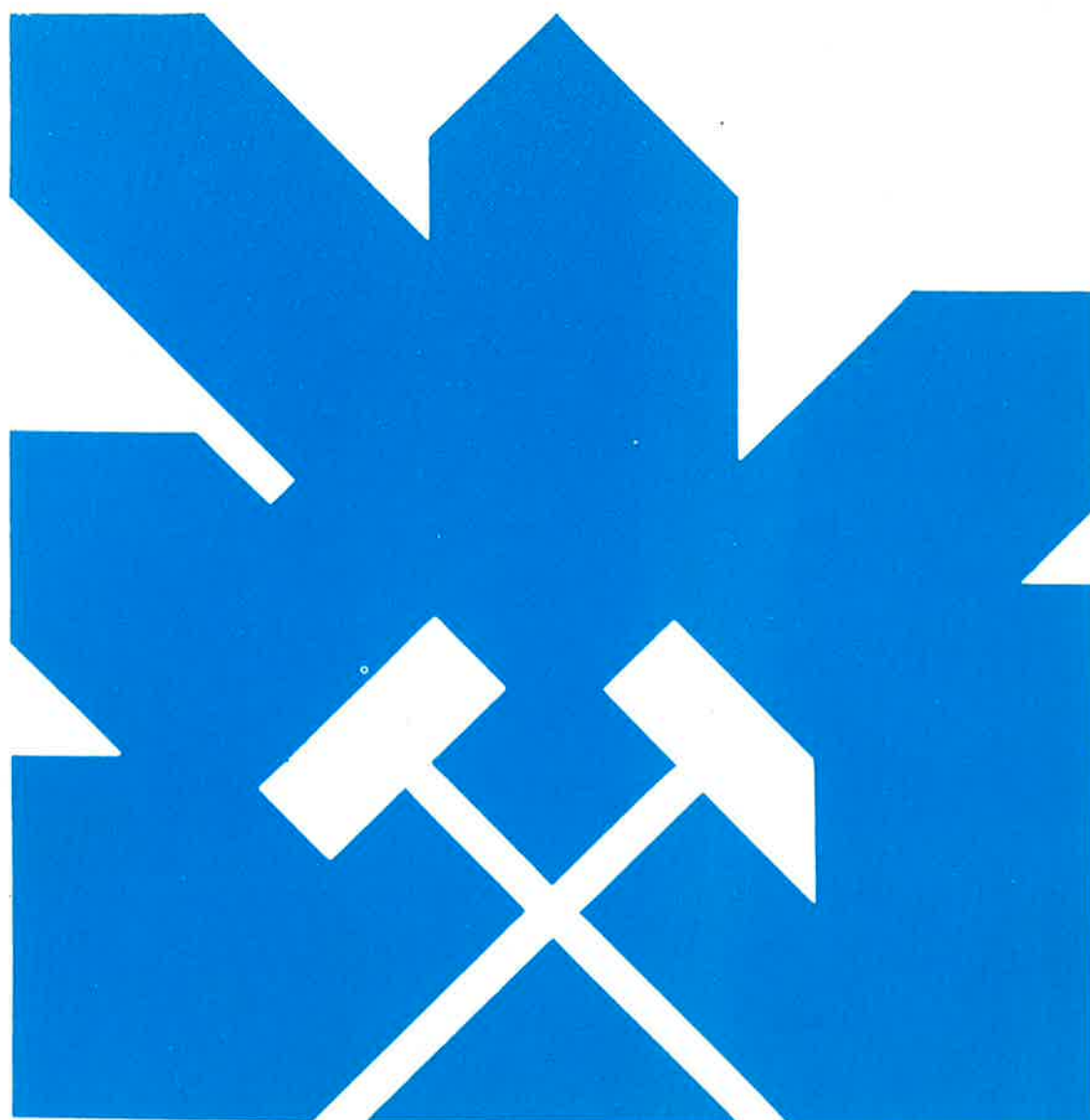


MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
SECRETARIA DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES

CONVENIO CON LA EMPRESA NACIONAL ADARO DE
INVESTIGACIONES MINERAS, S.A. PARA LA
INVESTIGACION GEOTERMICA DE DIVERSAS AREAS
DE INTERES GEOTERMICO

-SINTESIS INVESTIGACIONES GEOTERMICAS
LANZAROTE-

Junio, 1986



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

I N D I C E

	<u>Págs</u>
1.- INTRODUCCION	1
2.- INFORME DE POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA GEOTERMICA EN MONTAÑAS DE FUEGO. 1948	4
3.- GRAVIMETRIA	5
4.- ETAPA 1969/72	6
4.1.- TERMOMETRIA	6
4.2.- RECONOCIMIENTO GEOLOGICO	7
4.3.- PROSPECCION ELECTRICA	10
4.4.- PROSPECCION GRAVIMETRICA	12
4.5.- PROSPECCION MICROSISMICA	12
4.6.- ANALISIS DE AGUAS	12
4.7.- MODELOS	18
4.8.- SINTESIS	19
5.- INVESTIGACION GEOFISICA 1976	24
6.- SONDEO PROFUNDO LANZAROTE I 1977	28
7.- GEOQUIMICA	33
8.- RUIDO SISMICO	34
9.- SINTESIS 1977	35
10.- ESTUDIO Y EVALUACION DE LAS AGUAS PROFUNDAS DE CANA - RIAS	36
10.- GRAVIMETRIA	40
11.- SCANNERS TERMICOS AEROTRANSPORTADOS 1980	43

	<u>Pág.</u>
12.- METODOS MAGNETOTELURICOS Y ELECTROMAGNETICOS	
1980-81	45
13.- ESTUDIO GEOQUIMICO 1982	50
14.- BIBLIOGRAFIA	51

1.- INTRODUCCION

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, ha llevado a cabo en los últimos años la investigación de energía geotérmica del país.

Principalmente, se dividieron las siguientes zonas de estudio en:

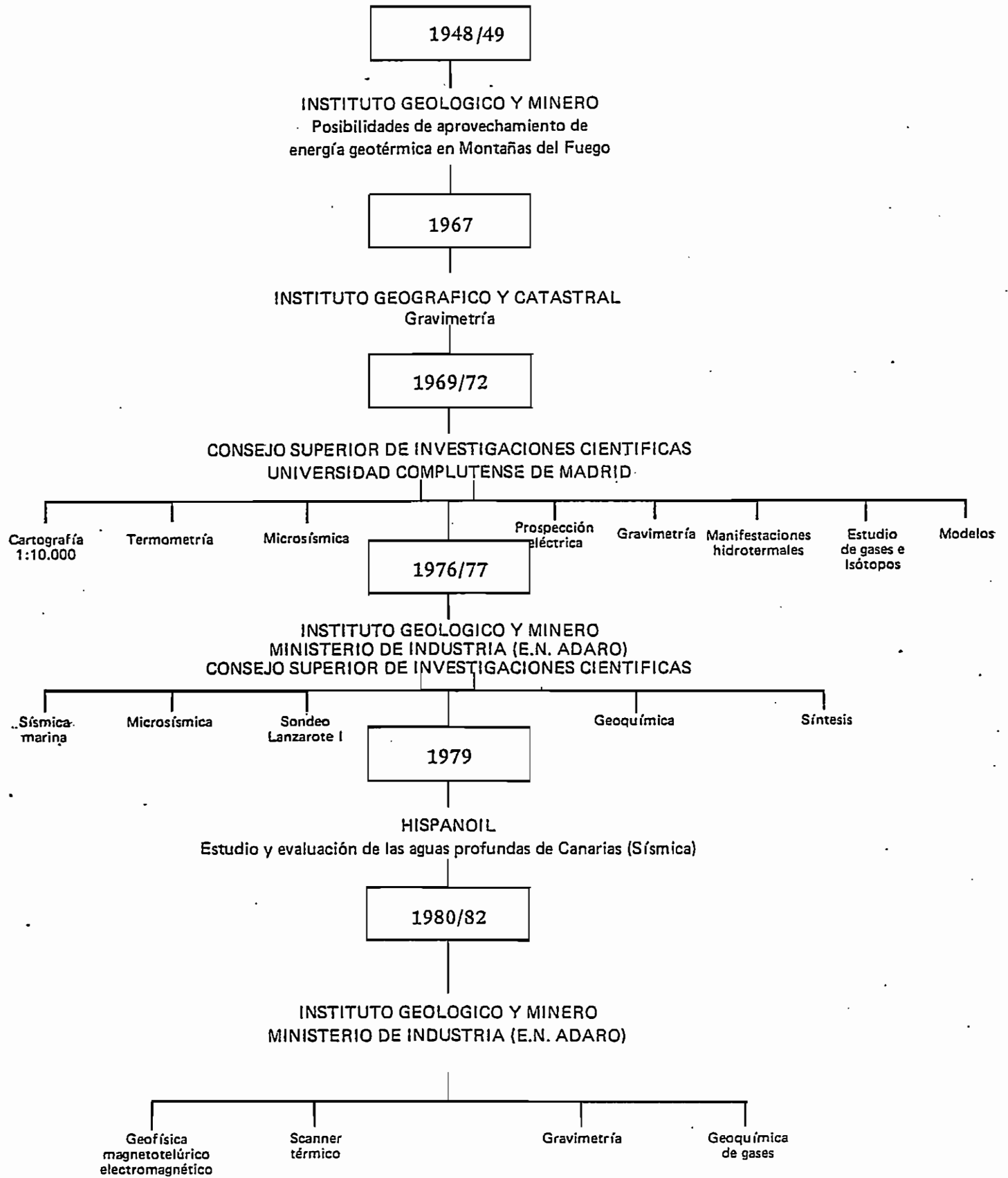
- Zonas con posibilidades de baja entalpía ($T < 90^{\circ}\text{C}$): Cuenca del Tajo, Cuenca del Duero, Valle del Ebro, Prebético de Albacete, depresiones internas de las Cordilleras Béticas, Galicia, Cataluña, Ciudad Real, Mallorca.
- Zonas de media entalpía ($90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$): Cataluña, Cordilleras Béticas, Pirineo Central y Galicia.
- Zonas de alta entalpía ($T > 150^{\circ}\text{C}$): Tenerife, La Palma y Lanzarote.

En la Isla de Lanzarote, se han venido realizando investigaciones intermitentes desde 1948. El objetivo de las mismas ha sido definir las posibilidades de explotación de alta entalpía, en un principio en la búsqueda de almacenes de vapor y en la actualidad principalmente como roca caliente seca, sin descartar las posibilidades de almacenes de vapor.

En este proyecto, se contempla una descripción histórica de las investigaciones realizadas en las zonas geotérmicas de la isla y sus conclusiones más importantes, con vistas al mejor conocimiento global de la problemática geotérmica del área.

En el esquema siguiente se puede ver el desarrollo de los trabajos a lo largo del tiempo.

INVESTIGACION GEOTERMICA EN LANZAROTE



2.- INFORMES DE POSIBILIDADES DE APROVECHAMIENTO DE ENERGIA
GEOTERMICA EN MONTAÑAS DE FUEGO (IGME-1948)

En estos informes se analizó las erupciones de la isla, además se hizo un modelo de la transmisión del calor que se asemeja mucho al actual.

Se analizaron los gases que salían por las fracturas y se vio que la composición de los mismos era análoga al aire atmosférico normal, empobrecido en oxígeno y con un aumento de Nitrógeno.

La transmisión de calor, se supuso por aire atmosférico que penetra en el subsuelo siguiendo circuitos profundos de grietas en las lavas.

Se pensó en el aprovechamiento del calor acumulado en el subsuelo refrigerando de forma intermitente las rocas, y extra yendo el aire caliente mediante sondeos. También se pensó en la extracción del calor mediante la circulación de agua pero se consideró como más problemático por tener que traer agua desde el mar.

3.- GRAVIMETRIA (1967)

En 1967 el Instituto Geográfico y Catastral, realizó los mapas gravimétricos a escala 1:200.000 de las Islas Canarias, uno de anomalías aire libre y otro de anomalías Bouguer.

La densidad de puntos de observación fue de 2,57 puntos/100 Km.² en la Isla de Lanzarote, siendo dificultosa su realización y con el agravante de existir una nivelación muy deficiente.

4.- ETAPA 1969/72

Fue realizada por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Universidad Complutense de Madrid.

4.1.- TERMOMETRIA

Para conocer la distribución de la anomalía térmica, se realizó una campaña de termometría superficial y otra semi profunda en un área de unos 20 Km²

Se utilizaron termistores para las medidas en fracturas, grietas, etc.

Se observó diferencias de más de 200°C con un desplazamiento lateral de pocos metros, debido, a los fenómenos de convección y no de conducción.

Otro hecho significativo fue la existencia de temperaturas elevadas en las crestas de los cráteres, mientras que en el fondo están fríos, fenómeno justificable porque se han producido derrumbamientos que han taponado los conductos de salida calorífica.

En los días de lluvia parece que se ha incrementado la temperatura, pudiendo estar relacionado este fenómeno con un aumento

to del calor aportado por convección al aumentar la cantidad de fluido que interviene en el intercambio térmico.

En 100 sondeos de 3 m se instalaron termómetros termistores para controlar las anomalías , Figura nº 1.

Se ha instalado en las proximidades de Islote Hilario un termopar a 6 m de profundidad con registro continuo para observar la evolución temporal de la temperatura en relación con la climatología.

Fueron utilizados sondeos del (S.G.O.P.) para medir gradientes y flujos caloríficos.

La conductividad térmica media calculada para los basaltos fue de 0,0052 cal/s cm °C.

De la termometría se deduce un gradiente anómalo de 0,2 °C/m, las temperaturas medidas pocos metros oscilan entre 16° y 350°C, estando asociadas las máximas anomalías a fracturas tectovolcánicas, Figura nº 2.

En este estudio no se consideró un sondeo existente en la zona, que a 27 m de profundidad presenta temperaturas próximas a los 700°C, probablemente por desconocimiento de su existencia.

4.2.- RECONOCIMIENTO GEOLOGICO

Fue desarrollado en diferentes etapas tomando como base los estudios vulcanológicos, petrográficos y geoquímicos desarrollados por la Universidad de Madrid, y el C.S.I.C. Se realizó un plano a escala 1:10.000.

