

-20061

HOJA 21-05 (BILBAO)

Documentación complementaria

GEOFISICA

GEOFISICA.-

Siempre con la idea de reunir una documentación lo más completa posible de la región minera de Vizcaya, la E.N.A. adquirió de la Cía Petrolífera Ibérica ciertos trabajos geofísicos que al haber sido realizados en la zona a investigar podían ser de utilidad.

Así, hemos podido disponer de determinado número de perfiles sísmicos de reflexión atravesando parte de la región cuyo mapa incluye el informe, y también un estudio gravimétrico de esa misma área.

Sísmica de reflexión.

Explicaremos un poco el proceso seguido hasta obtener los perfiles, realizados por la Cía alemana PRAKLA.

A ambos lados de cada punto de explosión se colocaron doce registros de llegada de energía cada uno de los cuales estaba formado por un sistema de cuarenta geófonos colocados en aspa.

Hecha la corrección de reducir todos estos puntos a una misma cota pasamos a las secciones galvanométricas, obtenidas con técnica de sismógrafo, y que registran las llegadas de energía reflejadas en las capas entre las que existe contraste de densidad y de velocidad de transmisión de ondas.

La velocidad de trasmisión habría que determinarla. Generalmente se toma una aproximada deducida de tanteos previos. Hay que tener en cuenta que en rocas más compactas la velocidad es mayor que en las menos rígidas, de manera que, en general, la velocidad aumenta con la profundidad.

Como la explosión se transmite prácticamente por la su perficie, su recepción influye en los geófonos, dando lugar a una especie de hipérbola en los primeros registros de llegada de energía en las secciones galvanométricas. Este efecto no influye en profundidad, pero sí en las regiones altas, en que se puede acusar la distancia de separación de geófonos. Para eliminar este efecto se emplea la corrección estática.

Siguiendo con las correcciones, diremos que también se puede aplicar la corrección de migración, debida a que la onda no recorre un camino rectilíneo directo, sino corregido por multitud de refracciones, con lo que la información recibida en el sistema de geófonos no proviene exactamente del punto teórico imaginado, sino de otro desplazado según las condiciones. Existen diversos ábacos en que basarse para establecer esta corrección.

Se dice que un perfil sísmico está mezclado cuando las trazas que representan las llegadas de energía no están consideradas en sus amplitudes reales sino que están mediadas con las amplitudes de las trazas anterior y siguiente.

Con esto se evita la dificultad que surge cuando por un fallo técnico de los geófonos o bien por una interferencia local, falla el dibujo de una de las trazas. En nuestro caso, se ha aplicado la técnica de mezcla.

A la vez que las llegadas de energía se registran galvanométricamente en los geófonos, también se impresionan en una cinta magnética. Se llama "play-back" a la reproducción de esta cinta. Empleando filtros de frecuencia adecuados se pueden atenuar o eliminar las llegadas de energía que provienen de zonas que no interesan y, por el contrario, resaltar las de determinada profundidad. A nosotros no nos ha resultado favorable el empleo de esta técnica, ya que las zonas atenuadas en los perfiles que hemos consultado fueron precisamente las superficiales, que eran las que más nos interesaban, entendiendo por superficiales hasta una profundidad de 1.000 metros por ejemplo.

El "play-back" de área variable se consigue al impresionar en un film un haz luminoso, tapado en su mitad y reflejado en un galvanómetro de espejo, de manera que lo único que se marque en el papel sean los picos de las ondas.

Puestas a continuación unas de otras e interpretadas las representaciones de los puntos de un perfil, obtenemos una sección en tiempo - distancias (Laufzeitprofil).

Si ahora disponemos de una red de perfiles que hayan dado respuestas aceptables podemos construir un mapa de isocronas. Realmente lo que nos interesa es la profundidad a que está situado determinado nivel. Para conseguirlo pasamos los tiempos a profundidades por medio de la fórmula.

$$\text{Profundidad} = \frac{\text{Tiempo}}{2} \times \text{velocidad}$$

en que la velocidad es aproximadamente conocida. (En nuestro caso . 4.000 ó 4.500 m/seg). El tiempo se divide por dos ya que el camino recorrido por la onda es doble, de ida a la capa reflectante y de vuelta hasta el geófono, Una vez dibujadas las secciones en distancias - profundidades, podemos llegar a tener un mapa de isobatas de un nivel de referencia. A este tipo de sección (Profil) se le aplica la corrección de migración.

