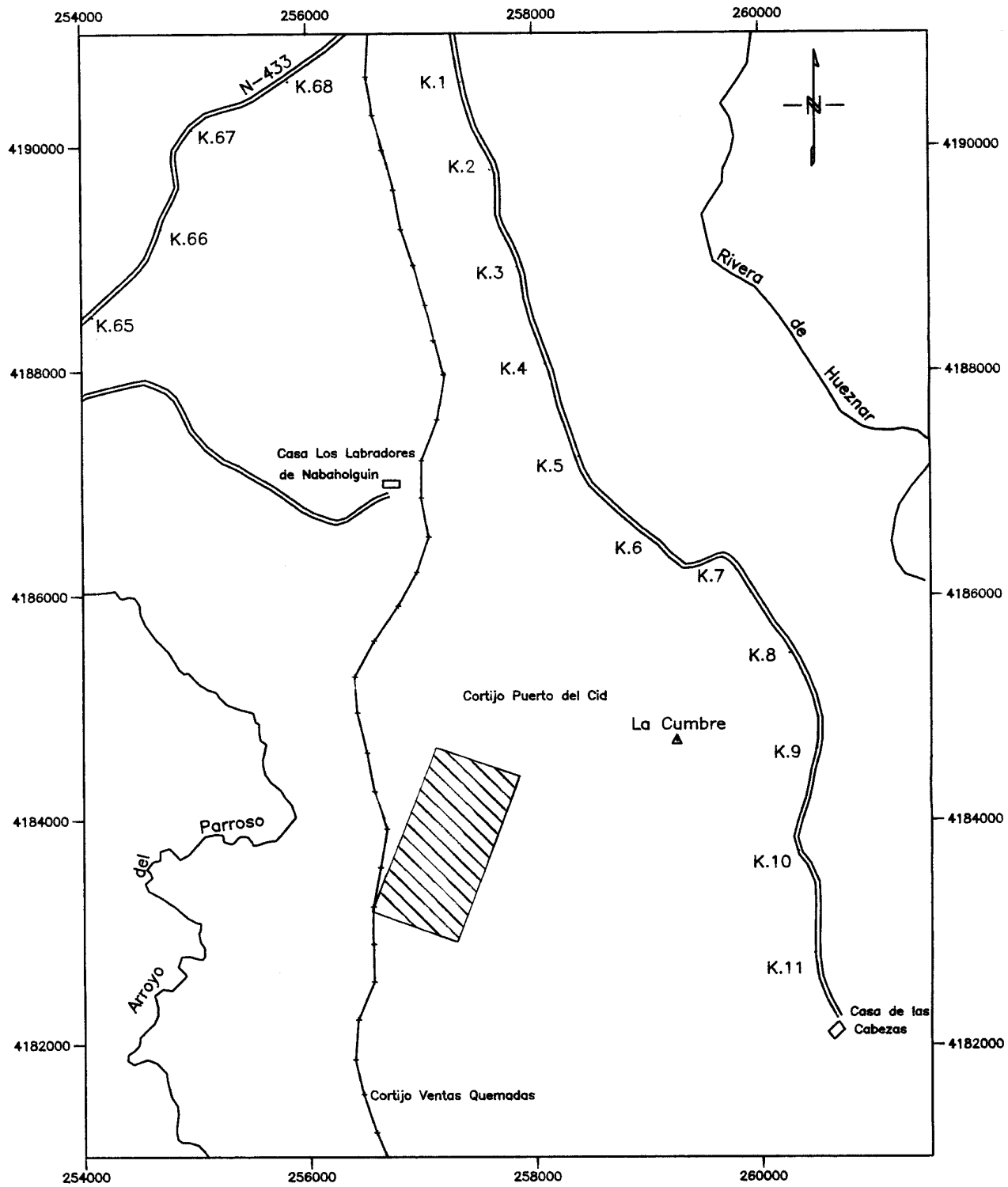
El encuadre geológico, antecedentes mineros y actuaciones llevadas a cabo en esta Reserva por la Dirección de Recursos Minerales del Instituto Tecnológico Geominero de España se detallan en los informes citados y por ello omitimos repetirlo aquí.

Mediante los estudios que se describen en este informe se pretende la detección de posibles masas de sulfuros metálicos, en base al carácter acusadamente conductor de este tipo de mineralizaciones. En el caso de los sondeos mecánicos las medidas EM de Dominio de Tiempos (EMDT), constituyen la opción más efectiva para la resolución de dos tipos de objetivos:

- **Determinar la continuidad de las masas de sulfuros intersectadas por los sondeos.**
- **Identificar posibles masas de sulfuros no intersectados por los sondeos y situadas en un radio de varias decenas de metros respecto a los mismos.**

Por su parte las medidas en superficie por el método EM de Dominio de Tiempos, utilizando bucles transmisores de gran tamaño constituyen una variante de prospección por resistividades muy efectiva para la resolución de objetivos similares a los de este trabajo. Consecuentemente su empleo en la prospección de sulfuros metálicos es ampliamente aceptado. Con el objetivo de detectar posibles cuerpos de esa naturaleza, en una zona con anomalías geoquímicas, geofísicas e indicios mineros, se ha empleado esta técnica en el área del Cortijo del Cid. Su localización sobre el MTN a escala 1/50.000 es la indicada en la Figura 1.

Este trabajo ha sido realizado por INTERNATIONAL GEOPHYSICAL TECHNOLOGY, S.A. (IGT) como adjudicataria del Proyecto citado al inicio de este capítulo, con supervisión de D. José Luis García Lobón, Ingeniero de Minas del Area de Geofísica del ITGE. En total se han medido 12'9 Km de perfil EM y se han registrado 206 metros de sondeo, en dos fases durante los meses de Marzo y Octubre de 1.994.



Hoja 941 E 1/50.000

Figura 1.- Localizacion de la zona de estudio

## **2. METODOLOGIA DE TRABAJO.-**

### **2.1. Perfiles EM de Dominio de Tiempos.-**

La detección de elementos conductores del subsuelo a través de medidas realizadas en superficie puede abordarse mediante una amplia gama de métodos geofísicos de prospección por resistividades. Una primera categoría la constituye una variante de los métodos de corriente continua conocida genéricamente como Calicatas Eléctricas. Se trata de técnicas en desuso para el tipo de aplicaciones como las de nuestro caso, por su reducida capacidad de penetración, su pobre resolución y el gran efecto que ejercen en sus medidas las condiciones superficiales de la zona de trabajo.

Para salvar los anteriores inconvenientes la técnica más ventajosa es la aplicación de métodos EM operando en el Dominio de Tiempos. Entre las características más destacables de este método cabe señalar las siguientes:

- Capacidad de investigar fiablemente hasta rangos de algún centenar de metros de profundidad.
- Posibilidad de interpretación semicuantativa de los resultados mediante modelización, aunque con algunas limitaciones.
- Diferenciación selectiva de la influencia de los materiales situados a diversos rangos de profundidad.

Este método geofísico es el más ampliamente utilizado a nivel mundial en la prospección de mineralizaciones de carácter conductor. Consiste en la medición del campo electromagnético



secundario asociado a las corrientes de difusión que se establecen en el subsuelo al cortar bruscamente los pulsos de corriente de gran intensidad que se hacen circular a través de un bucle de cable situado en la superficie del terreno. Este campo es variable con el tiempo y se muestra según un cierto número de ventanas distribuidas convenientemente en el rango de algunos milisegundos. El proceso de lectura se repite en cada punto un elevado número de veces de forma automática.

La ejecución de este tipo de medidas requiere la utilización de una instrumentación muy sofisticada y costosa dado el pequeñísimo orden de magnitud de los parámetros medidos.

Cabe la posibilidad de medir el campo EM transitorio según tres componentes ortogonales, si bien la práctica habitual se limita a la medición de la componente vertical por ser la más fácilmente medible e interpretable. En algún caso también resulta de gran ayuda para la posterior interpretación realizar medidas de la componente horizontal  $\times$  (perpendicular al lado mayor del bucle transmisor).

Los estudios de reconocimiento como el de nuestro caso se llevan a cabo operando según dos posibles modalidades que se indican en la Figura 2. La primera de ellas se denomina de bucle fijo (Turam) y la segunda de bucles móviles (Slingram).

En la modalidad Turam se usa un bucle transmisor situado en la superficie del terreno. Sus dimensiones son habitualmente de 400x300 metros a 800x300 metros, dependiendo del tipo de sistema transmisor que se emplee y de la profundidad a estudiar. El momento magnético generado por cada pulso de corriente es el producto de la intensidad por el área encerrada por el bucle, asumiendo que éste sea de una sola espira. De aquí la conveniencia de que las dimensiones del bucle sean lo mayor posible, al objeto de incrementar la relación señal/ruído.

Habitualmente la toma de datos se lleva a cabo a lo largo de perfiles situados por fuera del bucle y dispuestos perpendiculares a uno de sus lados mayores. El intervalo entre puntos de medida se establece entre 25 y 50 metros, dependiendo del grado de detalle que se pretenda en los resultados.

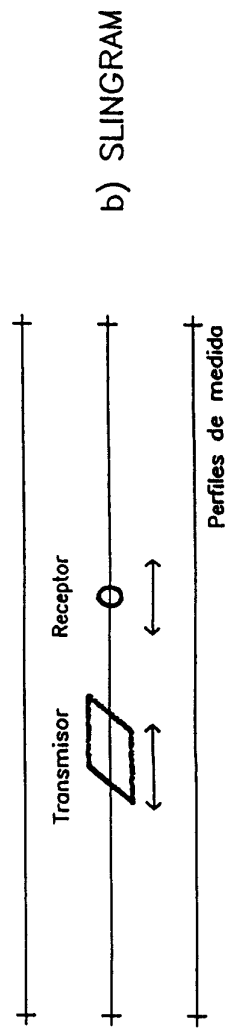
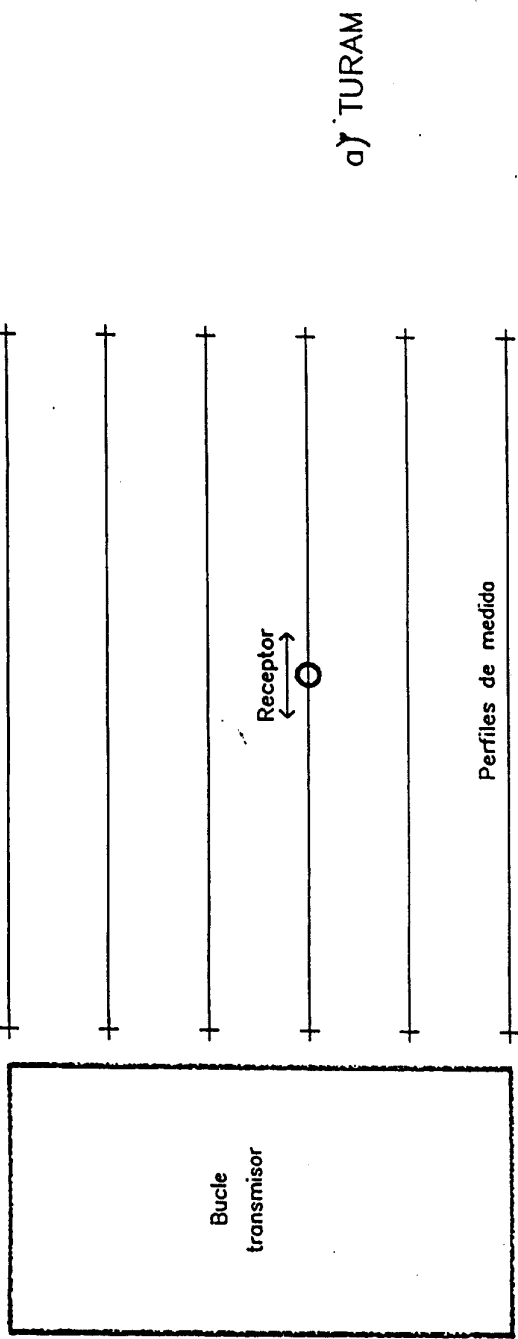


Figura 2.- Dispositivos empleados para las medidas EMDT en superficie.

Así pues el sistema transmisor ( $T_x$ ) se mantiene fijo, mientras que el receptor ( $R_x$ ), acoplado al correspondiente elemento sensor, se desplaza a lo largo de los perfiles de medida. Dependiendo de la magnitud de la señal; que decrece al alejarnos del bucle transmisor; la longitud de los perfiles de medida puede variar sustancialmente. En todo caso es mayor que el lado mayor del bucle transmisor.

Los resultados obtenidos se representan, en unidades de f.e.m. del campo secundario, (normalmente en mV) en forma de perfiles correspondientes a los canales de tiempo en que se efectúen las medidas; incluyendo todas las estaciones de cada perfil.

El rango dinámico del campo secundario es muy alto ya que sus valores pueden pasar de ser del orden de  $10^4$  a 1 en algunos milisegundos. Por ello en la presentación de resultados es habitual agrupar los perfiles en tramos con diferentes escalas, según el canal.

En este tipo de medidas y por tanto en los perfiles se integra el efecto del semiespacio rocoso y de los posibles conductores situados en el subsuelo. A través del proceso interpretativo se trata de separar ambos efectos y definir la posición, geometría y características del hipotético cuerpo anómalo. La definición de tales extremos se realiza por comparación de los resultados obtenidos con los correspondientes a modelos teóricos calculados para diversas alternativas geológicas.

En el planteamiento de un estudio geofísico de este tipo juega un papel importante la posición relativa entre el cuerpo anómalo a detectar y el bucle transmisor. Se trata en todo caso de conseguir el máximo acoplamiento del campo EM con el supuesto conductor.

Este concepto se ilustra en la Figura 3 (Mc Nae J.C, 1.981), donde se representa la dirección e intensidad relativa del vector del campo EM primario.

La situación ideal es aquella en que el vector de campo incide perpendicularmente sobre la cara de mayor superficie del

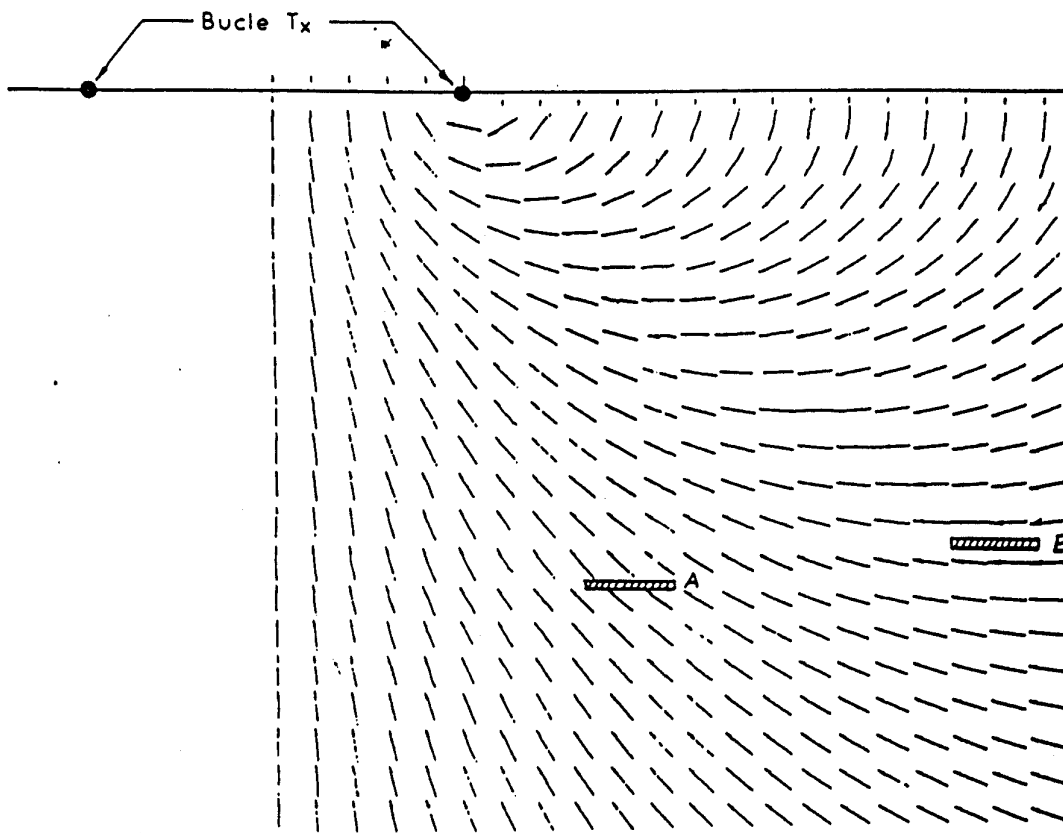


Figura 3. Dirección del vector de campo según McNae.

conductor. Es por tanto su posición relativa respecto al bucle el factor determinante.

Así por ejemplo un conductor metálico en la posición A se manifestaría en las medidas de forma mucho más acusada que en la posición B (Figura 4). En ambos casos se representa el conductor en sección y se asume que su dimensión en la dirección perpendicular al plano del dibujo es considerable.

De acuerdo con estas ideas y en el caso de que existiera un cuerpo mineralizado de tipo tabular y en disposición subhorizontal, las posibilidades de su detección serían tanto mayores cuando más próximo al bucle se localizara.

En ciertos casos existen, no obstante, limitaciones de tipo logístico que hacen muy difícil el seguimiento preciso de los criterios anteriormente expuestos.

Respecto a la modalidad Slingram cabe mencionar que al utilizar un bucle transmisor de reducidas dimensiones decrece considerablemente el momento magnético aplicado y por lo tanto disminuye la profundidad investigada. Por contra este tipo de medidas conllevan una mejor resolución lateral que las correspondientes al dispositivo de bucle fijo y son más fácilmente interpretables. Habitualmente el empleo de este tipo de dispositivo de medida se limita a objetivos situados a profundidad máxima del orden de algunas decenas de metros y al reconocimiento de zonas de detalle; raramente a reconocimientos sistemáticos de grandes áreas.

## 2.2. TESTIFICACION DE SONDEOS. -

Mediante las medidas EM de Dominio de Tiempos en sondeos se pretende detectar la presencia de posibles conductores no intersectados por los sondeos y situados en su entorno; o bien determinar la continuidad de aquellos que sí hayan sido intersectados.

Para la resolución de ambos objetivos se reconoce a esta técnica como la de mayor capacidad. Básicamente consiste en la medida del campo magnético transitorio asociado a las corrientes de difusión que se establecen en el subsuelo, al interrumpir de forma instantánea los pulsos de corriente que circulan por un bucle conductor situado en la superficie del terreno. Las lecturas se realizan mediante un sensor que se posiciona dentro del sondeo a intervalos variables entre 5 y 10 metros.

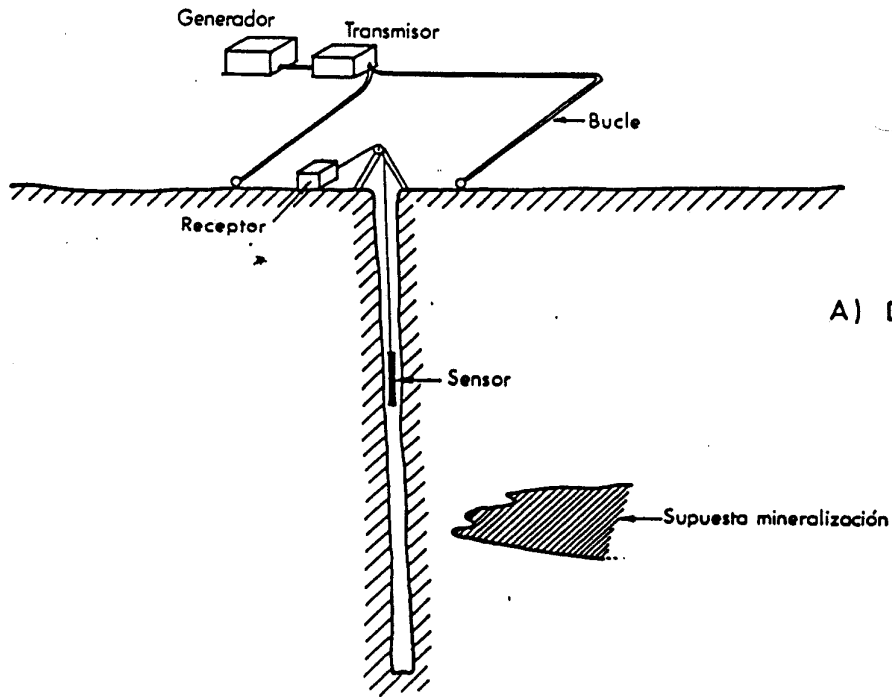
La presencia de un elemento conductor en el subsuelo, tal como una mineralización de sulfuros masivos, provoca una distorsión en la distribución de las corrientes de difusión y en el campo magnético asociado. Esta distorsión se reflejará en las medidas configurando modelos de respuesta que hacen identificable la presencia del conductor; siempre que el momento magnético aplicado en el bucle transmisor energice suficientemente el subsuelo en el ámbito donde se localice la mineralización.

Este sistema permite obtener información representativa de decenas de metros en el entorno del sondeo donde se efectúan las medidas.

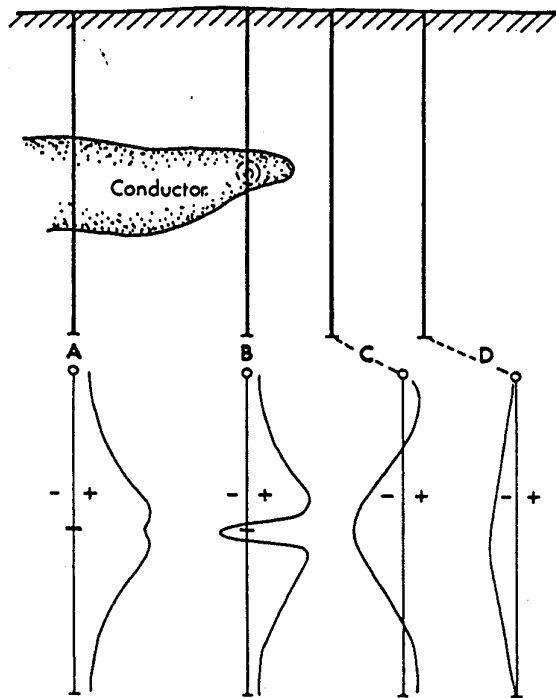
La respuesta obtenida en un determinado sondeo; supuesta la presencia de un cuerpo mineralizado en sus proximidades; depende de la posición relativa del bucle transmisor respecto al sondeo y a la mineralización. Por ello el estudio de un sondeo con este método exige en muchos casos la repetición de las medidas para distintas posiciones del bucle transmisor.

El detalle requerido en las determinaciones condiciona el espaciado entre puntos de medida a lo largo del sondeo. En cuanto al tamaño del bucle transmisor la regla general es utilizar bucles cuadrados cuyo lado sea entre  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{2}{3}$  de la profundidad máxima a medir.

A modo de explicación de la logística del método y de algunas respuestas típicas del mismo, nos remitimos a la Figura 4. En la parte superior de la misma se detalla la forma en que se posiciona el bucle transmisor y el sensor en el sondeo.



A) DESCRIPCION



B) RESPUESTAS TEORICAS

Figura 4. Esquema general de las medidas EMDT en sondeos.

En una determinada posición del sensor, la medida consiste en el registro del campo magnético transitorio en varios canales de tiempo. La morfología del perfil obtenido al representar los valores de un mismo canal a lo largo del sondeo es lo que se esquematiza en la parte inferior de la citada figura. Se trata de repuestas características en función de la posición relativa entre el sondeo y la supuesta mineralización conductora.



### **3. EQUIPO DE TRABAJO Y MEDIOS MATERIALES.-**

#### **3.1. PERSONAL.-**

El estudio ha sido realizado por el personal de plantilla de IGT que se indica a continuación:

**Angel GRANDA.**

Ingeniero de Minas. Planificación de los trabajos, interpretación de resultados y redacción del informe.

**José Carlos CAMBERO.**

Ingeniero de Minas. Procesado de datos y presentación de resultados.

**Francisco SOCUELLAMOS.**

Operador geofísico. Toma de datos en campo.

**Victor Manuel YAGÜE.**

Operador geofísico. Toma de datos en campo.

#### **3.2. MEDIOS MATERIALES.-**

Tanto las medidas en sondeos como las de superficie se han realizado con un sistema PROTEM con las configuraciones siguientes:

**Medidas con dispositivo de bucle fijo.**

Receptor: PROTEM.  
Transmisor: EM-37  
Sensor: Bobina de baja frecuencia.  
Bucle transmisor de 400×300 m.

**Medidas con dispositivo de bucles móviles.**

Receptor: PROTEM.  
Transmisor: EM-57  
Sensor: Bobina de baja frecuencia.  
Bucle transmisor: Multiespira de 5×5 m, 8 conductores.

