

NOTICE CONCERNING COPYRIGHT RESTRICTIONS

This document may contain copyrighted materials. These materials have been made available for use in research, teaching, and private study, but may not be used for any commercial purpose. Users may not otherwise copy, reproduce, retransmit, distribute, publish, commercially exploit or otherwise transfer any material.

The copyright law of the United States (Title 17, United States Code) governs the making of photocopies or other reproductions of copyrighted material.

Under certain conditions specified in the law, libraries and archives are authorized to furnish a photocopy or other reproduction. One of these specific conditions is that the photocopy or reproduction is not to be "used for any purpose other than private study, scholarship, or research." If a user makes a request for, or later uses, a photocopy or reproduction for purposes in excess of "fair use," that user may be liable for copyright infringement.

This institution reserves the right to refuse to accept a copying order if, in its judgment, fulfillment of the order would involve violation of copyright law.

CARACTERISTICAS GENERALES DEL SEGUNDO LEVANTAMIENTO DE POTENCIAL NATURAL
EN EL CAMPO GEOTERMICO DE CERRO PRIETO, B.C.

Por:

Ing. J. F. Arellano G. CFE, Morelia, Mich., Mex.
Ing. J. Rodríguez B. CFE, Mexicali, B.C., Mex.

INTRODUCCION

Teniendo como antecedente el estudio de Potencial Natural (PN) desarrollado por la Universidad de California (Lawrence Berkeley Laboratory) USA, sobre el campo Geotérmico de East Mesa, ubicado a 40 Km al NE del campo de Cerro Prieto, B.C., el cual tuvo como objetivo recolectar datos en 1987, sobre la misma área cubierta por el levantamiento de PN de 1978, para analizar posibles cambios en las características de las anomalías determinadas causadas por la explotación de los fluidos geotérmicos desde que se efectuó el primer levantamiento; se planteó dentro del convenio CFE-DOE (1986-1989) llevar a cabo un estudio similar en el campo de Cerro Prieto, B.C., estableciendo que el personal de CFE recolectaría los datos que serían procesados en conjunto.

En el primer estudio de Potencial Natural desarrollado en 1978, dentro del Convenio de CFE-DOE (1977-1982), se detectó una gran anomalía dipolar que se interpretó asociada a una zona de debilidad de rumbo N-S, a través de la cual los flujos de calor y/o fluidos hidrotermales producen la discontinuidad en el coeficiente de acoplamiento termoeléctrico o electrodinámico, o ambos, generados debido al desplazamiento vertical a través de las fallas, que ponen en contacto diferentes materiales rocosos; otra causa sería la presencia de alteración hidrotermal o la diferencia tan solo de valores de temperatura dentro de la zona de flujo de los fluidos hidrotermales (Corwin et al 1978 y 1979).

Con los antecedentes descritos en párrafos anteriores se proyectó el segundo levantamiento de Potencial Natural que cubriera la misma zona; incrementándose con algunas mediciones en la porción NE y E del campo; habiéndose modificado el trazo de algunas partes de las líneas de la porción W, por problemas de acceso.

LEVANTAMIENTO DE CAMPO

El estudio de 1978, se desarrolló en 6 líneas (A a F) levantándose datos a lo largo de 100 Km lineales (Figura 1); en tanto que en el segundo se recolectó información en 95 Km lineales, con un total de 980 estaciones; habiéndose reducido la extensión de algunas líneas (B, D y A), suprimido el registro de la

línea F y adicionado información al NE y E del campo, con el fin de tener un "mejor control" de la porción negativa del dipolo definido en el reconocimiento previo, las modificaciones obedecen además a problemas de accesibilidad, debido a las obras e instalaciones recientemente establecidas. (Figura 2).

El trabajo de campo se llevó a cabo en los meses de Febrero y Marzo de 1988; utilizándose para el registro de los datos un multímetro de alta impedancia de entrada (10 MΩ), Mca. Fluke 8062A, electrodos impolarizables Mca. Tinker and Razor y accesorios (cable, sulfato de cobre, etc.)

La técnica de campo empleada, mediante dipolos de 100 m fue la denominada "salto de rana" (Leap Frog), llevándose un control periódico de la polarización de los electrodos, para efecto de aplicar la corrección respectiva.

REDUCCION DE DATOS

Los valores obtenidos en cada estación fueron corregidos por el efecto de la polarización y deriva de los electrodos, efectuándose posteriormente la sumatoria de ellos para obtener el valor total a lo largo de las líneas registradas; con lo cual y considerando a la línea A-A' como referencia (el inicio de la línea al SE) se efectuó el cierre de 4 polígonos, formados por intervalos de las líneas A, D, B y C; A, C y B; B, C y N; y A, B, N, C y E; cuyo porcentaje de error global resultó del 5%.

El haber tomado el inicio de la línea A-A' como referencia en ambos levantamientos (1978 y 1988), no garantiza que el nivel de referencia sea el mismo, debido a las variaciones temporales del terreno; por lo que los datos resultantes deberán de analizarse desde un punto de vista de "anomalías relativas".

Los datos obtenidos para cada uno de los perfiles mediante el proceso anteriormente descrito se muestran en las figuras 3 a 9, en las que se han incluido los perfiles correspondientes al estudio de 1978, y en la figura 10 se presentan las anomalías de Potencial Natural configuradas con los datos de 1988.

ANÁLISIS GENERAL DE LOS RESULTADOS

En la aplicación del método de Potencial Natural en campos geotérmicos se ha observado que se presentan problemas con el "ruido en los datos de campo" (potenciales de fondo) y con la reproducibilidad de éstos en un tiempo posterior; algunas de las cuestiones que generan dicha problemática se describen brevemente antes de exponer los resultados del presente levantamiento.

La necesidad de tener líneas con longitud mayor de 5 Km, para cruzar las zonas térmicamente anómalas identificadas en el campo, da como resultado que se sumen los errores en cada medición, causados éstos por las variaciones de corrientes telúricas, aunque en el caso de valles conductores, como el de Mexicali, no se considera un problema serio. En 1978 se utilizó un registrador de corrientes parásitas y naturales con un dipolo estacionario de 200 m ubicado cerca de la Planta Geotermoeléctrica de Cerro Prieto; concluyéndose que en un período de 4 días el nivel de ruido producido por las corrientes telúricas y las variaciones de corrientes eléctricas provenientes de la planta de producción fueron despreciables (Corwin, 1979).

Para el estudio reciente, no se contó con la estación base de monitoreo, se observó en ciertas localidades de las líneas variaciones (del orden de decenas de mV) debido a la proximidad de las poblaciones, actividad cultural, (líneas B, C, D); este hecho así como la existencia de los acuíferos en el valle producirán anomalías de alta frecuencia pero de corta amplitud de onda y pueden ser minimizados, aunque no eliminados, mediante filtrado matemático; para este caso se aplicó un filtro de cinco puntos simple.

Por otro lado existen potenciales de electrofiltración generados por el flujo de aguas subterráneas, no relacionados con termalidad, asociados si con la topografía del terreno; para el caso del Valle de Mexicali la topografía no es un aspecto relevante, salvo en la zona del volcán de Cerro Prieto y las inmediaciones de la Laguna Volcano.