#### Interpretacion geológica del perfil sísmico Valmeseda-Mercadillo- San Julián de Musques.

Pasamos ahora a dar la interpretación geológica de un perfil geofísico, que pasa por la parte oeste de la hoja de Bilbao, con dirección aproximada N-S. Aunque sus resultados no son excelentes, son lo suficientemente buenos como para

emplearlo a modo de ejemplo. Su trazado es interesante para nosotros puesto que atraviesa la región de Sopuerta y pasa a través del valle del río Mercadillo hacia Somorrostro.

Dada la dificultad de manejo a causa de sus dimensiones, hemos reducido el original, 1:10.000, a la escala 1:25.000 de nuestro mapa.

En la parte superior está indicado el perfil topográfico, exagerado cinco veces. Nosotros, hemos utilizado el perfil inferior, que corresponde al enlace de las cotas de los puntos donde se hicieron las explosiones.

La profundidad de las reflexiones está expresada en tiempos, y cada cuadrícula corresponde a una décima de segundo. Las correcciones se hicieron en base a la medida de velocidad de transmisión de las ondas en las capas aflorantes, tomando como nivel de referencia, según parece, la cota 100 sobre el nivel del mar. La trasposición a una escala vertical en metros, encierra, por lo tanto, serias dificultades, debido también a las diferentes velocidades de los distintos tramos litológicos que forman el conjunto del paquete de reflexiones. El resultado más evidente es una deformación de la verdadera situación estructural, que debería resultar más acusada en la sección en profundidad respecto a la sección en tiempos.

Para simplificar, y como simple título indicativo, hemos considerado una velocidad media de 4.000 metros/segundo, lo que representaría una profundidad de 200 metros por cada cuadrícula. De esta manera la escala vertical resulta ser igual a 1:50.000.

A pesar de las dificultades expresadas, el perfil sísmico nos indica con claridad la marcha estructural de las capas. Desde el punto 2620 al punto 2632 es evidente el monocinal que forma el flanco SO del gran anticlinal de Bilbao, con el progresivo hundimiento de la caliza de Toucasia. Dos roturas importantes, que corresponden a dos fallas reconocidas sobre el terreno, pueden observarse entre los puntos 2632 - 2633 y 2634 - 2635, y otra falla en la proximidad del punto 2637. En el eje del anticlinal, las complicaciones tectónicas que afectan a los tramos aflorantes se reflejan en la escasez de reflexiones en profundidad (punto 2643-2651) quizás debido a la absorción de los impulsos. Finalmente, después de otra falla entre los puntos 2650 - 2651, vuelve la disposición monocinal de las capas con un hundimiento rápido hacia el NE (2651-2654). En profundidad la situación parece ser distinta, ya que se aprecia una evidente discordancia y la subida continua de los tramos inferiores. (¿Jurásico-Triásico?) hacia el Norte.

También resulta interesante la comparación entre las

velocidades medidas en superficie y las formaciones aflorantes. Así podemos ver, empezando por el extremo Sur del perfil, que las areniscas de Valmaseda tienen valores oscilantes entre 3.800 y 4.200 metros/segundo. Estos bajan en correspondencia con la formación de las margas negras, infrayacentes, con valores de 3450 - 3650 m/s.

Valores muy altos se obtienen en la formación de las margas calcáreas tableadas, de espículas (puntos 2627-2631), con 4450-4800 m/s. Vuelve a bajar entre los puntos 2632-2636, donde afloran las margas de Rotalipóridos y la formación inferior de las margas arenosas, con valores de 3.700-4150 m/s. En correspondencia del sector comprendido entre los puntos 2637-2639, donde la caliza de Toucasia está muy próxima de la superficie, los valores son muy altos (4550-4700 m/s) y siguen siendo elevados en toda la formación de las areniscas inferiores (puntos 2640-2650) con un promedio superior a 4500 m/s, alcanzando los 5000 m/s.