**Registros en sondeos.**

Receptor: PROTEM.  
Transmisor: EM-37  
Sensor: Sonda BH-43  
Bucle transmisor de 100×100 m.

Las características de cada uno de los elementos significativos se describen seguidamente:

**RECEPTOR PROTEM.**

Magnitud medida. Flujo magnético variable con el tiempo, según tres ejes ortogonales.

Bobina receptora (Baja frecuencia). Núcleo de aire, con una amplitud de banda de 60 KHz y un área equivalente a 100 m<sup>2</sup>.

Canales de lectura. 20 canales espaciados geoméricamente para cada frecuencia. Cubren el rango de 6 μseg hasta 80 ms.

Frecuencia base. El equipo opera con frecuencia 2'5, 6'25, 25, 62'5 y 262'5 Hz.

**Sincronismo.** Mediante cable de referencia o mediante cristal de cuarzo.

**Tiempo de integración.** Entre 17'5 y 70 s.

**Almacenamiento de datos.** Memoria sólida para 1000 medidas.

Los datos en la memoria no pueden borrarse voluntariamente sino por desbordamiento y grabación de nuevos datos sobre los antiguos, uno a uno. En tal caso el sistema proporciona una indicación inequívoca al operador.

**Pantalla.** Alfanumérica de cristal líquido. Cuatro líneas de 16 caracteres cada una.

**Transferencia de datos.** Mediante un puerto de comunicaciones RS-232.

**Alimentación.** Batería de 12 V recargable. Permite 16 horas de operación (8 horas con sincronismo mediante cristal).

**Operación.** Controlada por microprocesador y programas específicos.

### TRANSMISOR EM-37.

**Tipo de corriente.** Bipolar rectangular con 50% de ciclo activo.

**Frecuencia base.** 2'5, 6'25 y 25 Hz.

**Tiempo de corte.** 300  $\mu$ seg a 20 A. en un bucle de 300  $\times$  600 m. Disminuye proporcionalmente con la corriente y dimensiones del bucle hasta un mínimo de 20  $\mu$ seg.

**Voltaje de salida.** De 20 a 160 V en siete posiciones.

**Sincronismo.** Con cable de cristal de cuarzo.

**Motor generador.** 2.800 W/120 V/400 Hz, 3 fases.

Protección. Electrónica y electromecánica frente a posibles cortocircuitos.

**TRANSMISOR EM-57.-**

Empleado en las medidas con bucles móviles (dispositivo Slingram). Sus diferencias significativas en relación con el EM-37 son las siguientes:

Tiempo de corte utilizando un bucle transmisor de 5x5 metros y 8 espiras: 115  $\mu$ seg, para una intensidad de los pulsos de corriente igual a 20 A.

Voltaje de salida. 20 ó 40 V.

Motor generador. 600 W/120 V/ 60 Hz.

Sus restantes características son idénticas a las del EM-37.

**SONDA BH-43.-**

Mide la componente axial del campo EM.

Area equivalente 64 m<sup>2</sup>

Lleva incorporado un preamplificador con una frecuencia de resonancia de 26 KHz.

Dimensiones: 170 cm de longitud y 2'6 cm de diámetro.

Capacidad del winch - 1000 m.

Resolución del contador de profundidad 10 cm.

#### **4. TRABAJO REALIZADO.**

##### **4.1. TOMA DE DATOS.-**

##### **4.1.1. Perfiles EM con dispositivo de bucle fijo.-**

Se utilizaron tres bucles transmisores independientes, midiéndose los perfiles que se indican en el Plano nº 1. Los parámetros que definen la forma en que se realizaron las medidas son los siguientes:

- Tamaño de los bucles - 400×300 m.
- Frecuencia - 25 Hz
- Tiempo de corte - 210  $\mu$ s
- Intensidad - 21'5 A
- Sincronismo - Mediante cristal
- Tiempo de integración - 48 s.
- Intervalo entre las lecturas - 25 m.
- Componente medida - Vertical (Z). En los Perfiles 30 y 31 se midió también la componente X, operando con el Bucle 3.

Este es el resumen detallado de las medidas realizadas con dispositivo TURAM.

**CON EL BUCLE 1.**

Perfil 28 - Estacas 3 a 27 .... 600 m  
Perfil 29 - Estacas 3 a 26 .... 575 m  
Perfil 30 - Estacas 3 a 26 .... 575 m  
Perfil 31 - Estacas 3 a 27 .... 600 m  
Perfil 32 - Estacas 3 a 27 .... 600 m

2.950 m

**CON EL BUCLE 2.**

Perfil 24 - Estacas 3 a 27 .... 600 m  
Perfil 25 - Estacas 3 a 27 .... 600 m  
Perfil 26 - Estacas 3 a 27 .... 600 m  
Perfil 27 - Estacas 3 a 27 .... 600 m

2.400 m

**CON EL BUCLE 3.**

Perfil 29 - Estacas 8 a 25 .... 425 m  
Perfil 30 - Estacas 8 a 28 .... 500 m  
Perfil 31 - Estacas 8 a 33 .... 625 m  
Perfil 32 - Estacas 8 a 34 .... 650 m  
Perfil 33 - Estacas 8 a 30 .... 550 m

2.750 m

Además los perfiles 30 y 31 se repitieron midiéndose también  
componente X ..... 1.125 m.

SUMA ..... 9.225 m

#### 4.1.2. Perfiles EM con dispositivo de bucles móviles. -

La distribución de los perfiles de medida se ha establecido en función de la localización de los indicios y puntos de interés señalados por el ITGE y teniendo en cuenta los resultados obtenidos de las medidas TURAM previamente realizadas.

Las características que definen la forma en que se han realizado estas medidas son las que a continuación indicamos.

- Espaciado entre transmisor y receptor  $S = 25$  m, si bien en el Perfil 26 se repitieron las medidas con espaciado  $S = 50$  m.
- Frecuencia - 25 Hz
- Tiempo de corte - 156  $\mu$ s
- Intensidad - 14 A
- Sincronismo - Mediante cable de referencia.
- Tiempo de integración - 48 s.
- Intervalo entre las lecturas - 25 m.
- Componente medida - Vertical

Esta es la relación de los perfiles medidos.-

- PERFIL 26 - Estacas 3 a 26 ( $S=25$  m) ... 575 m.
- PERFIL 26 - Estacas 2 a 27 ( $S=50$  m) ... 625 m
- PERFIL 27 - Estacas 4 a 27 ( $S=25$  m) ... 575 m.
- PERFIL 29 - Estacas 4 a 20 ( $S=25$  m) ... 400 m
- PERFIL 30 - Estacas 4 a 26 ( $S=25$  m) ... 550 m
- PERFIL 31 - Estacas 5 a 26 ( $S=25$  m) ... 525 m.
- PERFIL 36 - Estacas 5 a 22 ( $S=25$  m) ... 425 m

SUMA ..... 3.675 m.

Todas las medidas Turam y Slingram se realizaron en dos fases entre los días 16-3/26-3 y 24-10/2-11 de 1.994. Durante estos periodos también hubo de realizarse el rozado y señalización de algunos perfiles por lo que los días efectivos de medida fueron 12. Resulta así un rendimiento medio de 1.075 m/día.

#### 4.1.3. MEDIDAS EN EL SONDEO HC-2.

El sondeo estaba entubado con PVC y en él se realizaron dos series independientes de medidas utilizando respectivamente un bucle transmisor centrado en el sondeo y otro adosado al anterior y desplazado hacia el Sur, tal como se indica en el Plano nº 3.

Para ambos casos, los parámetros relativos a la forma en que se realizó la operación fueron:

- Tamaño del bucle ... 100×100 m
- Frecuencia - 25 Hz
- Tiempo de corte ... 125 µs
- Transmisor - EM-37
- Intensidad ... 27 A
- Sincronismo ... Mediante cable de referencia
- Componente medida ... axial
- Espaciado entre puntos de medida
  - . 3 m en las medidas con el bucle Central
  - . 5 m en las medidas con el bucle Sur
- Profundidad registrada .. Hasta 103 m
- Tiempo de integración ... 48 s

Por su parte las características relevantes del sondeo HC-2 son las siguientes:

Longitud ... 158'55 m  
Inclinación ... 60° (horiz.)  
Dirección N110.

#### 4.2. PROCESADO Y PRESENTACION DE LOS DATOS.-

Esta fase es común para las medidas en sondeos y las realizadas en perfiles, con independencia del dispositivo de medida utilizado. Se ha realizado mediante el programa DATEM, suministrado por GEONICS.



Los valores medidos del campo magnético transitorio se expresan en mV una vez normalizadas todas las lecturas en función de la intensidad en el bucle transmisor, ganancia, etc. Estos valores normalizados se representan en forma de perfiles a lo largo del sondeo, correspondiendo cada uno de ellos a un canal de lectura.

Dado el considerable rango dinámico de los valores del transitorio en cada punto de medida, es habitual representar los perfiles en grupos con diferentes escalas. De este modo se ponen de relieve los aspectos de interés de todos los canales aunque correspondan en algún caso a valores absolutos relativamente reducidos.

Cada gráfico incluye información respecto a la ganancia e intensidad utilizadas para la normalización de los valores, así como el número del sondeo o del perfil, bucle y frecuencia con que se han efectuado las correspondientes medidas.

En la parte superior figura la siguiente información:

LINE.- Identifica al sondeo o al perfil de medida.  
FILE.- Nombre del fichero con los datos de campo.  
X.X.- Componente medida.

Inmediatamente debajo se indican las profundidades o las distancias en los perfiles, expresadas en metros. La letra que aparece a continuación de cada cifra no tiene ningún significado especial. Es un código de orientación asignado durante la toma de datos.

En el margen izquierdo de cada gráfico se indica:

1×DBZ. Las medidas correspondientes a la componente vertical, expresada según una de las formas de reducción que el programa DATEM incluye.  
\*\*\*µs. Tiempo de corte empleado en la normalización.  
mV. Unidad en que se expresan las medidas.  
N, TXC. Ganancia e intensidad aplicadas en la normalización.

Las lecturas se representan en grupos de cinco canales (1-5, 6-10, 11-15 y 16-20) con su escala en el borde izquierdo de cada grupo.

#### **4.3. DOCUMENTOS DEL ESTUDIO.**

El conjunto de datos y resultados obtenidos en este trabajo se entrega mediante la serie de documentos que a continuación se relacionan:

- Memoria descriptiva del trabajo realizado y de los resultados obtenidos.
- Planos con la localización de los perfiles medidos y resultados del estudio
- Gráficos con las medidas.
- Diskettes con los ficheros conteniendo todas las medidas. Estos ficheros tienen el formato específico para su tratamiento mediante el programa DATEM.

Los ficheros que se entregan son los siguientes:

- . CID24B2 \_ Datos del perfil 24 con dispositivo TURAM, Bucle 2
- . CID25B2 \_ Datos del perfil 25 con dispositivo TURAM, Bucle 2
- . CID26B2 \_ Datos del perfil 26 con dispositivo TURAM, Bucle 2
- . CID27B2 \_ Datos del perfil 27 con dispositivo TURAM, Bucle 2
- . CID28B1 \_ Datos del perfil 28 con dispositivo TURAM, Bucle 1
- . CID29B1 \_ Datos del perfil 29 con dispositivo TURAM, Bucle 1
- . CID30B1 \_ Datos del perfil 30 con dispositivo TURAM, Bucle 1
- . CID31B1 \_ Datos del perfil 31 con dispositivo TURAM, Bucle 1
- . CID32B1 \_ Datos del perfil 32 con dispositivo TURAM, Bucle 1
- . CID29B3 \_ Datos del perfil 29 con dispositivo TURAM, Bucle 3
- . CID30B3 \_ Datos del perfil 30 con dispositivo TURAM, Bucle 3
- . CID31B3 \_ Datos del perfil 31 con dispositivo TURAM, Bucle 3
- . CID32B3 \_ Datos del perfil 32 con dispositivo TURAM, Bucle 3
- . CID33B3 \_ Datos del perfil 33 con dispositivo TURAM, Bucle 3
- . CID26S \_ Datos del perfil 26 con dispositivo SLINGRAM (S=25 m)

- . CID26S5 \_ Datos del perfil 26 con dispositivo SLINGRAM (S=50 m)
- . CID29S \_ Datos del perfil 29 con dispositivo SLINGRAM (S=25 m)
- . CID27S \_ Datos del perfil 27 con dispositivo SLINGRAM (S=25 m)
- . CID30S \_ Datos del perfil 30 con dispositivo SLINGRAM (S= 5 m)
- . CID31S \_ Datos del perfil 31 con dispositivo SLINGRAM (S=25 m)
- . CID36S \_ Datos del perfil 36 con dispositivo SLINGRAM (S=25 m)
- . CIDS2 \_ Registros del sondeo HC-2 con el bucle Central
- . CIDS2SUR\_ Registros del sondeo HC-2 con el bucle Sur.

## **5. RESULTADOS OBTENIDOS.-**

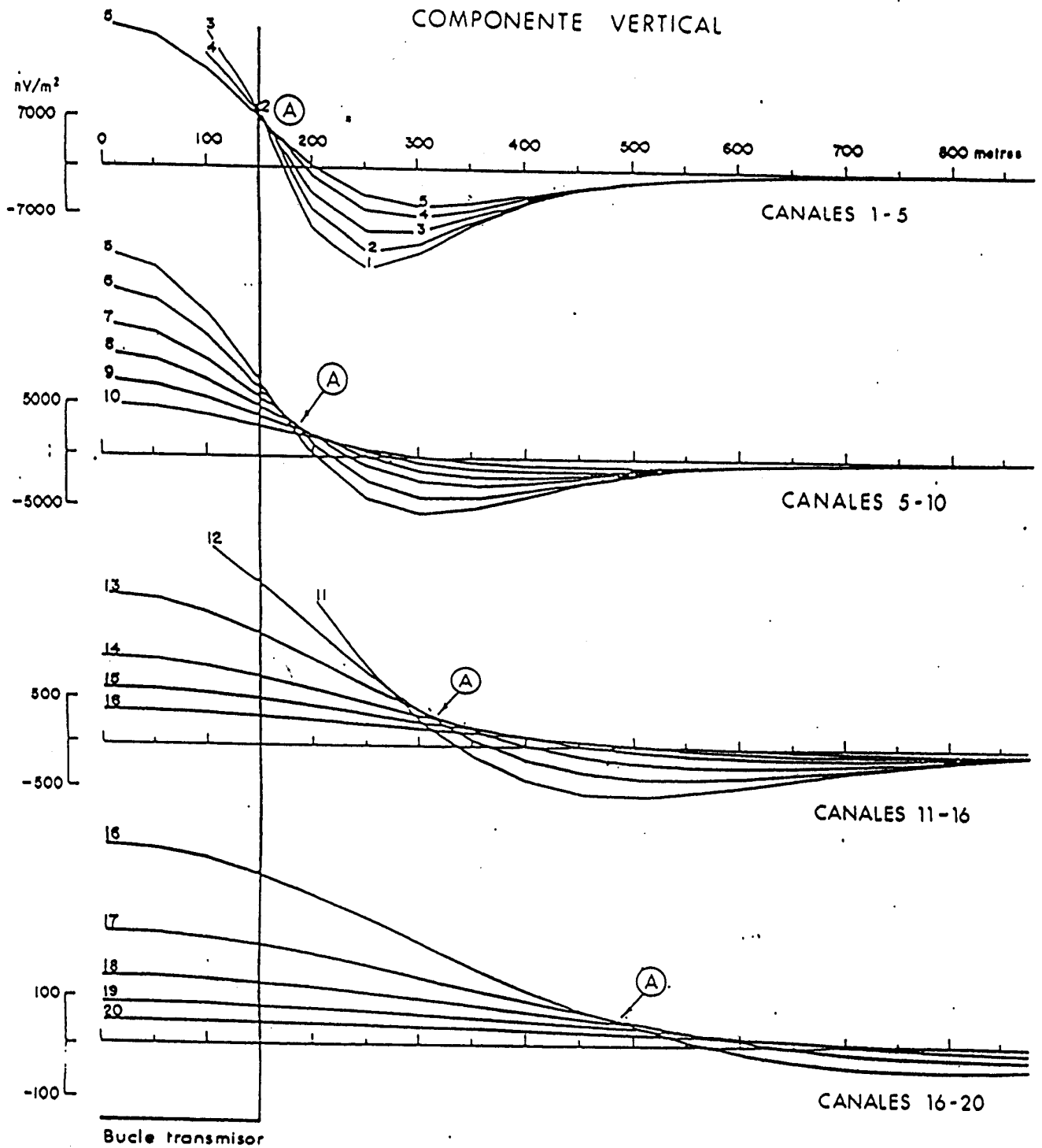
### **5.1. MEDIDAS EM CON DISPOSITIVO DE BUCLE FIJO.-**

El proceso interpretativo se realiza mediante la comparación de los datos con las respuestas obtenidas del cálculo de modelos sencillos, incluyendo o no la presencia de conductores metálicos confinados.

Representamos en la Figura 5 el modelo de respuesta correspondiente a la componente vertical de un medio homogéneo. Uno de sus elementos más característicos es el punto A donde se produce la inversión del signo de las lecturas para canales sucesivos. Su posición varía, alejándose del bucle transmisor, cuando la respuesta corresponde a un semiespacio rocoso de tipo homogéneo. La migración lateral del punto citado es tanto más rápida cuanto mayor sea la resistividad del medio rocoso. Cuando la inversión en el signo de las lecturas es debido a la presencia de un conductor, no existe apenas desplazamiento lateral del punto A.

Superpuesta sobre la respuesta del semiespacio rocoso, se identifica a veces la influencia de un posible conductor del subsuelo constituyendo una anomalía cuya influencia se pone de relieve en unos u otros canales, dependiendo de la profundidad a que se localice el hipotético conductor.

En función de la forma del cuerpo anómalo, de su conductancia, geometría y posición relativa respecto al bucle transmisor, la morfología de la anomalía puede ser muy variable, aunque inequívoca en todo caso.



**Figura 5. Aspectos significativos de las medidas de la componente vertical correspondiente a un medio homogéneo.**

Las respuestas específicas producidas por un conductor metálico de tipo tabular, en función de su disposición respecto al bucle transmisor, presentan una morfología del tipo indicado en la Figura 6 (Nabighian y McNae, 1.989).

Así cuando el conductor se dispone subverticalmente, la componente vertical medida a lo largo del perfil para un tiempo cualquiera muestra una anomalía dipolar con paso por cero en la vertical de la cabecera del conductor. Si el conductor es horizontal su respuesta específica presenta un máximo sobre el mismo.

En los perfiles del 24 al 29 medidos con los Bucles 1 y 2 destaca una anomalía muy localizada y de gran amplitud producida por la alamburada metálica cuya posición indicamos en todos los planos de este Informe. Es muy posible que por la coincidencia espacial de la alamburada con las zonas de mayor interés, especialmente en el ámbito de los perfiles 24 al 26, las posibles anomalías de tipo geológico hayan quedado parcialmente enmascaradas en esa zona.

Además de esta anomalía principal es factible identificar en la mayoría de los perfiles otras más débiles que cabe atribuir a un origen geológico. No obstante su interés es limitado por las siguientes razones:

- a) Son de muy pequeña amplitud, luego son producidas por conductores muy pobres, de muy baja conductancia.
- b) Solamente se manifiestan en los primeros canales por lo que los conductores que las originan han de ser de muy pequeñas dimensiones y localizarse próximos a superficie.

Las anomalías a que nos referimos coinciden exactamente con la brecha cuarzo-feldespática mineralizada que reseñamos en la base geológica de los planos de este Informe y se identifican fiablemente en todos los perfiles medidos con los Bucles 1 y 2 (dispositivo TURAM).

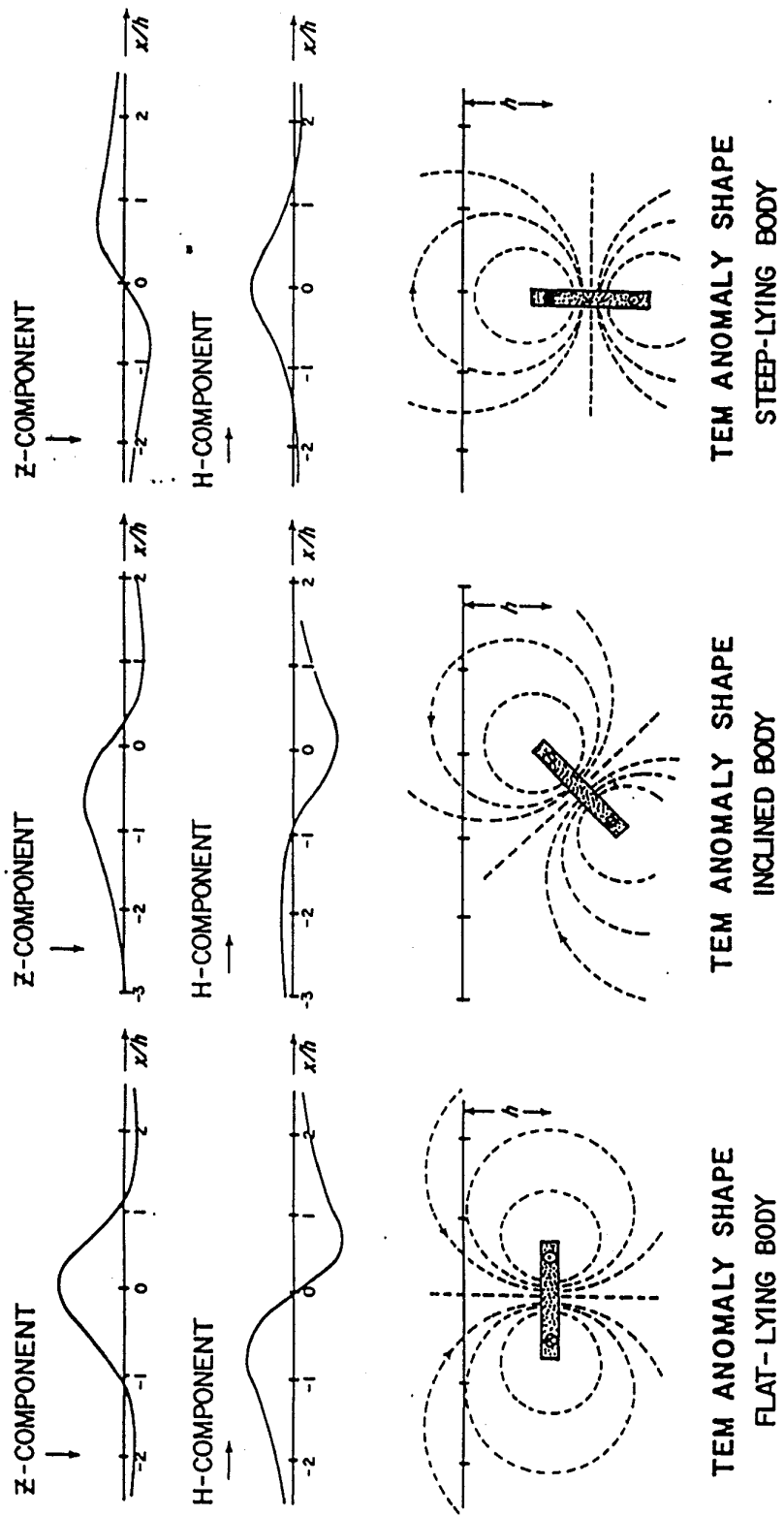


Figura 6. Respuestas EMDT correspondientes a un conductor de tipo tabular. Medidas con dispositivo TURAM.

Entre los perfiles 30 al 32 medidos con el BUCLE 1 existe una anomalía de origen similar aunque mejor definida (por su mayor amplitud) que en los perfiles situados más al Sur, ya comentados. También coincide con la brecha mineralizada pero la mayor amplitud de la anomalía sugiere un comportamiento más conductor de los materiales que en los perfiles del 24 al 29. No obstante, también esta anomalía se extingue de forma relativamente rápida por lo que cabe concluir que el tamaño del conductor que la origina ha de ser pequeño y a su vez su Conductancia debe ser baja.

Puesto que es en el Perfil 31 donde parece ser mejor la definición de la anomalía en cuestión, hemos realizado su interpretación mediante modelización obteniendo los resultados que presentamos en las Figuras 7, 8 y 9. De esta modelización cabe extraer las siguientes conclusiones.

- a) Existe una anomalía real que se confirma al comparar la respuesta de un medio homogéneo de 550 ohm.m (Figura 7) con los datos de campo.
- b) Esta anomalía puede interpretarse como producida por un conductor (Ver Figuras 8 y 9) con las siguientes características.
  - ◆ Morfología tabular con una longitud de 600 m y una extensión de 150 m de profundidad.
  - ◆ Disposición subvertical. El estilo de la anomalía cambia ligeramente según se disponga el conductor buzando al Este o al Oeste. No puede precisarse más este aspecto con los datos disponibles.
  - ◆ Conductancia de 3 a 4 Siemens, es decir que se trata de un conductor pobre. Una conductancia de 3 Siemens es la que corresponde por ejemplo a un conductor de 3 m de espesor y 1 ohm.m de resistividad o a uno de 1 m de espesor y 0'33 ohm.m de resistividad.