Termometria de Termistor

Superficial

Weston 4440
digital

Semiprofundo

Weston 4440
digital

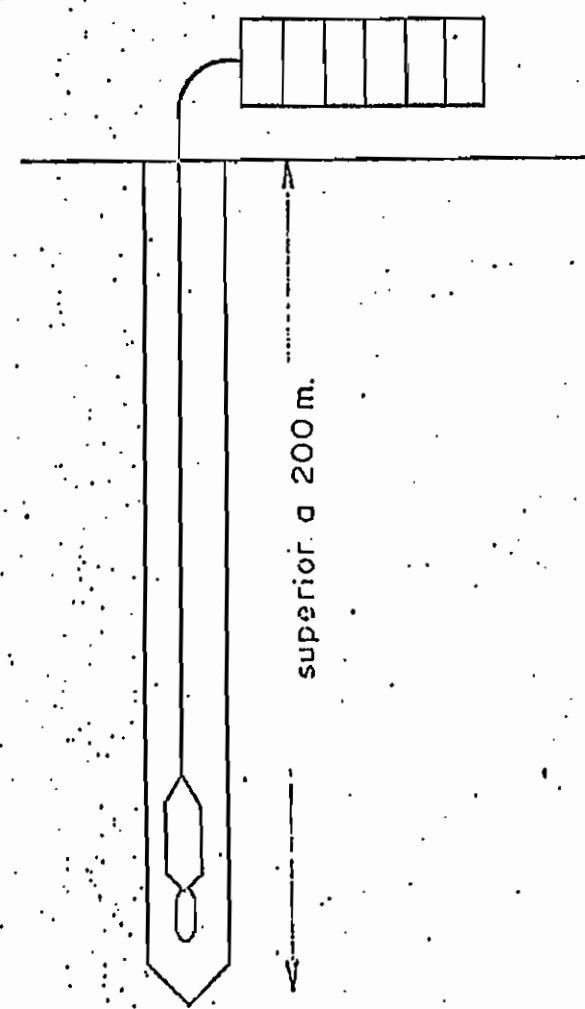
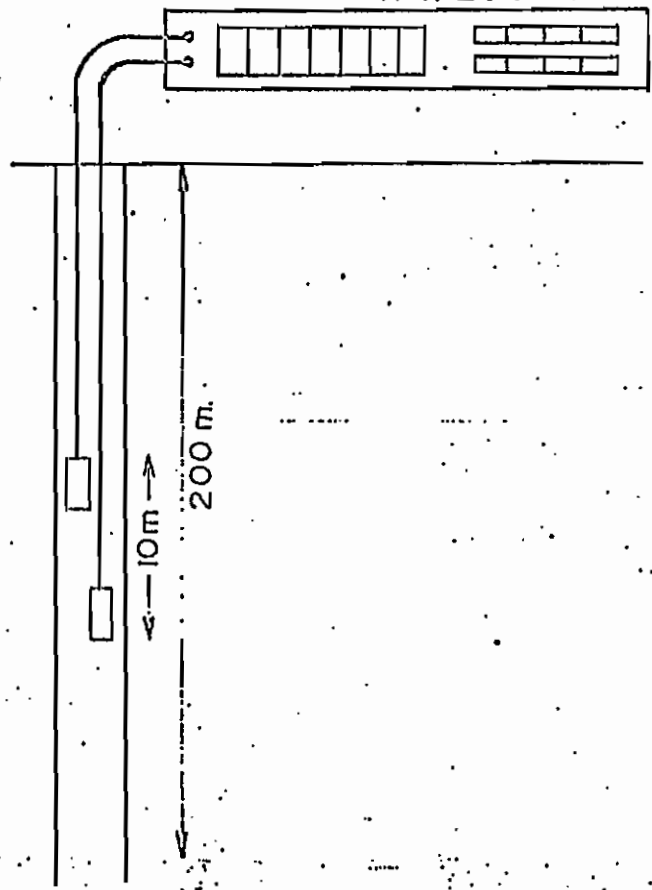
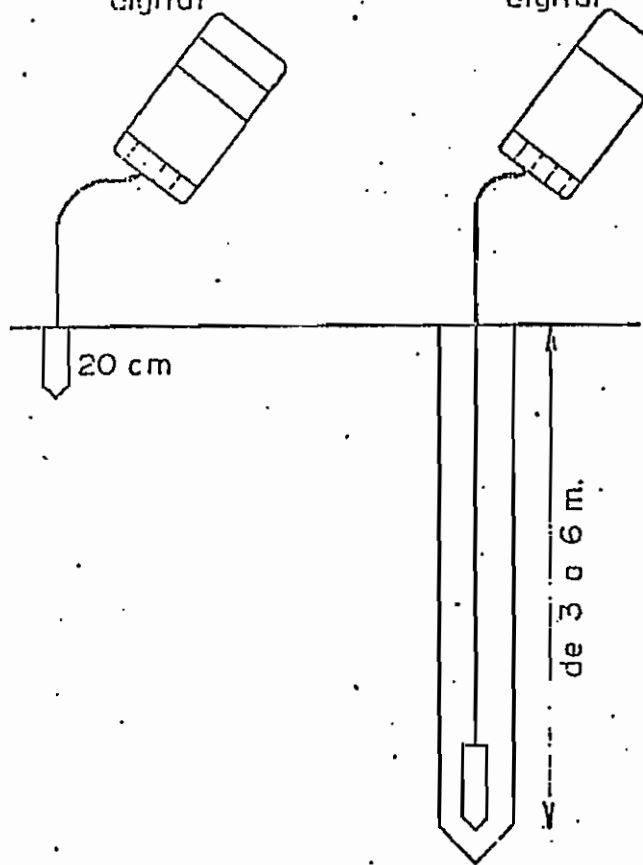
Medida de gradientes Termometria de precisión

Termómetro de cuarzo
H.P. 2801 A

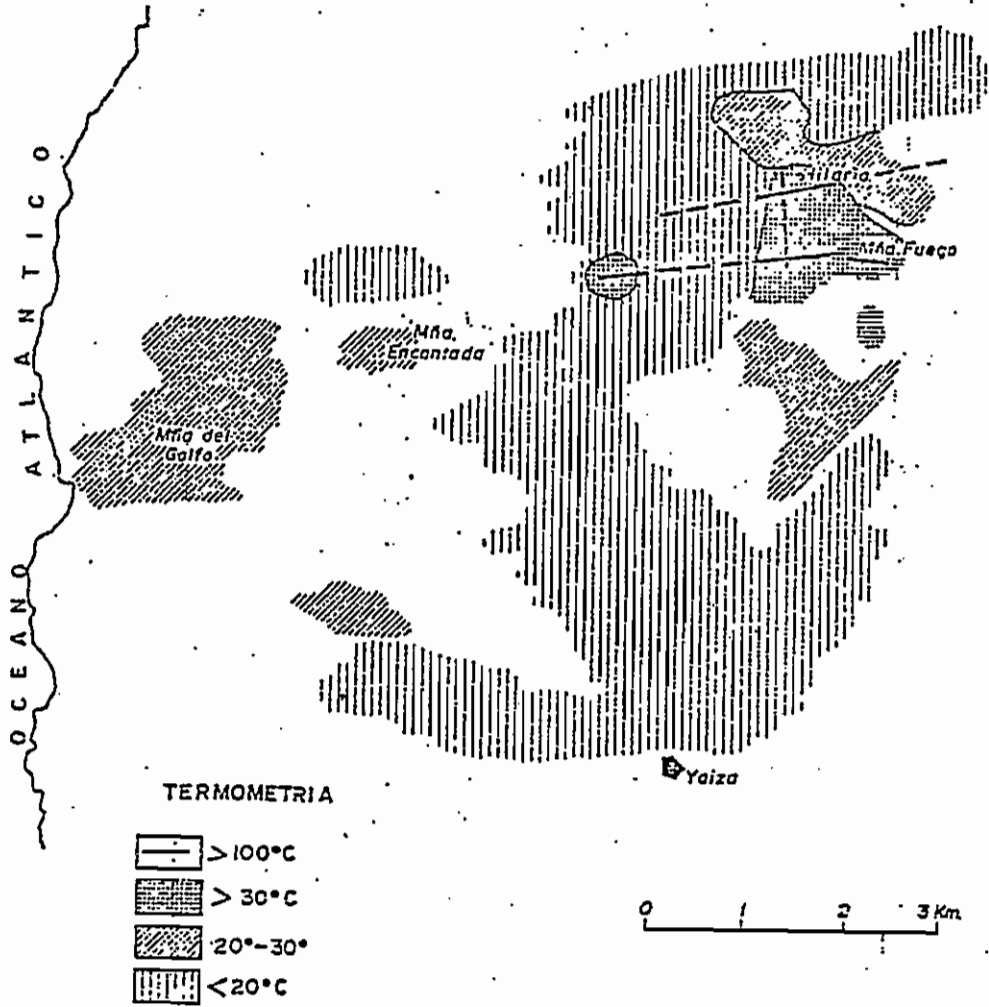
Termometria de platino Termometria profunda

Schneider tt300

Fig. no 1



CAMPO GEOTERMICO DE MONTAÑA DE FUEGO



Distribución de temperaturas en la zona estudiada.

Fig. nº 2

Los materiales superficiales de la zona anómala corresponden a coladas basálticas tipo "aa" y "pahoehoe" que alternan con depósitos piroclásticos más o menos soldados, y pertenecen a erupciones históricas (1730-36 y 1824), aunque las anomalías mayores coinciden con el afloramiento de conos pertenecientes a erupciones más antiguas, Figura nº 3.

4.3.- PROSPECCION ELECTRICA

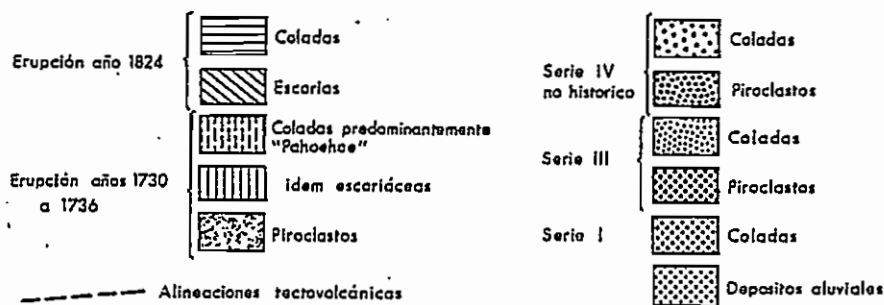
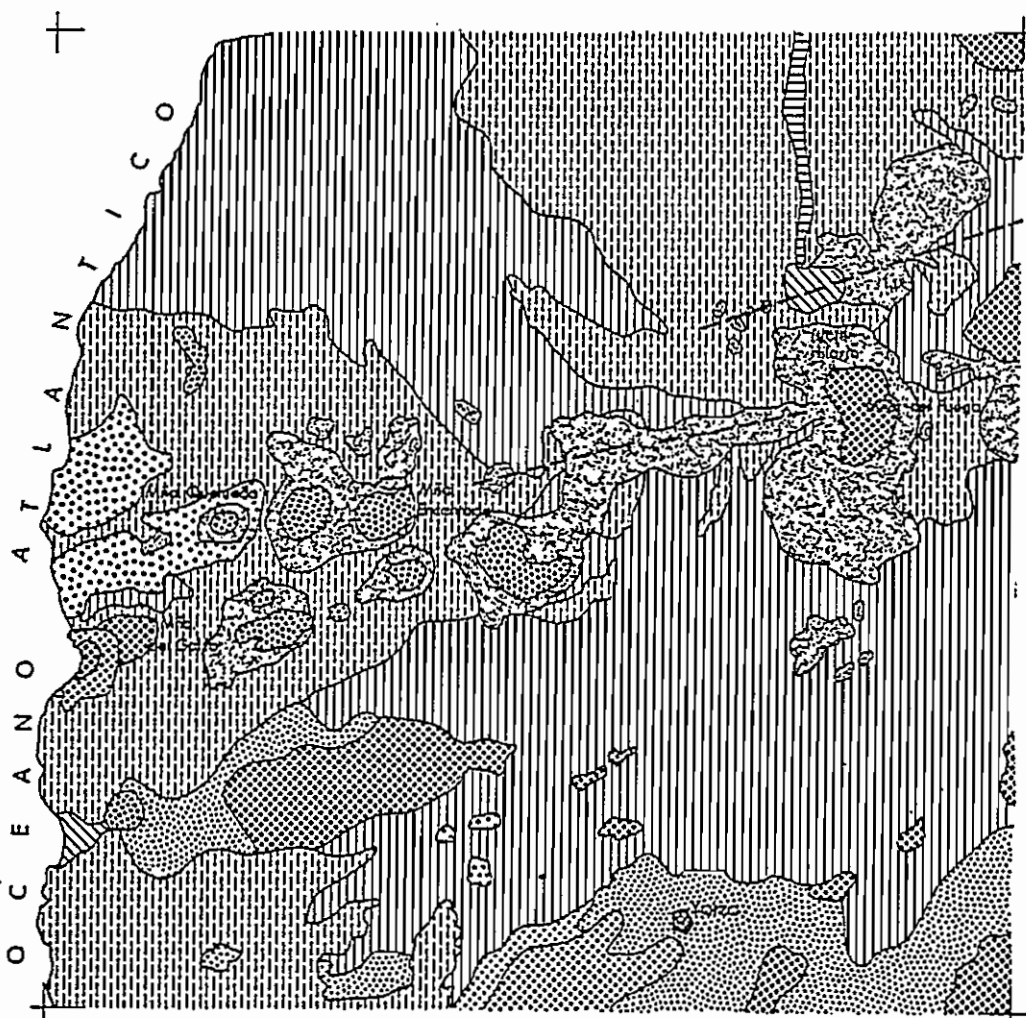
Se realizó en dos fases, la primera parte por la cátedra de geofísica de la Facultad de Ciencias, con carácter exploratorio de las posibilidades de penetración y una segunda por el servicio Geológico de Obras Públicas siguiendo los dos perfiles más significativos obtenidos de la primera prospección.

En la primera fase se realizaron 23 sondeos eléctricos verticales (S.E.V); la máxima separación entre electrodos fue de 2 Km.

Las resistividades verdaderas varían entre unos límites muy amplios, 0 y 40.000 Ωm , pudiendo determinarse fundamentalmente cuatro capas. La primera, más superficial con resistividad muy alta (superior a 7000 Ωm) pasando a continuación a resistividades menores de 30 Ωm . Las temperaturas elevadas que presentan los fluidos termales pueden dar resistividades de 20 Ωm o incluso menores.