#### GRAVIMETRÍA.

El trabajo de gravimetría que vamos a comentar, es una pequeña parte del que la Empresa SEISMOS GmbH de Hannover realizó en 1960-61 para la Cía. Petrolífera Ibérica. Incluimos los mapas de anomalías de Bouguer y de segunda derivada, precisamente de la zona que atraviesa el perfil sísmico que acabamos de estudiar.

En el total del trabajo, que cubre 2390/kms.<sup>2</sup>, el número de medidas realizadas es tal que arroja un promedio de 2,7 estaciones por km.<sup>2</sup>, de manera que, supuestas ordenadas en una rejilla cuadrada, la distancia que media entre ellas es de 613 m.

Las mediciones gravimétricas se han realizado por partes casi iguales empleando los gravímetros Worden nº 411, y nº 95, con dos valores registrados y dos comprobaciones en cada una de las estaciones. En un 32% de las estaciones se han repetido las mediciones, procediendo de la misma manera. El error medio que resulta de las primeras mediciones realizadas independientemente las unas de las otras, y las repeticiones de las mismas, es de 0,019 mgal. Como la exigencia que se considera normal es que el 50% de las diferencias obtenidas en las mediciones dobles no sea superior a 0,04 mgal., resulta en la comparación que más del 77% de los valores de las diferencias registradas están dentro del margen de 0 a 0,04 mgal., con lo que el resultado puede considerarse como muy bueno.

La conexión a la red nacional gravimétrica de España se efectuó con la estación NAPD 692 (Estación de Miranda de Ebro). Según el sistema de Postdam la gravedad absoluta de esta estación es de  $g=980.266,28$  mgal., mientras que en el sistema adoptado, el mismo punto ha obtenido aritméticamente el valor  $g=980.343,00$  mgal.

De esta diferencia resulta que el nivel gravimétrico de este trabajo, definido arbitrariamente, está más alto por 76,72 mgal. que el nivel de la red base española de gravedad, que se refiere a Postdam. Como todos los valores finales representados en los mapas que incluimos se refieren al nivel gravimétrico provisional, para pasarlos al de la red nacional hay que tener en cuenta la corrección de 76,72 mgal, para todos ellos.

De la misma manera que, en lo que hablamos de sísmica, hicimos un resumen de las correcciones que se aplicaban antes de presentar el resultado final del trabajo, haremos ahora al hablar de gravimetría. Cinco son las correcciones que, aunque con desigual importancia, constituyen las bases del cálculo.

La corrección de Bouguer tiene su origen en que, al reducir todos los puntos a un mismo nivel de referencia, hay que tener en cuenta que los puntos de cota más alta, estando más alejados del centro de la Tierra, experimentan una atracción menor que aquellos que están situados a una cota más baja.

Factor Bouguer =  $\Delta H \cdot Bf'' \cdot D$

$\Delta H$ , es la diferencia de altura, que se compone de la altura H del punto menos la altura referida BH.

$Bf''$ , vale -0,04191 mgal. por cada metro de diferencia de altura  $\Delta H$ . D, es la densidad promedio que, para esta zona, se ha calculado en 2,6. Ahora bien, la masa situada entre el nivel de referencia y los puntos considerados también ejerce una atracción sobre éstos de manera que hay que introducir una nueva corrección, de signo contrario a la anterior. A esta se le llamará de "aire libre". De acuerdo con la experiencia de la geofísica aplicada, el valor corriente.

$Ff' = -0,3086$  mgal. por metro=constante está considerado como valor apropiado para  $\frac{dr}{\Delta H}$ . Este, igual que el mismo  $\gamma$ , cambia con las respectivas latitud y altitud.