Las medidas realizadas en los perfiles del 29 al 33 utilizando el Bucle 3 también ponen de manifiesto la existencia de una anomalía en la zona central de los perfiles (alrededor de las estacas 16



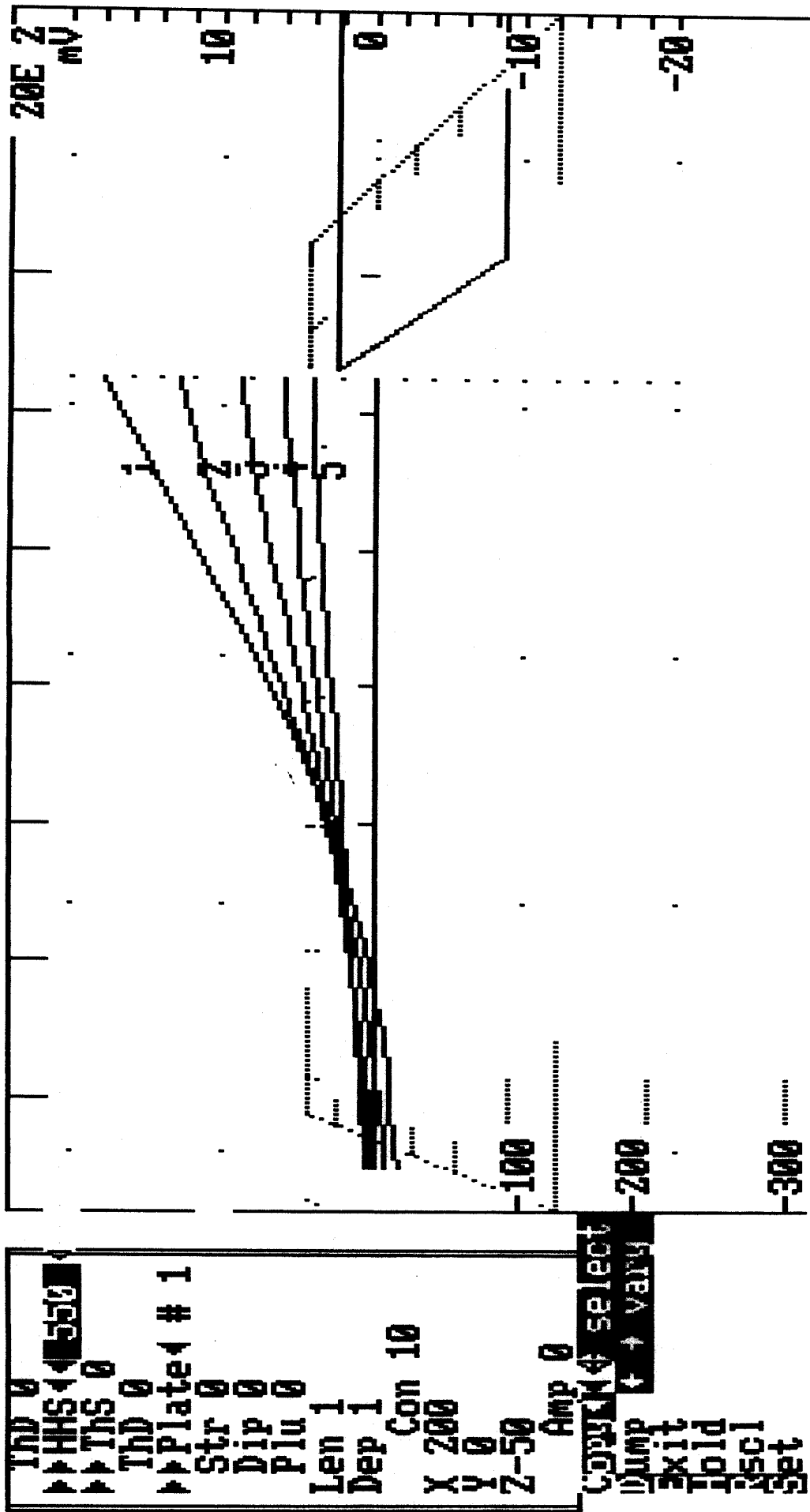


Figura 7.- Linea 31 , Bucle 1, Medio homogeneo de 550 ohm.m , Canales 1-5

0 -600 -400 -200 0

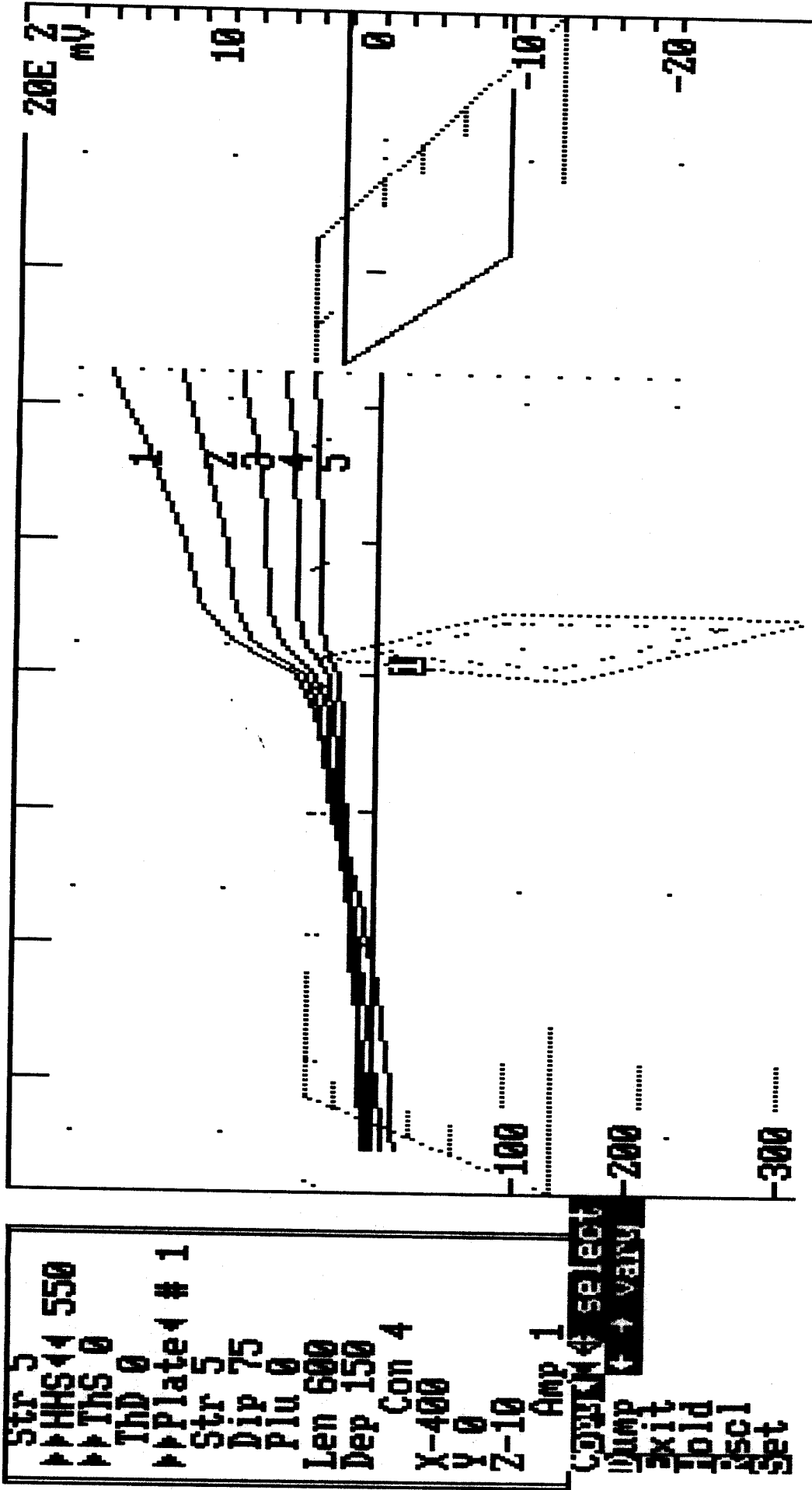


Figura 8.- Linea 31 , Bucle 1, Medio homog. de 550 ohm.m + Placa conductora  
 Canales 1-5

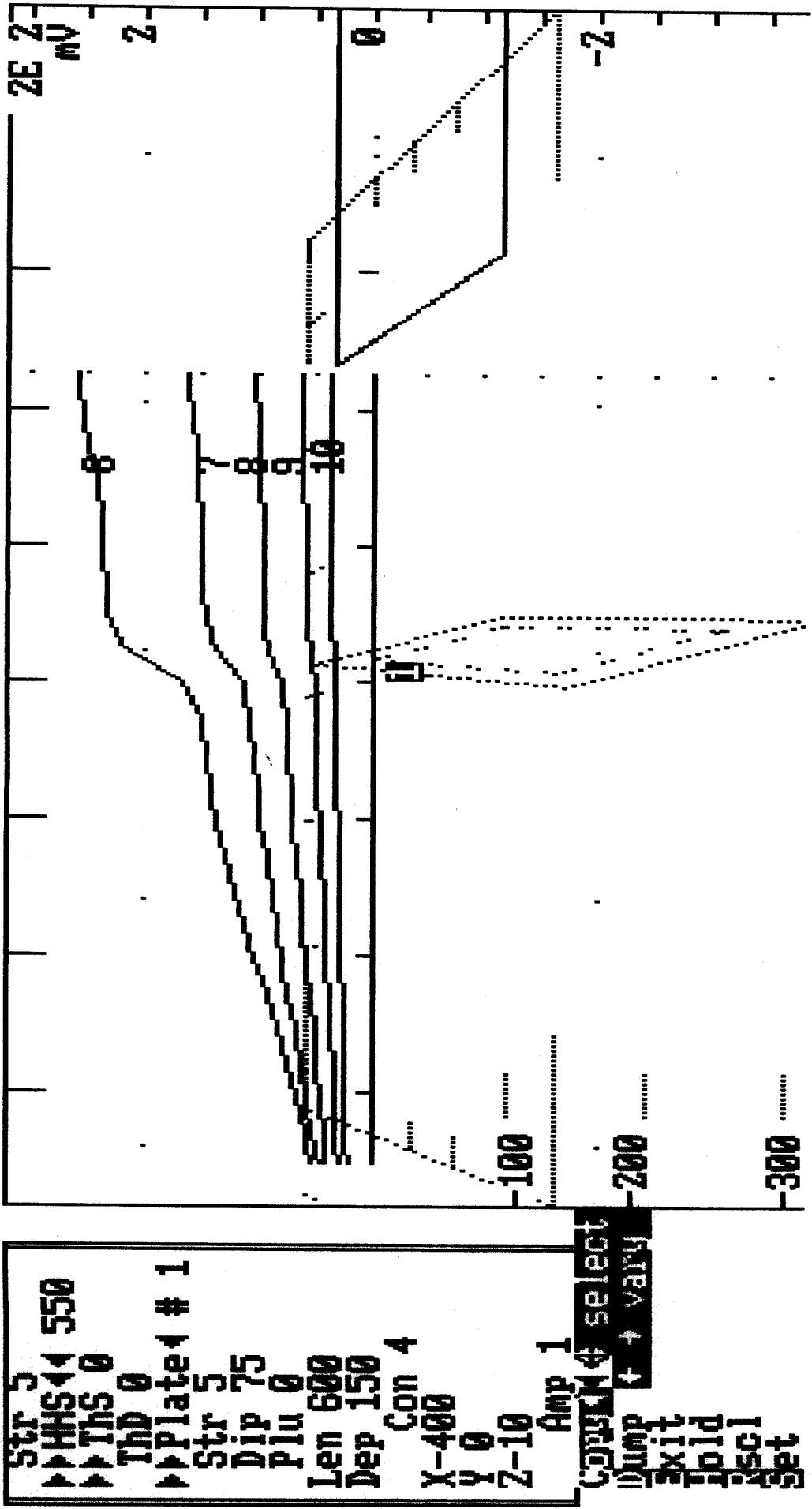


Figura 9.- Linea 31, Bucle 1, Medio homog. de 550 ohm.m + Placa conductora  
 Canales 6-10  
 0 -600 -400 -200 0

y 17) que coincide con la definida por las medidas realizadas con el Bucle 1 por lo que tal anomalía se explica de forma análoga.

También se realizaron medidas de la componente X en los perfiles 30 y 31 utilizando el BUCLE 3. En ambas series de datos la manifestación de la anomalía es, si cabe, aún más evidente que en las medidas de la componente vertical. Presentamos los perfiles de la componente X en las Figuras 10 y 11 donde puede apreciarse la rápida extinción de la anomalía y de la señal en general.

La anomalía en cuestión conforma un máximo y su origen se localiza en correspondencia con la estaca 16 de ambos perfiles, es decir coincidente con la brecha mineralizada.

En las Figuras 12, 13 y 14 presentamos los gráficos resultantes de interpretar esta anomalía mediante modelización en el Perfil 30, BUCLE 1. Las conclusiones que cabe establecer a partir de esta interpretación son las mismas que se dedujeron al interpretar el Perfil 31, BUCLE 3. Se enumeran a continuación.

- a) Existe un conductor de baja Conductancia que coincide con la brecha mineralizada reflejada en la cartografía geológica.
- b) La manifestación más acusada del citado conductor se observa en los Perfiles del 30 al 33, especialmente en los números 30 y 31.
- c) Es un conductor próximo a superficie en disposición subvertical.
- d) Con la información disponible no podemos establecer si se trata de un solo conductor o de un conjunto de conductores aislados, localizados dentro de la zona de brecha. La diferente amplitud de la respuesta obtenida en diferentes perfiles apoya esta segunda hipótesis.

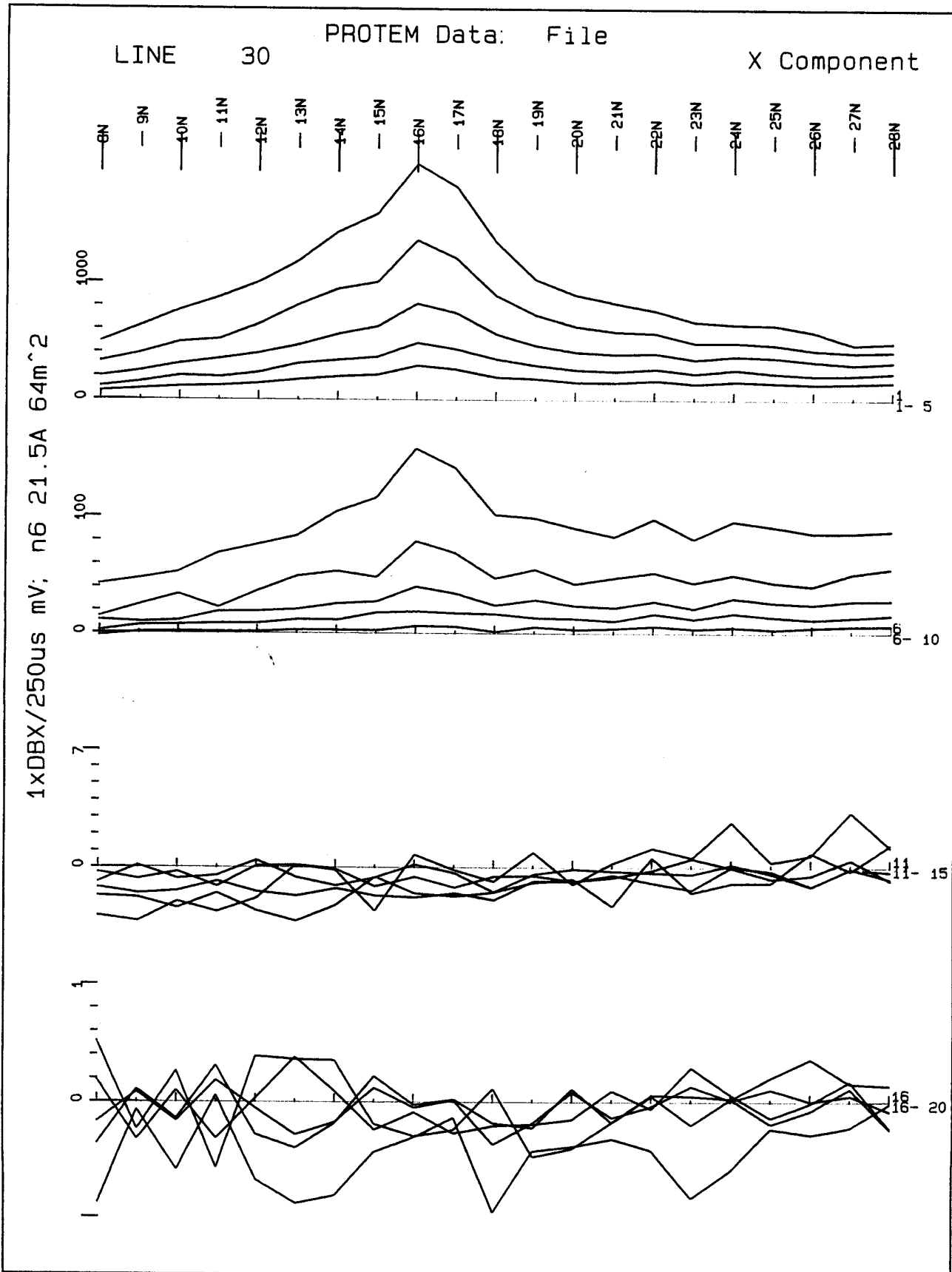


Figura 10. Medidas de la componente X con dispositivo TURAM, línea 30.

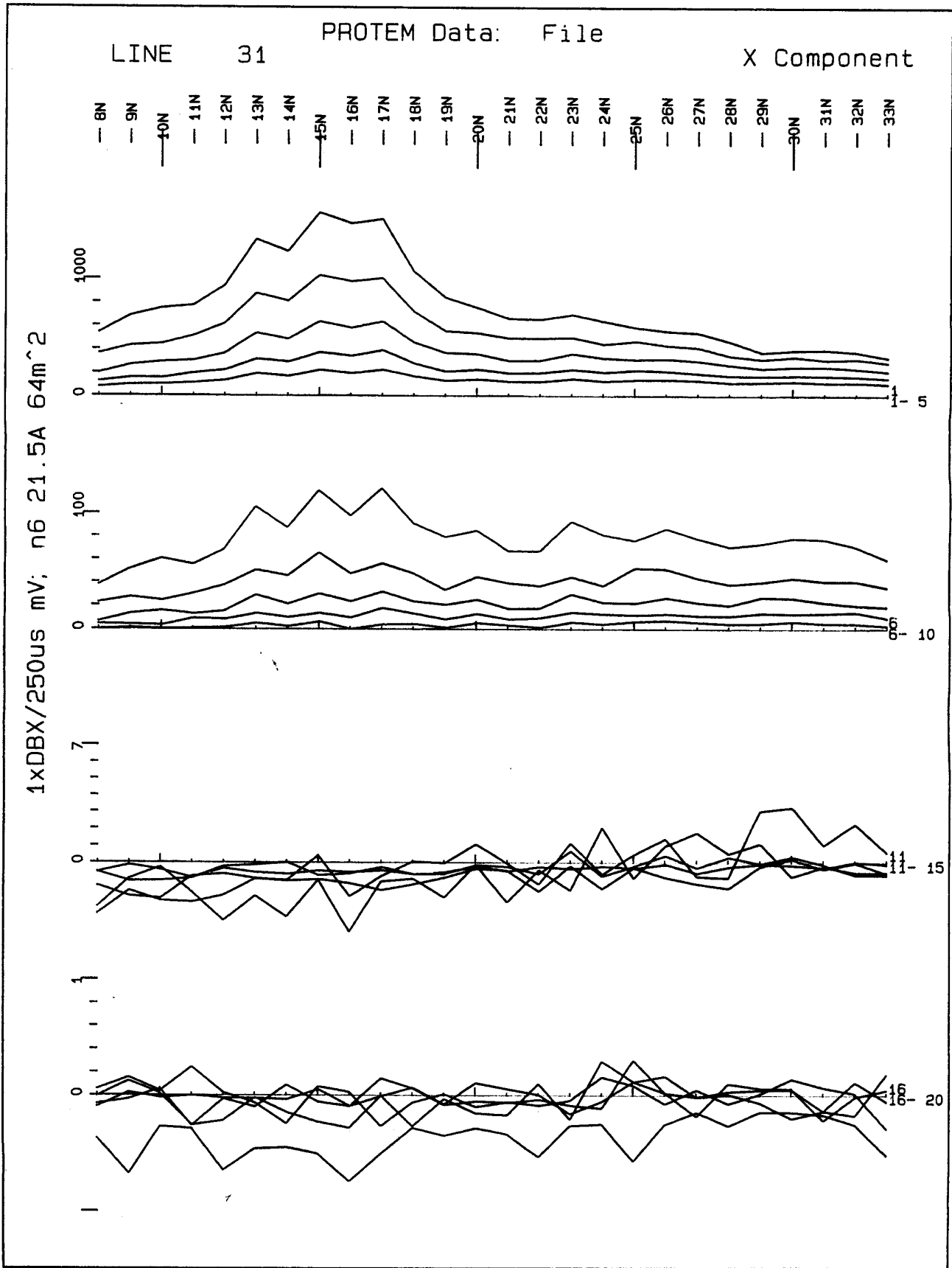


Figura 11. Medidas de la componente X con dispositivo TURAM, línea 31.

