

05. 78. 20



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



**CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION
PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION
DE YACIMIENTOS URANIFEROS**

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1978

CONFERENCIA IV -3

CNEA - AC - 24/78

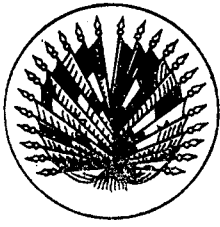
CONTROL GEOLOGICO DE EXPLORACION

1a. PARTE (PERFORACIONES)

C.N.E.A.

Eduardo J. Rodríguez

Mendoza - Octubre 1978



COMISION INTERAMERICANA DE ENERGIA NUCLEAR Y
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA



CURSO LATINOAMERICANO DE CAPACITACION PARA LA PROSPECCION Y EXPLORACION DE YACIMIENTOS URANIFEROS

CONTROL GEOLOGICO DE EXPLORACION

1a. PARTE (PERFORACIONES)

C.N.E.A.

Eduardo J. Rodríguez

I.- INTRODUCCION

La exploración de yacimientos minerales reconoce en las perforaciones un auxiliar imprescindible que puede brindar una información muy eficaz sobre las condiciones cuali-cuantitativas de mineralización en profundidad a un costo que suele resultar inferior al laboreo físico.

Su empleo comienza en la primera etapa de la exploración - en la prospección incluso - y solo concluye cuando se ha alcanzado un completo conocimiento del yacimiento explorado. Es por ello que el control geológico de perforaciones reviste una especial importancia y requiere un adecuado entrenamiento del personal técnico encargado de realizarlo.

En consecuencia podemos clasificar las perforaciones en tres tipos:

- Sondeos geológicos o estructurales
- Sondeos de exploración Minera
- Sondeos de evaluación

A estos tipos deben agregarse los sondeos con fines especiales // de investigación (Recta R/T, ventilación, hidrogeológicos, etc.).

En nuestro lenguaje cotidiano, los argentinos empleamos el vocablo "perforación" como sinónimo de "sondeo" o "pozo", no obstante ser estos términos algo ambiguos ya que cubren diversas operaciones de muy variada magnitud desde un simple barrenado como martillo neumático de pocos centímetros

de alcance, hasta la excavación de piques mineros con las perforadoras a // trépanos múltiples.

En esta exposición solo nos referimos a la práctica de agujeros/ de diámetro externo reducido que se practican con equipos rotativos o percu tantes (cualquiera sea el mecanismo impulsor de la herramienta de corte): / tanto en superficie como en el interior de laboreos subterráneos. Los diámetros mas usados son: NX = 75,7; BX = 60 mm.; AX = 48 mm. y EX = 37,7 mm..

La labor de control geológico de perforaciones de exploración de yacimientos nucleares puede desglosarse en una serie de pasos sucesivos que a continuación se detallan:

- Confección del programa ajustado del pozo.
- Señalamiento del terreno.
- Supervisión del desarrollo.
- Circuito de las muestras.
- Perfilajes.
- Síntesis de la información.
- Interpretación y correlación.

II.- IDEAS GENERALES SOBRE EXPLORACION MEDIANTE SONDEOS

Cuando se comenzó a desarrollar la industria energética basada / en el combustible nuclear, la gran demanda de materia prima originó un /// "boom" en la exploración del uranio, definiéndose metodologías de base para lograr, según Belluco (1)"rapidez de ejecución, confiabilidad de resultados y precios competitivos".

Hasta el presente las perforaciones de pequeño diámetro con perfilaje electrónico, especialmente el registro de rayos gamma, constituyen / las técnicas básicas para lograr dichas metas.

Podríamos aclarar conceptos sobre la aplicación de estos métodos de trabajo si apelamos a una comparación con las prácticas de la medicina./ La atención de un paciente que sufre de una dolencia orgánica interna co-// mienza mediante un exámen clínico que brinda al médico una orientación preliminar sobre el estado del paciente y el tipo y localización de su dolencia. Esto es lo que logra el geólogo con sus trabajos de superficie en referencia a la existencia de un cuerpo mineral subterráneo que puede tener una remota manifestación superficial. Normalmente el próximo paso que daría el/ facultativo sería apelar a técnicas auxiliares como radiografías, análisis clínicos, biopsia, etc. que le permiten lograr en forma incruenta e indirecta el conocimiento apropiado del problema que investiga, antes de una eventual intervención quirúrgica. Esta importantísima etapa es la que cubre la/ técnica de las perforaciones con su correspondiente perfilaje electrónico / antes de los laboreos mineros de profundidad.

Los países mas desarrollados han logrado espectaculares avances en la aplicación optimizada de estos métodos de trabajo, alcanzando cifras/ de millones de metros perforados cada año, adecuándolos para alcanzar las /

condiciones arriba mencionadas: rapidez, confiabilidad y economía de la información.

Así resulta posible expresar el rendimiento de las perforaciones en un país mediante la relación metraje perforado/tonelaje de uranio cubado. Según Belluco (op. cit) en EE.UU. para 1972 la relación sería de 250 // metros por Tn. de U308 y para Francia en el período 1965/70-149 metros de / avance por Tn de U. Para Argentina la relación sería aproximadamente de // 10 metros por Tn. de U308.

Es lógico suponer que a medida que las reservas fácilmente detectables se van agotando y debe investigarse las que cada vez presentan mas / difícil prospección, esta relación se hace cada vez más pobre en rendimiento efectivo.