Normalmente, para la práctica en el campo, se suelen resumir las dos cifras de corrección en una sola. Para ello, al factor aire libre se le suma el factor Bouguer multiplicado por la densidad promedio adoptada:

$$Ff' = 0,30860$$

$$Bf'' \cdot D = 0,10897$$

$Sa = 0,19963$  mgal. por metro=factor de corrección de altitud. Si tomamos en consideración la dependencia de la altitud se llega a las siguientes variaciones de este valor suma:

0 a 100 m. = 0,19962 mgal./m.--- Latitud 42°

0 a 200 m. = 0,19960 mgal./m.--- Latitud 42°

0 a 500 m. = 0,19959 mgal./m.--- Latitud 42°

0 a 1000 m. = 0,19955 mgal./m.--- Latitud 42°

Para la determinación de la gravedad normal  $\gamma$ , dependiente de la latitud se usó la "Gravedad Normal Internacional 1930". La gravedad referida es de 980.389,05 mgal. (latitud referida 42° 20').

La topografía del terreno influye notablemente en las medidas realizadas en una región de relieve tan quebrado, como es la nuestra. Para eliminar las acciones de las masas vecinas a cada estación, se emplea la corrección topográfica.

El "efecto inmediato", es decir, la influencia topográfica dentro de un radio de 100 m. alrededor del punto medio, se localizó en el campo. La influencia del margen entre 100 m. y 20 kms. se determinó usando la araña de 216 secciones circulares para todos los puntos, en lugar de la de 74 o 122, con lo que se obtuvo un cálculo más exacto de la altitud media al reducir el tamaño de las casillas, y se redujo la influencia de cada falta supuesta al contar con una cifra mayor de casillas.

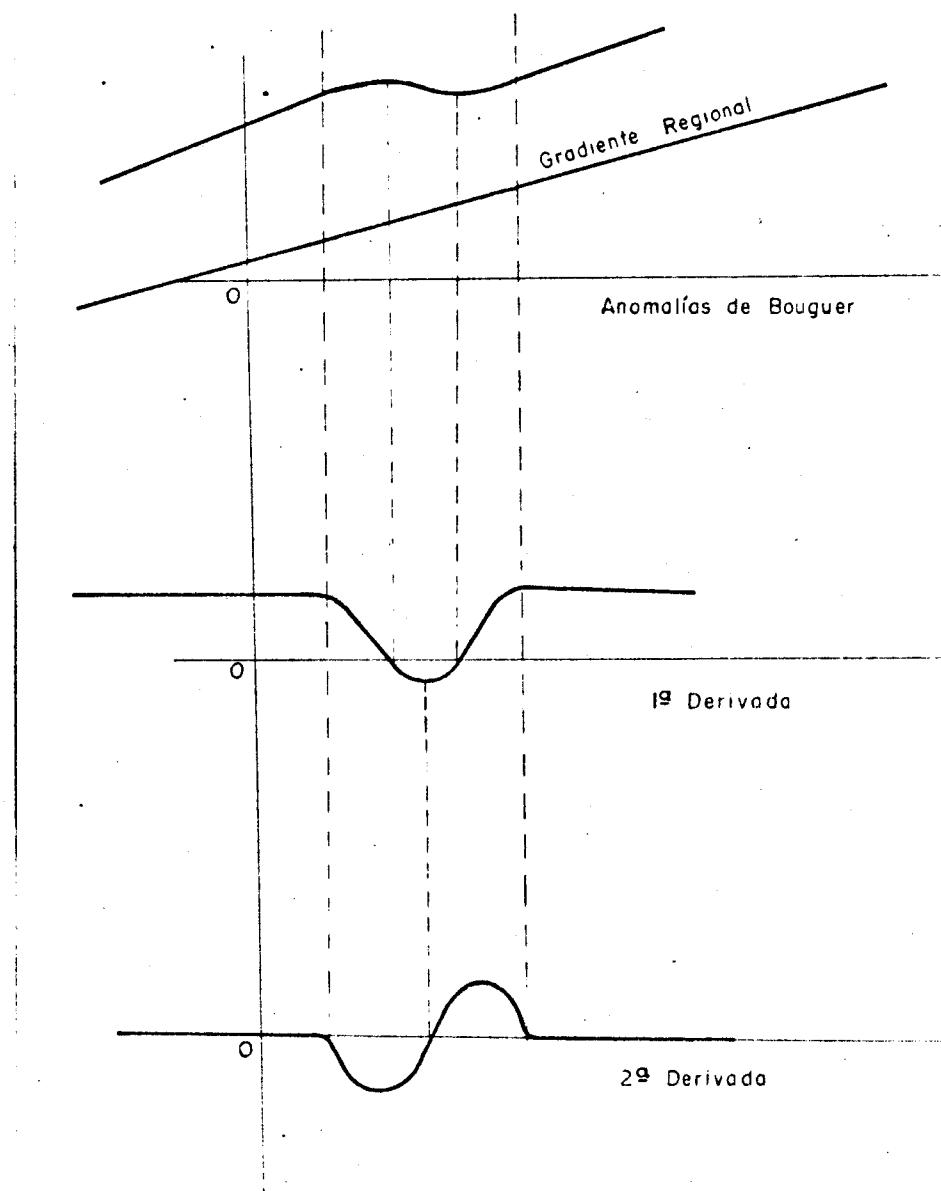
En el caso de las estaciones en la costa, se tomó en consideración la influencia del mar (déficit de las masas de