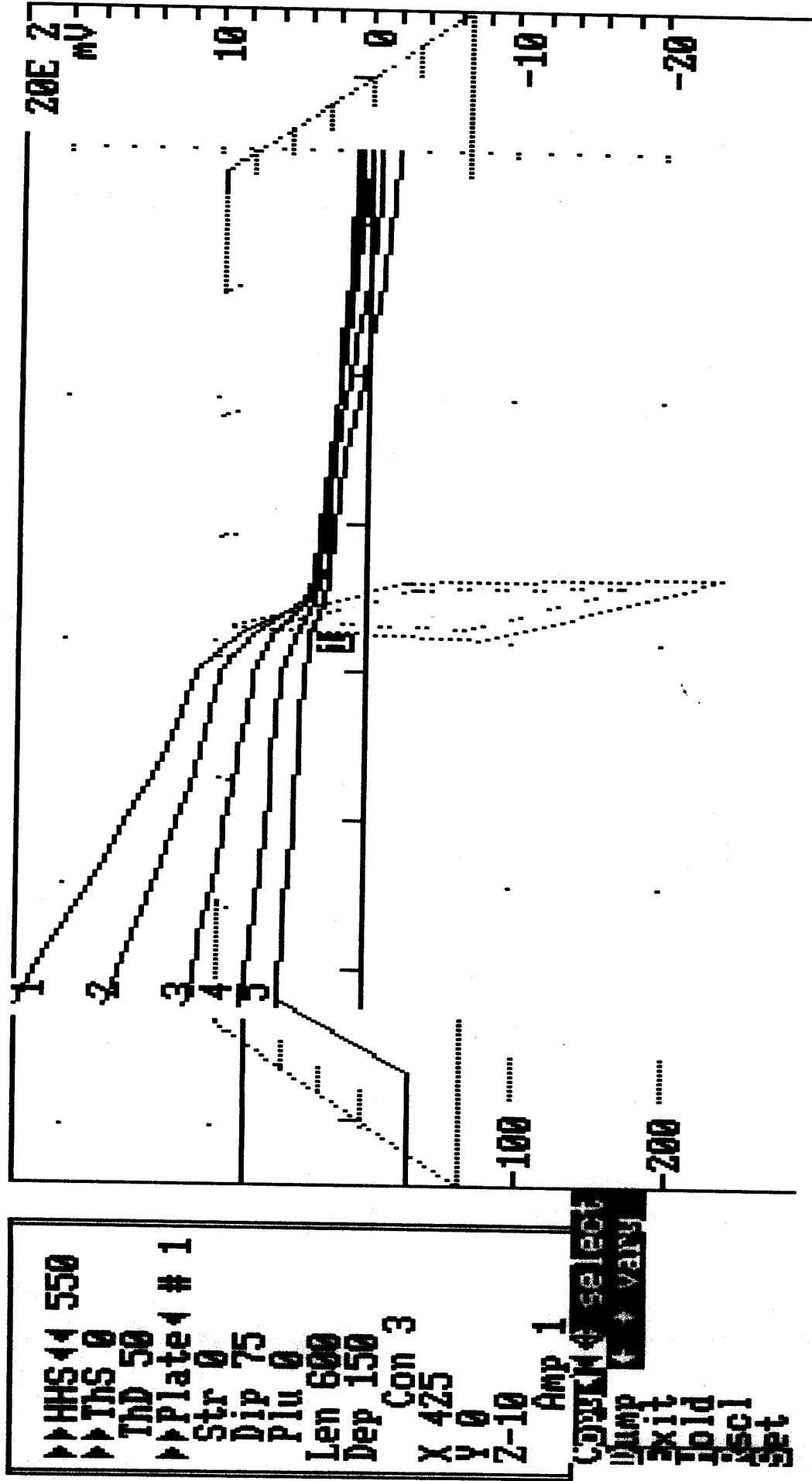


Figura 12.- Línea 30, Bucle 3, Medio homogéneo + Placa conductora  
 Canales 1-5, Componente vertical  
 200 400 600 800

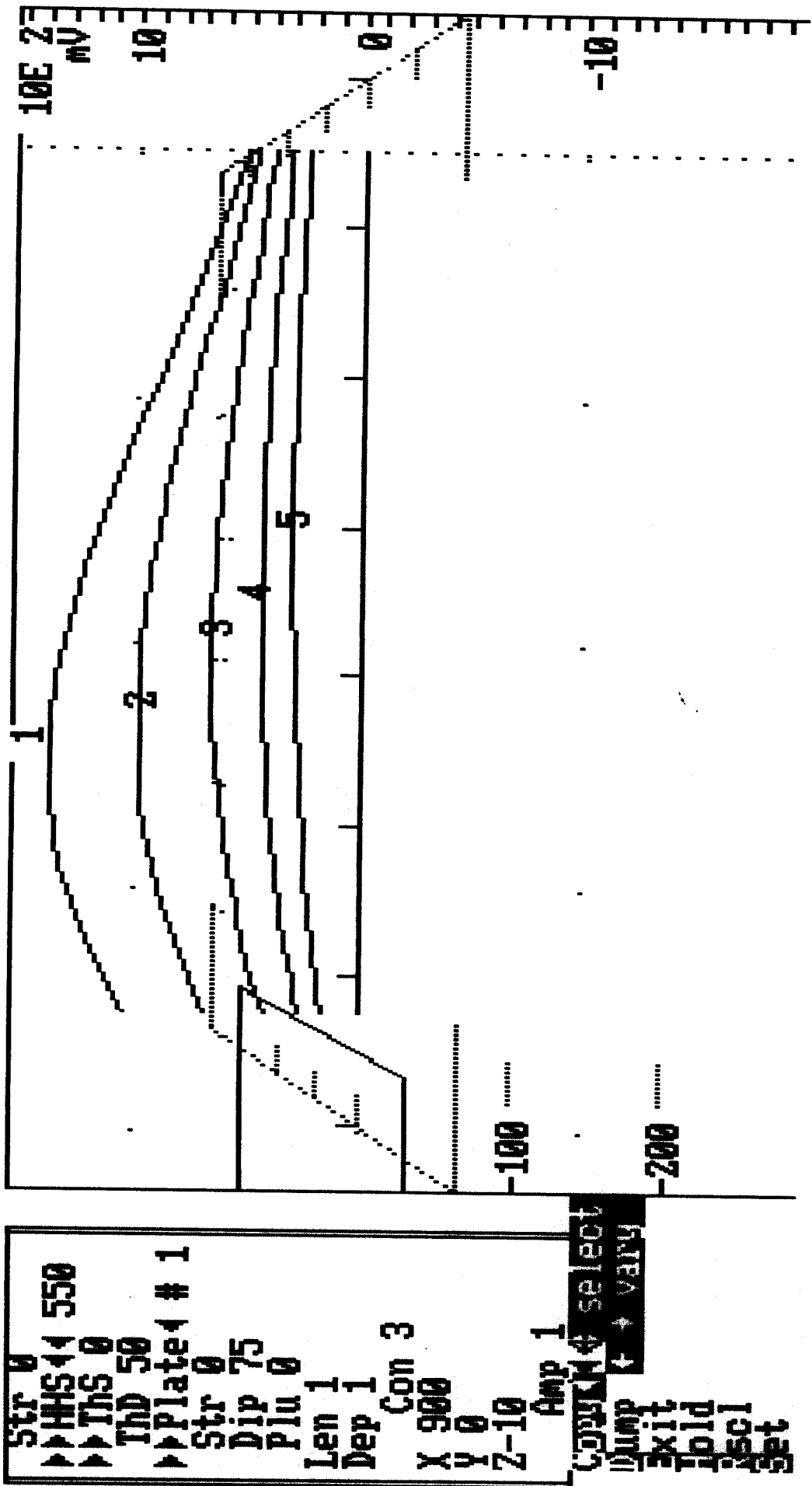


Figura 13.- Línea 30, Bucle 3, Medio homogéneo de 550 ohm.m  
 Canales 1-5, Componente X

200 400 600 800



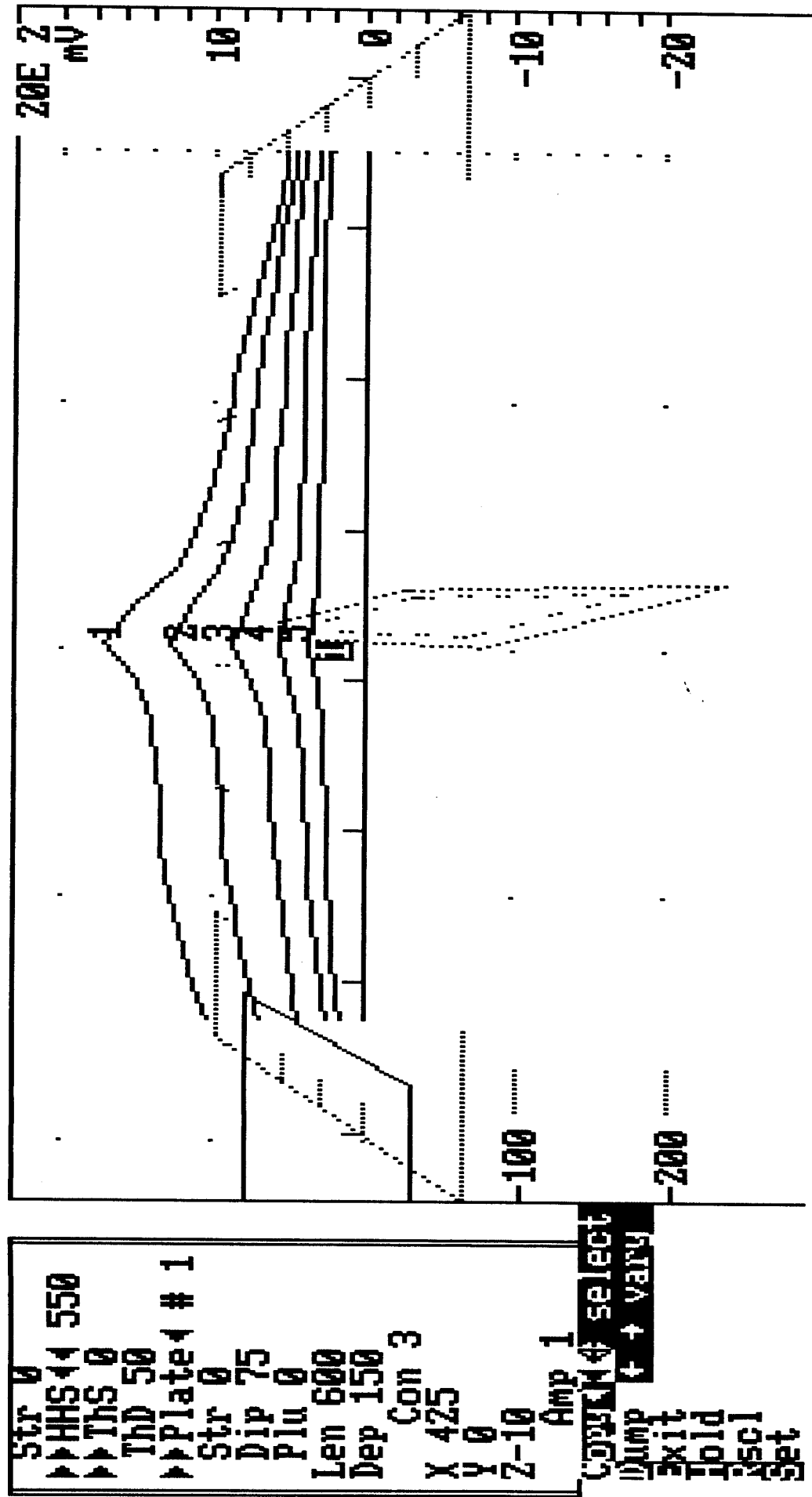


Figura 14.- Línea 30, Bucle 3 , Medio homogéneo + Placa conductora  
 Canales 1-5 , Componente X

## **5.2. MEDIDAS EM CON BUCLES MOVILES.**

Con un proceso interpretativo similar al comentado en los epígrafes anteriores los modelos de referencia son los que se presentan en la Figura 15 (Frischknecht et al, 1.991)

En ella se observa que la anomalía producida por un conductor de morfología tabular y disposición subvertical está constituida por un mínimo centrado en la cabecera del conductor y dos máximos a ambos lados del mínimo. Los máximos son simétricos en el caso de un conductor vertical y asimétricos cuando éste buza, siendo de mayor amplitud el situado en el sentido del buzamiento.

En la interpretación de nuestros datos, que presentamos en los gráficos del ANEXO 2, trataremos de reconocer algunos de los rasgos anteriores.

Como comentario general cabe decir que en ninguno de los perfiles medidos con dispositivo SLINGRAM es factible reconocer las características de las anomalías teóricas descritas en los párrafos precedentes.

En el Perfil 26 el rasgo más relevante en las dos series de medidas efectuadas es la anomalía producida por la alambrada situada alrededor de la estaca 17 sin que exista ninguna otra anomalía digna de comentario.

Similar respuesta es observable en el Perfil 27 (estaca 21) en correspondencia con la alambrada. Además existe una anomalía atípica por su morfología centrada entre las estacas 14-15. El hecho de que coincida con la brecha mineralizada nos induce a la consideración de que tal anomalía puede ser significativa pese al cambio de polaridad en relación con los modelos teóricos para este tipo de dispositivo de medida. En todo caso únicamente podemos considerarla en términos cualitativos.

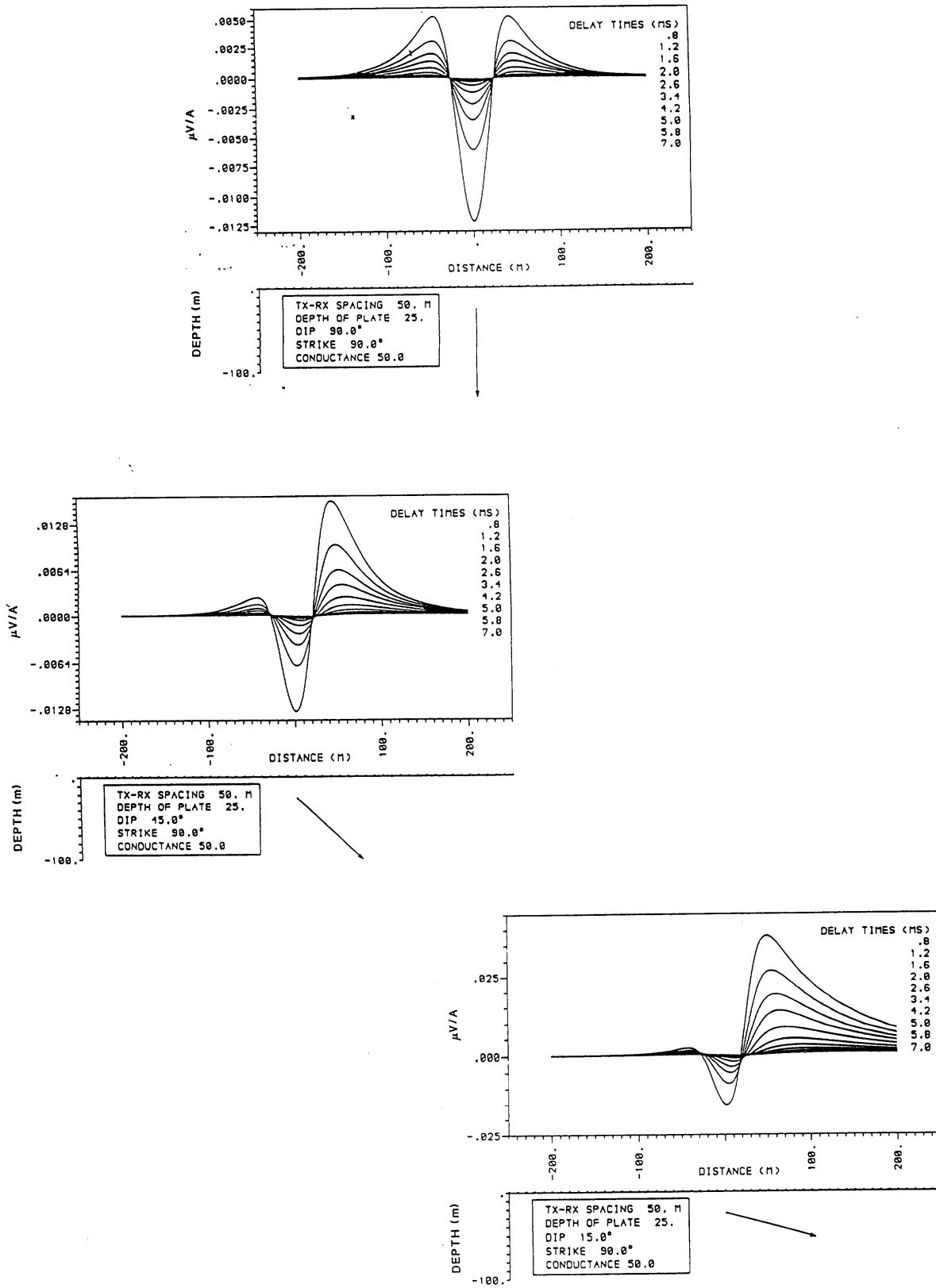


Figura 15. Anomalías teóricas correspondientes a medidas con dispositivo de bucles móviles.

Los anteriores comentarios son aplicables al Perfil 30 dada la coincidencia de una anomalía puntual (máximo en la estaca 17) con la brecha mineralizada. Sin embargo no ocurre lo mismo con el Perfil 31 donde una anomalía de características similares a las anteriores no parece correlacionar con ningún rasgo geológico significativo. En el resto de los perfiles no constatamos la existencia de anomalías dignas de comentario.

Cabe pues concluir que las medidas efectuadas con dispositivo SLINGRAM no han aportado en nuestro caso resultados de utilidad debido principalmente a la ausencia de conductores de elevada conductancia próximos a superficie.

### 5.3. REGISTROS EN EL SONDEO HC-2.

Para la interpretación de los registros TEM de sondeos se aplica en una primera fase un criterio cualitativo mediante la comparación de los datos con los correspondientes a modelos sencillos. Las posibilidades de modelización incluyen los siguientes casos:

- Semiespacio homogéneo.
- Semiespacio homogéneo, más recubrimiento.
- Cualquiera de los casos anteriores más una o varias placas que simplifican la presencia de conductores de dimensiones finitas en el subsuelo.

La respuesta característica de un sondeo que atraviese un semiespacio homogéneo muestra valores semejantes a lo largo del mismo aunque con una ligera tendencia decreciente al aumentar la profundidad, especialmente para los últimos canales.

Cuando existen contrastes de resistividad en los materiales del subsuelo la tendencia anterior puede presentar algunas variaciones significativas. Por ejemplo, si el sondeo atraviesa en profundidad una zona de menor resistividad que la de la zona situada por encima, crece la duración del campo EM transitorio y la amplitud de las lecturas aumenta con la profundidad.

Sobre estos modelos generales de respuestas características del semiespacio rocoso se identifican, cuando existen, las correspondientes a un conductor metálico de carácter confinado según los modelos de la Figura 4.

En la interpretación de estos registros resulta pues de relativa sencillez identificar las anomalías significativas y donde se localiza el conductor que la origina.

Ninguna de las dos series de medidas realizadas en el sondeo HC-2 manifiesta ninguna anomalía que pueda considerarse asociada a la presencia de conductores metálicos en el entorno del sondeo.

La amplitud de las medidas, incluso para los primeros canales es relativamente reducida lo que es indicativo de que el medio rocoso es resistivo. Por otra parte la modelización realizada pone de relieve que no es homogéneo sino que existe una zona superficial relativamente conductora que produce el incremento del orden de magnitud de las medidas hasta 25 m de profundidad, especialmente en los canales del 10 al 20.

Pese a la comentada ausencia de anomalías de interés en los registros del sondeo HC-2, reproducimos su columna litológica simplificada en la Figura 18 para que quede constancia de la misma en este Informe.

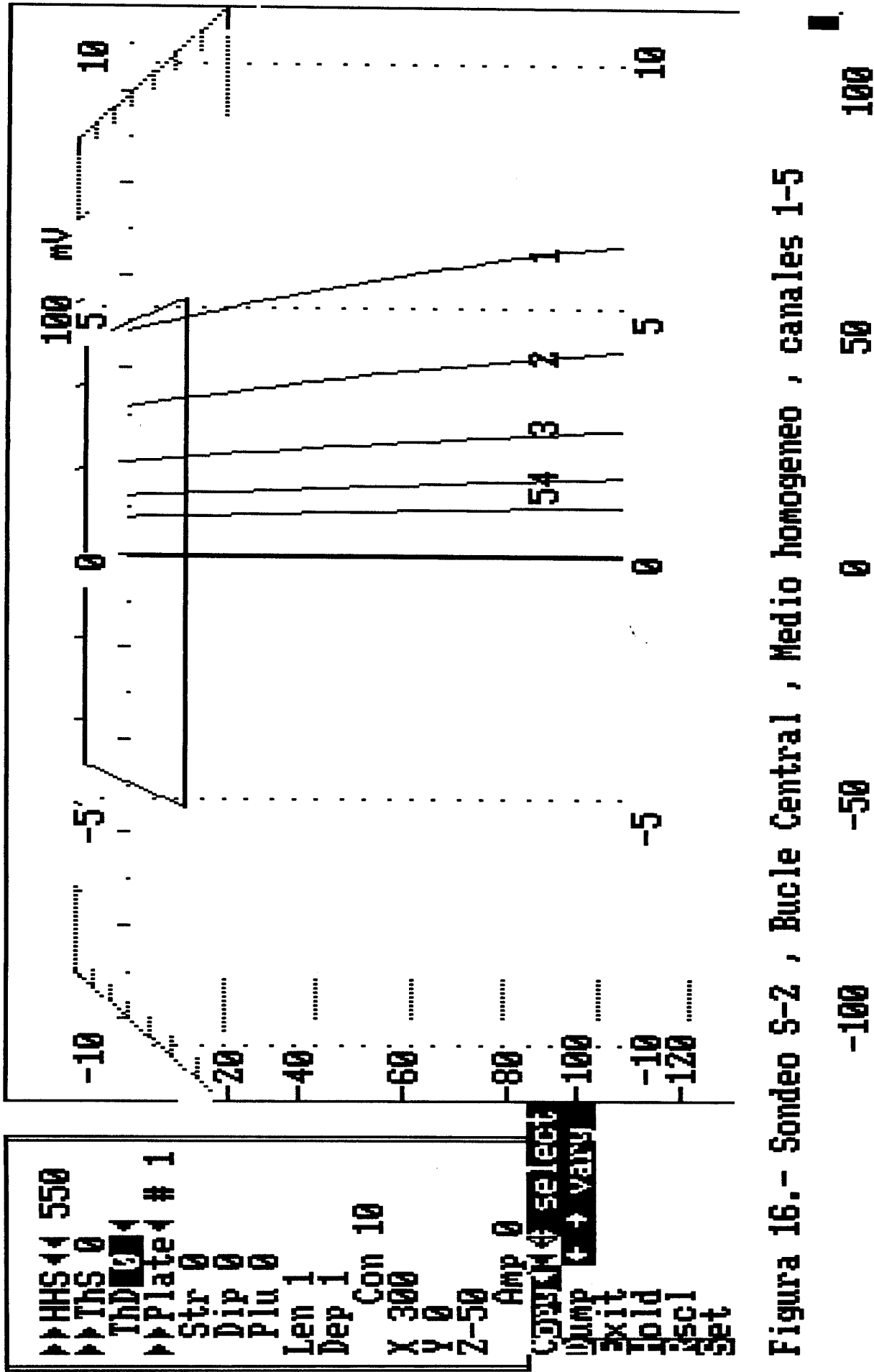


Figura 16.- Sondeo S-2 , Bucle Central , Medio homogeneo , canales 1-5

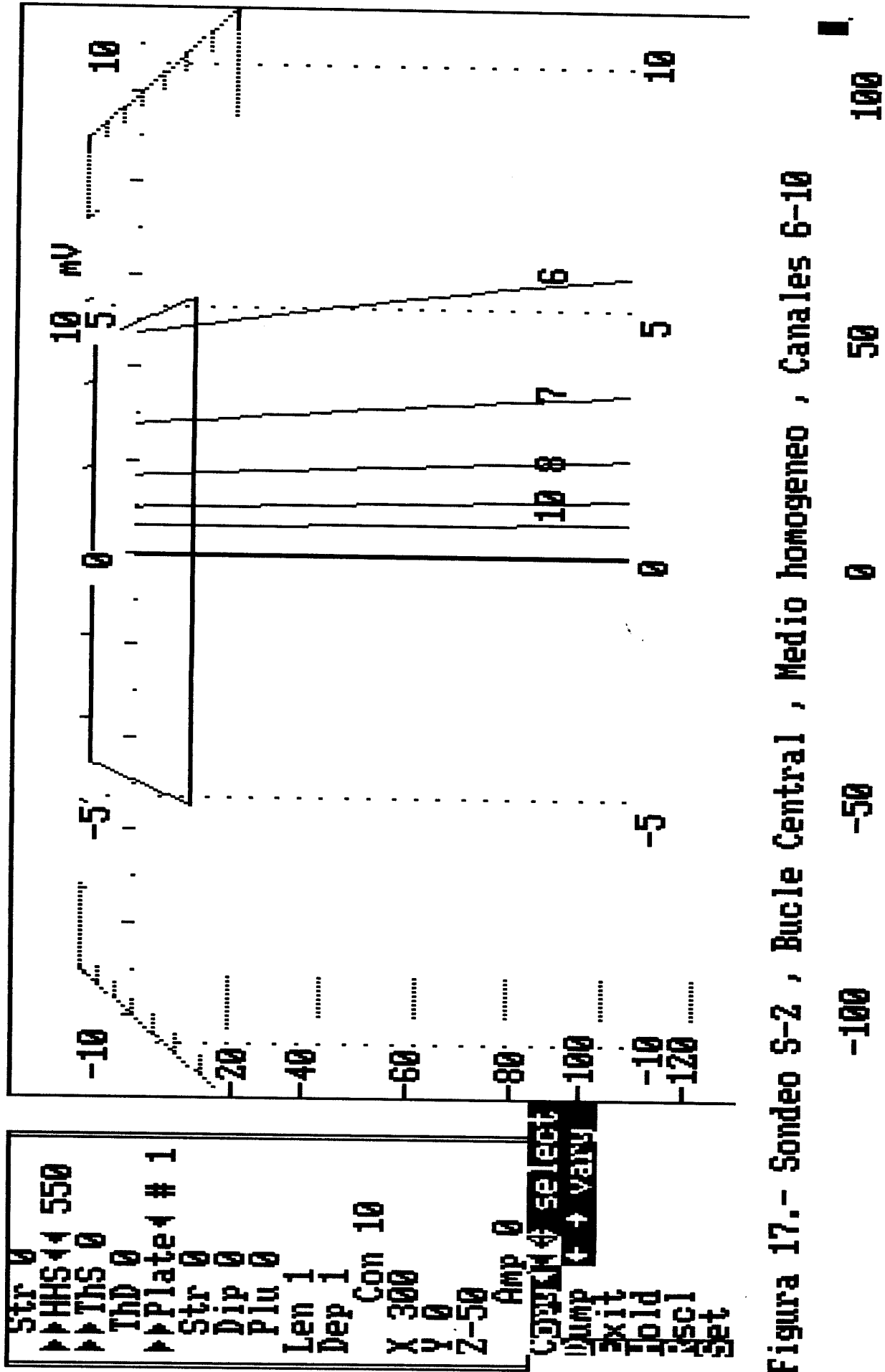
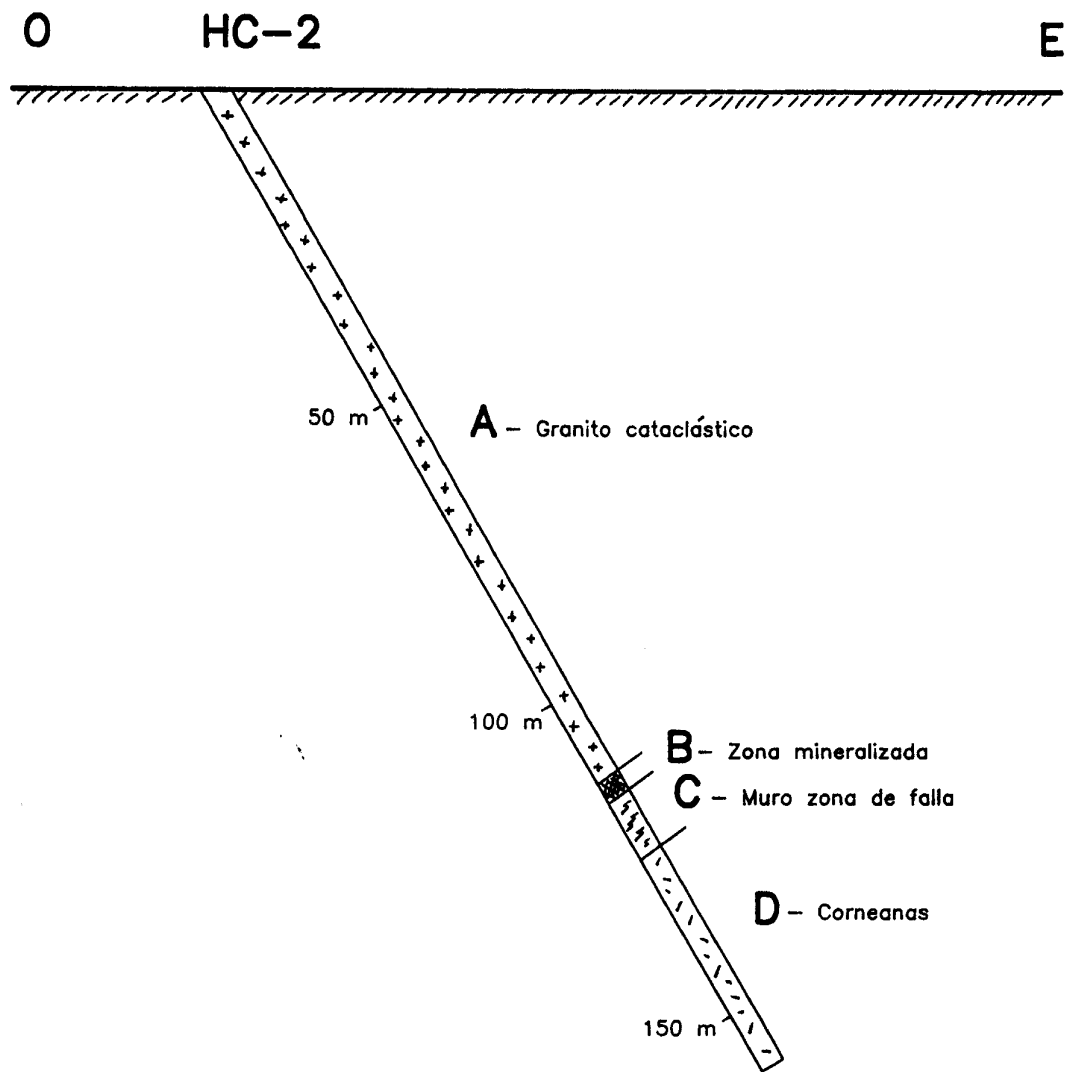


Figura 17.- Sondeo S-2 , Bucle Central , Medio homogeneo , Canales 6-10



E 1/1.000

Figura 18.- Columna litológica simplificada del sondeo HC-2



## **6. CONCLUSIONES.**

El presente estudio geofísico realizado en el área del Cortijo del Cid tiene el doble carácter de reconocimiento detallado de una zona de interés definida por los trabajos previamente efectuados por el ITGE y de ensayo metodológico puesto que las medidas se han repetido con diferentes configuraciones en algunos perfiles.