Los efectos producidos por las reacciones electroquímicas en la superficie del terreno y la polarización de los electrodos fueron factores a los que se puso mayor atención durante el levantamiento de campo, evitando al máximo ubicar el dipolo de medición en condiciones diferentes de humedad evidente en el terreno por la presencia de canales o terrenos recientemente irrigados; llegándose a estimar que las características de la información no presentan variaciones importantes asociadas con

la existencia de canales de riego, zonas de manifestaciones termales, el área arenosa al SW del campo o a la existencia de terrenos de cultivo (arcillosos principalmente) o sin cultivar. Para dichas características del terreno la literatura reporta variaciones del orden de decenas de milivolts, mostrándose como anomalías de longitud de onda corta y gran amplitud superpuestas sobre las anomalías de potencial espontáneo de mayor longitud de onda (las relacionadas con efectos profundos o cuerpos fuente); por lo que al igual que el ruido cultural puede ser minimizado su efecto con el empleo del filtrado matemático.

Teniendo en cuenta los elementos anteriores es posible valorar la información de 1988 para hacer comparaciones con los datos recolectados en 1978; aunque cabe aclarar que dadas las modificaciones en algunas líneas, la falta de datos en otras, que si fueron levantadas en 1978 y las adicionales (no registradas en 1978); el análisis sólo es posible efectuarlo por líneas (aquellas que se registraron en 1978) no siendo factible obtener conclusiones respecto a los planos de isopotenciales generados en los dos levantamientos; hasta que se efectúe un tratamiento a los datos de campo de las mismas líneas recolectadas en ambos períodos, y con un mismo criterio de reducción de datos.

Una breve descripción de las características principales observables en cada línea se presenta a continuación

Línea A (Rumbo NW 40° SE)

Muestra una respuesta de alrededor de 181 mv de amplitud (-2 a -183 mV); en comparación con la obtenida de 150 mV en 1978 (+60 a -90 mV). Es importante señalar el hecho de que en el estudio reciente todos los valores relativos para esta línea son negativos; cuestión que gobernará los datos de las restantes líneas al haberse tomado esta línea como nivel de referencia (Figura 3).

Al efectuar el análisis de la forma de la anomalía obtenida ('dipolo') se concluye que la porción más negativa se ha desplazado hacia el SE, manteniéndose la pendiente de la curva de potencial que constituye el 'dipolo', este hecho permite valorar la reproducibilidad de los datos, aunque el corrimiento pudiera ser provocado por la reducción de los mismos, también es factible asociarlo con procesos de variación debido a las fuentes que generan las anomalías de potencial natural; tales como el movimiento de los fluidos o cambios en los rangos de temperatura en dicho sector o con el comportamiento de las variaciones telúricas de gran amplitud de onda; cuestión esta última en la cual no se tiene un registro que pudiese confirmar esta suposición.

Línea B (Rumbo SW 50° NE)

La anomalía dipolar exhibe características similares a la obtenida en 1978; con la diferencia de que la 'pendiente principal' es menos pronunciada; la amplitud pico a pico va de -128 a +30 mV en tanto que la registrada anteriormente está en el rango de +75 a -85 mV, por lo que existe una diferencia en amplitud de 2 mV (Figura 4). El máximo relativo de esta anomalía dipolar se ubica en la región de la planta CP-I, siendo esta zona donde los pozos productores son más someros (600 - 1300 m), este sector se ha venido explotando desde 1973.

Perpendicularmente al trazo de esta línea se tiene la presencia de la falla Cerro Prieto (de rumbo NW-SE) interpretada por otros métodos geofísicos y confirmada mediante el análisis de la información de los pozos profundos, su trazo se ubica entre los pozos H-9 y H-53; existiendo además otras estructuras menores que son paralelas a ella y que en conjunto con las del sistema NE-SW favorecerían el ascenso de los fluidos hidrotermales que se muestran en la superficie como fumarolas y volcanes de lodo. Estas características permiten asociar el comportamiento dipolar de la anomalía con el modelo propuesto por Corwin et al 1978, sobre una zona de falla que pone en contacto diferentes materiales rocosos y favorece la circulación de fluidos en el sistema geotérmico.

Línea C (Rumbo E-W)

Los valores oscilan en el rango de -24 a -244 mV, mostrándose un comportamiento descendente del oeste hacia el este; en comparación con la anomalía de 1978 (+80 a -80 mV), la cual muestra un amortiguamiento del "mínimo relativo" de la porción central, aquel ubicado entre los ejidos Hidalgo y Nvo. León. Aquí nuevamente se postula que la 'pendiente principal' de la anomalía (porción oeste del perfil) está influenciada por la estructura Cerro Prieto y las características geotermiales, comentadas en el párrafo anterior. (Figura 5).

Línea D (Rumbo SW 40° NE)

La mayor parte del perfil corre a lo largo del canal Solfatara, el cual no tiene recubrimiento, como la gran mayoría de los canales de la región, este hecho podría sobreponer 'ruido' de alta frecuencia a la información tal como se presenta en la figura 6; en correspondencia con el perfil de Potencial Natural de 1978 se observa, como en el caso de las líneas descritas anteriormente, una similitud en las características generales, salvo en la porción NE donde el máximo relativo definido en 1988 es más prominente que el observado en 1978.

La amplitud total de la anomalía es de 96 mV en 1988 y la pendiente de la porción NE es más positiva; concluyéndose que la anomalía de 1978 está amortiguada respecto a la actual (-40 a +40 mV). En la región cercana al volcán de Cerro Prieto se presenta un 'pico' de 40 mV de amplitud (en 2 Km de longitud) en ambos levantamientos, el que puede asociarse a la prominencia volcánica (efecto topográfico); cambio litológico (suelos arcillosos-suelos arenosos) y/o cierta actividad termal manifiesta en superficie. Otro factor que pudiese modificar la continuidad de las anomalías en los extremos de estas líneas es el cambio de rumbo que tuvo la línea en ambos extremos.

Línea E (Rumbo NE-60° SW)

Esta línea se ubica en la porción SW de la actual zona de explotación del campo; habiéndose ampliado su extensión hacia el NE a lo largo de 8 Km, con el objetivo de obtener una mejor definición del comportamiento del polo negativo definido en el levantamiento de 1978. Los perfiles correspondientes en ambos estudios muestran un comportamiento descendente del oeste hacia el este (Figura 7); habiéndose delimitado un mínimo relativo con los nuevos datos, concordantemente con el definido en la configuración de isopotenciales expuesto por Corwin et al 1978.

La pendiente que controla el descenso del perfil hacia el este es similar en ambos estudios no así la amplitud de los datos siendo mayor en el estudio reciente.

Línea N (Rumbo promedio NE 25° SW)

Esta al igual que la anterior prolongación de la línea E, se proyectó para analizar la respuesta complementaria del polo negativo delimitado en la porción NE del Ejido Nuevo León, en el estudio de 1978. En general muestra un descenso de los valores de potencial natural hacia el NE teniendo una amplitud del orden de 200 mV. La anomalía es concordante con la muestreada en la línea C; o sea que hacia el sector E-NE del campo la anomalía es más negativa y con menores fluctuaciones respecto a las anomalías que se presentan sobre la actual zona de explotación (Figura 8).

Quizá debido a que los intervalos de producción en las inmediaciones del Ejido Nuevo León son más profundos (mayores de 1800 m), la respuesta del Potencial Natural asociado a efectos geotermiales se vea amortiguada por el gran espesor de sedimentos no consolidados (arenas, arcillas, gravas) definido mediante las perforaciones. La existencia de estructuras geológicas (por ejemplo la falla Imperial) no son

correlacionables con el comportamiento de las anomalías en esta zona debido al paquete de sedimentos descrito anteriormente, ya que las estructuras se consideran profundas afectando principalmente a las formaciones de lutitas y horizontes de areniscas que subyacen a las arenas, arcillas y gravas.