agua con respecto a la densidad de las rocas=2,6). La influencia del mar se consideró en las estaciones situadas hasta a 10 kms. del litoral.

Con los valores medidos y corregidos se puede ya confeccionar el mapa de anomalías de Bouguer. En este mapa se reflejan, aunque de manera poco clara, los trastornos causantes de las anomalías.

Si ahora quitamos el gradiente regional nos quedará un mapa de gravedad residual debido exclusivamente a los trastornos en profundidad. No disponemos de estos mapas, pero sí de los de segunda derivada en los que se exagera de forma notable los efectos apenas reflejados en el mapa de anomalías de Bouguer.

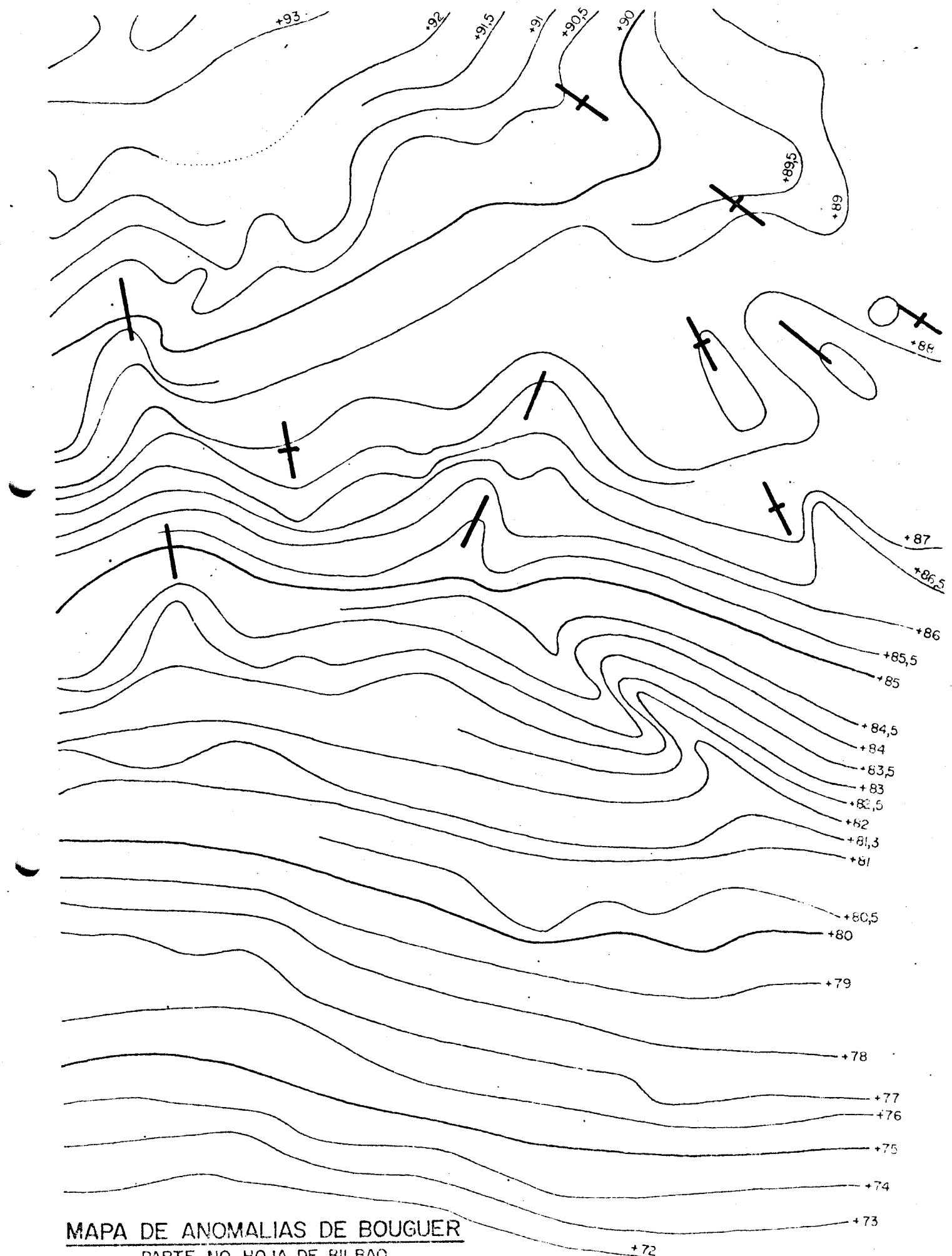
Partiendo de un corte transversal en un mapa de anomalías de Bouguer pasamos a uno de segunda derivada para que quede claro de qué manera se hacen resaltar las anomalías:



Los dos mapas que incluimos representan exactamente la misma área. Esta zona está limitada al Norte y al Oeste de la misma manera que la hoja de Bilbao con la que coincide, al Este según una linea que uniera Gallarta, S. Pedro de Galdames y Güeñes, y al Sur en otra linea coincidente con el curso del río Cadagua a su paso por Güeñes, Zalla y La Herrera. El principal inconveniente con que tropezamos en estos mapas es el escaso número de observaciones por kilómetro cuadrado. Esta densidad, que resulta suficiente para una prospección petrolífera, es realmente pequeña para una investigación como la nuestra.

Aunque la extensión de las masas mineralizadas no es demasiado pequeña, como el contraste de densidades no es grande (el carbonato de hierro tiene poco más de 3, contra el 2,67 de densidad promedio), el efecto causado por estas masas no se refleja claramente en los mapas gravimétricos. A efectos de resaltar lo más posible las anomalías y aprovechando al máximo los valores de que disponíamos, hemos intercalado nuevas líneas entre las de valores enteros que nos daba el mapa de anomalías de Bouguer.

Supongamos, volviendo a la figura anterior, que la anomalia indicada se deba al efecto de una falla. Nos encontramos entonces que en el mapa de la segunda derivada le va a corresponder un paso de valores positivos a negativos.