Aunque han sido detectadas varias áreas con baja resistividad, parecen dudosos los resultados obtenidos, creyéndose que las bajas temperaturas reflejan fenómenos físicos superficiales.

FIG. 3.-MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA DE LA ANOMALIA TERMICA



En las Figuras n^{os} 4, 5 y 6 se pueden observar las resistividades a 50 y 100 m de profundidad y los sondeos eléctricos verticales del S.G.O.P.

4.4.- PROSPECCION GRAVIMETRICA

Se hizo una prospección general de toda la isla y una prospección especial con mayor densidad de estaciones en la zona de Montaña del Fuego.

En la zona de anomalía térmica se presentan los valores más bajos de la anomalía de Bouguer de toda la región, con 140 a 145 mgal y con un mínimo marcado de 132 mgal en la zona del cráter de Montaña de Fuego (Figuras n^{os} 7 y 8) .

Estos datos no son muy fiables debido a que el control topográfico no fue muy preciso.

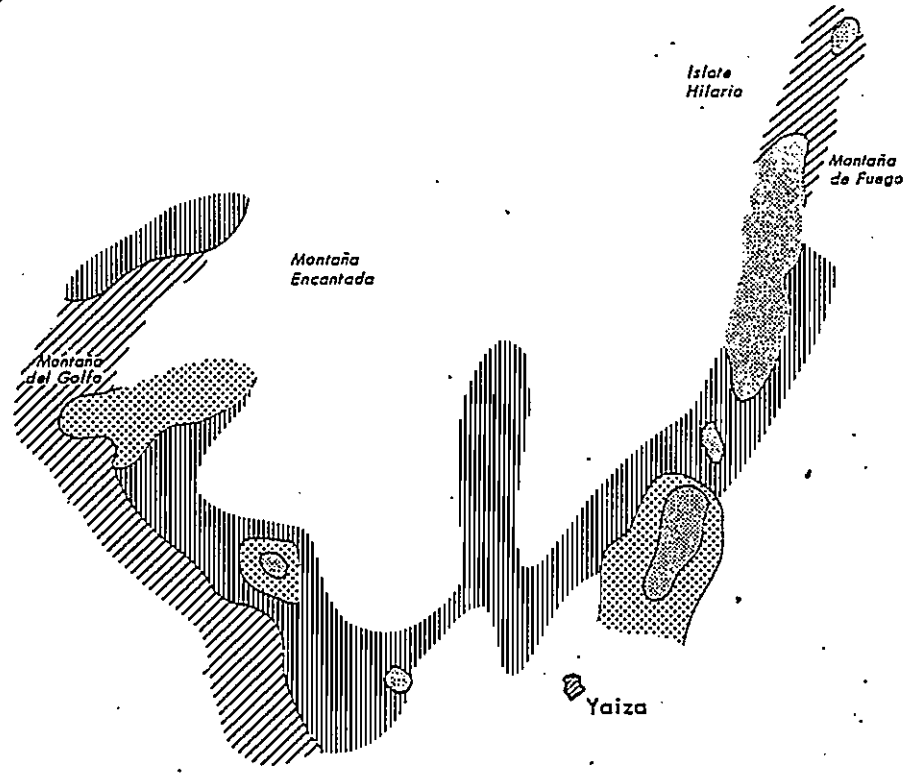
4.5.- PROSPECCION MICROSISMICA





Fue utilizado el gravímetro como sismógrafo vertical. Se observó que en zonas próximas a fuertes anomalías térmicas aparece un fondo microsísmico muy amplio, con un espectro de frecuencias que se extienden de 2 a 10 Hz, presentando el máximo de energía en 2Hz.

4.6.- ANALISIS DE AGUAS

Se realizaron trabajos destinados a condensar el vapor

OCEANO ATLANTICO



-  <math>< 30</math> Resistividad Ω/m
-  30 - 200
-  200 - 1000
-  > 1000

0 1 2 3 Km

Fig. 4.- RESISTIVIDADES A 50 m DE PROFUNDIDAD

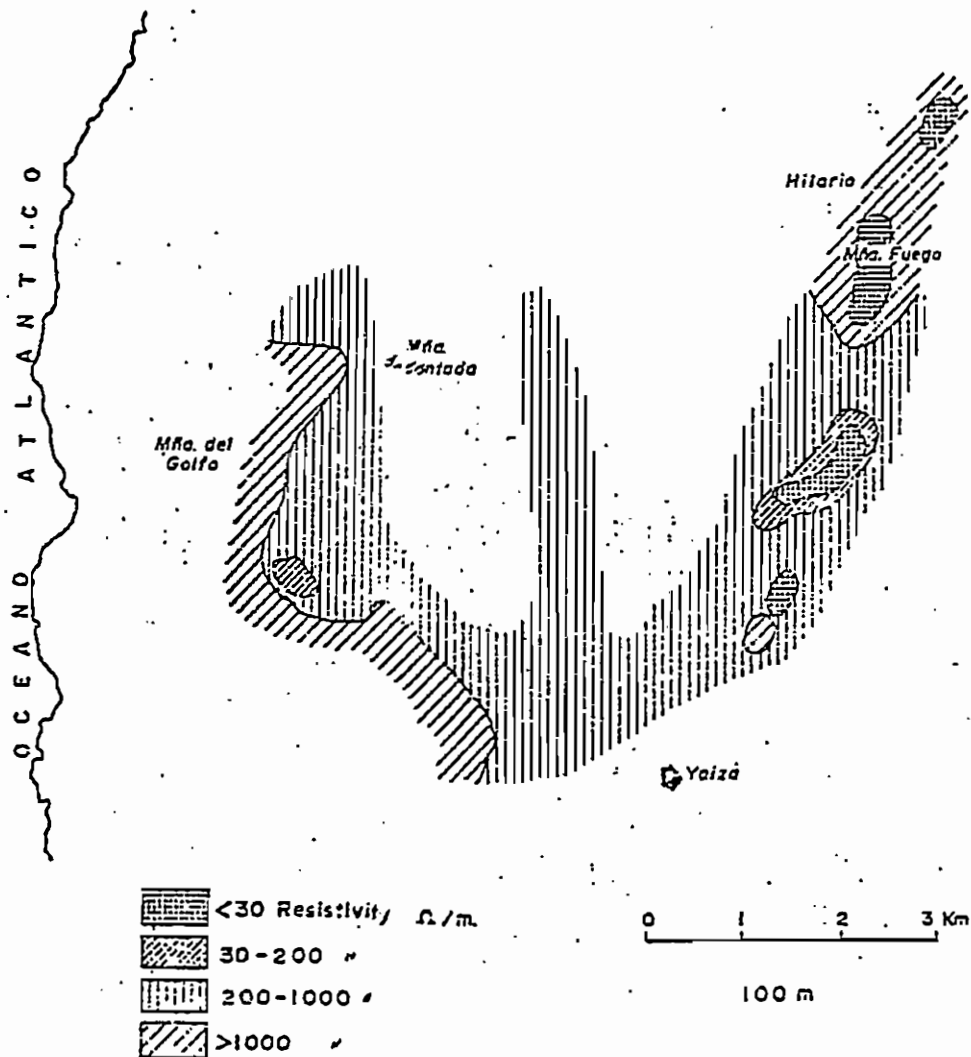
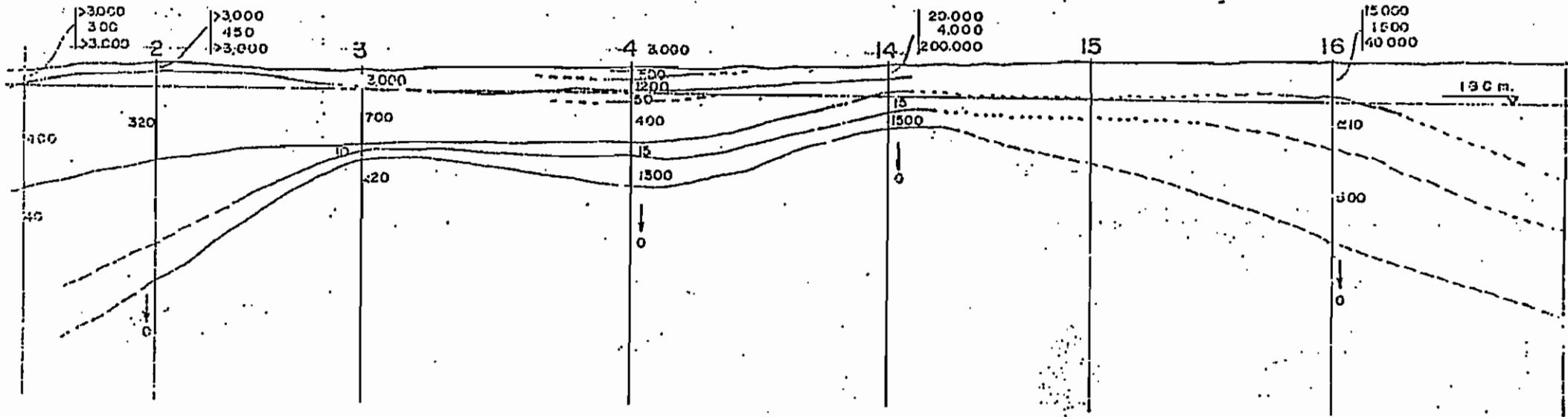


Fig. nº 5 Resistividades a 100 m de profundidad

Fig. nº 5

SONDEO G-0



SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES (S.G.O.P.)

Fig. nº 6

CAMPO GEOTERMICO DE MONTAÑA DE FUEGO

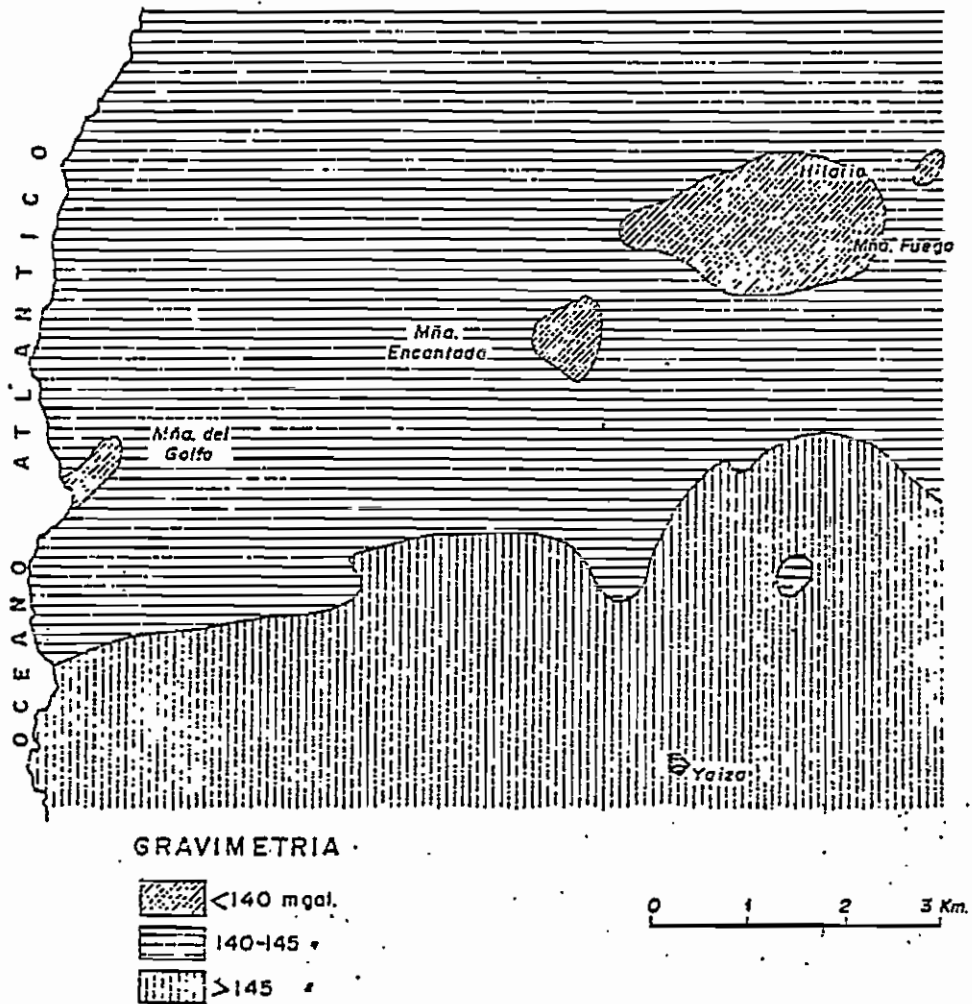


Fig. nº 7 :