Línea M (Rumbo NE 40° SW)

Esta línea también adicional respecto al estudio de 1978, muestra al igual que la línea B, que es paralela y se ubica 2 Km aproximadamente al NW de ella, un gradiente pronunciado de 164 mV en 500 m (Figura 9). Este comportamiento local y en general el descenso hacia el este permite relacionarlo con los efectos que provoca la existencia del sistema estructural de rumbo NW-SE, en ese sector. Esta relación es más evidente en la configuración de isopotenciales de 1988 (Figura 10).

CONFIGURACION DE ISOPOTENCIALES

La integración de los perfiles de Potencial Natural con el tratamiento respectivo de los datos mediante el cierre de polígonos y correcciones permitidas se presenta en la configuración de anomalías, figura 10, en la que sobresale un gran monopolo negativo equivalente al definido en el estudio de 1978, aquel ubicado en la región de los Ejidos Nuevo León e Hidalgo.

Dado el comportamiento de las anomalías descritas, respecto a las principales estructuras geológicas, para cada línea estas se han sobrepuesto al plano de contornos isopotenciales, observándose en la porción central y occidental relación entre las estructuras y la disposición de los gradientes isopotenciales; esto referido principalmente con la falla Cerro Prieto y zona de producción somera del campo.

El sector este y noreste se muestra homogéneo, como fue comentado en los apartados correspondientes a las líneas E y N, infiriéndose que los factores que provocan la variación en la porción oeste asociables a la presencia de las estructuras, se ven amortiguados por el gran espesor de sedimentos no consolidados (arenas, arcillas y gravas) que sobreyacen a los horizontes productores, a los cuales se ha inferido los afectan las estructuras, como la falla Imperial.

CONCLUSIONES

El hecho de haber suprimido el registro de datos en algunas líneas del estudio de 1978; y adicionado información en otras sólo permite efectuar el análisis por líneas (aquellas

levantadas en ambos estudios) y no al conjunto de datos resultantes en la configuración de anomalías de Potencial Natural; sin embargo en ambas configuraciones se mantienen algunos rasgos que las identifican.

En general las características mostradas en el estudio reciente de 1988, guardan una correspondencia con el desarrollado en 1978; en cuanto a los rangos absolutos de amplitud de las anomalías y gradientes que las gobiernan.

Algunos gradientes observables en los perfiles, principalmente en la porción oeste del campo, se pueden asociar con la existencia de los sistemas estructurales y el modelo propuesto por Corwin et al 1978, para la gran anomalía dipolar del Campo de Cerro Prieto; referente a una zona de debilidad por la cual el flujo de fluidos y las variaciones litológicas y de temperatura favorecen la creación de anomalías de Potencial Natural.

Hacia la porción este del campo la mayoría de la información se muestra como un 'mínimo relativo', y además el comportamiento puede considerarse homogéneo. A este respecto se postula que la existencia del gran paquete de sedimentos arenas, arcillas y gravas, amortiguan las anomalías de potencial natural que pudiesen reflejar la actividad termal de la zona definida por las perforaciones; a niveles mayores de los 2500 m.

Finalmente, respecto a las configuraciones de las anomalías de potencial natural, el mínimo de la anomalía dipolar definido en 1978, ubicado sobre los ejidos Hidalgo y Nuevo León, es equivalente al que se observó en el estudio reciente.

RECOMENDACIONES

Procesar la información de campo de ambos estudios, bajo un mismo esquema de reducción, haciendo intervenir únicamente las estaciones que sean iguales en los dos levantamientos; para así evitar variaciones adjudicables al procesado de los datos, que no tienen relación con los factores del terreno que las producen.

Caracterizar, de ser posible, mediante una estación base la respuesta que se genera en localidades tipo, como pozos fluyendo tuberías de conducción, canales de riego, poblados, etc., lo que coadyubaría al diseño de un filtro para minimizar los potenciales de fondo ('ruido')

Esto permitirá evaluar la

reproducibilidad de los datos y en su caso efectuar el análisis e interpretación de los registros resultantes no sólo cualitativamente como en el caso que se reporta, sino mediante la aplicación de modelado matemático.

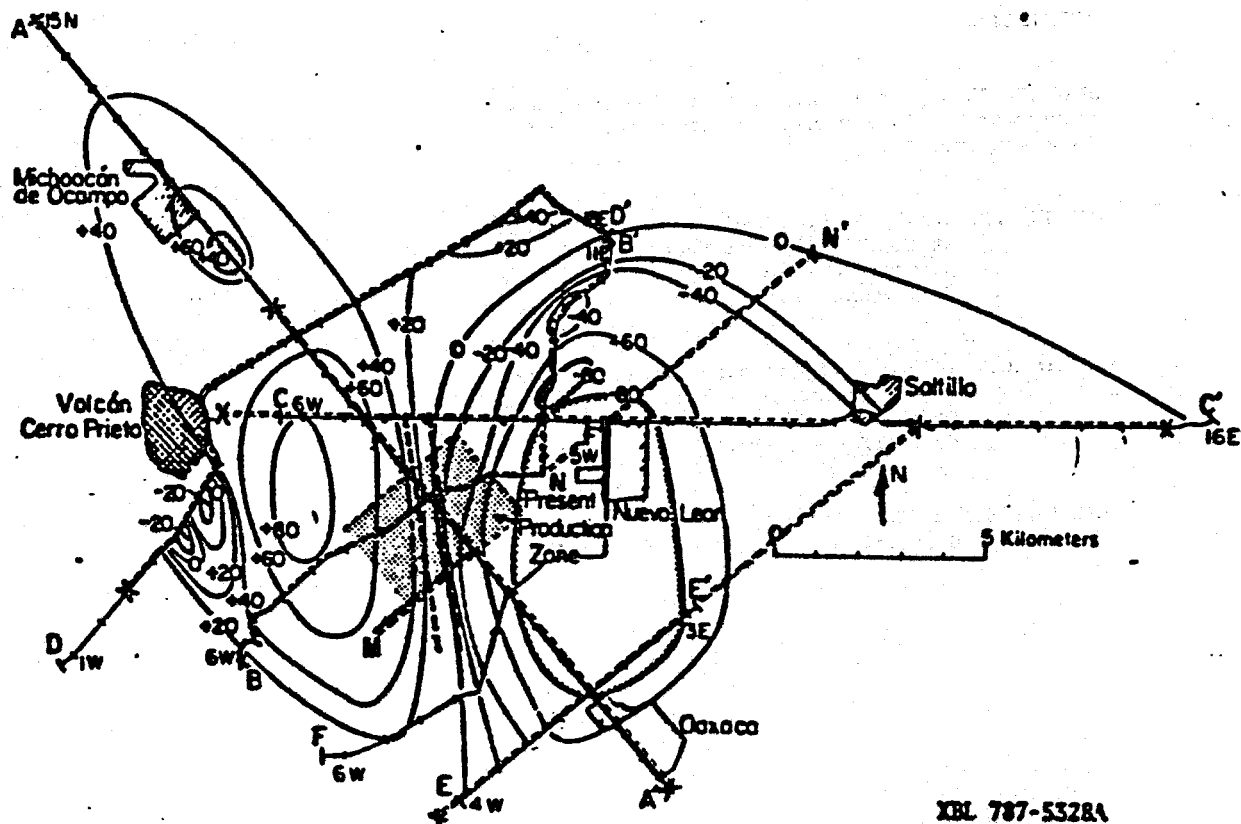
REFERENCIAS

DIAZ CUIEL S., 1979. El Potencial Natural como complemento de la Exploración Geotérmica. Tesis. UNAM. México, D.F.


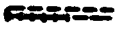



CORWIN R.F. et al, 1978. Self Potential Studies at the Cerro Prieto Geothermal Field. University of California, Berkeley, California, USA.