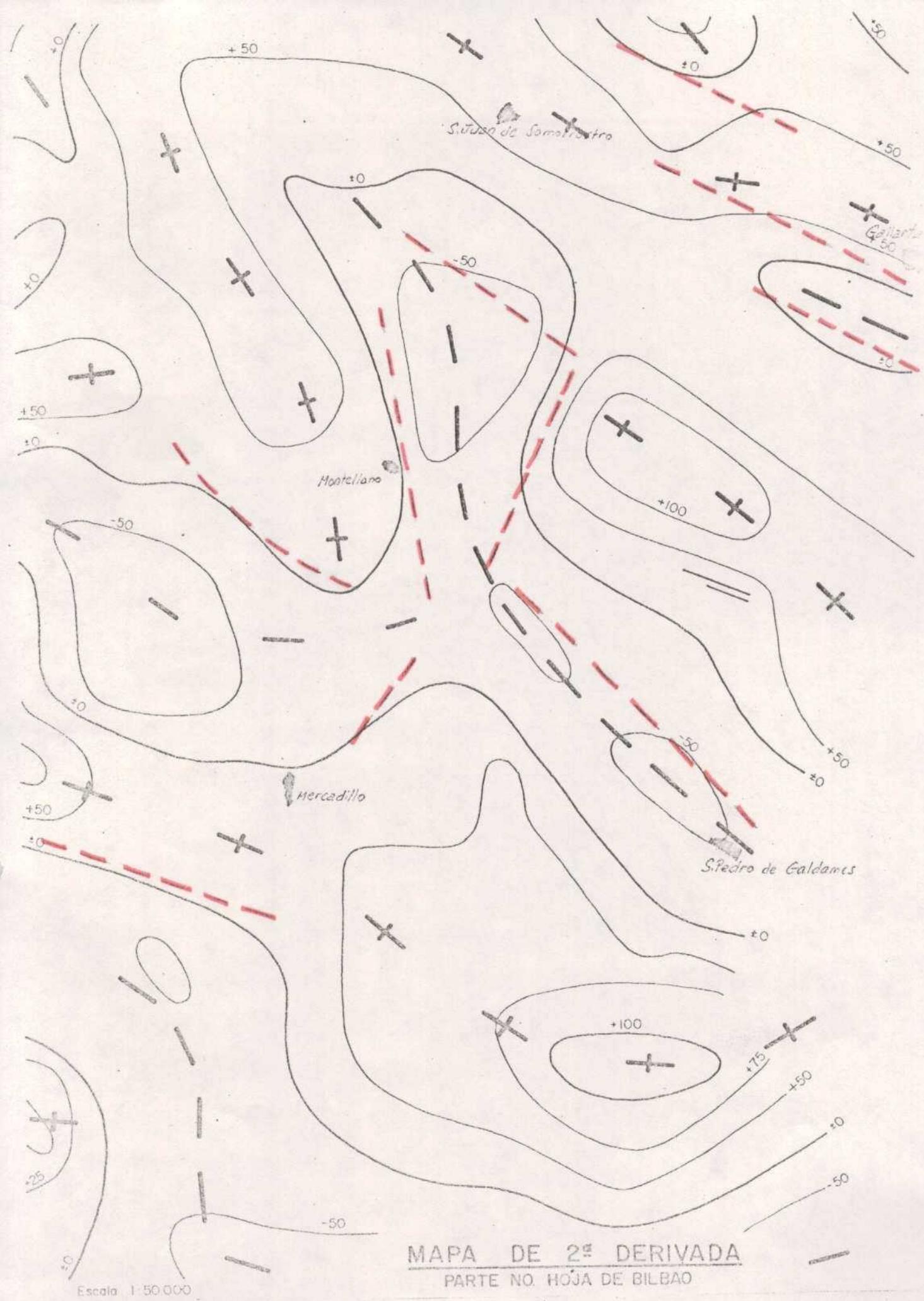


**MAPA DE ANOMALIAS DE BOUGUER**

PARTE NO. HOJA DE BILBAO

+72

Escala 1:50 000



MAPA DE 2<sup>ª</sup> DERIVADA  
PARTE NO. HOJA DE BILBAO

Escala 1:50.000

Con esta idea hemos pasado las fallas más notables de la zona (en color rojo) al mapa de segunda derivada y, fácil es ver cómo las lineas de falla van siempre siguiendo fielmente las proximidades de las lineas que marcan los valores cero, paso de negativos a positivos.

De nuevo la geofísica viene a ratificar nuestras observaciones de campo y estudios de laboratorio, a la vez que sienta bases para que disponiendo de este tipo de mapas, la investigación y cartografía geológica en áreas vecinas se simplifique notablemente y cuente además con bases científicas exactas.