Las conclusiones que caben establecer a la finalización del estudio son las que a continuación se enumeran.

- a) En los perfiles 24 a 29 las medidas efectuadas, tanto con dispositivo TURAM como con dispositivo SLINGRAM, muestran una anomalía muy intensa producida por una valla metálica.
- b) Coincidiendo con la brecha mineralizada que se indica en la cartografía geológica se detecta una anomalía bien definida en la mayoría de los perfiles medidos, aunque con variaciones importantes en su amplitud. De hecho esta anomalía es más acusada intensa entre los perfiles del 30 al 32.
- c) La anomalía mencionada se define mejor en las medidas realizadas con dispositivo TURAM y principalmente en las de componente  $X$ , si bien también las de la componente  $Z$  son inequívocas.
- d) El dispositivo SLINGRAM ha resultado ineficaz en este caso ya que en ninguno de los perfiles medidos se definen anomalías con las características típicas para este tipo de dispositivo de medida.

- e) La interpretación de las anomalías que consideramos más relevantes se ha realizado mediante modelización para los perfiles 30 y 31 con los Bucles 1 y 3 respectivamente, llegándose a identificar la presencia de un conductor dentro de la brecha mineralizada o en correspondencia con ella.
- f) Interpretamos que el citado conductor tiene una disposición subvertical aunque algunos modelos indican un cierto buzamiento hacia el Este. No puede asegurarse este extremo puesto que en otros modelos también resulta aceptable el buzamiento hacia el Oeste.
- g) En todo caso se puede afirmar que se trata de un conductor de baja Conductancia (3-4 Siemens) lo que significa que el conductor es de muy pequeño espesor y/o no tiene carácter masivo en sentido estricto.
- h) Pese a que en la modelización se ha operado con unas dimensiones de 600x150 m para el conductor citado, cabe considerar que tal cuerpo anómalo esté constituido por varios conductores independientes localizados dentro de la zona de brecha.

Madrid, Noviembre - 94



Angel GRANDA  
Ingeniero de Minas.

7. **BIBLIOGRAFIA.**

- \* Frischknecht et al. 1.991. profiling methods using small methods is applied Geophysics. Investigation in Geophysics n<sup>o</sup> 3. S.E.G.
- \* Mc Nae J.C., 1.981. Geophysical prospecting with electrical fields from an inductive source. Ph. D. Thesis. University of Toronto.
- \* Nabighian M.N and Mc Nae, J.C. 1.989. TEM domainn electromagnetic prospecting methods. Chapter 6. Electromagnetic methods in applied Geophysics. Inestigation in Geophysics n<sup>o</sup> 3. S.E.G.

ANEXO 1

**Medidas obtenidas con dispositivo TURAM.**

1a). BUCLE 1

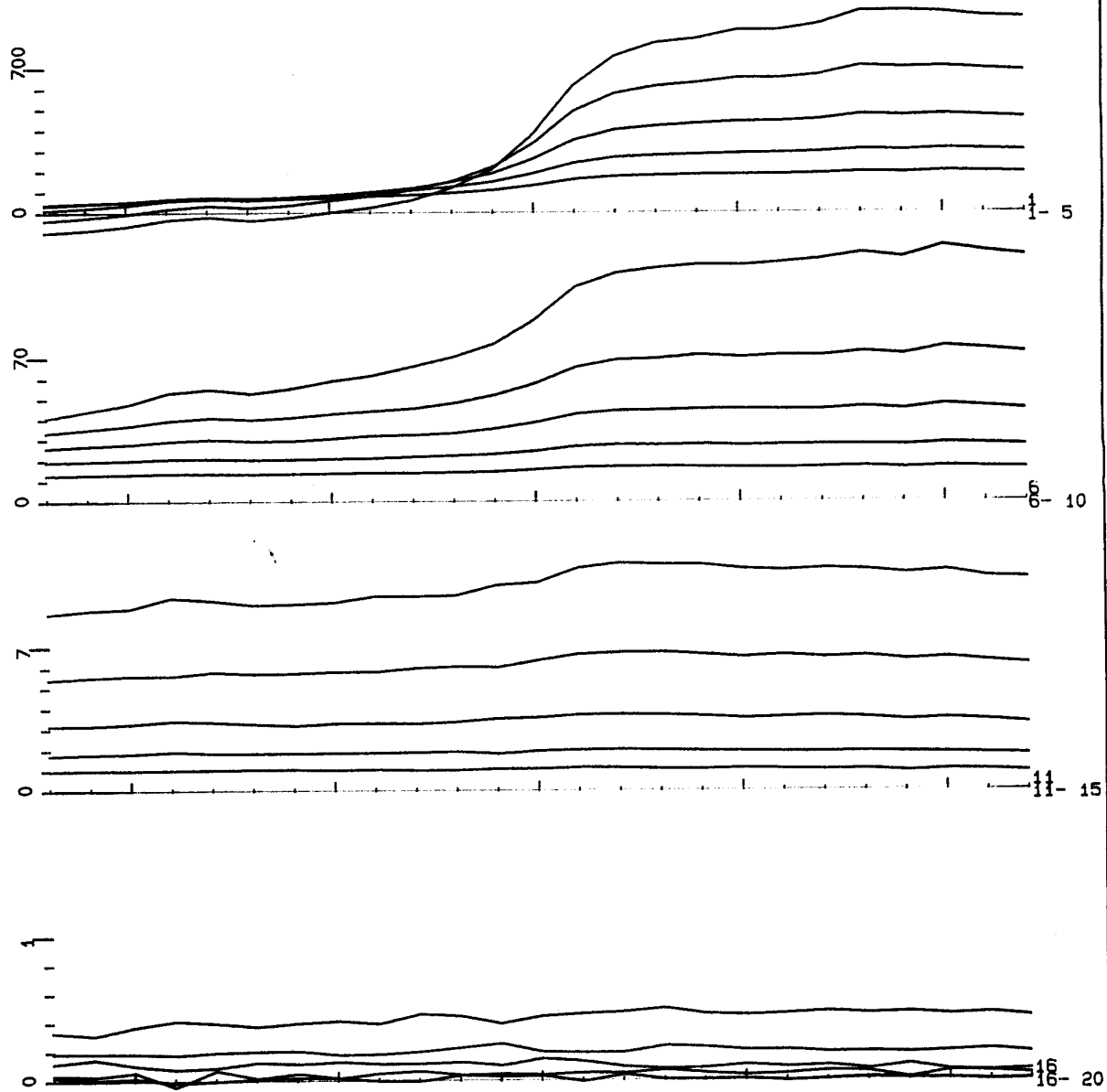
PROTEM Data: File

LINE 32

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m<sup>2</sup>



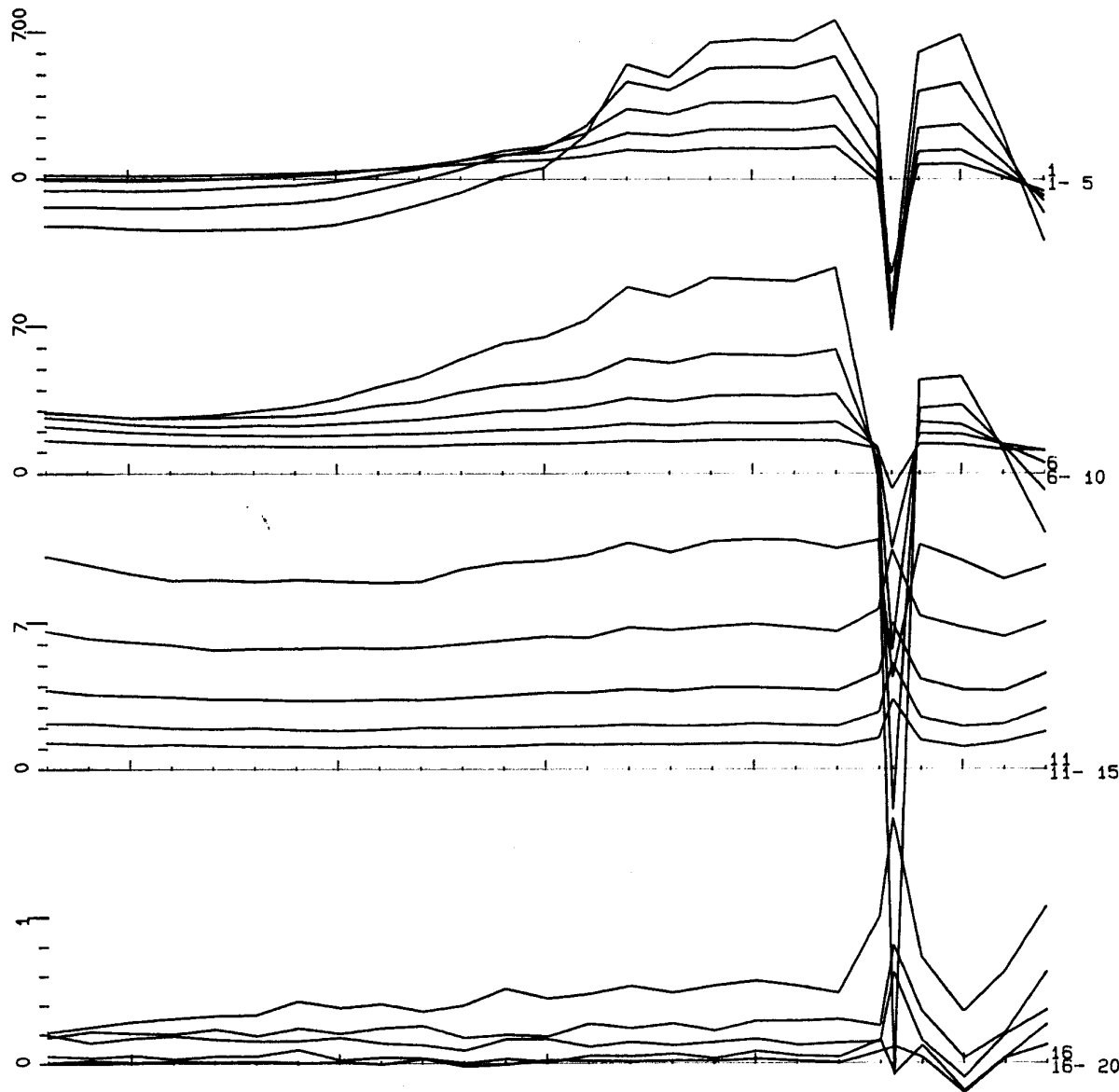
PROTEM Data: File

LINE 28

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m^2



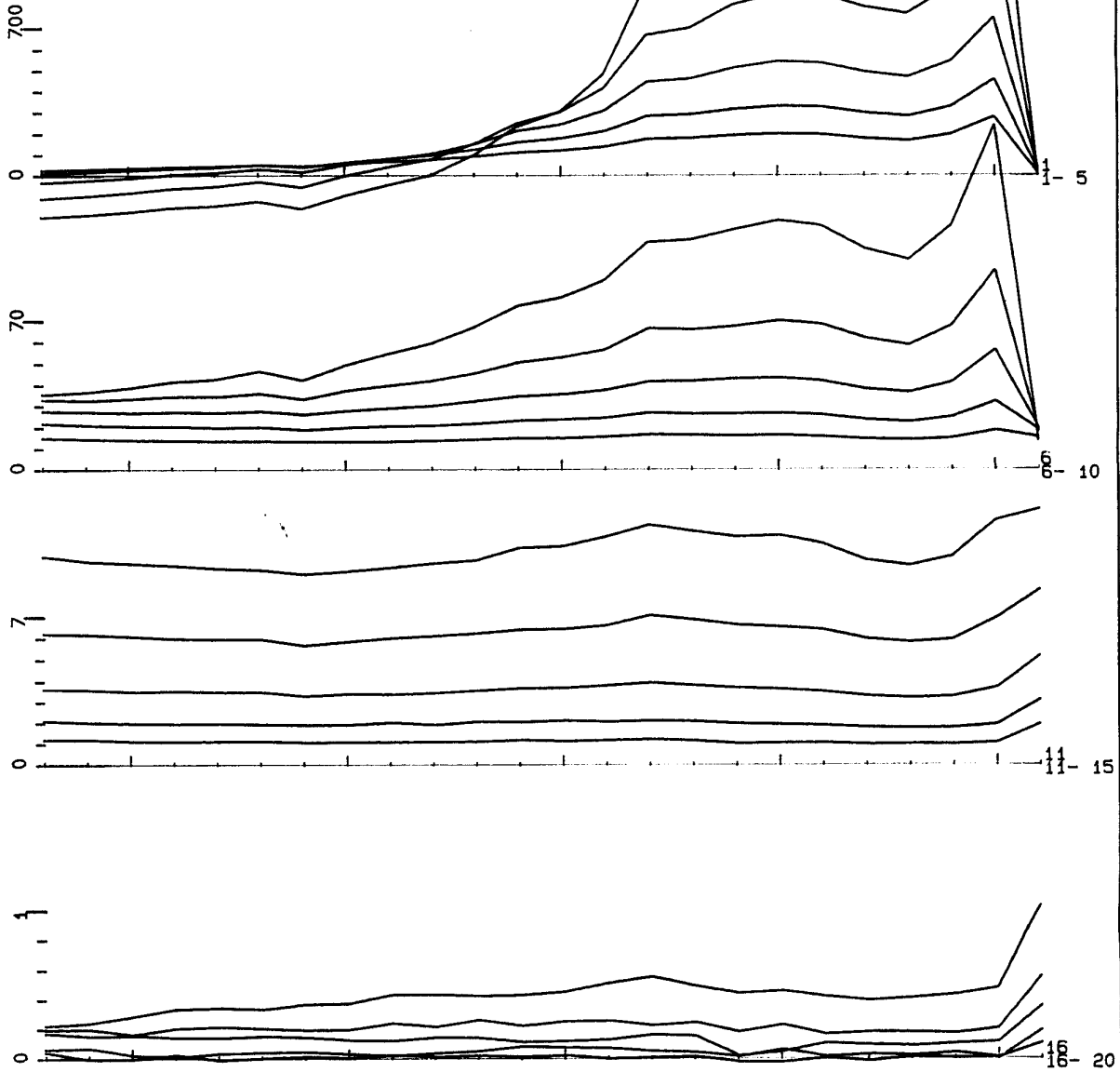
LINE 29

PROTEM Data: File

Z Component

— 3E — 4E — 5E — 6E — 7E — 8E — 9E — 10E — 11E — 12E — 13E — 14E — 15E — 16E — 17E — 18E — 19E — 20E — 21E — 22E — 23E — 24E — 25E — 26E