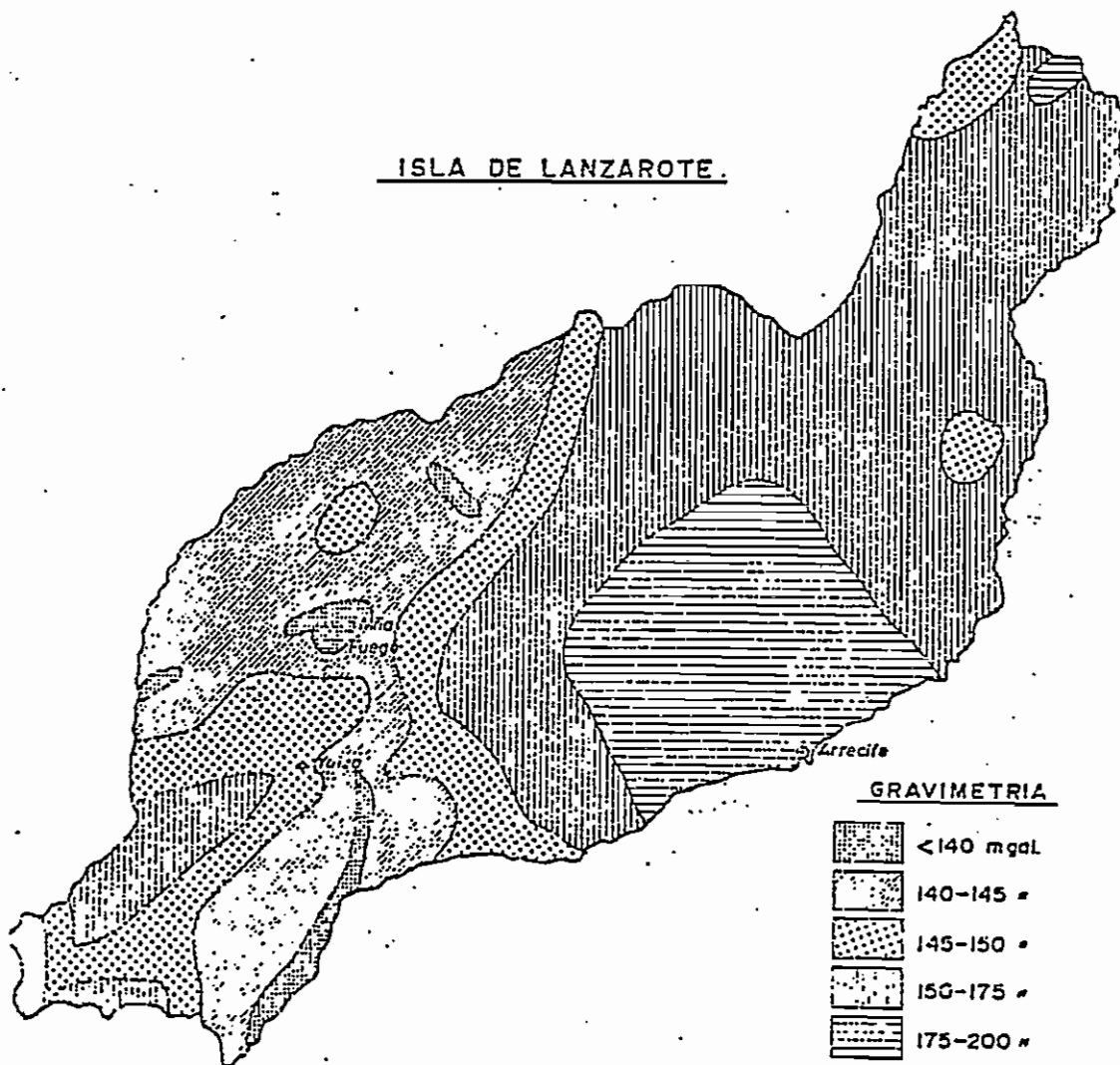


Fig. nº 8

de agua en el terreno, viendo que existen diferencias notables entre la humedad del suelo y la del medio ambiente; las máximas velocidades de extracción de vapor se consiguieron en las zonas de mayor anomalía térmica.

Del análisis isotópico del agua se pudo establecer que existía una mezcla de aguas meteóricas y marinas en contacto durante un largo periodo de tiempo con materiales a altas temperaturas; dado el aumento experimentado en la proporción de O^{18} , se supuso que los materiales eran calizas.

4.7.- MODELOS

Con los datos obtenidos de los trabajos anteriores se hizo una simulación analógica suponiendo que todo el terreno está formado por el mismo material (basalto).

El modelo analógico es de simetría cilíndrica, en el primer modelo estudiado se supuso un foco estacionario situado a profundidades que oscilaban de 1 a 30 km; para la existencia de temperaturas superiores a $100^{\circ}C$, el foco magmático tendría que encontrarse a menos de 3 Km de la superficie, siendo la extensión de por lo menos 3 ó 4 km.

En el segundo modelo, partiendo de los datos existentes de las erupciones volcánicas se estima un foco profundo con ramificaciones que dieron lugar a las erupciones. Con este modelo se obtendrían temperaturas de $250^{\circ}C$ a 1 Km de profundidad que permanecerían casi estacionarias (con una ligera tendencia a aumentar) durante 50 años.

En los modelos anteriores no se tiene en cuenta la

transmisión de calor por convección que es sin duda la principal. Con este criterio se realizó un nuevo modelo que, si bien se adapta mas a los resultados de campo, no es muy fiable — pues supone la existencia de un gran almacén de vapor, y a partir de aquí calcula la cantidad de vapor de agua que escapa por las fracturas desde el mismo. En las figuras números 9, 10 y 11 se pueden ver los esquemas de la conducción.

4.8.- SINTESIS

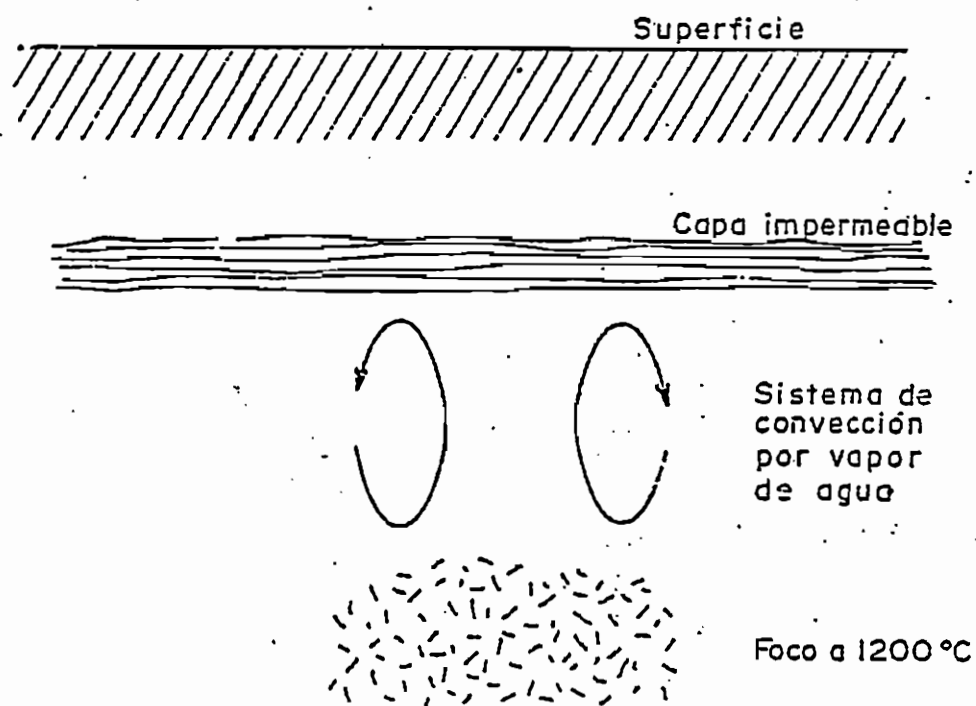
En función de los trabajos y datos obtenidos hasta 1973, se obtuvieron las siguientes conclusiones para el sistema geotérmico de Montañas del Fuego:

(Araña, Ortiz, Yuguero)

- El calor no es transmitido por conducción directa desde un foco térmico superficial.
- El calor no tiene origen exógeno (reacción química)
- El aire no es el fluido que actúa como transporte de calor.
- Existencia de un sistema conveectivo bajo capas permeables, alimentado por agua de mar y siendo el foco caliente una cámara magmática próxima.

(Calamai, Ceron)

- El calor es transmitido por convección, mediante circulación de aire por las fracturas abiertas de Montaña del Fuego. Tal circulación se origina desde el Norte de la Isla penetrando en profundidad hasta la cámara magmática y saliendo el aire caliente hasta la superficie por las fracturas, Figura n° 12.



Anomalia térmica por conducción sin efecto convectivo en la parte superior por existir una capa impermeable de depósitos salinos.

Fig. nº 9

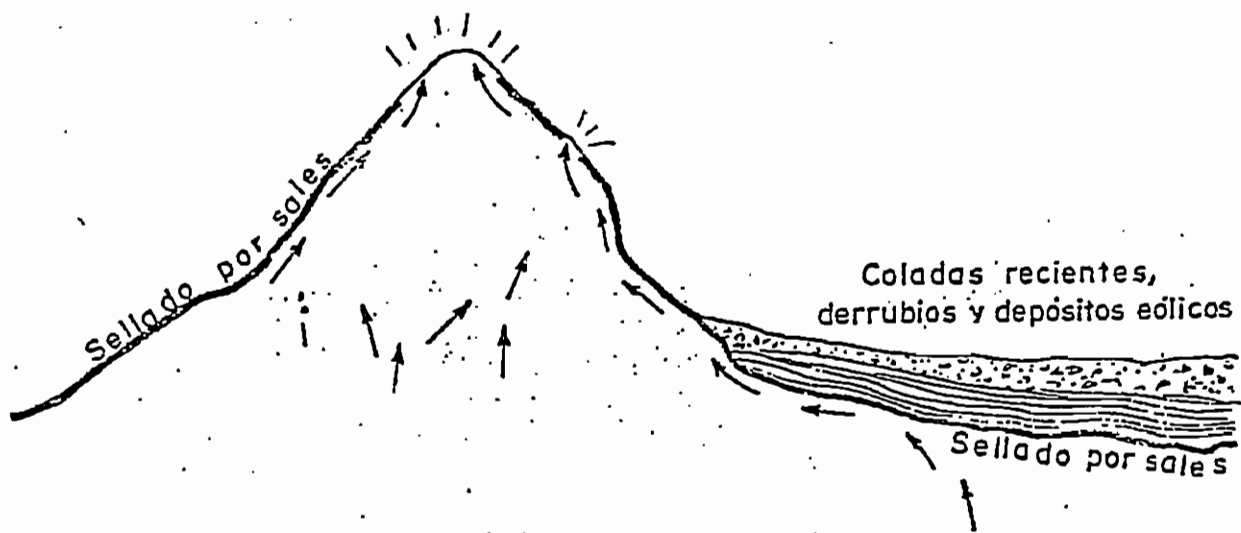
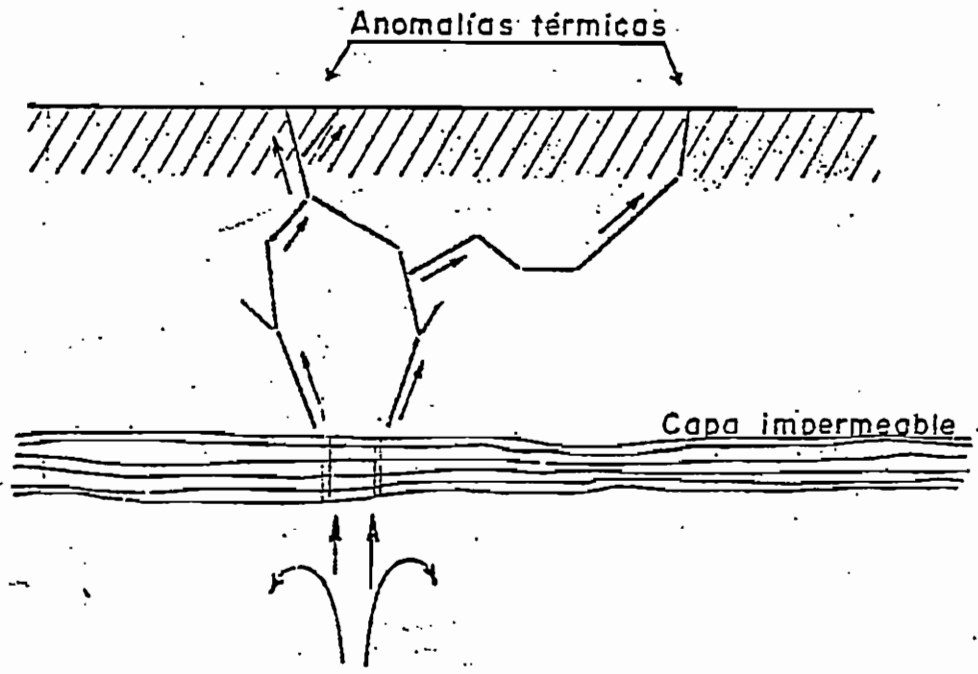


Fig. nº 10



Anomalia térmica por efecto convectivo

Fig. nº 11

Montaña del Fuego

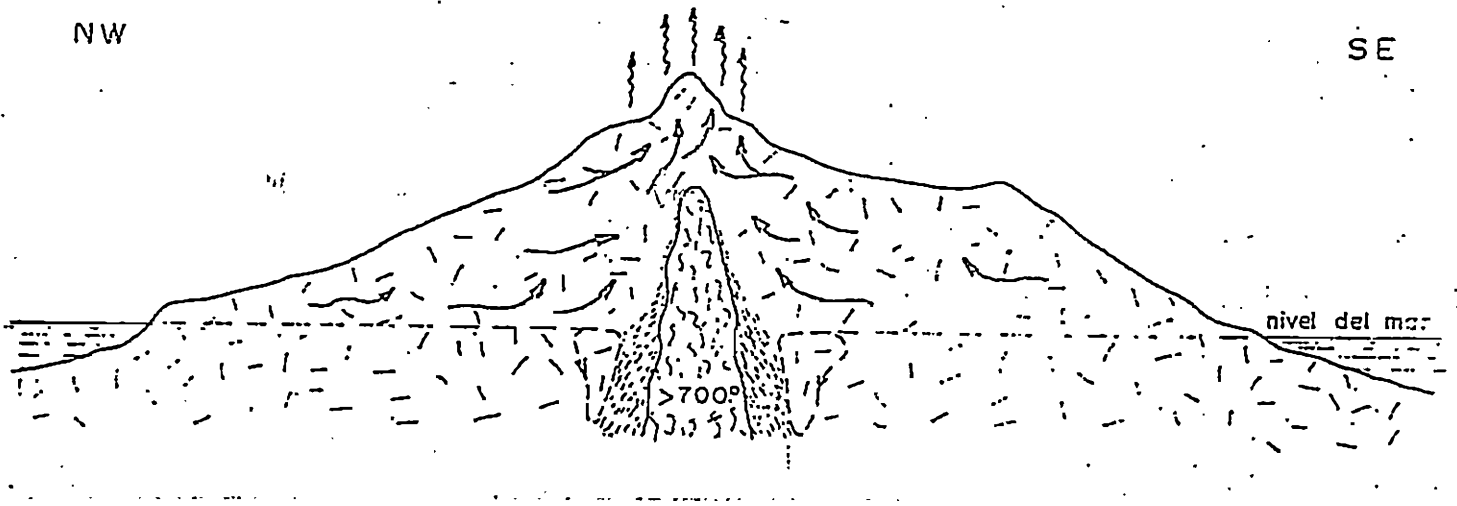


Fig. nº 12

5.- INVESTIGACION GEOFISICA (1976)

El Instituto Geológico y Minero de España encargó a Adaro la investigación geofísica marina de apoyo geológico.

Los trabajos consistieron en 12 perfiles continuos de sísmica de reflexión, simultaneados con toma de datos gravimétricos y magnéticos.