Corwin R.F. 1988. Self Potential Survey. East Mesa Geothermal Field, Imperial County, California. LBL, Universidad de California, USA.

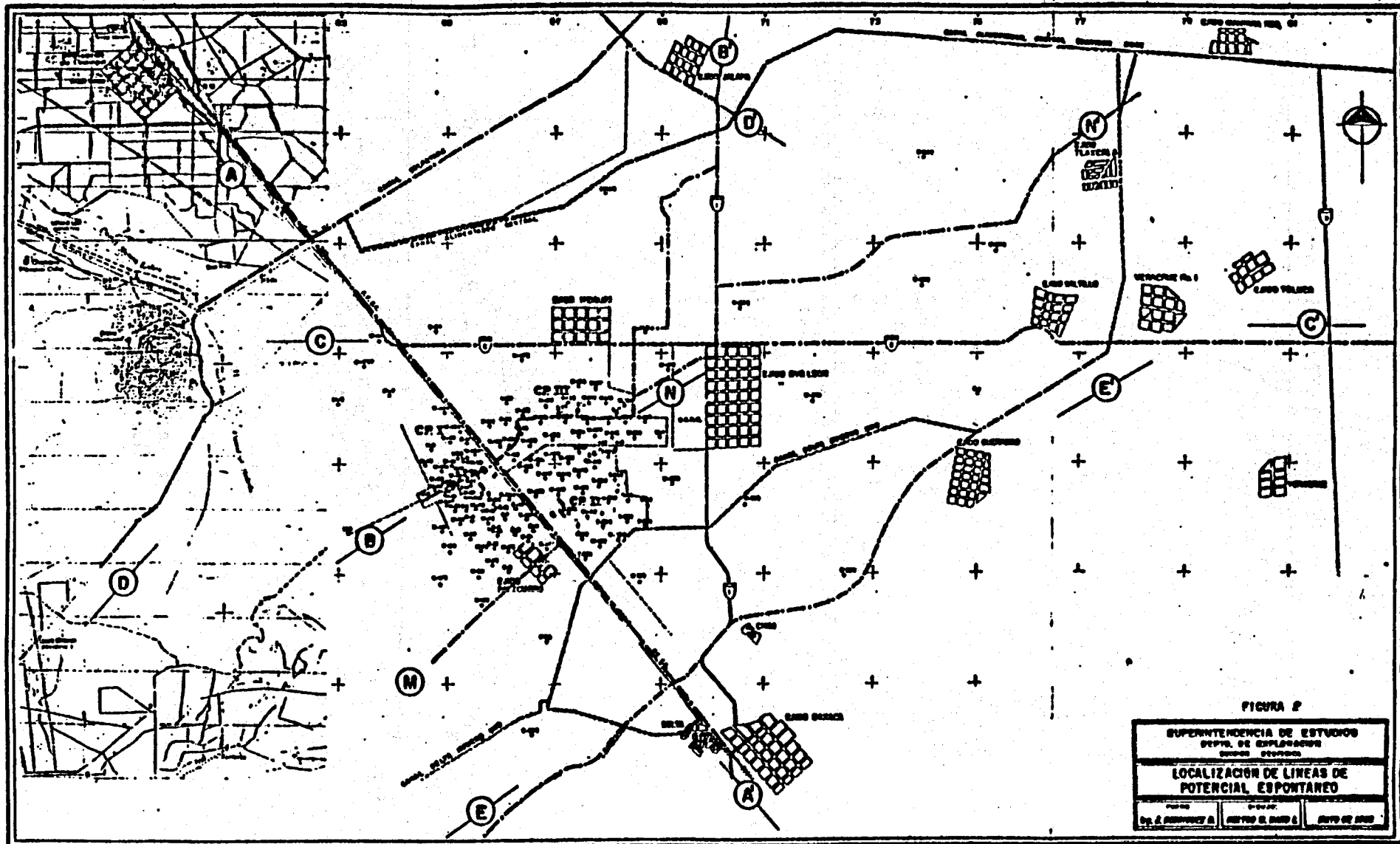
ORELLANA E. 1982. Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua Edit. Paraninfo.

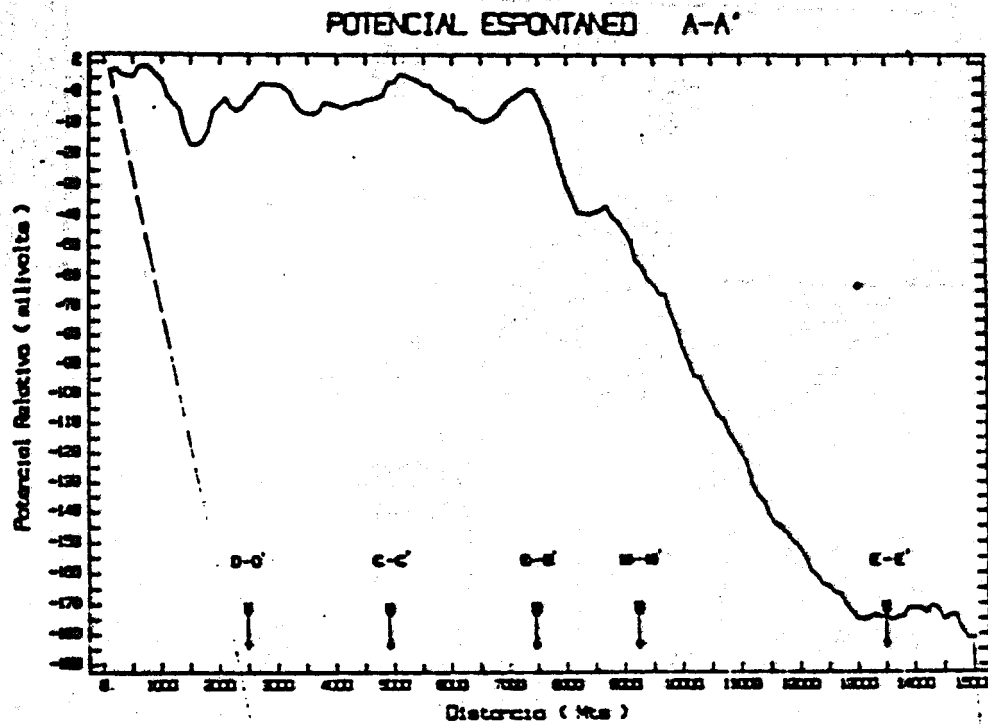


XBL 787-5528A

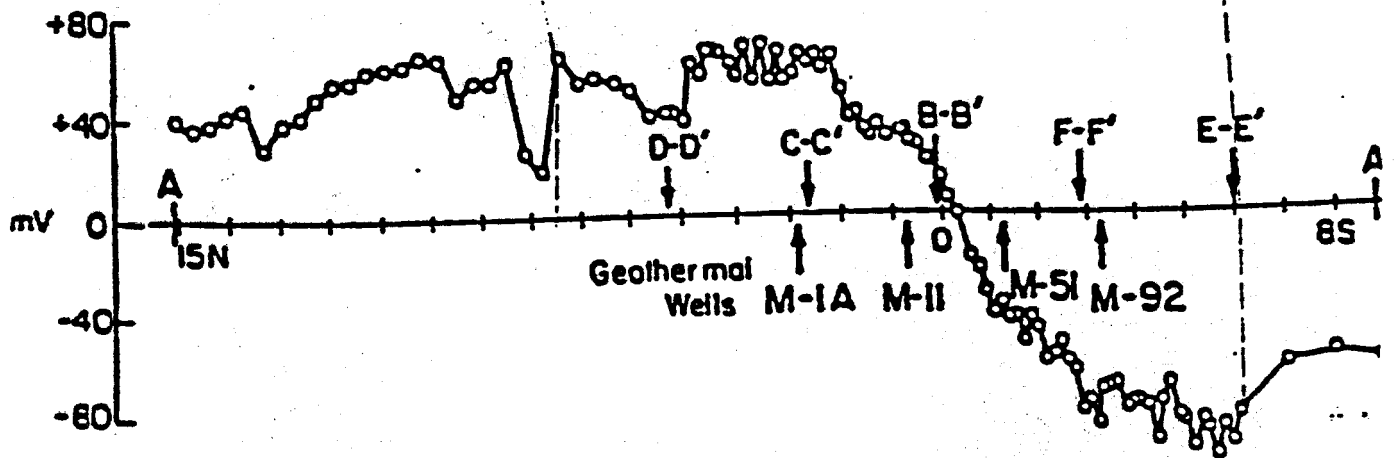
-  LINEAS ESTUDIADAS (1977-78)
-  LINEAS POR ESTUDIAR
-  LINEAS DE EXTENSION (NUEVAS). 21 Km. LINEALES
-  LIMITE DE LINEA POR ESTUDIAR
-  VALOR DE LA CURVA DE POTENCIAL (A CADA 20 MILIVOLTS)