1xDBZ/200us mv; n6 14A 100m^2





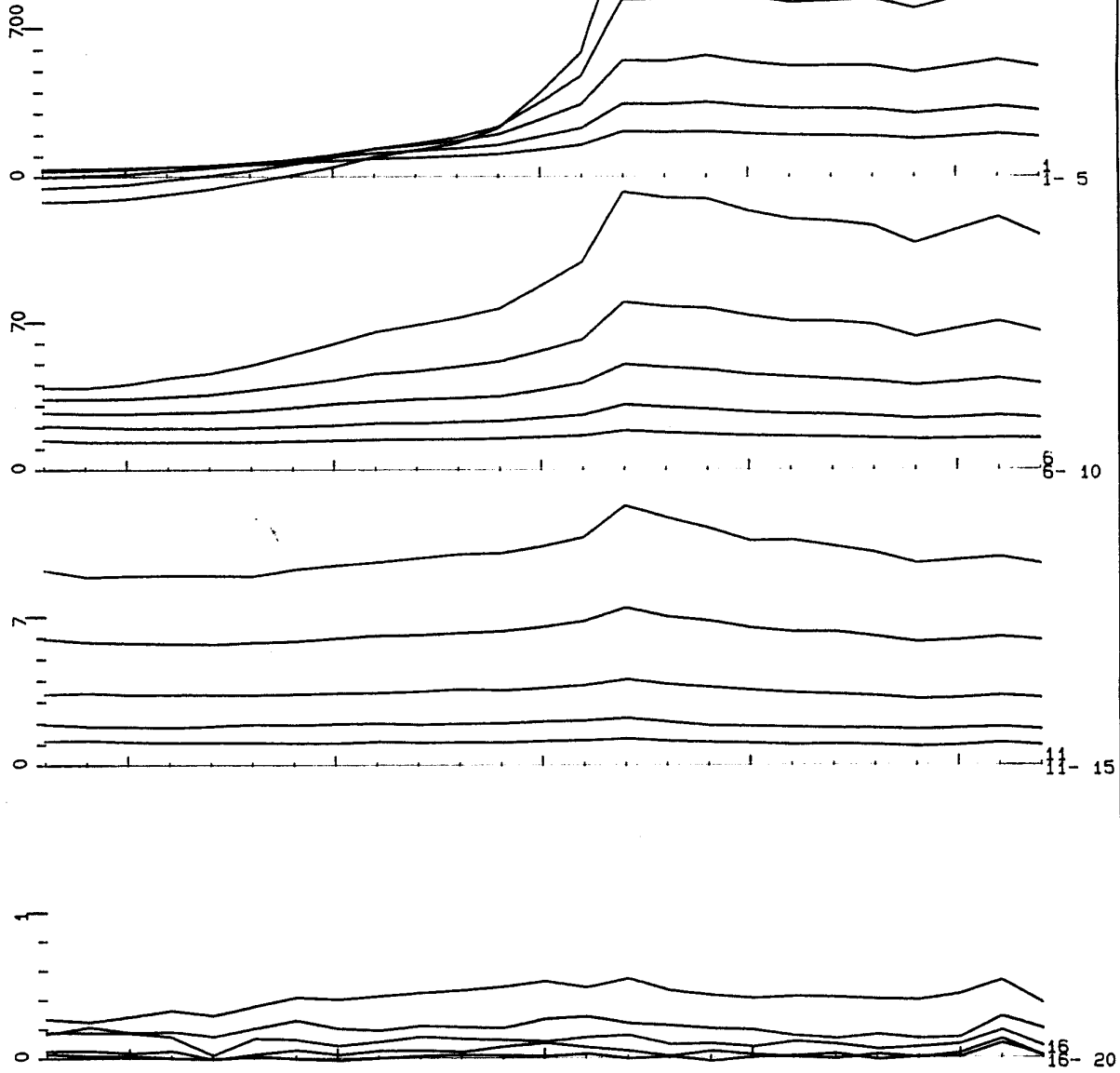
PROTEM Data: File

LINE 30

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m^2



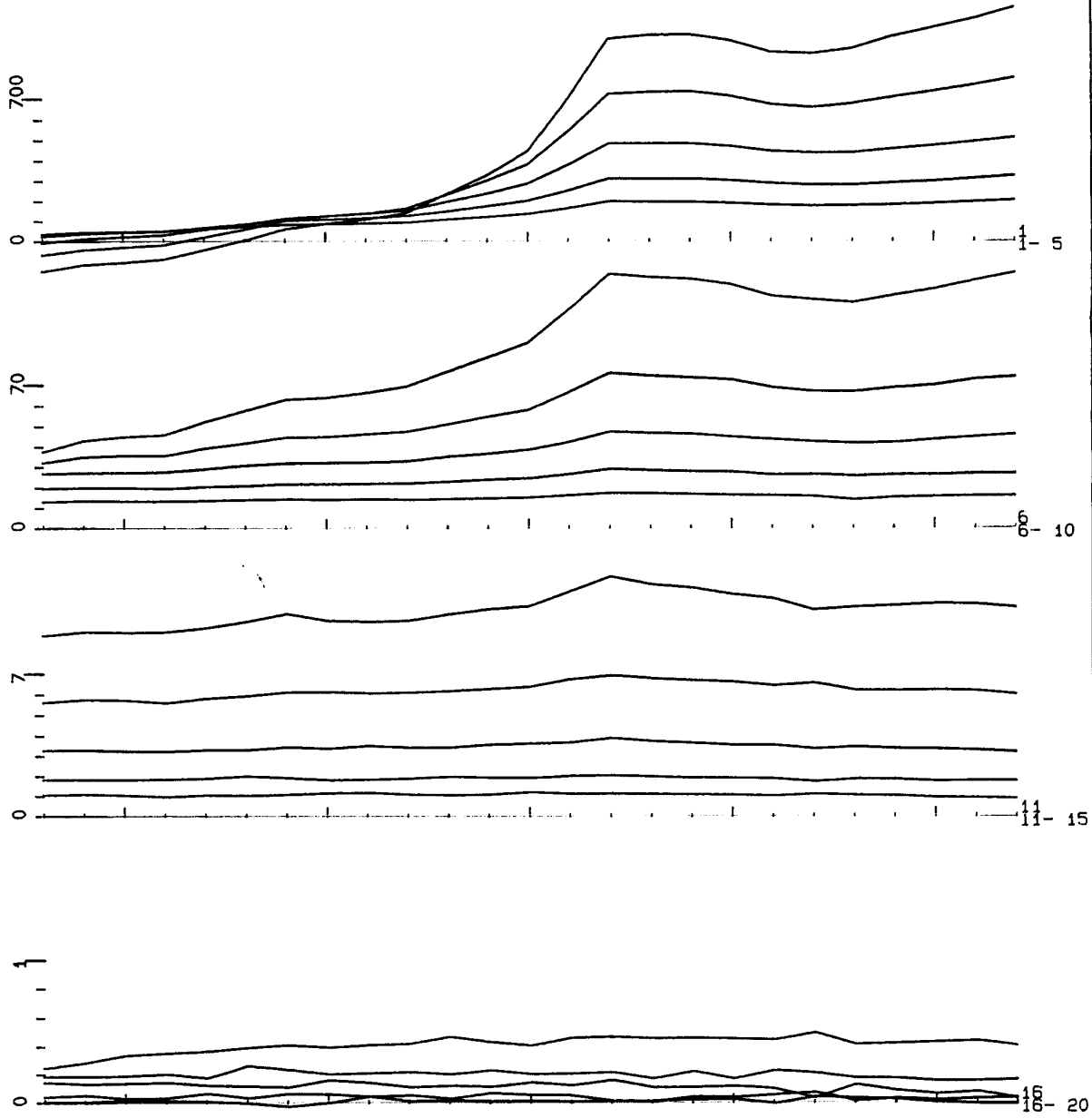
PROTEM Data: File

LINE 31

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m<sup>2</sup>



1b). BUCLE 2

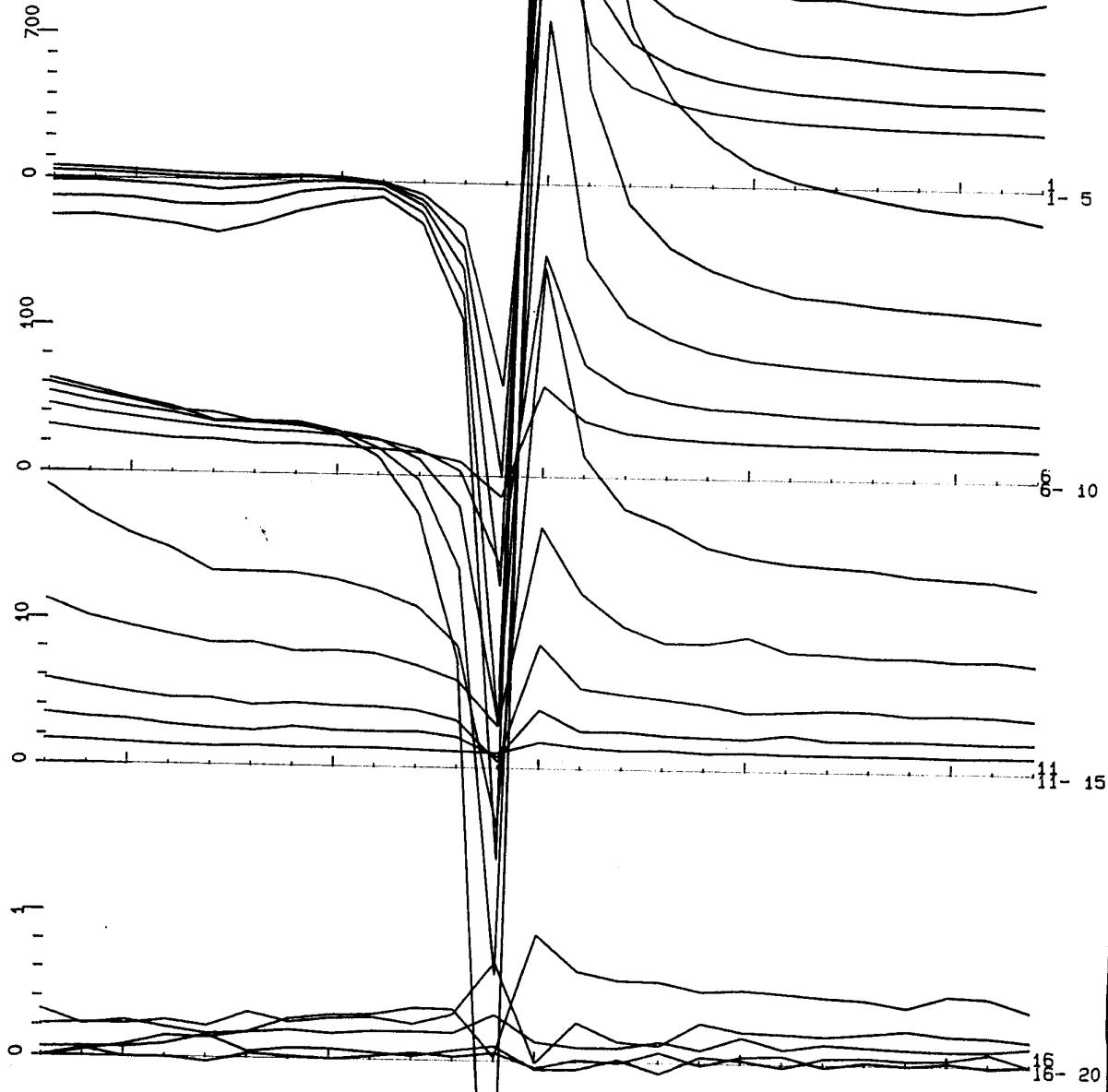
LINE 24

PROTEM Data File

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m^2



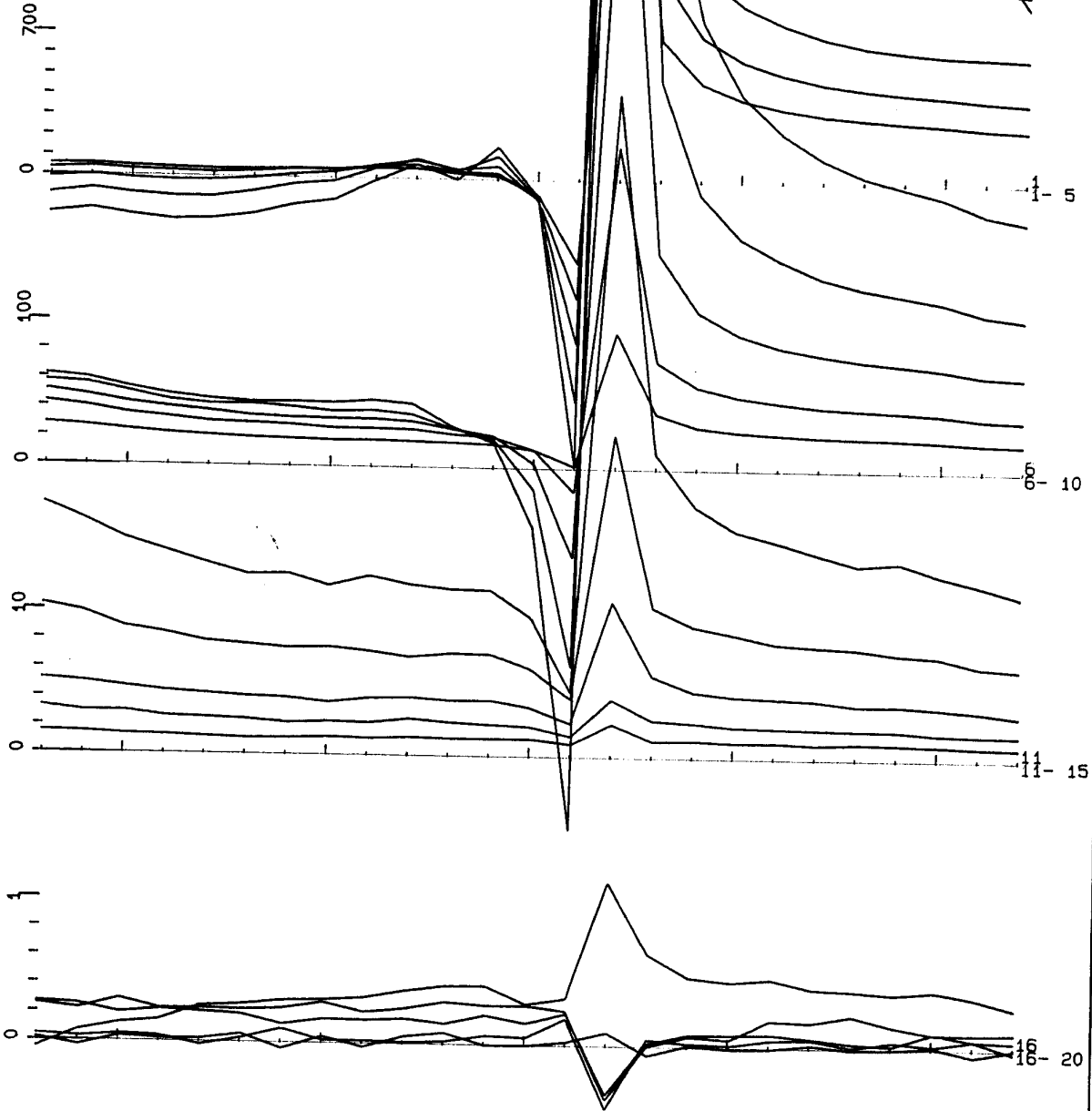
LINE 25

PROTEM Data:

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m^2



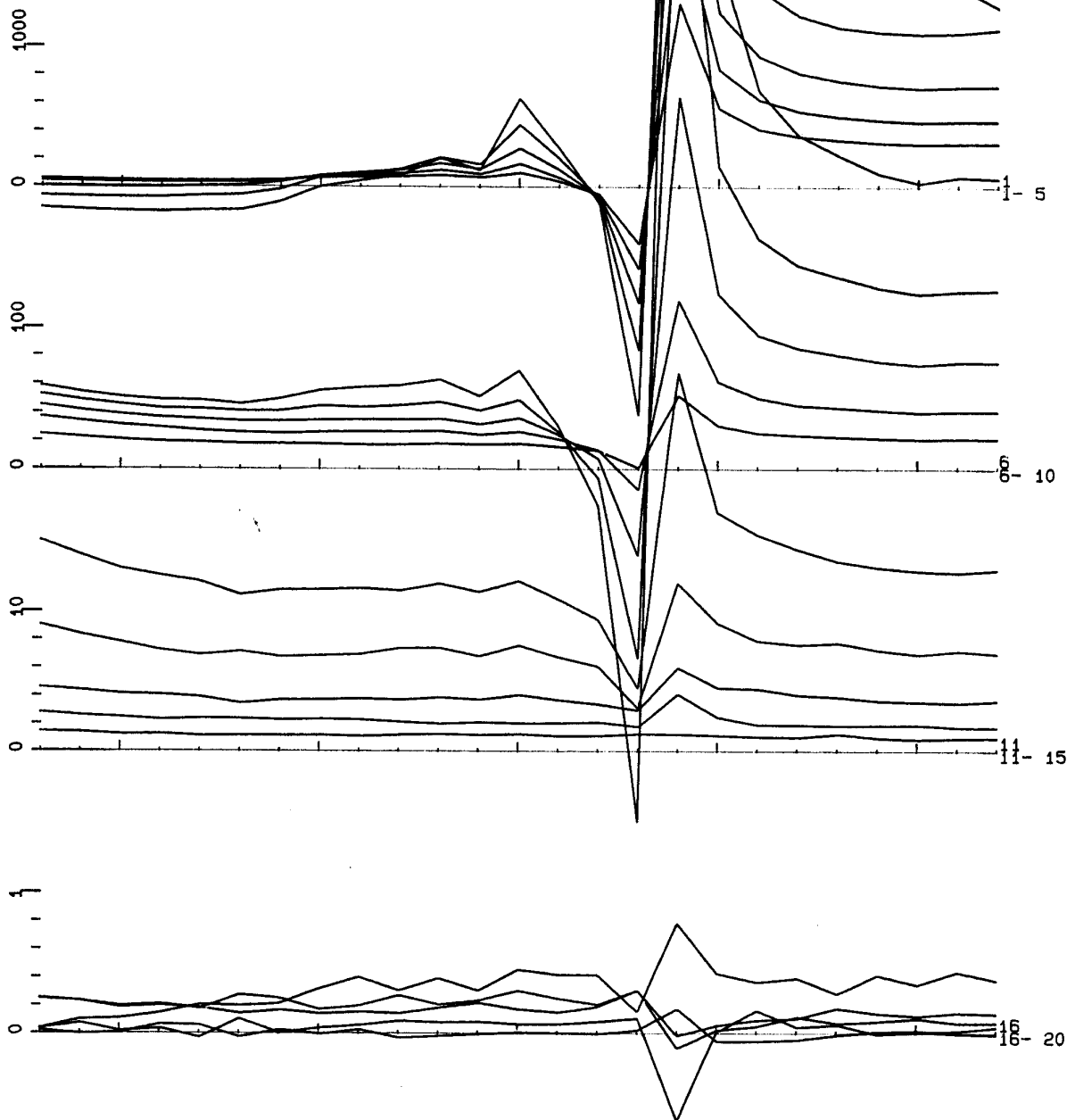
LINE 26

PROTEM Data: File

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m<sup>2</sup>



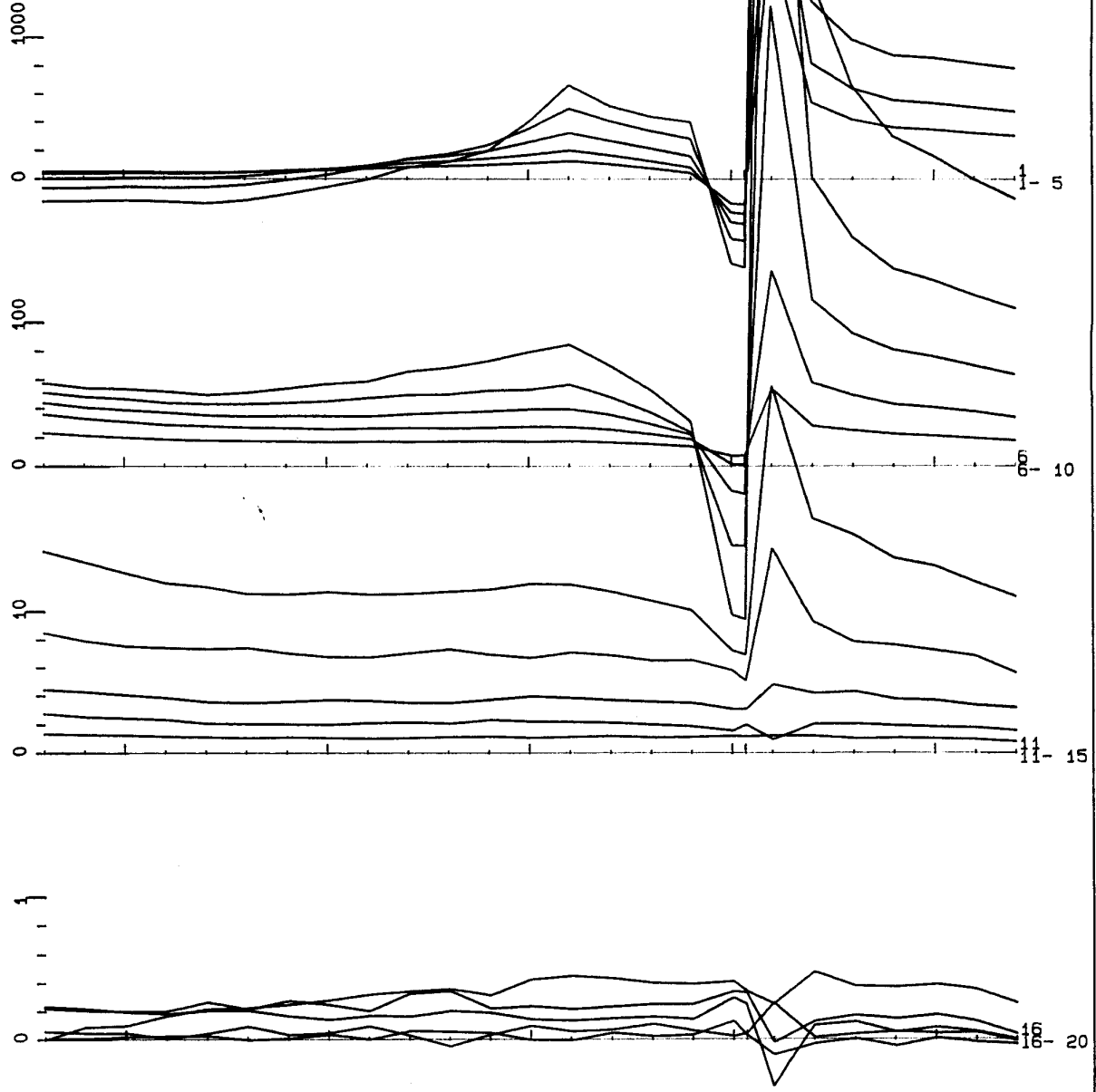
PROTEM Data: File

LINE 27

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/200us mV; n6 14A 100m^2



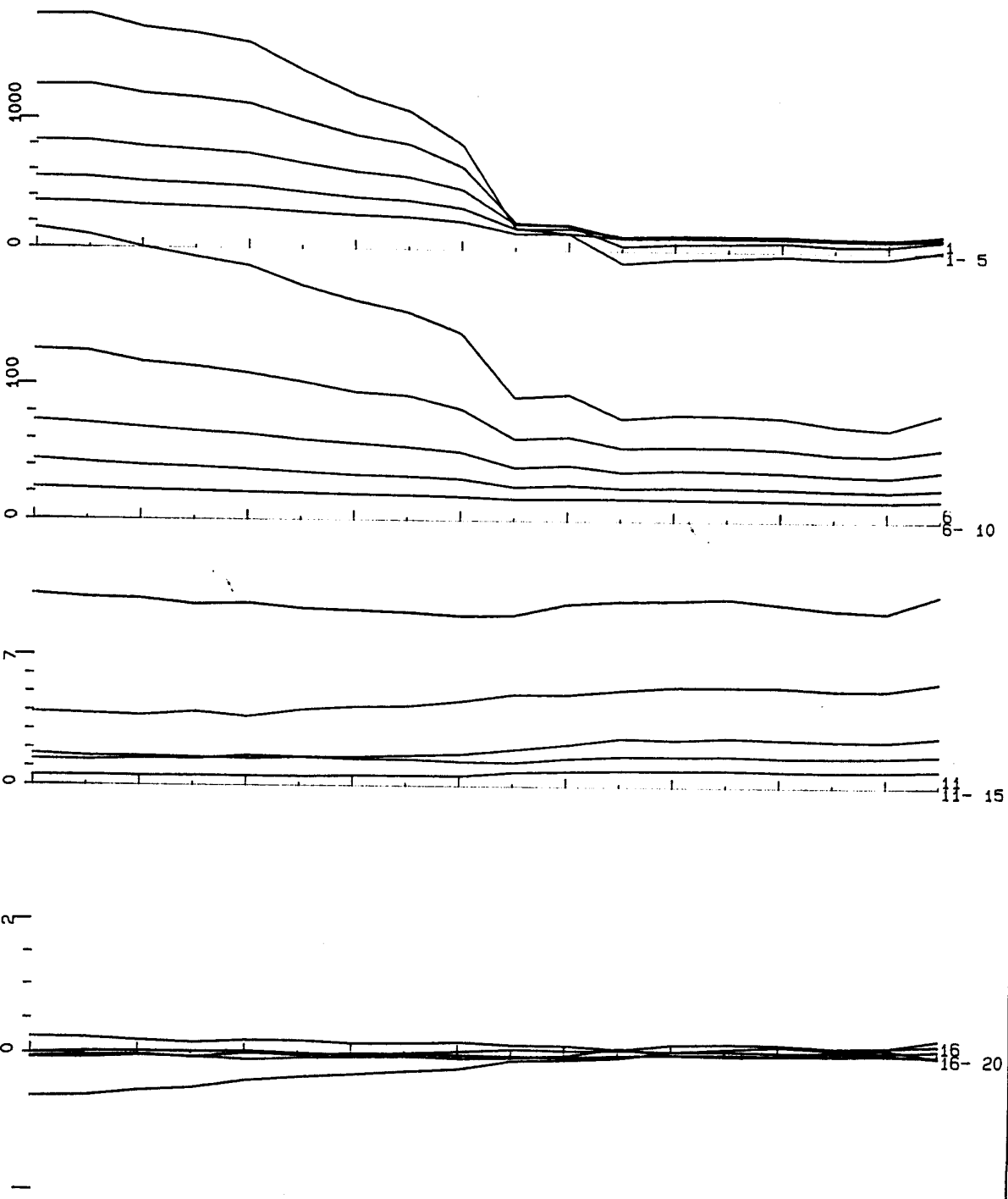
1c). BUCLE 3



LINE 29 PROTEM Data: File Z Component

8N 9N 10N 11N 12N 13N 14N 15N 16N 17N 18N 19N 20N 21N 22N 23N 24N 25N

1xDBZ/250us mV; n6 21.5A 64m^2



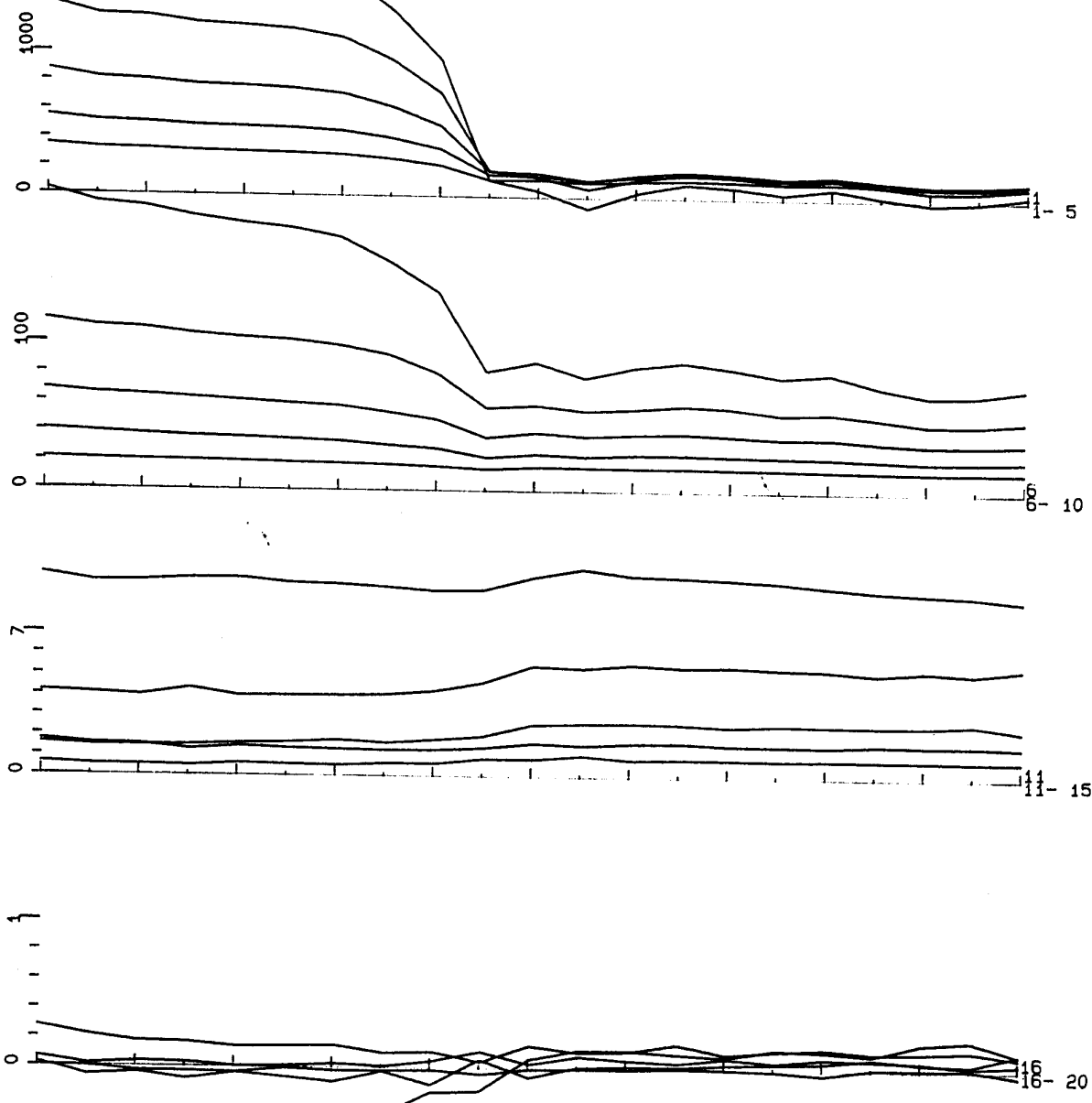
PROTEM Data: File

LINE 30

Z Component

8N 9N 10N 11N 12N 13N 14N 15N 16N 17N 18N 19N 20N 21N 22N 23N 24N 25N 26N 27N 28N

1xDBZ/250us mV; n6 21.5A 64m^2



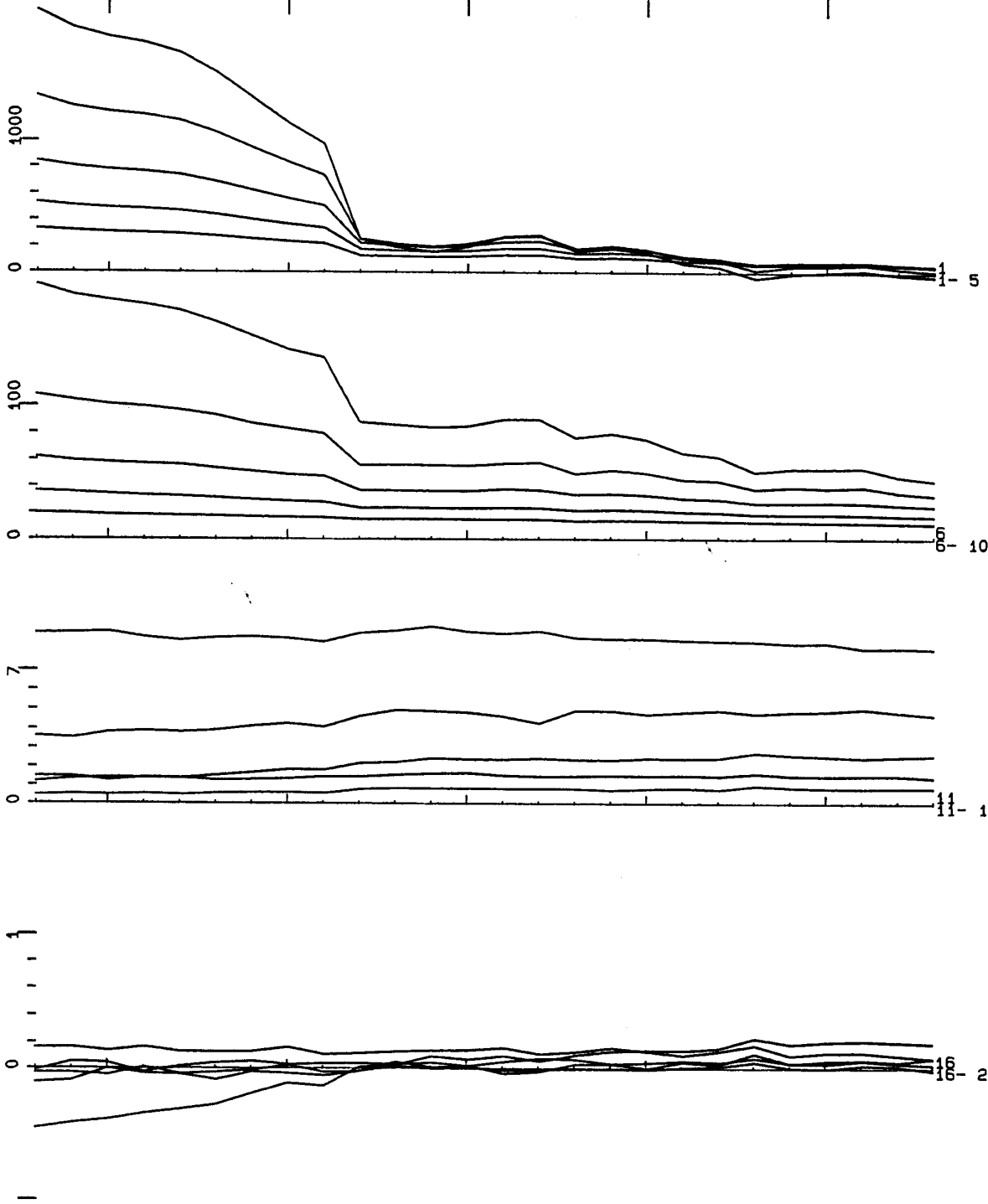
PROTEM Data: File

LINE 31

Z Component

- 8N
- 9N
- 10N
- 11N
- 12N
- 13N
- 14N
- 15N
- 16N
- 17N
- 18N
- 19N
- 20N
- 21N
- 22N
- 23N
- 24N
- 25N
- 26N
- 27N
- 28N
- 29N
- 30N
- 31N
- 32N
- 33N

1xDBZ/250us mV; n6 21.5A 64m<sup>2</sup>



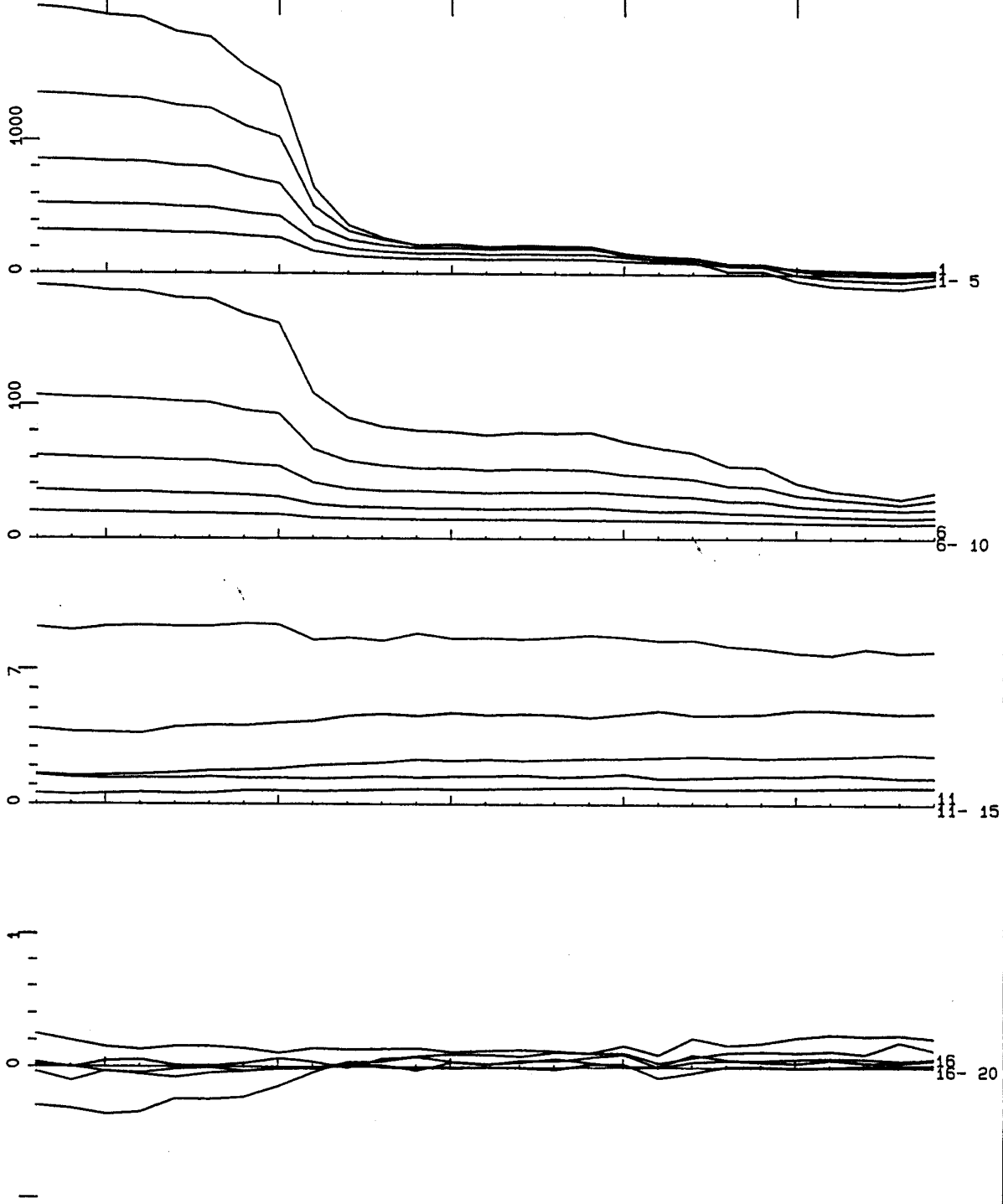
PROTEM Data: File

LINE 32

Z Component

8N  
9N  
10N  
11N  
12N  
13N  
14N  
15N  
16N  
17N  
18N  
19N  
20N  
21N  
22N  
23N  
24N  
25N  
26N  
27N  
28N  
29N  
30N  
31N  
32N  
33N  
34N

1xDBZ/250us mV; n6 21.5A 64m^2

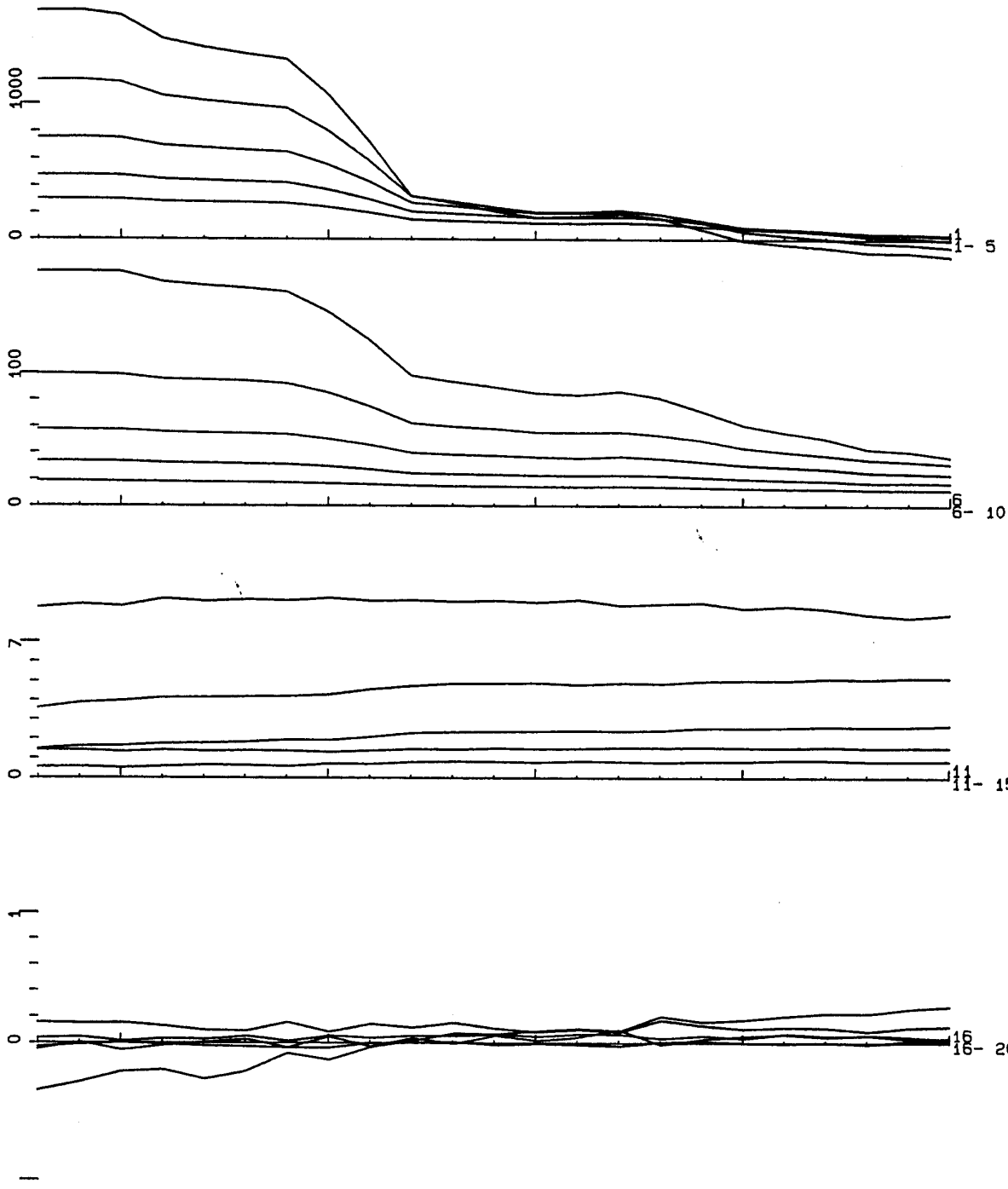


LINE 33

Z Component

- 8N
- 9N
- 10N
- 11N
- 12N
- 13N
- 14N
- 15N
- 16N
- 17N
- 18N
- 19N
- 20N
- 21N
- 22N
- 23N
- 24N
- 25N
- 26N
- 27N
- 28N
- 29N
- 30N

1xDBZ/250us mV; n6 21.5A 64m<sup>2</sup>



ANEXO 2.

**Medidas obtenidas con dispositivo SLINGRAM**

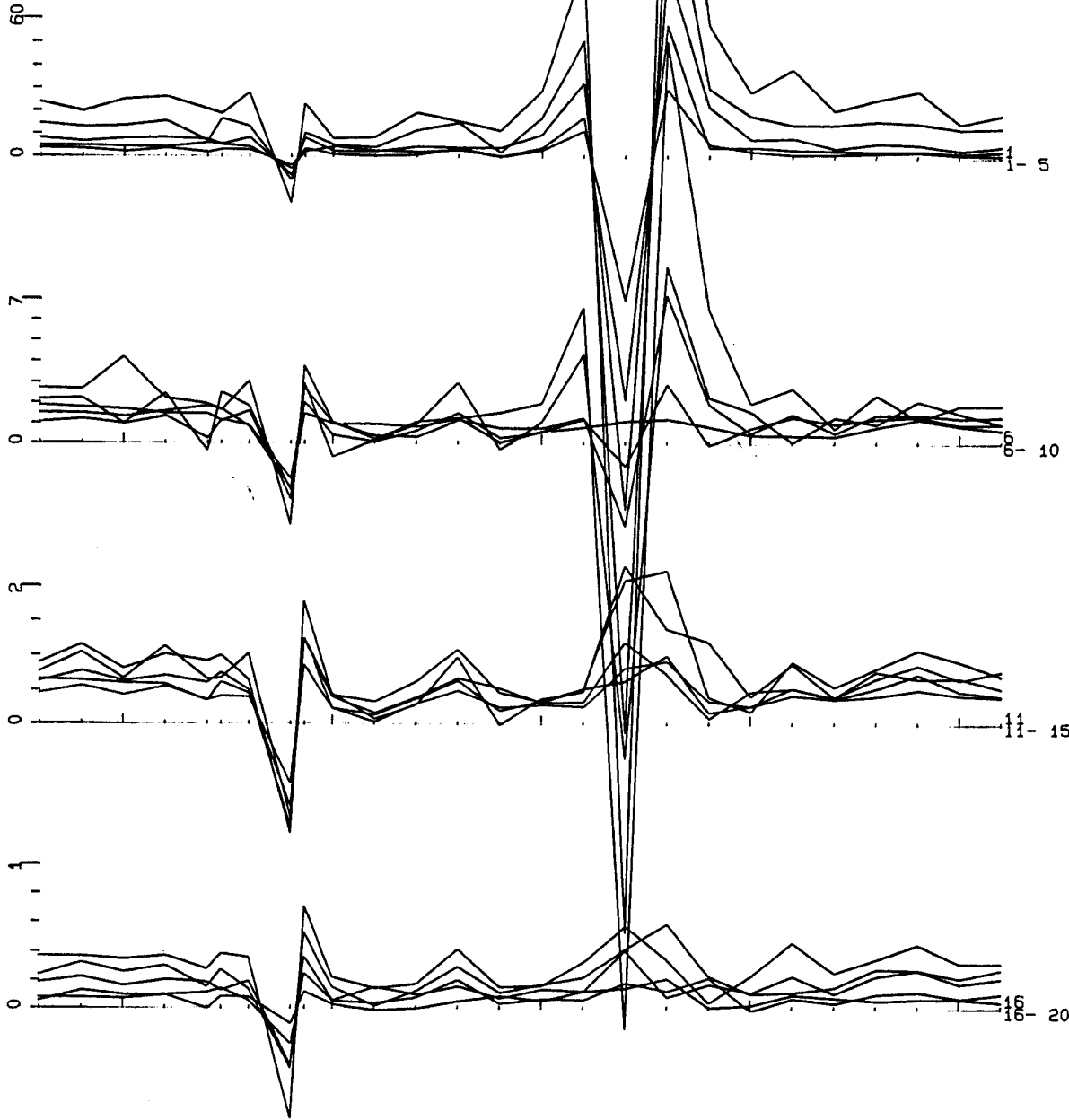
LINE 2625

PROTEM Data: File

Z Component

- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 7Ea
- 8E
- 9E
- 9Ea
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E

1xDBZ/156us mV; n6 108A 100m<sup>2</sup>



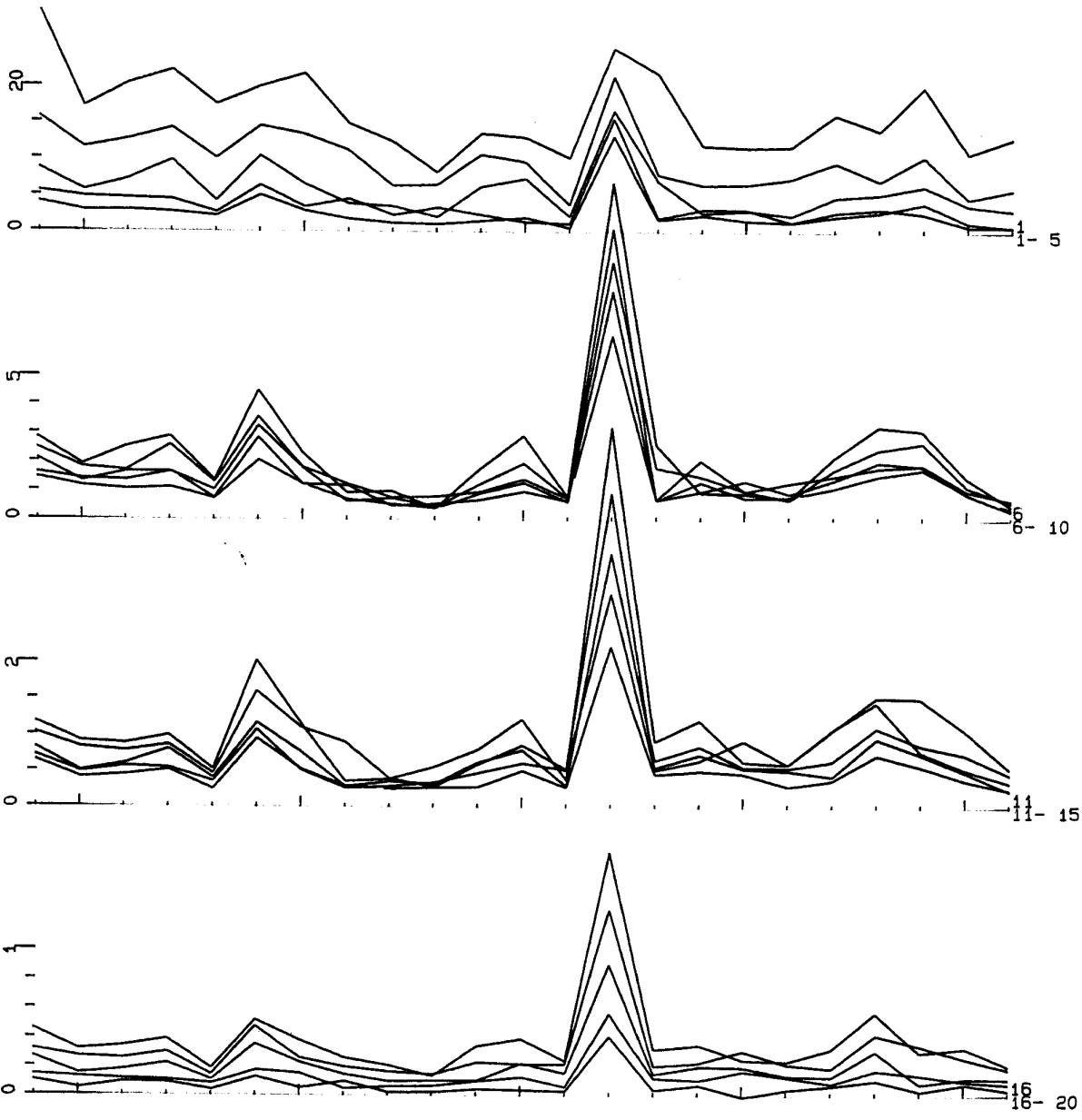
LINE 30

PROTEM Data: File

Z Component

- 4N
- 5N
- 6N
- 7N
- 8N
- 9N
- 10N
- 11N
- 12N
- 13N
- 14N
- 15N
- 16N
- 17N
- 18N
- 19N
- 20N
- 21N
- 22N
- 23N
- 24N
- 25N
- 26N

1xDBZ/155us mV; n6 104A 100m<sup>2</sup>





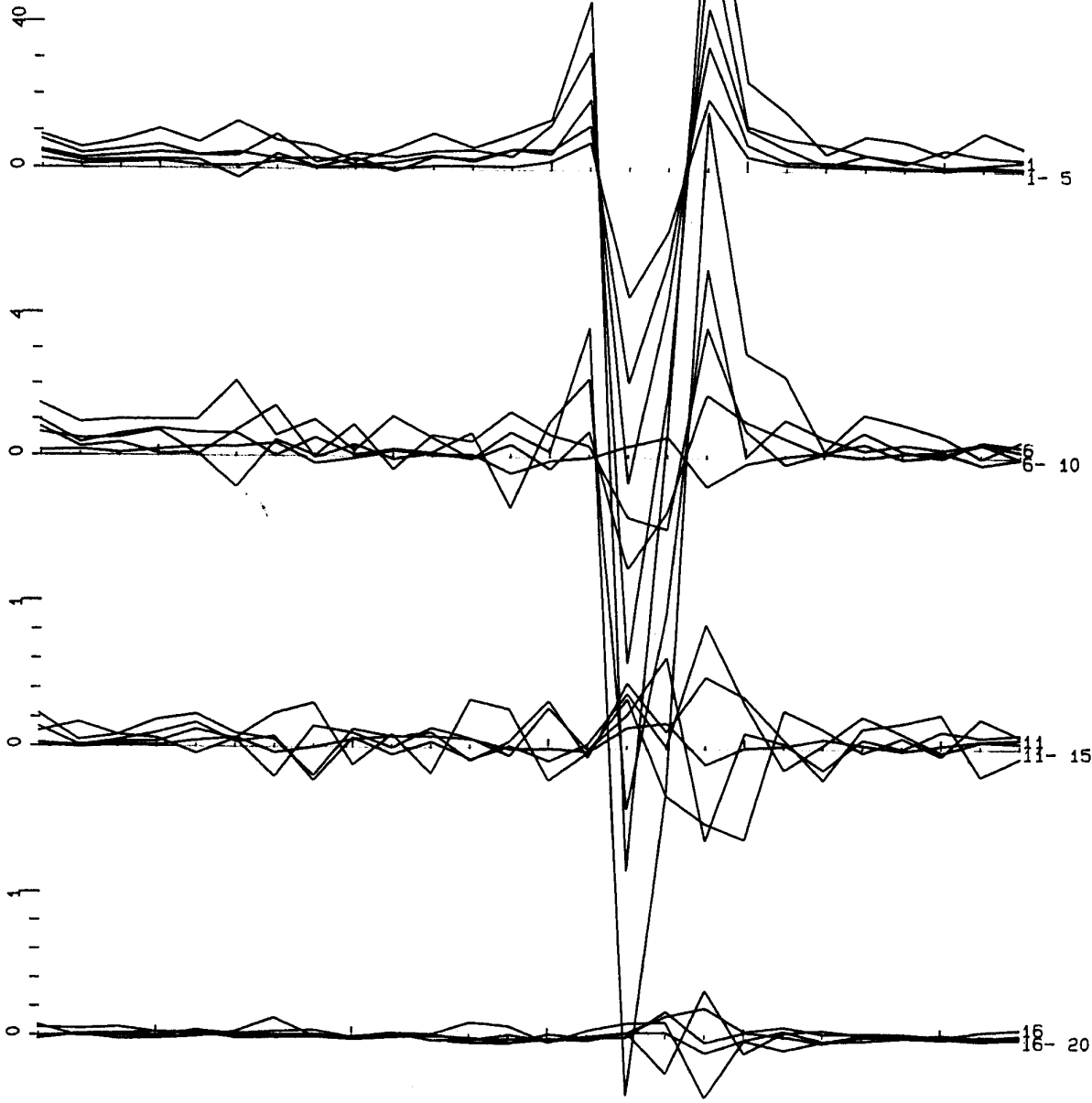
LINE 2650

PROTEM Data: File

Z Component

- 2E
- 3E
- 4E
- 5E
- 6E
- 7E
- 8E
- 9E
- 10E
- 11E
- 12E
- 13E
- 14E
- 15E
- 16E
- 17E
- 18E
- 19E
- 20E
- 21E
- 22E
- 23E
- 24E
- 25E
- 26E
- 27E