El objetivo de la geofísica era el de investigar las formaciones que constituyen el basamento de las islas, analizando la posibilidad de encontrar una formación con suficiente porosidad y permeabilidad que permitiera la explotación de los fluidos geotérmicos contenidos en las mismas.

En total se realizaron 435 Km de sísmica con cañones de aire arrastrados a 9 m de profundidad.

El procesado de datos fue realizado por la Geophysical Service Internacional en Amsterdam.

De los estudios realizados se deduce que existen motivos para suponer que las manifestaciones volcánicas aflorantes en las islas han cortado sedimentos terciarios de la cuenca oceánica, depositándose sobre los mismos. No existen indicios en mar que permitan suponer que el basamento de la isla sobre la isobata de 2700 m, sea de origen ígneo, antes bien, todos

los indicios coinciden en señalar la existencia de una potente cuenca sedimentaria, localmente atravesada por erupciones volcánicas.

En los alrededores de la isla se aprecia un levantamiento general de la cuenca, sin duda, debido a la aproximación del basamento ígneo a la superficie (FIG. 13).

En la figura 14 se observan las isobatas obtenidas mediante el tratamiento sísmico del horizonte A, discordancia entre el Mioceno y el Plioceno.

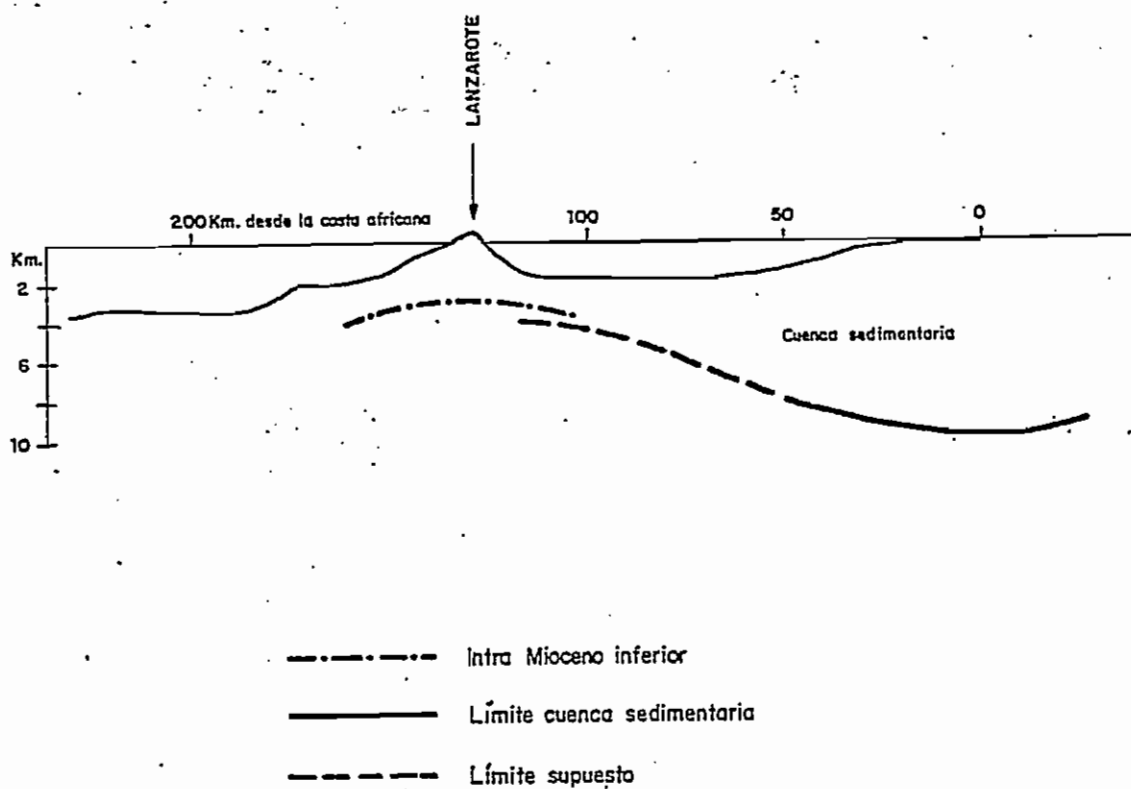


FIGURA Nº 13

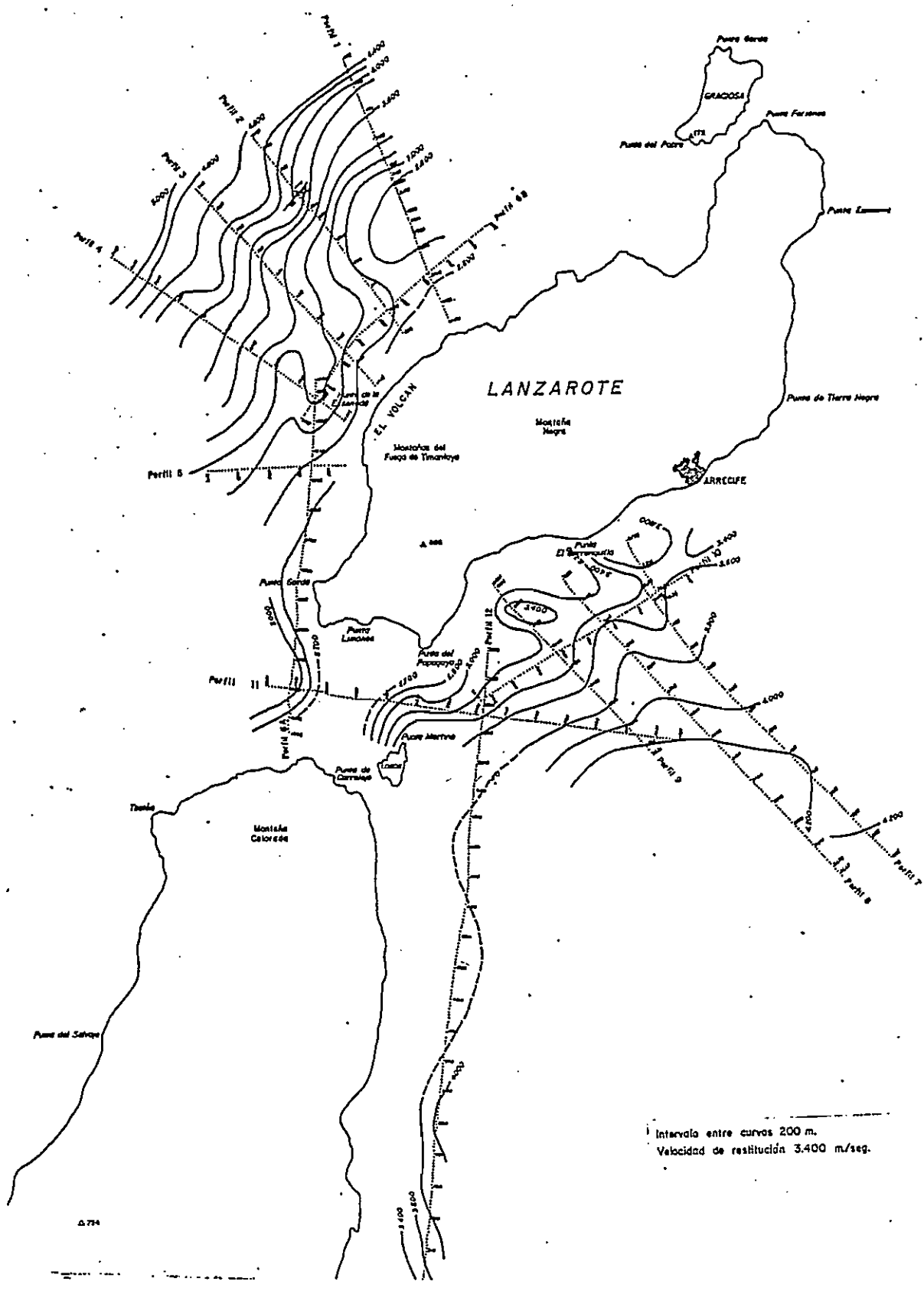


FIGURA Nº 14

6.- SONDEO PROFUNDO LANZAROTE I (1977)

En 1977 el Ministerio de Industria y Energía, emprendió a través de tres de sus organismos: Instituto Geológico y Minero de España, Instituto Nacional de Industria y Centro de Estudios de la Energía la realización de un sondeo de 2000 a 3000 metros de profundidad en el que se esperaba encontrar un yacimiento geotérmico con temperaturas comprendidas entre 300 y 350°C.

Desde el punto de vista geológico el sondeo atravesó hasta los 2.598 metros terrenos volcánicos de las series I, II, III y IV. Desde 2.598 y hasta el final (2.702 m) el sondeo ha cortado terrenos sedimentarios típicos de la pendiente continental pertenecientes al Paleoceno Medio-Superior.

El control termométrico realizado dió un perfil de temperaturas en la formación que señala como temperatura máxima en el fondo 90°C. El gradiente geotérmico por encima de 1.700 m varia entre 0,5°C y 1,5°C cada cien metros. Por debajo de 1700 m, este gradiente aumenta hasta valores de 5,5°C por cada cien metros.

El control geoquímico no ha mostrado ningún indicio claro e inequívoco de la existencia de un yacimiento geotérmico, el agua de formación contenía del orden de 190-200 ppm de sílice. En la Figura nº 15 se puede ver el esquema de acabado del sondeo Lanzarote I.

DIAGRAMA SONDEO LANZAROTE - 1

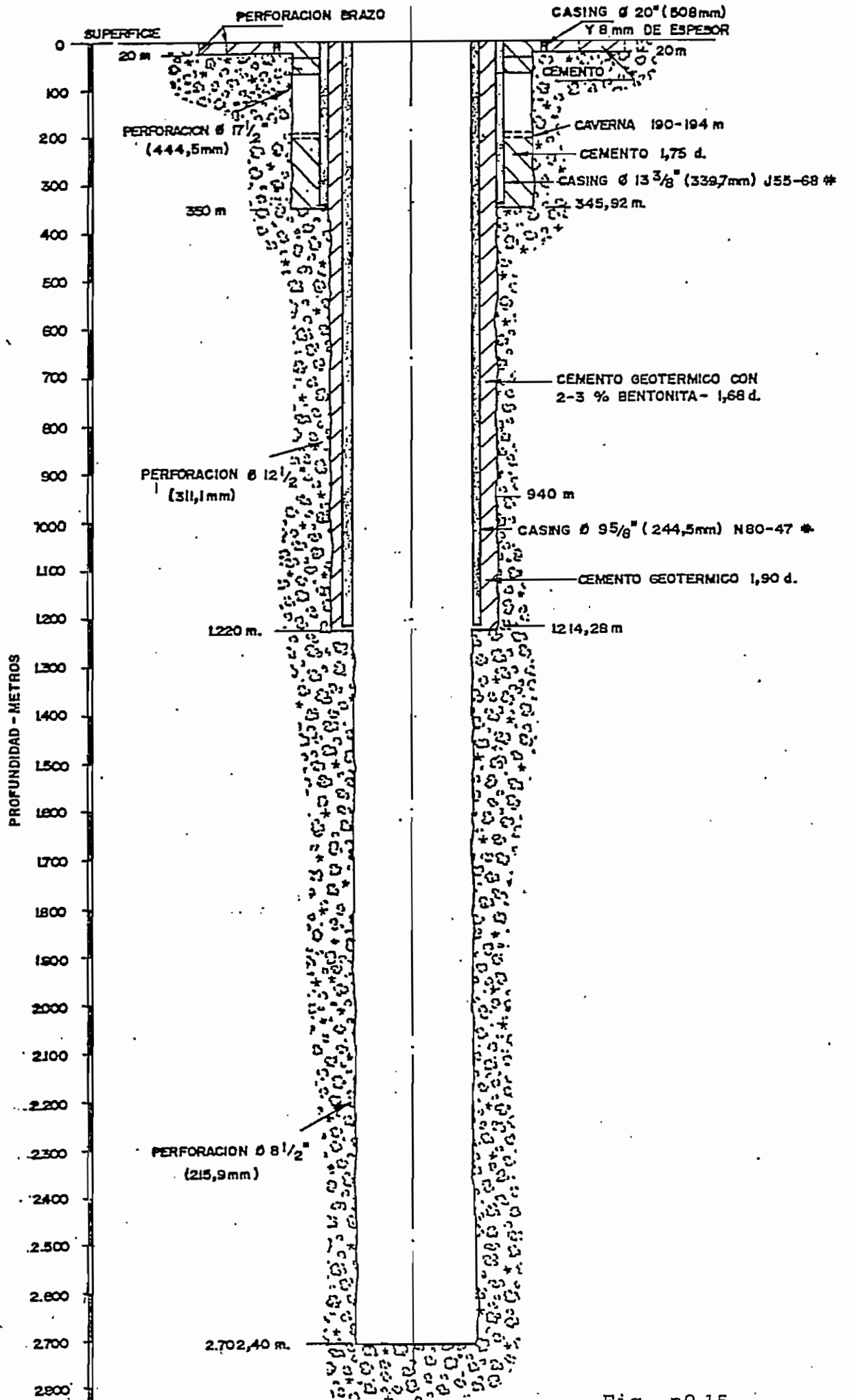


Fig. nº 15

De una manera resumida la columna litológica cortada durante la perforación del sondeo, ha sido:

<u>Profundidad</u>	<u>Litología</u>
0 - 37	Alternancia de coladas y escorias de basaltos olivínicos muy frescos.
37 - 53	Paleosuelos.
53 - 175	Alternancia de basaltos olivínicos, a veces alterados, con piroclastos y pequeños paleosuelos.
175 - 340	Alternancias de basaltos olivínicos muy alterados con piroclastos y paleosuelos. Olivino transformado en iddingsita. Vacuolas rellenas de carbonatos.
340 - 353	Paleosuelo.
353 - 685	Grandes mantos de toba vitrea, unas veces muy alterada y de aspecto arcilloso, otras compacta, de colores verde, negro y a veces claras. Esporádicamente intercalaciones de basaltos olivínicos muy alterados.
685 - 840	Abundantes pasadas de basaltos olivínicos de gran potencia (25-40 metros) muy alterados, alternando con tobas verdes.
840 - 910	Toba vitrea verde muy arcillosa. Pasadas con foraminíferos que se hacen muy abundantes entre los 890 y 904 metros.
910 - 943	Toba poligénica soldada.
943 - 1265	Alternancia de basaltos piroxénicos más o menos alterados con mantos de toba poligénica a veces soldada, a veces arcillosas, y piroclastos alterados.
1265 - 1760	Grandes paquetes de coladas de basaltos piroxénicos bastante alterados, alternando con paleosuelos. Ocasionalmente aparecen basaltos olivínicos-augíticos muy alterados y algunos traquibasaltos.
1760 - 1818	Zona con gran abundancia de pasadas de basaltos piroxénicos muy frescos (¿diques?) alternando con basaltos muy alterados.