PLANO DE LOCALIZACION DE LINEAS DE POTENCIAL ESPONTANEO ANTERIOR Y ACTUAL





R. BAHENA - PALMA G.
(1988)



R. CORWIN et. al.
(1977-1978)

FIG. 3

POTENCIAL ESPONTANEO B-B'

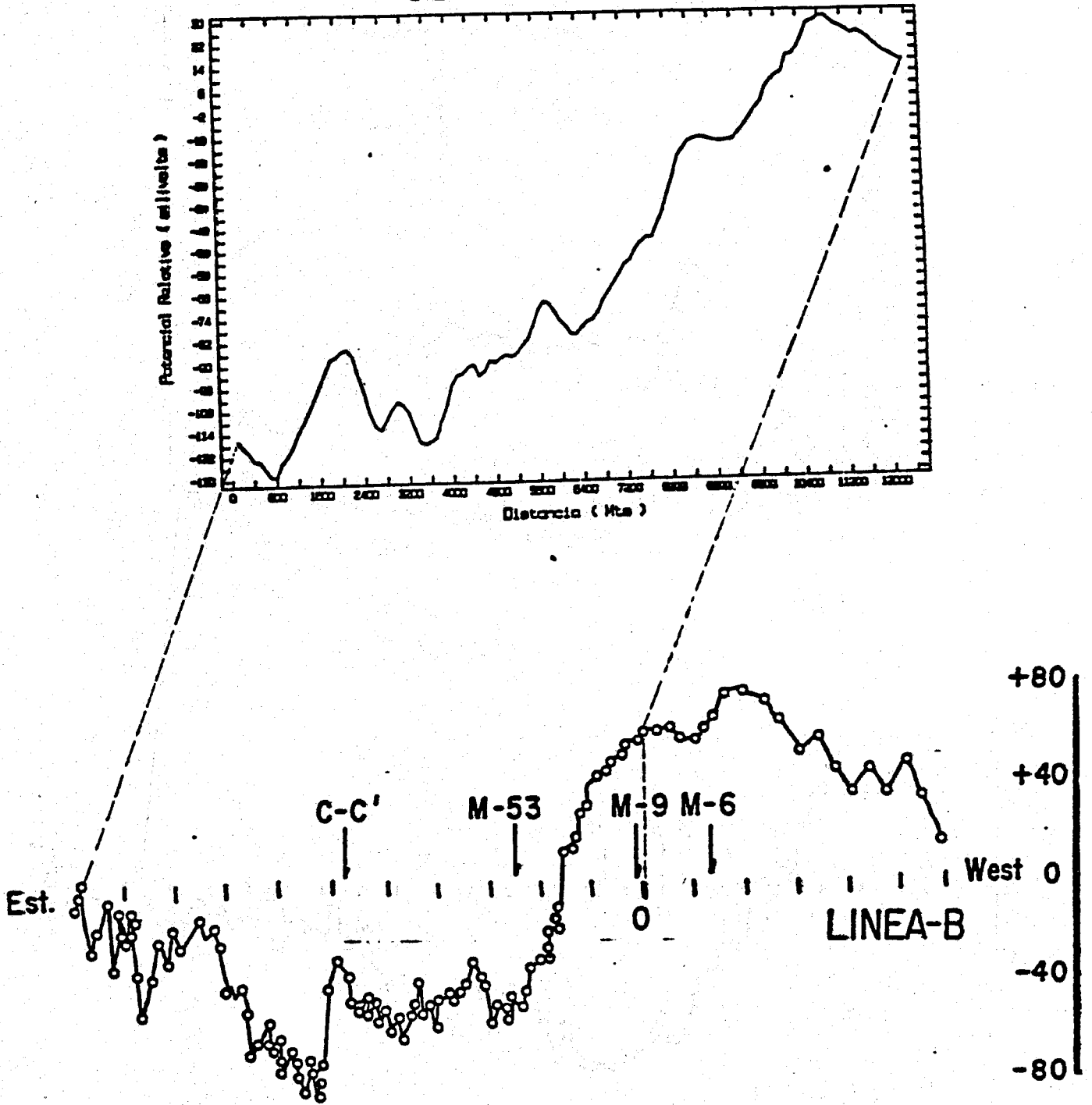


FIG. 4

POTENCIAL ESPONTANEO C-C'