1xDBZ/156us mV; n6 108A 100m<sup>2</sup>



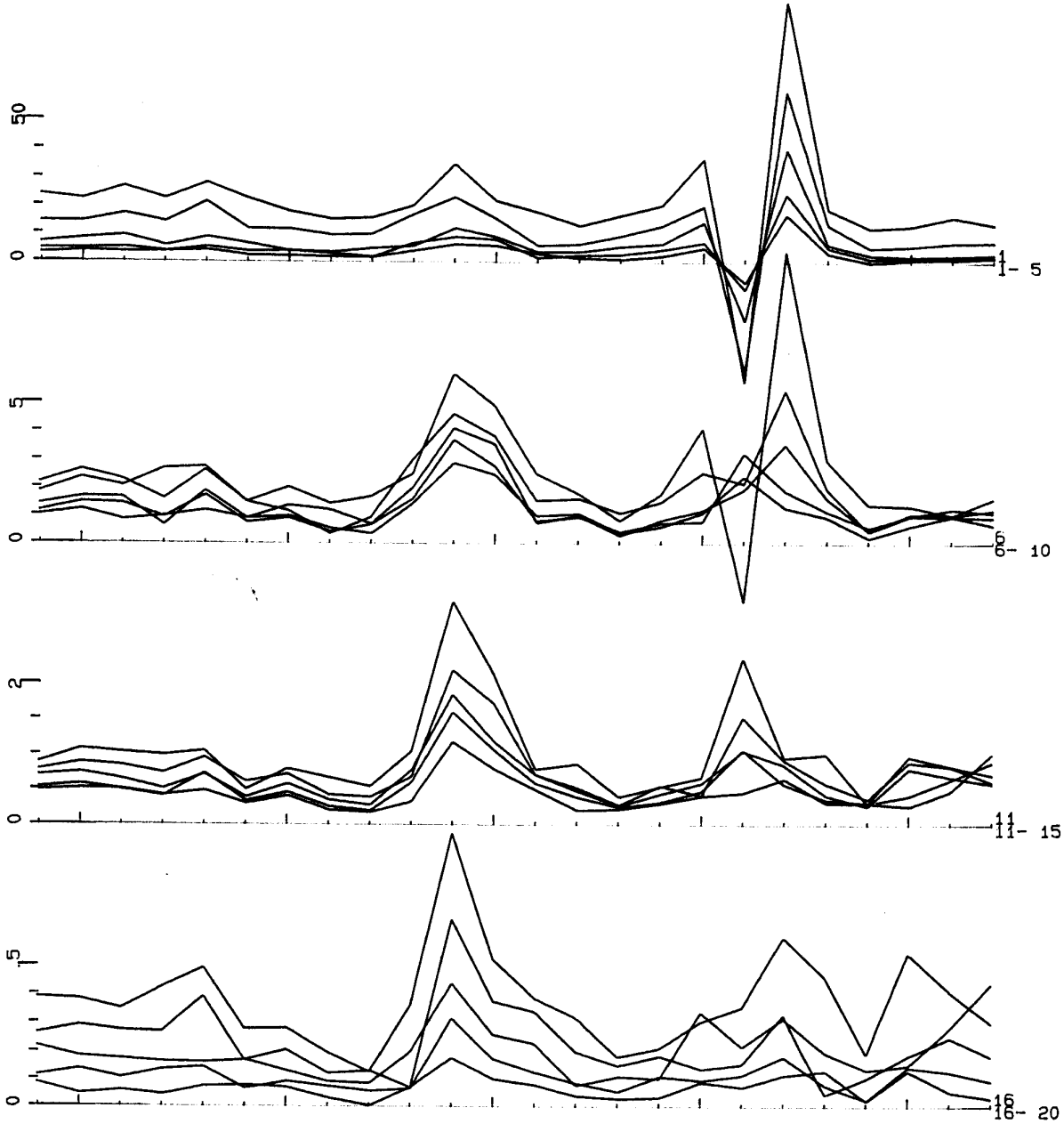
LINE 27

PROTEM Data: File

Z Component

4N 5N 6N 7N 8N 9N 10N 11N 12N 13N 14N 15N 16N 17N 18N 19N 20N 21N 22N 23N 24N 25N 26N 27N

1xDBZ/150us mV; n6 104A 100m<sup>2</sup>



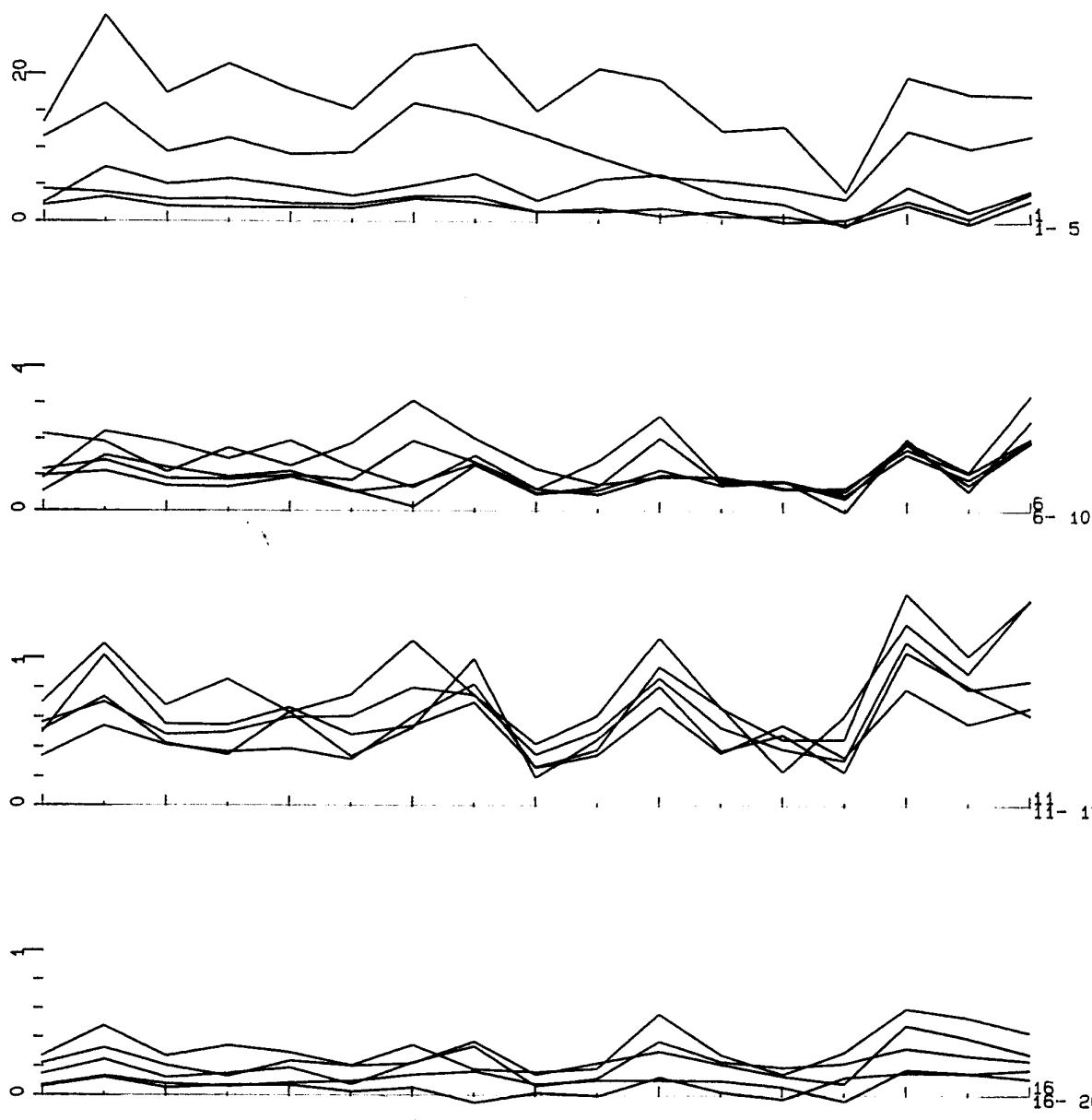
LINE 2925

PROTEM Data: File

Z Component

4E 5E 6E 7E 8E 9E 10E 11E 12E 13E 14E 15E 16E 17E 18E 19E 20E

1xDBZ/156us mV; n6 108A 100m<sup>2</sup>



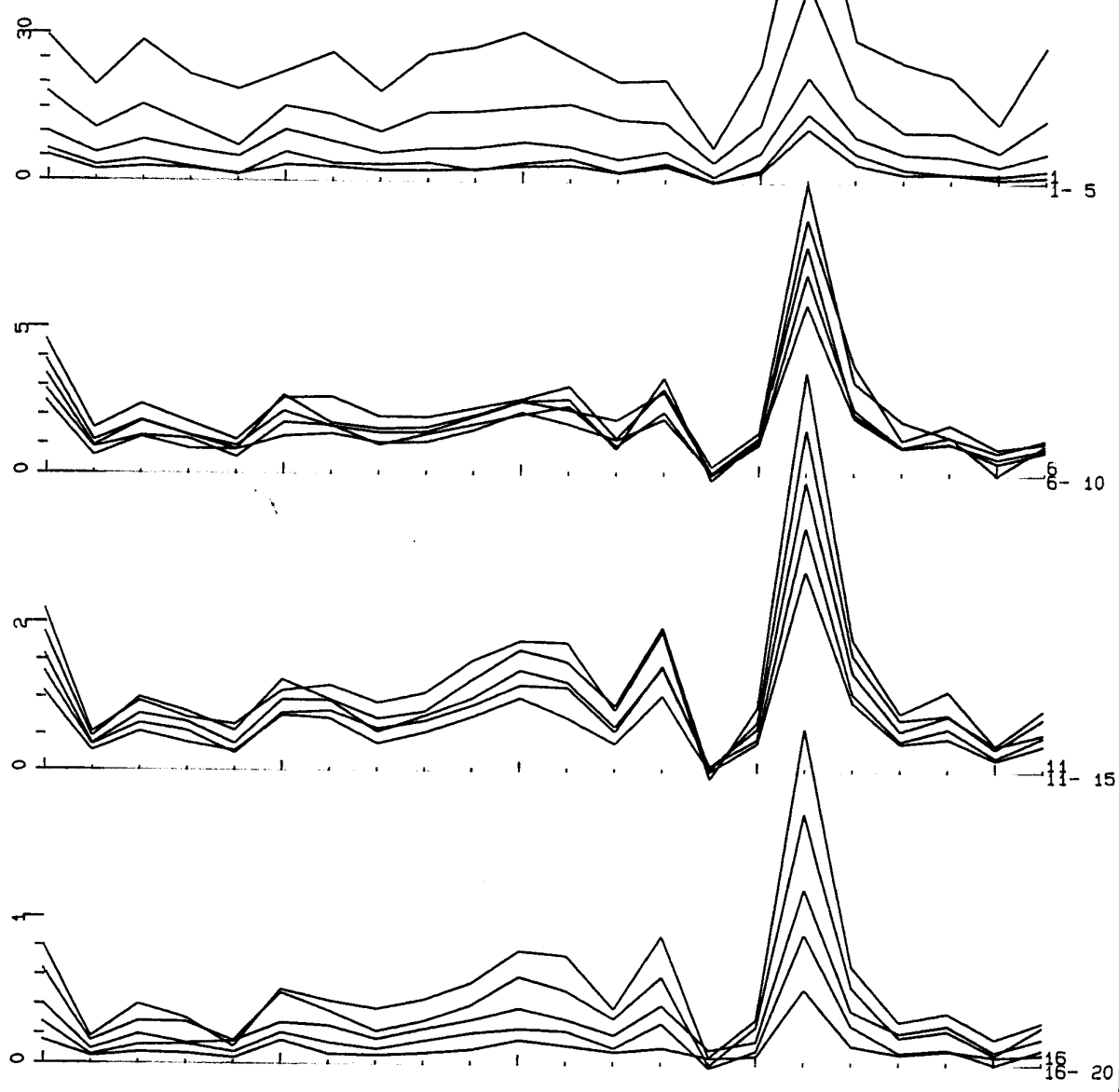
LINE 31

PROTEM Data: File

Z Component

5N 6N 7N 8N 9N 10N 11N 12N 13N 14N 15N 16N 17N 18N 19N 20N 21N 22N 23N 24N 25N 26N

1xDBZ/150us mV; n6 104A 100m<sup>2</sup>



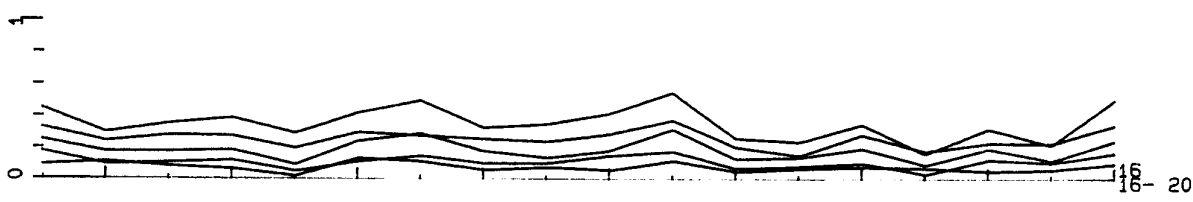
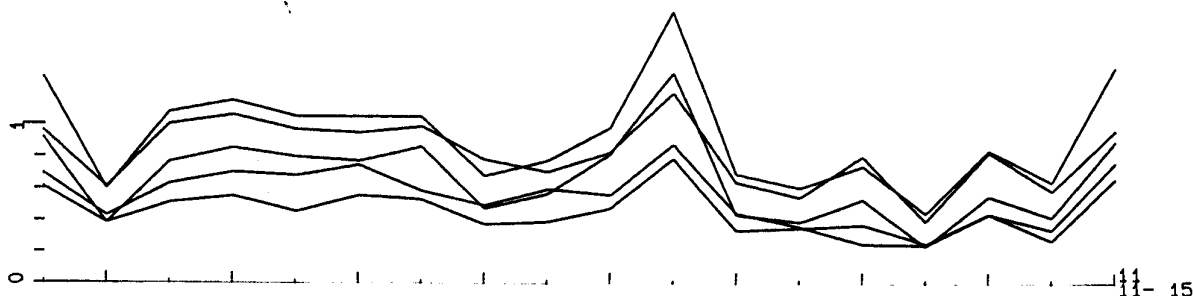
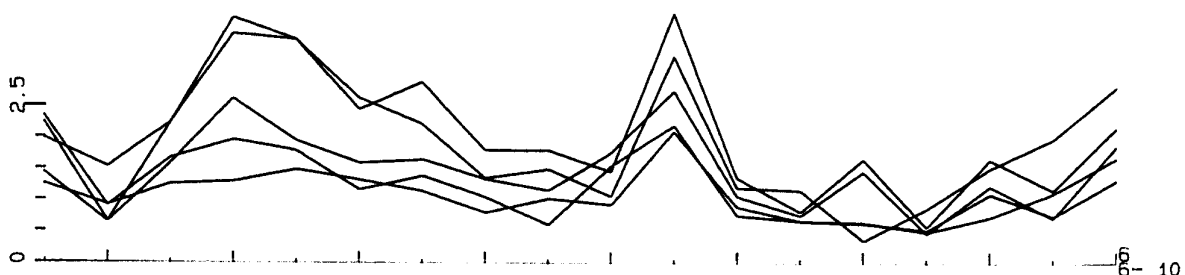
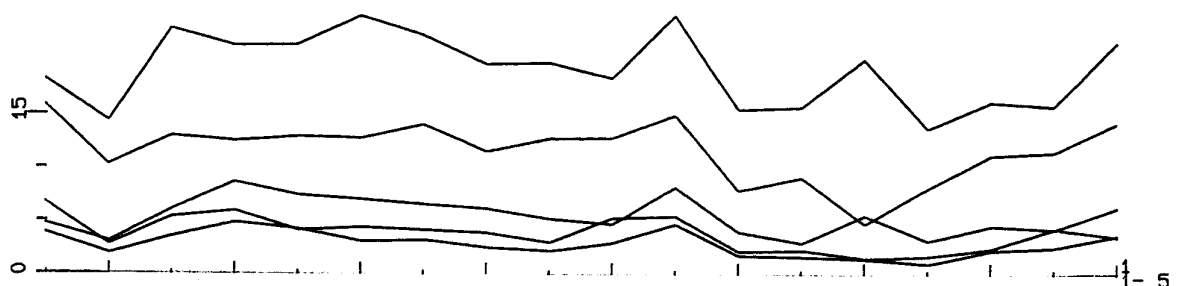
LINE 36

PROTEM Data: File

Z Component

5N 6N 7N 8N 9N 10N 11N 12N 13N 14N 15N 16N 17N 18N 19N 20N 21N 22N

1xDBZ/170us mV; n6 104A 100m^2



ANEXO 3.

**Registros del Sondeo HC-2.**

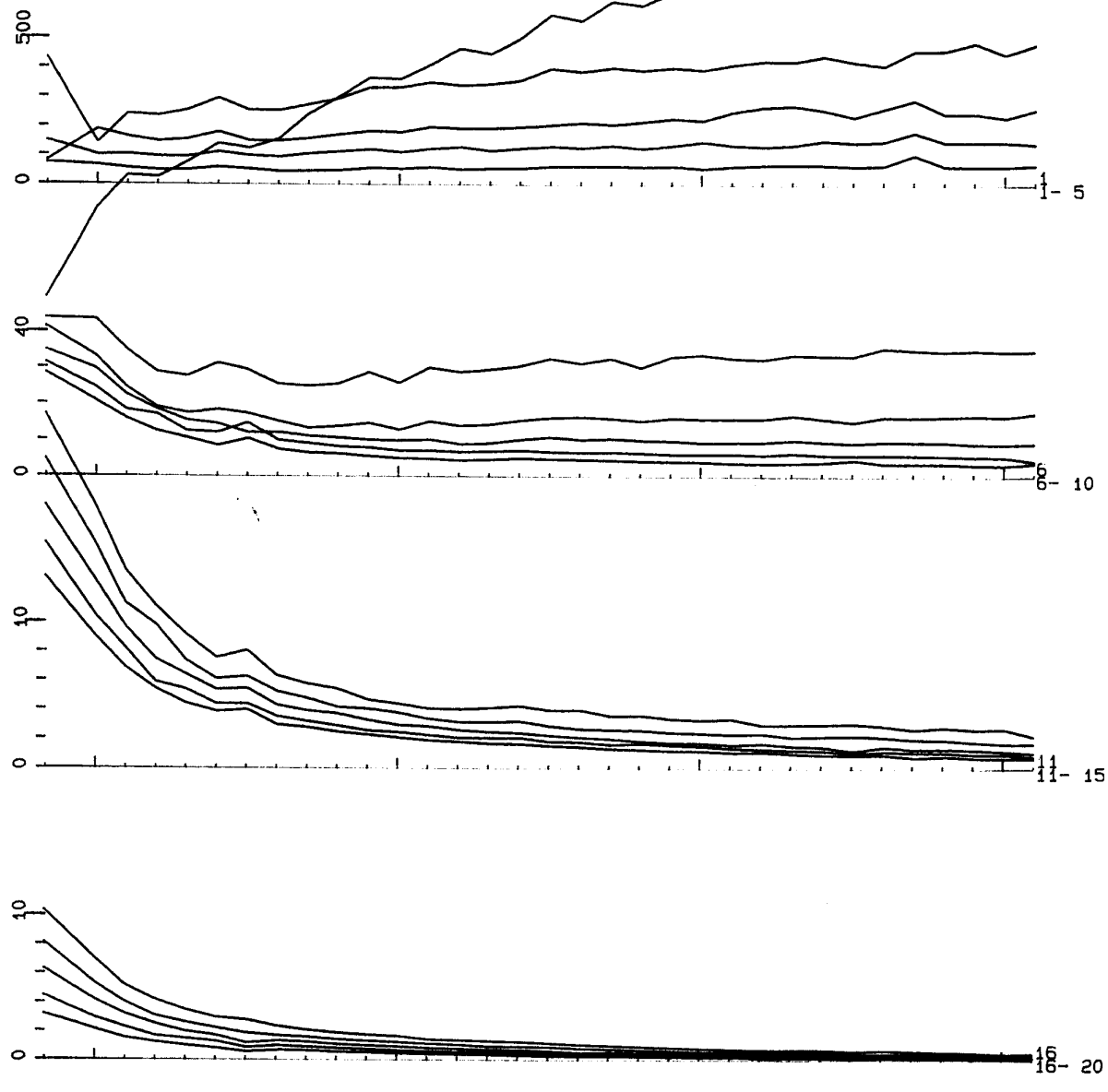
PROTEM Data: File

LINE S-2

Z Component

- 5N
- 10N
- 13N
- 16N
- 19N
- 22N
- 25N
- 28N
- 31N
- 34N
- 37N
- 40N
- 43N
- 46N
- 49N
- 52N
- 55N
- 58N
- 61N
- 64N
- 67N
- 70N
- 73N
- 76N
- 79N
- 82N
- 85N
- 88N
- 91N
- 94N
- 97N
- 100N
- 103N

1xDBZ/125us mV; n6 21.5A 64m^2



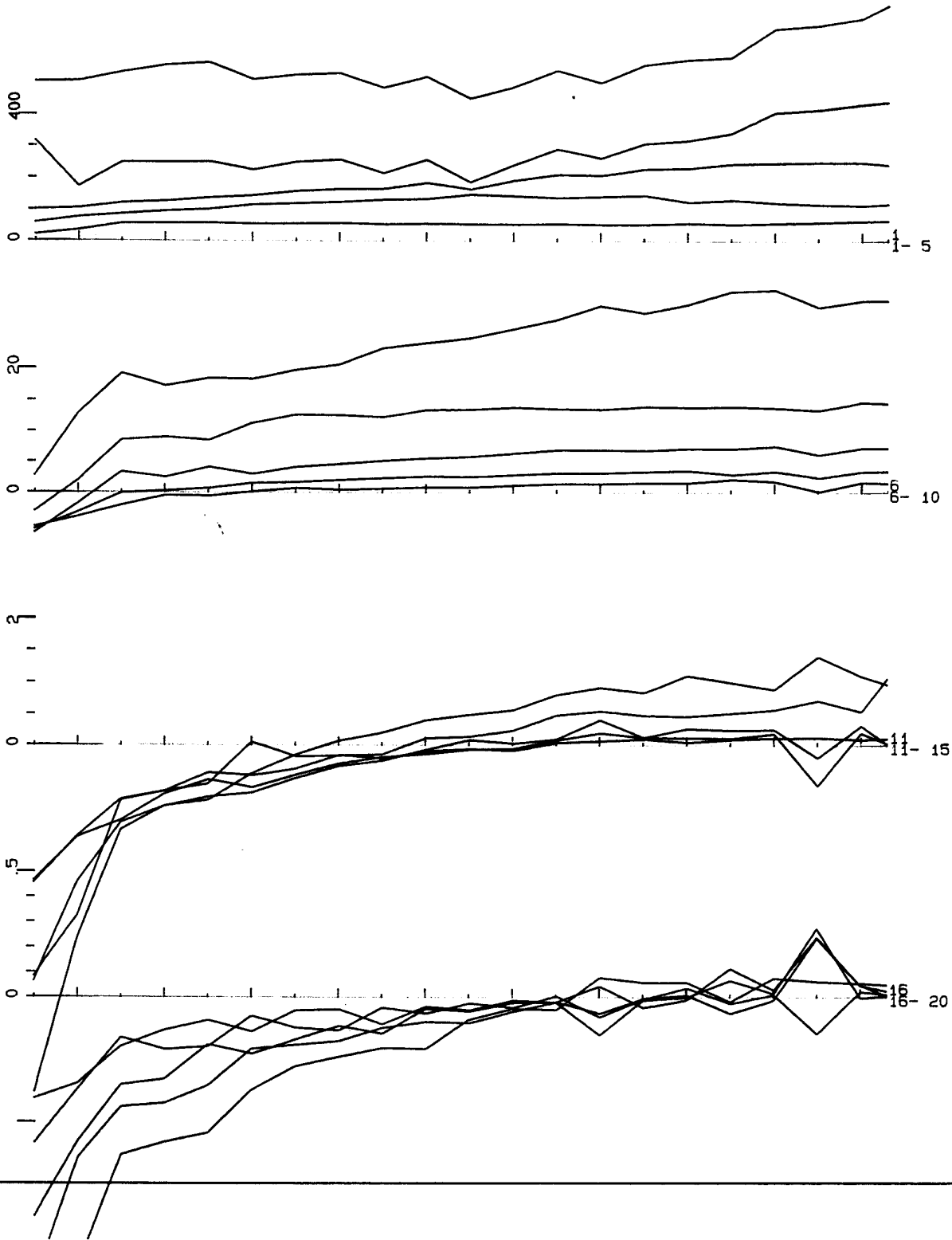
PROTEM Data: File

LINE S2S

Z Component

5N 10N 15N 20N 25N 30N 35N 40N 45N 50N 55N 60N 65N 70N 75N 80N 85N 90N 95N 100N 103N

1xDBZ/125us mV; n6 21.5A 64m^2





PLANOS