- 1818 - 1990 Alternancia de basaltos piroxénicos muy alterados con traquibasaltos, tobas y paleosuelos. Abundantes mineralizaciones de piritita.
- 1990 - 2550 Mantos de tobas vítreas poligénicas y compacta, alternando con otros de toba verde arcillosa y con pasadas de basaltos olivinico-augíticos muy vítreos y alterados. Ocasionalmente aparecen traquibasaltos. Abundantes mineralizaciones de piritita, clorita y serpentina. Entre 2124 y 2176 niveles de foraminíferos en toba verde arcillosa.
- 2550 - 2598 Toba vítrea poligénica muy alterada con algunos cantos traquíticos.
- 2598 - 2605 Micrita con aportes de cuarzo detrítico tipo silt. Algunas pasadas muy silicificadas y con recristalización. Abundante microfauna.
- 2605 - 2702 Alternancia de arcillas y margas arcillosas finamente estratificadas de colores verdes, marrón y beige. Pasadas silicificadas. Algunos niveles arenosos y otros de micrita oolítica. Silex marrón y negro. En las pasadas de grano más fino se aprecia estratificación cruzada. Abundante microfauna.

Los datos del control termométrico han sido:

<u>Profundidad (m)</u>	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>Gradiente °C/100 m</u>
350	34	
800	37,5	0,78
1000	39	0,75
1440	41,2	0,5
1700	45	1,46
1860	53,8	5,5
1960	56,8	3,0
2080	63,3	5,4
2170	68	5,2
2350	77	5,0
2440	80	3,3
2700	90	3,8

Escala: 1 / 20.000



7.- GEOQUIMICA (1977)

En 1977 La Societe de Prospection et d'etudes Geothermiques, realizó para la Empresa Nacional ADARO, una evaluación geoquímica de las manifestaciones térmicas en las Montañas del Fuego tomando muestras de gases y depósitos salinos.

Se realizaron determinaciones de campo de las manifestaciones, entre ellas SO_2 , H_2O , CO_2 y O_2 . Se tomaron muestras que posteriormente se analizaron en laboratorio químico; también se hicieron estudios de rayos X de los depósitos salinos y de terminaciones especiales de 40 Ar/36 Ar, gases atmosféricos raros, 3He/4He.

De los análisis de Islote Hilario, se observó que el gas consistía en 97% de nitrógeno con pequeñas cantidades de vapor de agua (35 mg/lit o 2% en volumen) y dióxido de carbono (0,05-0,5% en volumen). En otros puntos de Montañas del Fuego el análisis mostró que era aire puro con cantidades de hidrógeno (25-100 ppm).

El nitrógeno puede provenir de acuíferos calientes en profundidad o de aire atmosférico reducido en contenido de oxígeno por reacción con rocas calientes.

El hidrógeno puede resultar de la interacción de agua con rocas a alta temperatura o provenir de una cámara magmática.

8.- RUIDO SISMICO (1977)

Fue realizado por la universidad y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas en 1977. En este se puede ver una fuerte anomalía particularmente en la frecuencia de 8Hz entre Montaña Rajada y Montaña del Fuego, con 20 dB de contorno siendo en Islote Hilario 40 dB.

9.- SINTESIS 1977

Realizada por la Societe de Prospection et d'etudes Geothermiques para la Empresa Nacional ADARO.

Con los datos del sondeo profundo se pone en evidencia que los modelos del campo geotérmico no eran buenos.

El Dr. Tonani considera que debajo de Montaña del Fuego no existe un acuífero geotérmico, siendo la anomalía térmica enteramente debida a la circulación convectiva de gases secos, compuestos fundamentalmente por aire, pero probablemente mezclado con gases volcánicos.

Las erupciones volcánicas de los siglos 18 y 19 en el área de Montaña del Fuego han expulsado la mayor parte del agua contenida en los acuíferos del complejo volcánico, sellando los canales por los que el agua de mar penetraba en la zona y aún parece que estos canales no han sido abiertos.

Puede haber zonas marginales en donde existan acuiferos salinos de las series volcánicas en contacto con zonas calientes, de forma que estos acuíferos calentados por conducción, pueden tener suficiente temperatura para poder producir energía eléctrica.

La zona es principalmente considerada como de gran potencial para la explotación de roca caliente seca.

10.- ESTUDIO Y EVALUACION DE LAS AGUAS PROFUNDAS DE CANARIAS (1978)

El objetivo de este estudio realizado por Hispanoil, fue la evaluación de las posibilidades petrolíferas de las aguas profundas de Canarias.

Los registros se terminaron en 1978 con 3.848 Km de perfiles en una malla de reconocimiento. Simultáneamente se hizo un levantamiento gravimétrico y magnetométrico.

La gravimetría marina, se hizo con un gravímetro Lacoste Romberg montado sobre una plataforma marina estabilizada.

La magnetometría se realizó simultáneamente, obteniendo isogamas en las zonas donde la densidad de los perfiles lo permitía. Existen anomalías superiores a 100 γ y alguna sobrepasa los 2500 γ , alineándose según las dorsales volcánicas reconocidas.

En las figuras nºs 16 y 17 se puede observar un perfil sísmico y su interpretación.

Se han definido principalmente dos niveles H1 y H2; el H1 es un nivel que marca una discontinuidad sedimentaria regional y en el entorno de la dorsal volcánica parece coincidir con el fin de la fase principal del volcanismo canario.

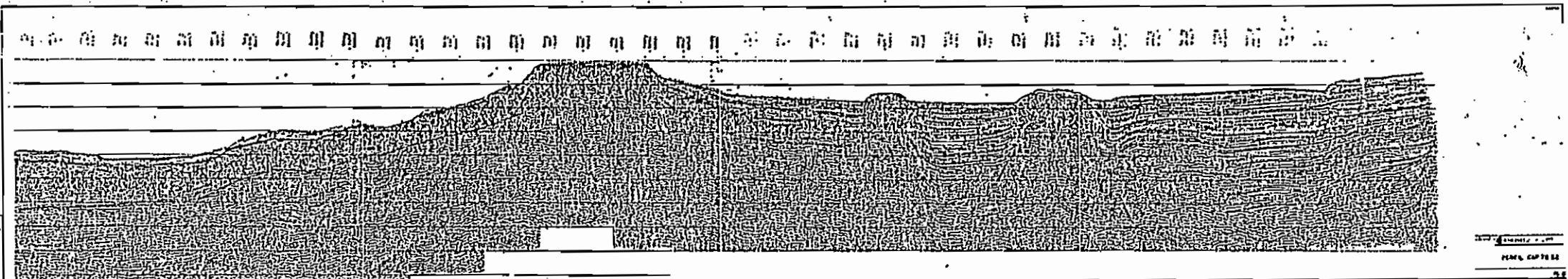


FIGURA Nº 16

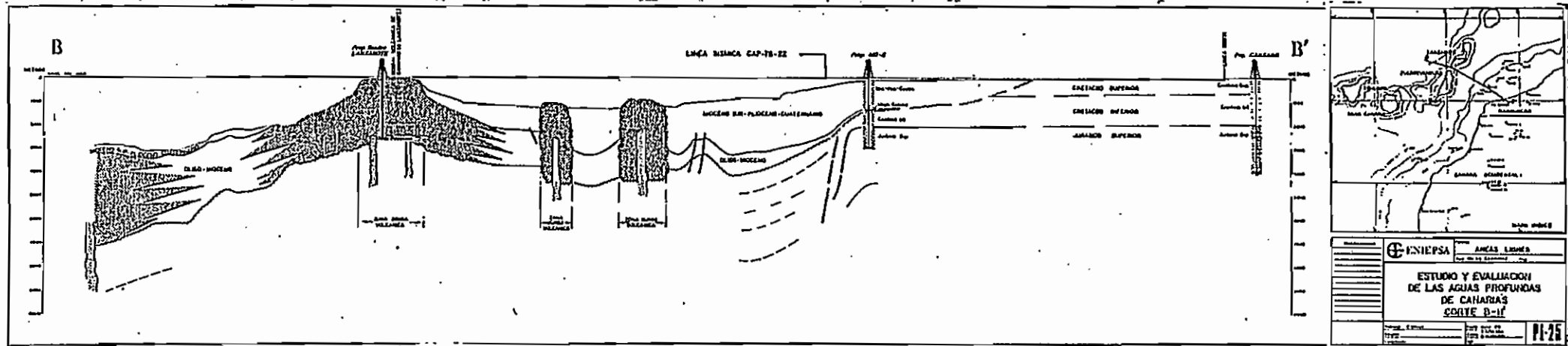


Fig. nº 17

El horizonte H2 corresponde a una discordancia regional muy importante.

El paquete (H1-H2) pierde su carácter de estratificación bien definida al acercarse a las dorsales volcánicas donde es reemplazado por una ausencia casi total de resultados.

10.- GRAVIMETRIA (1980)

En 1980 la Empresa Nacional ADARO realizó una campaña de prospección gravimétrica para el Plan Energético Nacional.

Se empleó un gravimétrico Lacoste-Romberg, y se hicieron 230 estaciones a una distancia de 500 m entre estaciones investigando la zona de Montañas del Fuego; fue necesario el replanteamiento topográfico de la zona.

Las anomalías positivas obtenidas parecen estar asociadas a flujos ascendentes, las anomalías negativas como las que se manifiestan en la zona de Montaña del Fuego parecen estar asociadas a efectos de masa locales, debidas a la menor densidad de los materiales asociados a los focos volcánicos.

En las Figuras nºs 18 y 19 se ven las anomalías residuales y de Bouguer.

FIG. NO 18

Punta del Jurado

N 41

A

E

Playa de Montaña Bermeja

Punta del Viecho

El Caldero

La Mesa

El Golfo

Caldera de Chozas

Montaña Almurcia

437Δ Montaña de la Cruz

El Caldero

Los Calas

Δ Caldera Roja 470

Montaña de Lompia

495 Δ Los Mandos

Montaña Rodans

Montaña Diana

Caldera Santa Catalina

LEYENDA

- (línea de anomalía residual)
- Anomalia residual positiva (+)
- Anomalia residual negativa (-)
- Estación de medida

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
PLAC. NACIONAL DE LA MINERIA