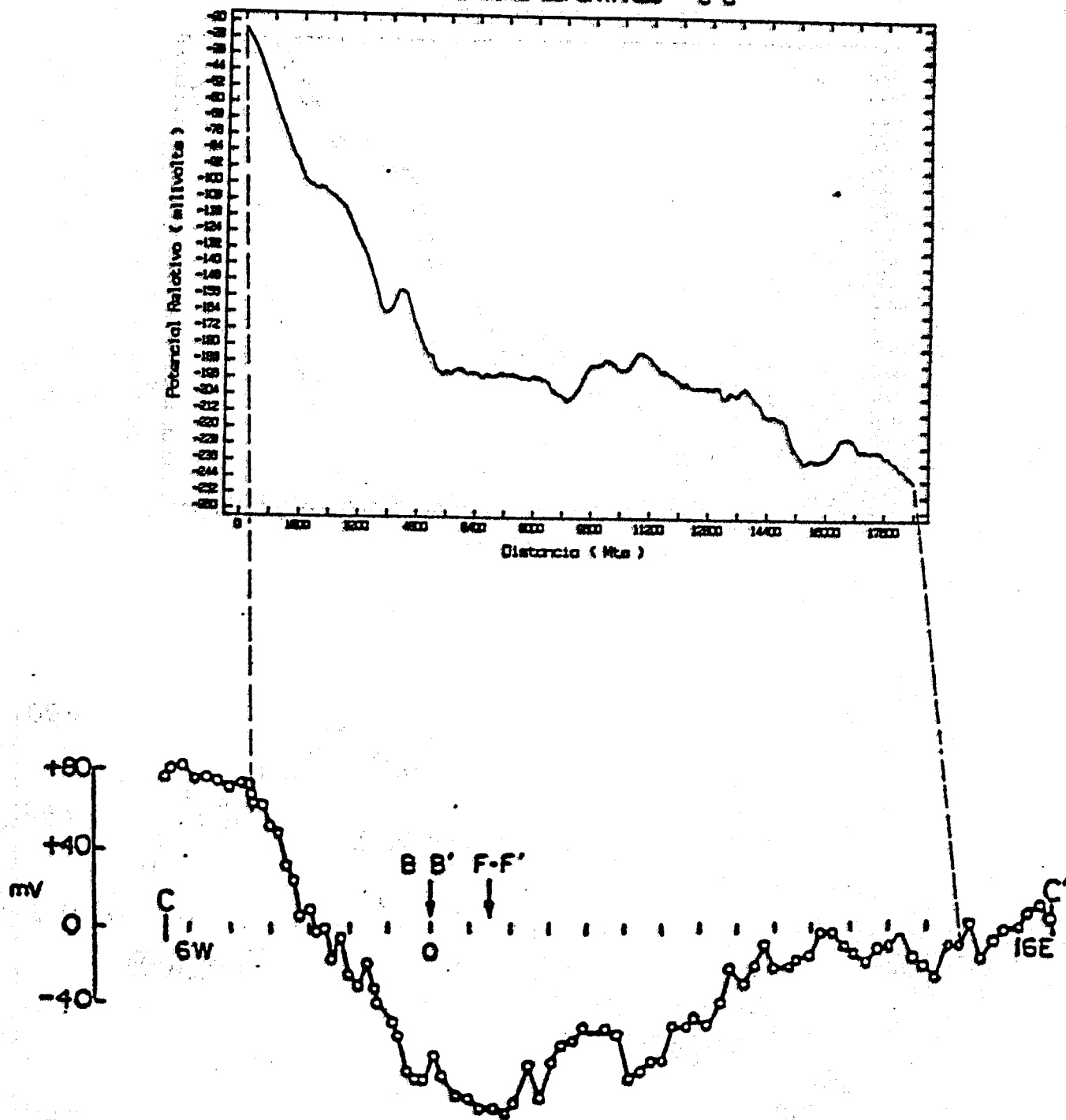
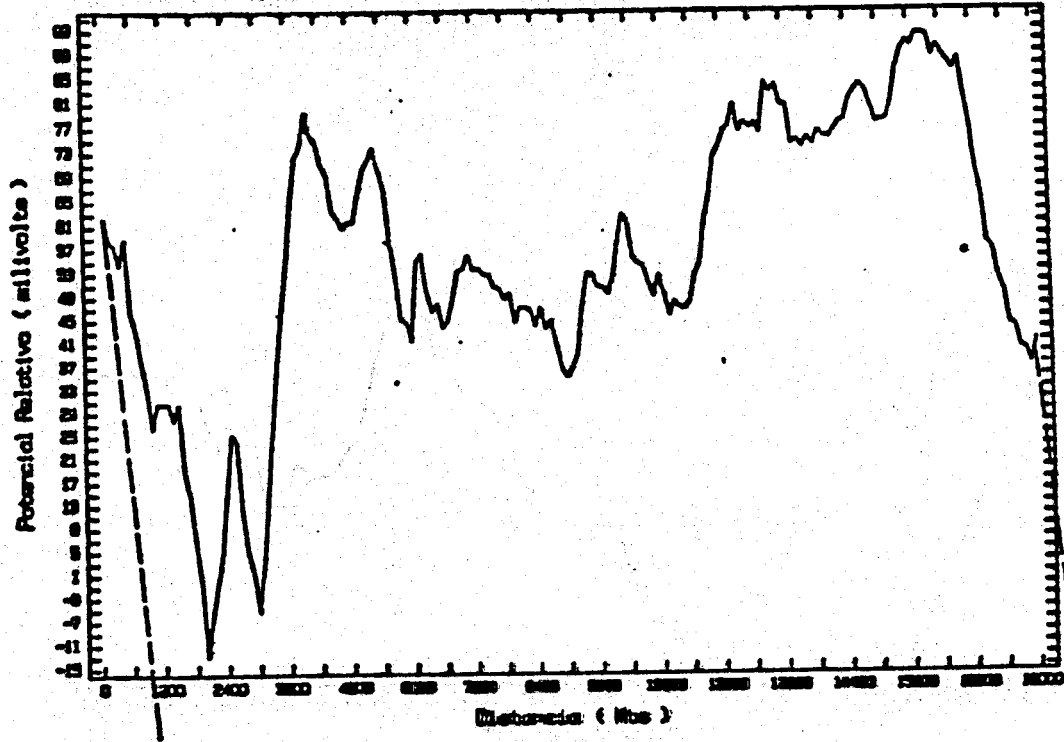
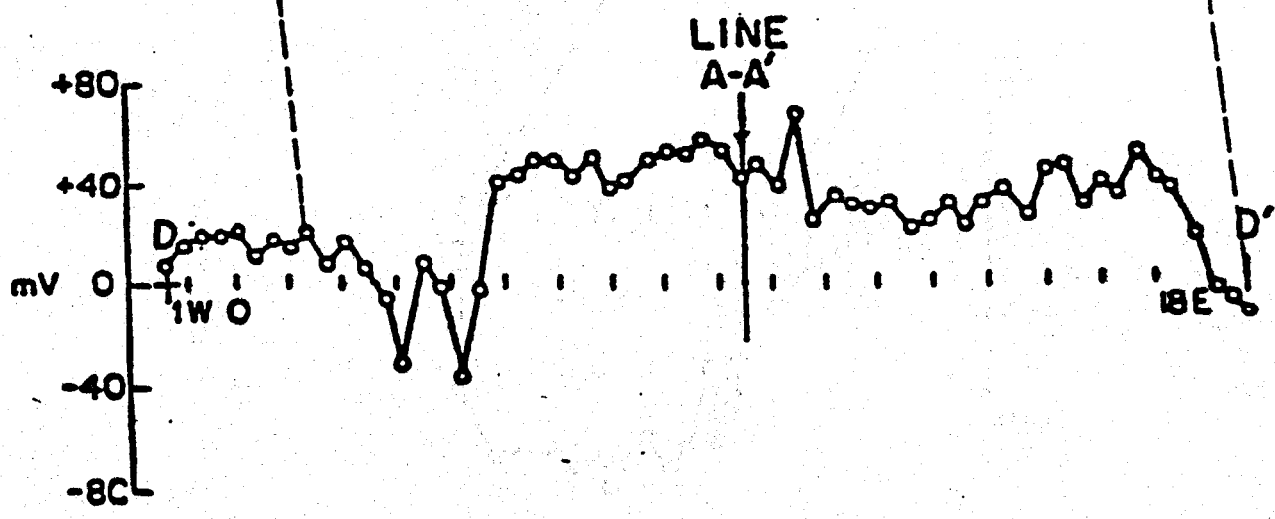


FIG. 5

POTENCIAL ESPONTANEO D-D'

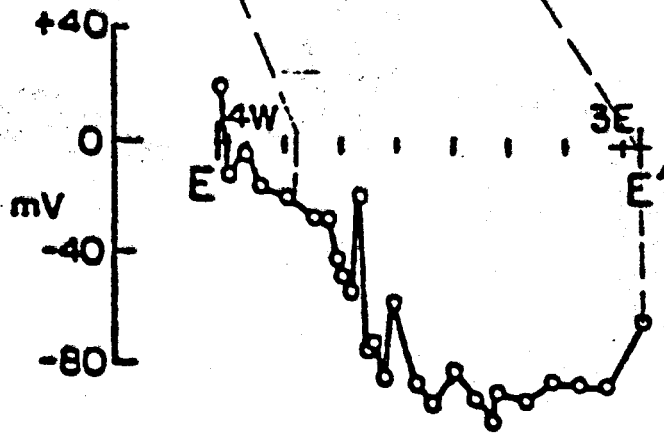
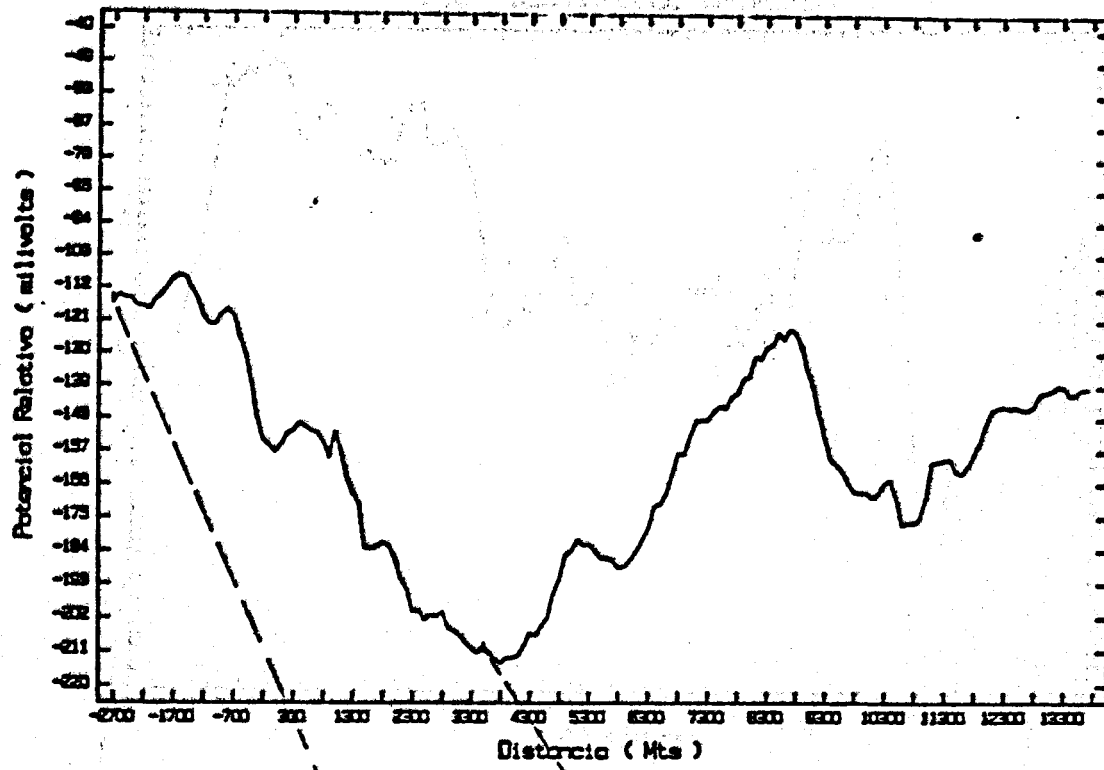


R. BAHENA - PALMA G.
(1988)

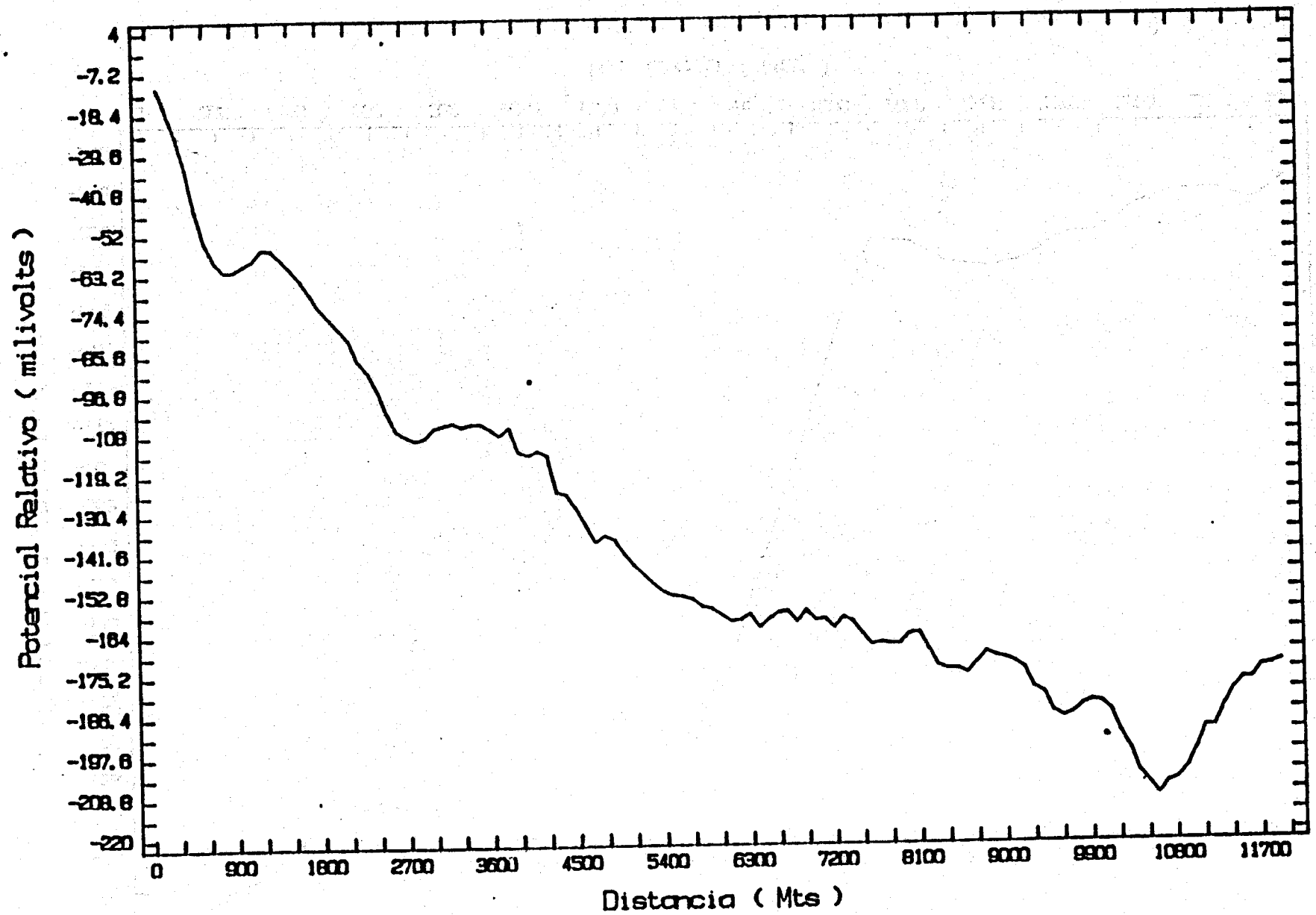


R. CORWIN et. al.
(1977-1978)

POTENCIAL ESPONTANEO E-E'



POTENCIAL ESPONTANEO N-N'



107

FIG. 8

POTENCIAL ESPONTANEO M-M'