CAMPANA GRAVIMETRICA EN LAZARQUE (ZONA DE LAS MONTAÑAS)		Esc. 6480
PLANO RESIDUAL		
d = 2,67		

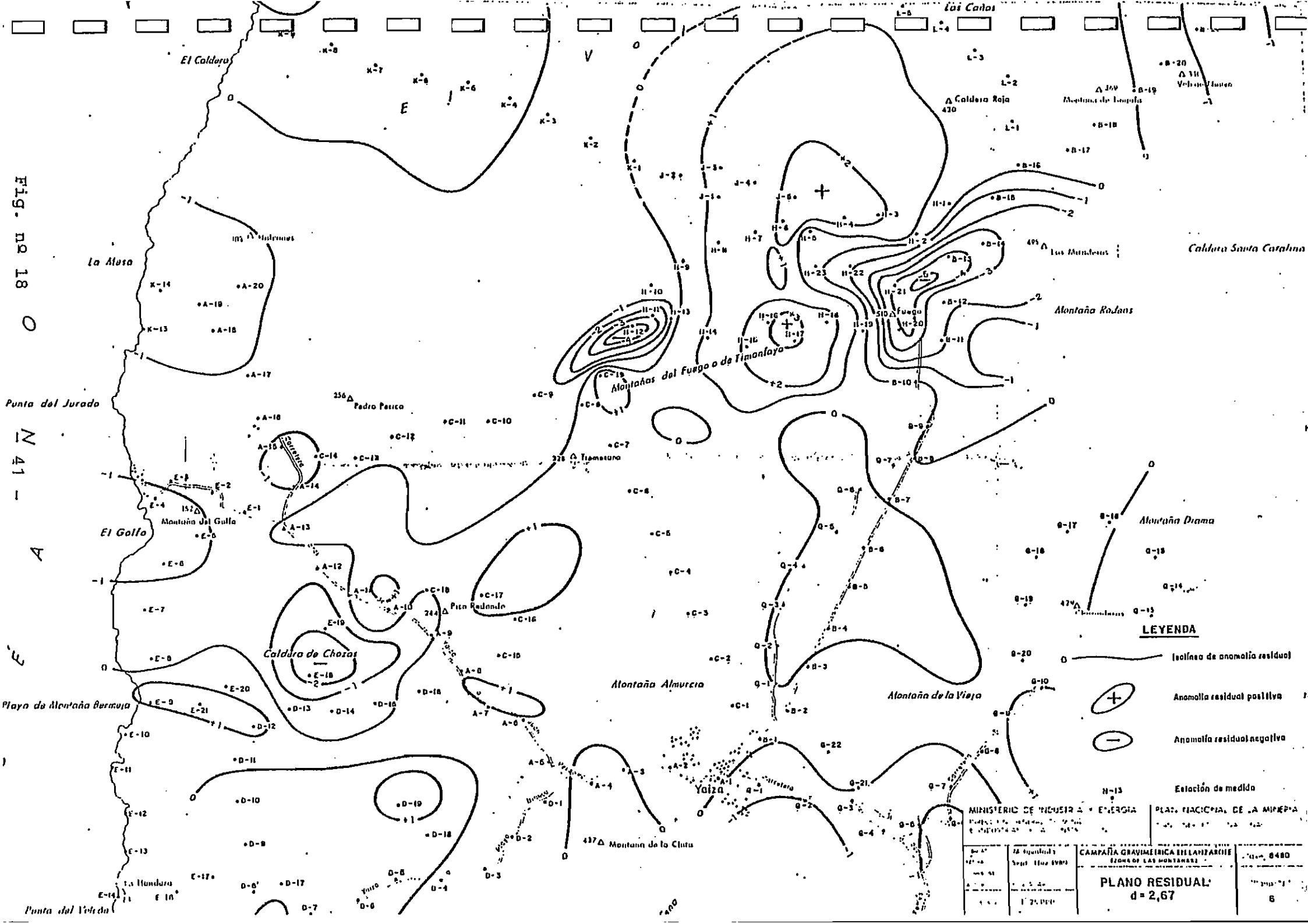
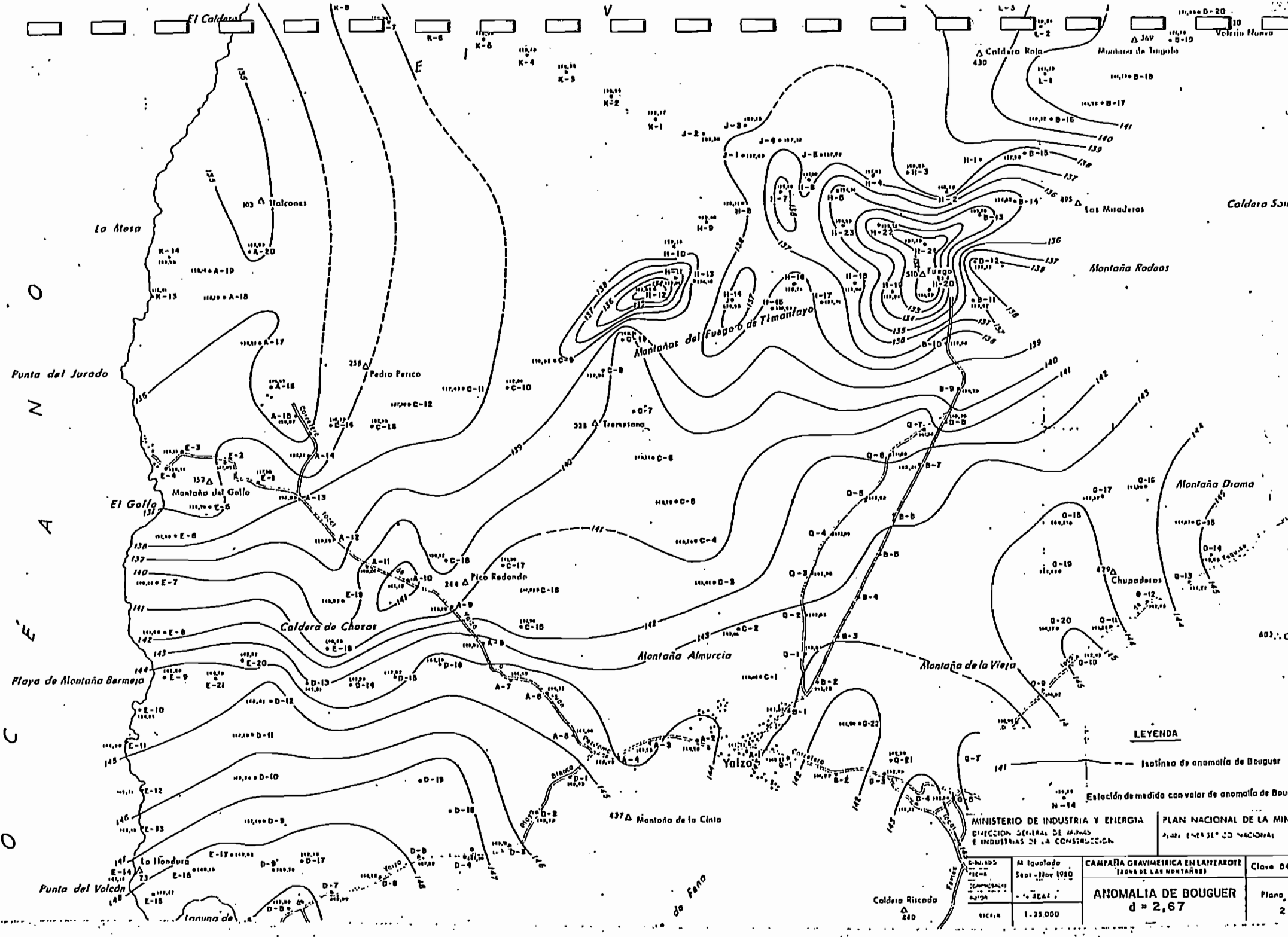


Fig. no 19.



LEYENDA

--- Línea de anomalía de Bouguer
 --- Estación de medida con valor de anomalía de Bouguer

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
 DIRECCION GENERAL DE MINAS
 E INDUSTRIAS DE LA CONSTRUCCION

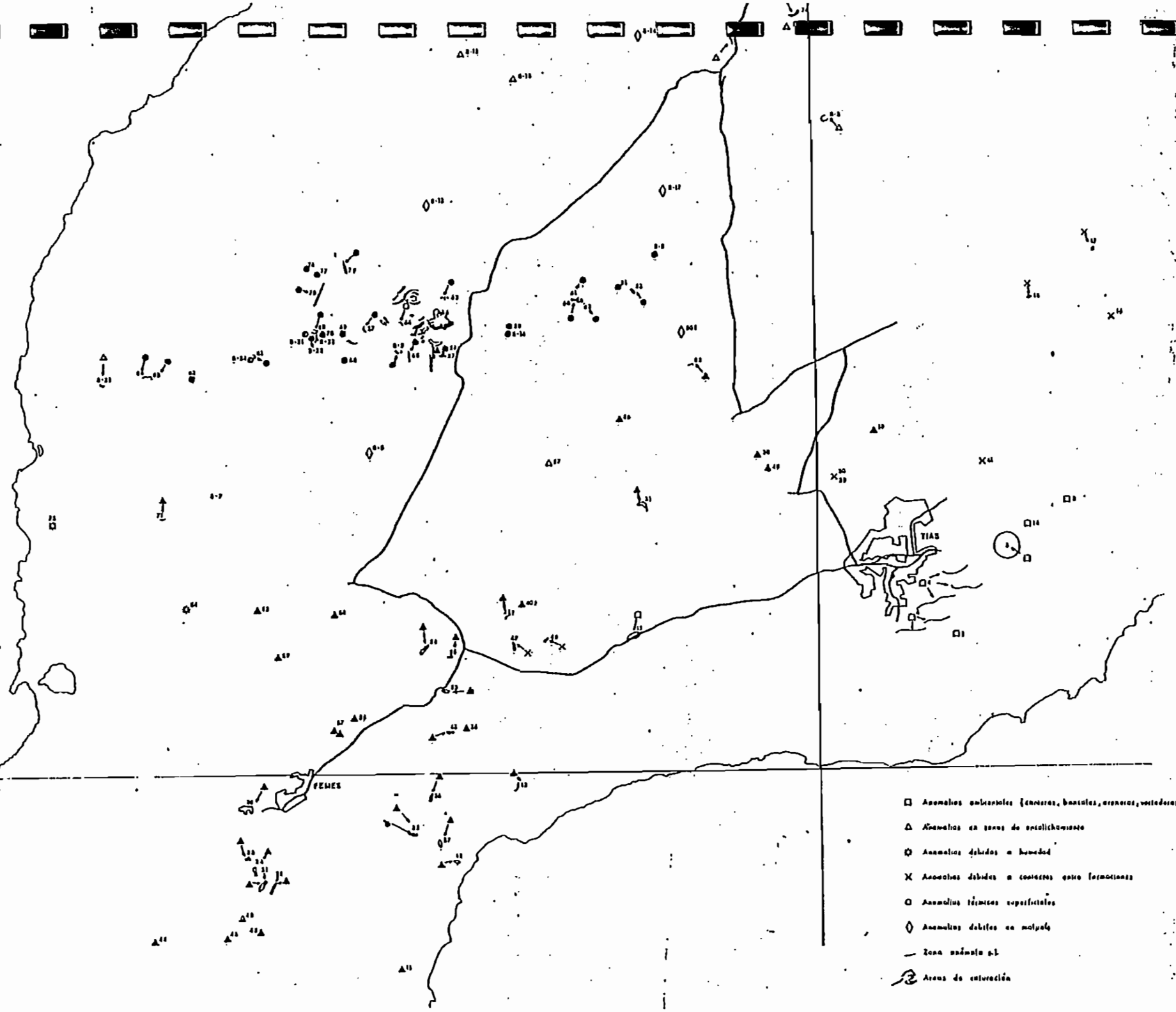
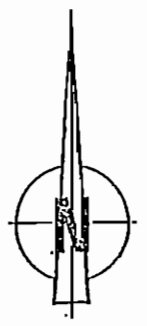
PLAN NACIONAL DE LA MINERIA
 2.º SUB-PROGRAMA NACIONAL

Escala 1:25.000	Fecha Sept.-Nov. 1980	CAMPAÑA GRAVIMETRICA EN LA ZONA DE LAS MONTAÑAS	Clave 047
ANOMALIA DE BOUGUER d = 2,67			Plano N 2

11.- SCANNERS TERMICOS AEROTRANSPORTADOS (1980)

En 1980 la Empresa Nacional ADARO realizó el estudio de temperaturas superficiales, para definir las anomalías geotérmicas en superficie de la unidad occidental de la isla.

Se observa la presencia de las anomalías ya conocidas del macizo de Timanfaya que aparecen fuertemente destacadas sobre el fondo, pudiendo apreciarse la estructura general del campo geotérmico superficial, Figura nº 20.



- Anomalías anticiclónicas (canevas, bancales, arenas, vertederos, etc.)
- △ Anomalías en zonas de estrechamiento
- Anomalías debidas a humedad
- X Anomalías debidas a contrastes entre formaciones
- Anomalías técnicas superficiales
- ◇ Anomalías debidas a mareas
- Zona máxima al.
- ⊕ Áreas de saturación

12.- METODOS MAGNETOTELURICOS Y ELECTROMAGNETICOS (1.980-81)

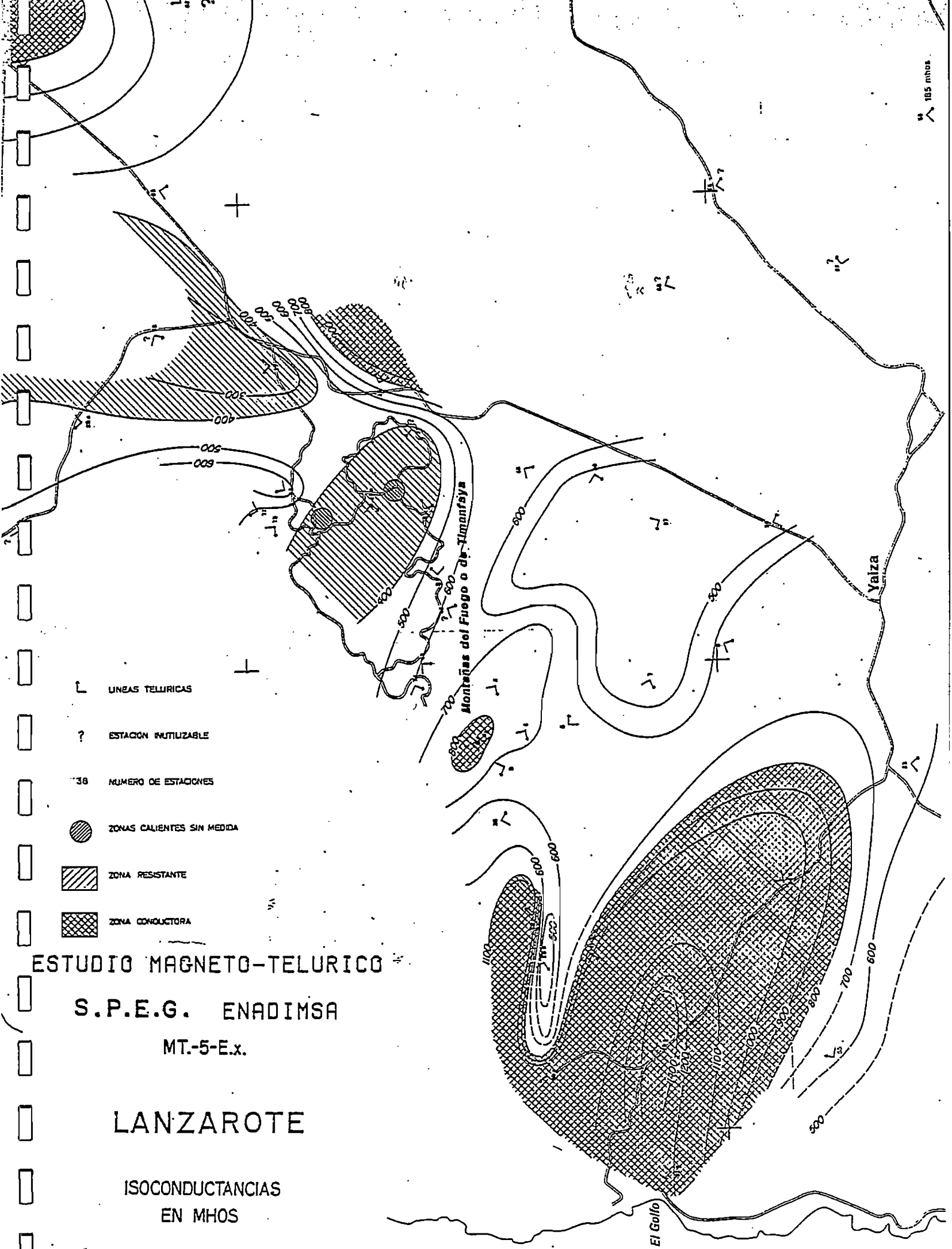
El Instituto Geológico y Minero de España en 1980-81 realizó una campaña geofísica con 75 estaciones de magnetotelúrico y 85 electromagnéticos; el equipo empleado fue de la compañía (SPEG).

Se elaboraron dos mapas de isorresistividades, uno para 1000 metros de profundidad, y otro para 2500 metros. El primero nos da una idea de la cobertera volcánica del posible yacimiento geotérmico, pudiendo localizarse las posibles fugas a través de las fracturas. El segundo, a la profundidad del basamento sedimentario de la isla, nos podría localizar las zonas de circulación y almacén de fluidos geotérmicos.

En el mapa de 2500 metros, se observa coincidiendo con el foco volcánico de las Montañas del Fuego, una disminución de la resistividad, en algunas zonas por debajo de 50 Ω m.