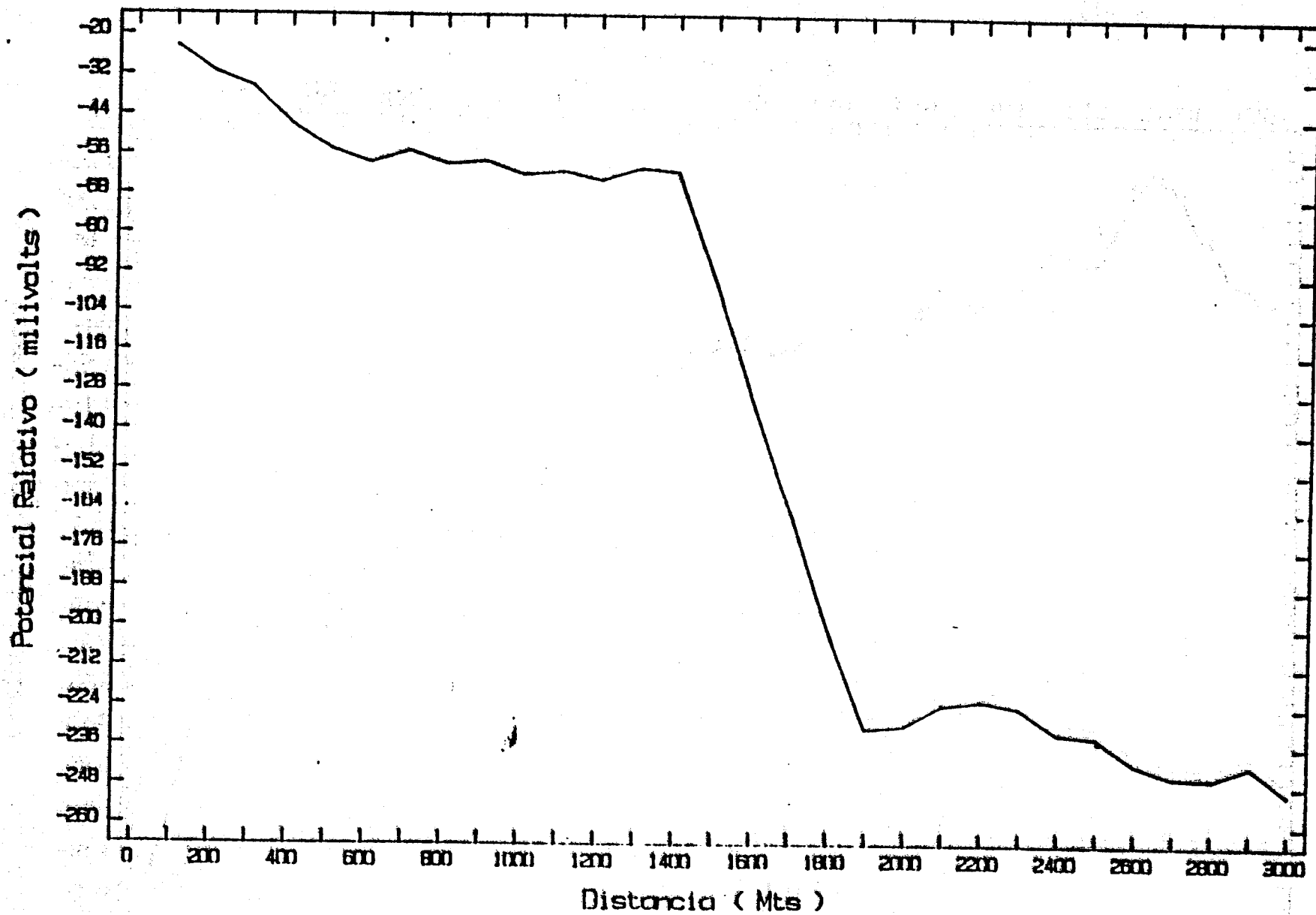
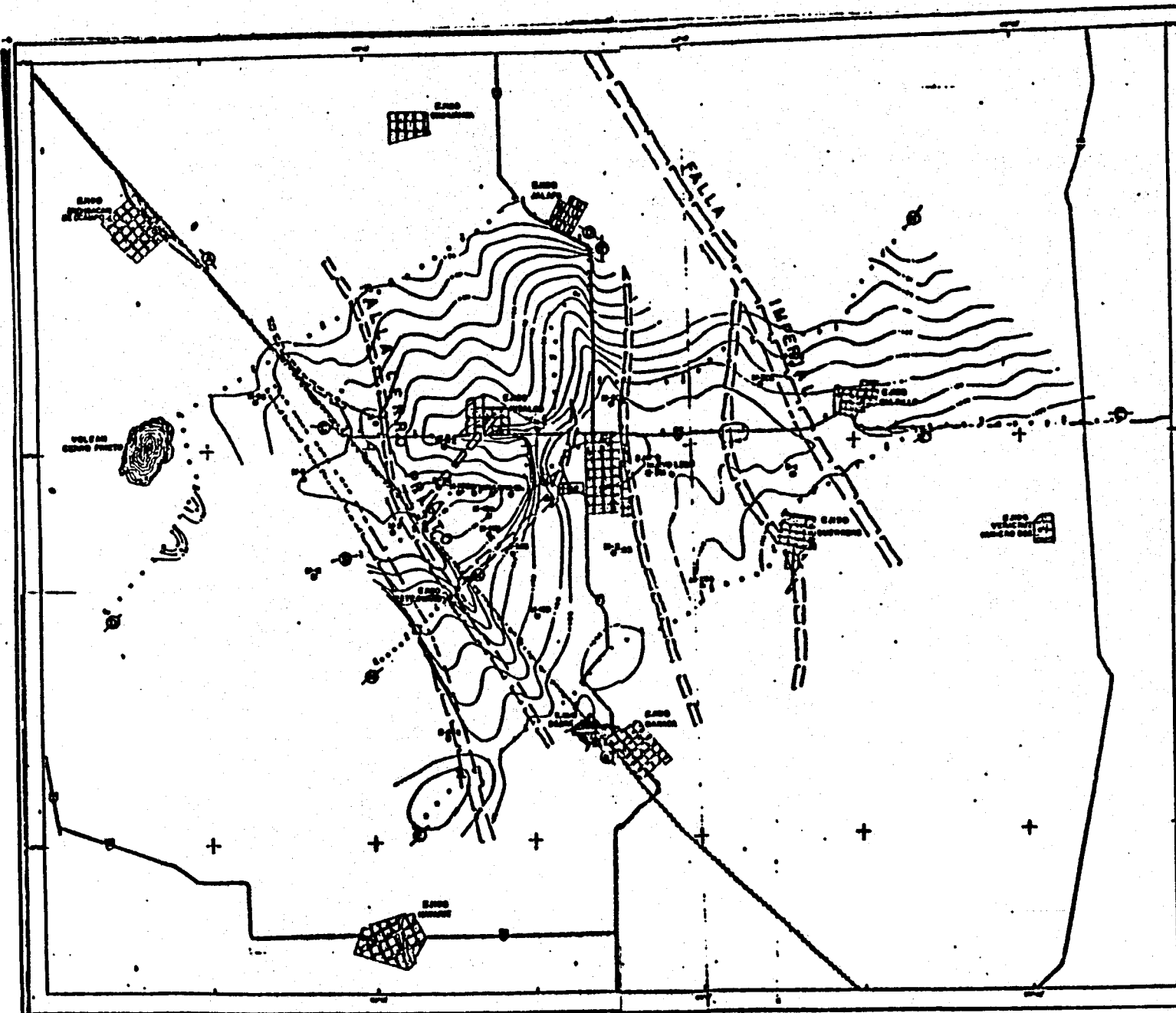


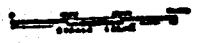
FIG. 9



SIMBOLOGIA

- LINEA DE CERRADO
- CERRADO DE C.C.
- LINEA DE TENDENCIA DE DRENAJE EN CERRADO
- DRENAJE DE CERRADO
- VÍA FERROVIARIA
- ▢ PUEBLO
- ▧ CASERIO
- POZO PROFUNDO
- FALLA SUPERFICIAL
- FALLA INTERMEDIA POR CERRADO O VINDO
- FALLA TRANSFORME

ESCALA GRÁFICA



FUENTE: I.C.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS VENEZOLANAS COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS VENEZOLANAS INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS		
FECHA DE ELABORACIÓN: 1970	FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 1970	FECHA DE IMPRESIÓN: 1970