En el mapa de 1000 metros de profundidad se observan algunas anomalías, también próximas a la zona y que por su forma deben estar asociadas a grandes fracturas tectovolcánicas de superficie y que se hallan materializadas por la alineación de volcánes. Esto contribuye a pensar que la resistividad sea debida a la intrusión de basaltos que originó las erupciones históricas de 1730 y 1824.

En las Figuras nºs 21 y 22 se observan las conductancias y resistividades aparentes.



185 mhos

- L LINEAS TELURICAS
- ? ESTACION INUTILIZABLE
- 38 NUMERO DE ESTACIONES
- ZONAS CALIENTES SIN MEDIDA
- ▨ ZONA RESISTANTE
- ▩ ZONA CONDUCTORA

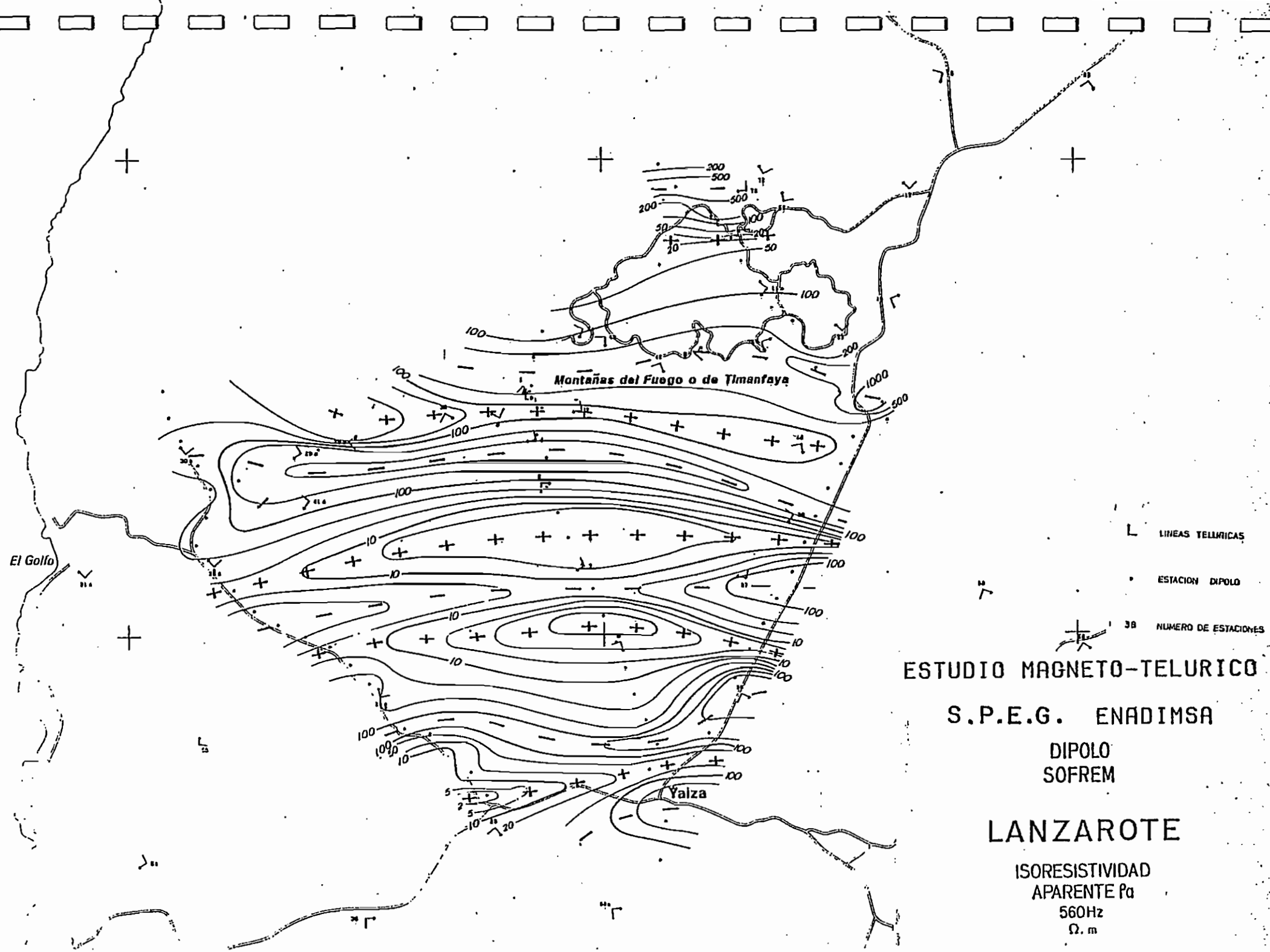
ESTUDIO MAGNETO-TELURICO
 S.P.E.G. ENADIMSA
 MT-5-E.X.

LANZAROTE

ISOCONDUCTANCIAS
 EN MHOS

Fig. nº 21

Fig. nº 22



ESTUDIO MAGNETO-TELURICO

S.P.E.G. ENADIMSA

DIPOLO
SOFREM

LANZAROTE

ISORESISTIVIDAD
APARENTE Pa
560Hz
 $\Omega. m$

La Empresa Nacional ADARO posteriormente realizó en 1981 un estudio magnetotelúrico de la zona de Timanfaya para el PEN, con equipo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en el que se puso de manifiesto el efecto de la temperatura en el contraste de resistividad aparente. Aunque los puntos de medidas fueron escasos se vió la presencia de anomalías conductoras entre Montaña Quemada y la Caldera del Islote de la Vega.

En 1982 el Instituto Geológico y Minero consideró adecuado realizar un estudio complementario del área estudiada al Oeste de Montañas del Fuego en las cercanías del Golfo.

Los resultados de esta última campaña son pobres, ya que las anomalías definidas ofrecen notables variaciones en función de la frecuencia considerada. El método de Audio-MT resulta incapaz para resolver el problema planteado en la zona sometida a estudios, Figura nº 23.

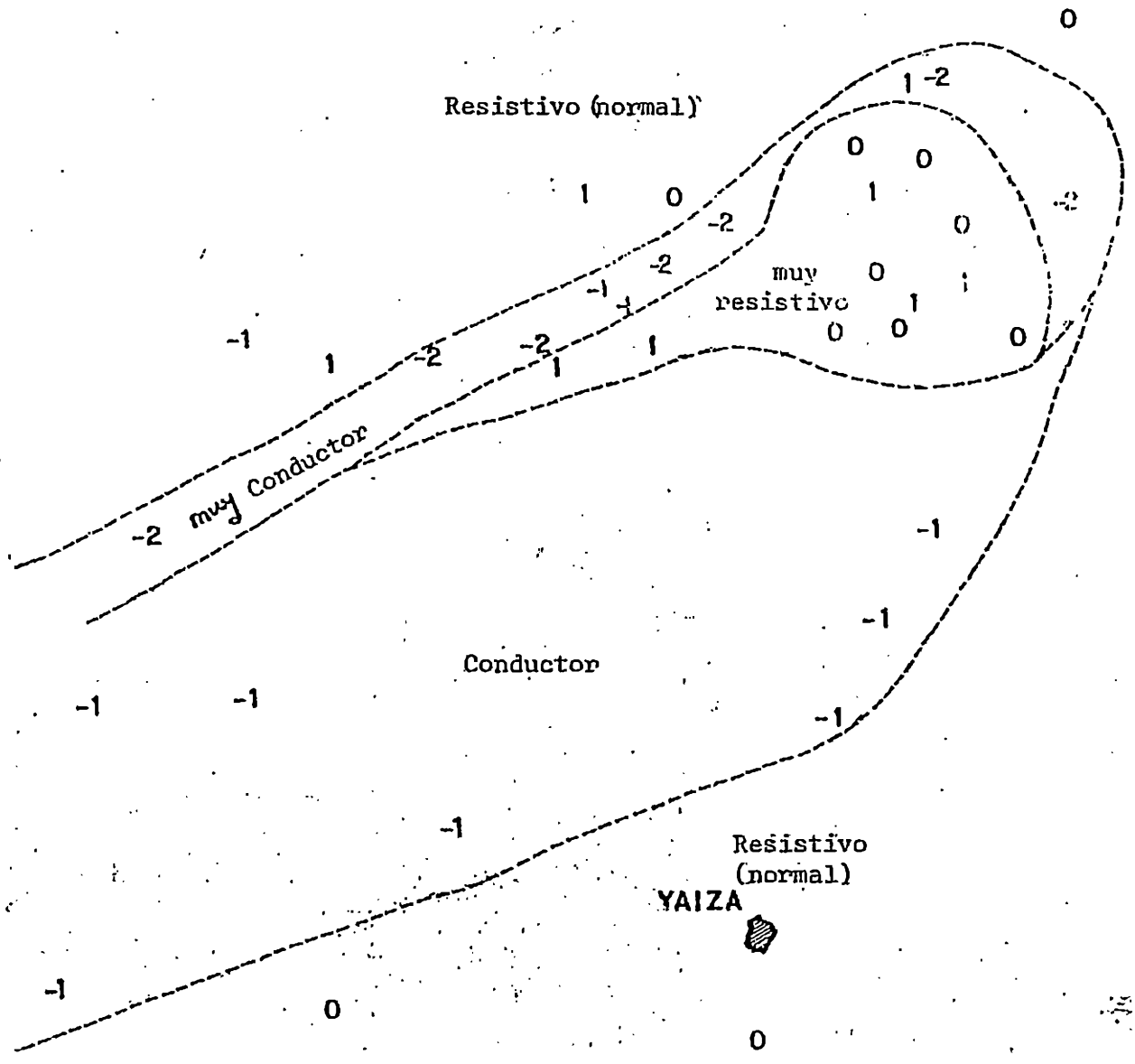


Fig. no 23

13.- ESTUDIO GEOQUIMICO (1982)

En 1982 el Instituto Geológico y Minero realizó un análisis de gases en la zona ensayada con anterioridad por la compañía SPEG (Islote Hilario).

Las emisiones gaseosas del Islote Hilario consisten en nitrógeno prácticamente puro, procedente con toda seguridad del aire reducido al estar en contacto con roca a alta temperatura y escaso vapor de agua (35 mg/l, equivalente a un 2% en volumen, cuando el contenido atmosférico normal es de 1 a 4%).

14.- BIBLIOGRAFIA

- 1948.- IGME. Estudio de la Montaña de Fuego de Lanzarote.
- 1949.- IGME. Informe sobre las posibilidades que hay de aprovechar el calor de la Montaña de Fuego de la Isla de Lanzarote.
- 1960.- M.M. BLUMENTHAL: Rasgos principales de la geología de las Islas Canarias con datos sobre Madeira.
- 1970.- DE LA RUBIA, J., DORIA, J. OSORIO. Estudios Geológicos.- Distribución transitoria de temperaturas en las proximidades de una capa magmática intrusiva en un proceso de enfriamiento.
- 1970.- E. BOSSHARD, J.G.R. Crustal structure of the western canary islands from seismic refraction and gravity data.
- 1972.- F. ALONSO. IGC Mapas gravimétricos de las Islas Baleares, y de las Islas de Lanzarote y Fuerteventura.
- 1972.- A. ABDEL-MONEM, N.D. WATKINS, American Journal of Science. Potassium-Argon Ages, Volcanic Stratigraphy, and geomagnetic polarity history of the Canary islands.
- 1973.- HAUS-ULRICH SCHMINCKE, GSAB. Magmatic evolution and tectonic regions in the Canary, Madeira, and Azores island groups.

- 1973.- V. ARAÑA y C. PALOMO . Estudios geológicos. Interpretación de unos perfiles sísmicos de reflexión en la costa occidental de Fuerteventura.
- 1973.-V. ARAÑA y J.M. FUSTER. Estudios geológicos. Estado de los estudios sobre los recursos geotérmicos en el área de las Montañas de Fuego.
- 1973.- V. ARAÑA y J.M. FUSTER. Estudios geológicos. Estado de los estudios, sobre los recursos geotérmicos en el área de las Montañas de Fuego (Lanzarote).
- 1973.- V. ARAÑA, R. ORTIZ y J. YUGUERO Geothermics. Thermal anomalies in Lanzarote (Canary Islands).
- 1974.- A. ALFONSO, R. ORTIZ, E. BADIOLA y J. YUGUERO, Bol. IGME Estudio de la anomalía térmica de Montaña de Fuego (Lanzarote).
- 1974.- AAPG BULL R.H. Beck y P. Lehner, Oceans, New frontier in exploration.
- 1974.- V. ARANA, R. ORTIZ, E. BADIOLA, J. YUGUERO. Geothermal power generations in basaltic provinces, Lanzarote.
- 1974.- K. HINZ, E. SEIBOLS, Geophysiker. Continental slope anticline and unconformities off west Africa.
- 1975.- IGME. Proyecto de evaluación de energía geotérmica en la Isla de Lanzarote y relación de áreas de anomalía en las Islas Canarias.
- 1975.- J.M. FUSTER. Estudios geológicos. Las Islas Canarias: un ejemplo de evolución espacial y temporal del vulcanismo oceánico.

- 1976.- A. KOROTCHANSKY Evaluation dommaire du cont d'un forage profond en Lanzarote.
- 1976.- American Association of Petroleum Geologists Bulletin. ELAZAR UCKUPI, K.O. EMERY. Continental Margin Wester - Africa: Senegal to Portugal.
- 1977.- AAPG BULL. P. LEHNER, P.A.C. RUITER, Structural History of Atlantic Margin of Africa.
- 1977.- Sondeo Geotérmico Lanzarote.
- 1977.- Estudio Micropaleontológico de unas muestras fosilíferas del Sondeo de Lanzarote.
- 1977.- A TEN DAM. Evaluation of the Montaña del Fuego área.
- 1977.- F. TONANI. Geochemical-geothermal evaluation of thermal manifestations in the Montañas de Fuego. Lanzarote.
- 1978.- Sondeo Geotérmico Lanzarote I.- Informe final.
- 1978.- A TEM DAM. Análisis del Potencial geotérmico del campo geotérmico de la Montaña de Fuego.
- 1979.- ENIEPSA.- Estudio y evaluación de las aguas profundas de Canarias.
- 1980.- ADARO.- Informe parcial de los trabajos realizados en la mitad Oeste de la Isla de Lanzarote para la localización de anomalías térmicas mediante el empleo de Scanners térmicos aeroportados.
- 1981.- IGME. Estudio geotérmico de la Montaña de Fuego (Lanzarote) por los métodos Magnetotelúrico y electromagnético.