Sobre técnicas de perforación, rendimientos, costos y filosofía// de programación, no nos corresponde extendernos aquí pues son motivo de /// otros trabajos, pero solamente quisieramos remarcar que la evolución se manifiesta en todo el mundo hacia el logro de gran desarrollo de metraje perforado a costos cada vez menores, tratándose de bajar todo lo posible el costo / de la obtención de la información básica buscada. En este sentido los pozos/ con obtención de cutting llevan una sensible ventaja sobre los testigados y/ finalmente los sondeos destinados a un registro selectivo de fuentes de radiación superan a los dos anteriores.

Es muy conveniente que el responsable de C.G. participe en la // etapa de planificación de los programas de sondeos. Aún cuando ello no ocurra debe tener un cabal conocimiento de los mismos para introducir las variantes que puedan producirse durante el desarrollo de los trabajos para dar // las prioridades de ejecución e interpretar mejor la información obtenida.

Cuando se trata de explorar un nuevo yacimiento cuyos parámetros físicos y químicos no se conocen, resulta condición sine qua non una interpretación adecuada de las condiciones estructurales y la distribución espacial probable o morfología del yacimiento en base a las evidencias superficiales del mismo. Con ello se lograrían mejoras sensibles en el rendimiento de un plan de sondeos.

Tomando algunos ejemplos locales podemos demostrar cómo la interpretación correcta de las condiciones de yacencia del mineral es indispensable para la correcta implantación de los sondeos explorativos.

En las figuras 1A y 1B se presenta el caso de una mineralización // uranífera incluida en cuerpos clásticos irregulares alojados en calizas /// cambro - ordovícicas sub-horizontales, respondiendo a un rellenamiento antiguo (paleozoico) de un relieve kárstico (surcos, dolinas, cavernas).

El estudio superficial de la labor de la Fig. 1A revelaría una /// falla inversa que pone en contacto la caliza con una brecha calcárea de idéntica composición, con mineral de uranio a la vista.

Interpretando en un primer momento la existencia de un contacto / por falla entre ambas rocas ~~con~~ formación de brecha en el labio bajo, se buscó

cortar la fractura a distintas profundidades para constatar su contenido // mineral, que resultó siempre exiguo o nulo.

Una posterior revisión permitió reinterpretar el fenómeno modificando la técnica de exploración mediante cortos sondeos percutantes verticales (Fig. 1B).

Tomemos un ejemplo: manifestación Los Chañares antes y después // de conocido el hábito sedimentario de la mineralización y del hábito de la riolita en la estructura mineralizada de Sierra Pintada de San Rafael, Mendoza.

La figura² muestra lo siguiente: Examen superficial: homoclinal / suavemente buzante al Sur en areniscas pérmicas (Grupo Cochicó) con una // erupción de roca ígnea (riolita) también pérmica. Indicios radiactivos y / mineral amarillo en fisura tanto de la riolita como de la arenisca en inmediaciones del contacto. A cierta distancia de éste al Sur impregnaciones de mineral en areniscas. Alternativas de interpretación: 1) mineralización posiblemente hipógena (hidrotermal) vinculada a un dique o apófisis irregular de riolita, removilizada hacia las areniscas; 2) mineralización descendente sobre ambas rocas con limitada penetración en riolita y arenisca. Finalmente con el avance en el conocimiento geológico del criadero fue posible programar los sondeos A y B en medio de la riolita y los de su flanco // Norte para cortar una mineralización exógena epigénica concordante con las areniscas, previa a la intrusión de un filón capa biselante. (Fig. 3)

Existen muchos otros ejemplos sobre la importancia de una correcta interpretación de los factores de control de la mineralización. Son sobre todo importantes los debidos a estructuras sedimentarias y mixtas (tectónicas). Son los clásicos ejemplos de la mineralización en paleocanales // "breccia pipes", etc., tan difundidos en la literatura mundial.

Otra premisa de importancia que debe cumplirse en la planificación de los sondeos consiste en lograr una previsión lo más ajustada posible del alcance de cada sondeo. Si bien no siempre es posible indicar con cierta exactitud la profundidad de impacto o corte de un nivel mineralizado, el programa de perforaciones debe hacerse de modo tal que cada sondeo esté dentro de la capacidad perforante del equipo previsto para realizarlo, con un razonable margen de error. Con ello se evitan maniobras de recambio de equipos, y la alteración del ritmo de trabajo.

Otro aspecto fundamental de la programación de la exploración // física mediante sondeos es la distribución y equidistancia de los mismos.

Ellos son función de factores complejos que por una parte derivan del modelo metalogénico del criadero (morfología, distribución de tenores, posición en el espacio) y por la otra obedecen a premisas económicas.

Todos ellos deben traducirse en valores críticos debajo de los cuales la exploración solo puede revestir el carácter de investigación // científica. Sobre la base de tales factores la distribución y equidistancia de sondeos de exploración debe ajustarse a un principio general que // brinde:

- a.- Una equidistancia óptima para cada tipo de yacimiento.
- b.- Una distribución regular en redes (ortogonales, rómbicas, poligonales) / que cubran mayor área de información con el menor número de sondeos.
- c.- Un costo de exploración razonablemente bajo.

Del adecuado uso de estas normas dependerá el grado de eficacia del programa.

Considerando el programa de sondeos de exploración en su conjunto, debe evitarse el azar en la implantación del retículo o red elegida, para lo cual debe investigarse previamente la posición del o los niveles mineralizados en el espacio. Los datos de rumbo, buzamiento o inclinación, *pitching*, etc. de los cuerpos (en especial los de tipo tabular, sedimentario o filoniano) deben ser previstos en lo posible para lograr que los impactos se mantengan a través de cada línea de sondeos en una misma cota y / que los perfiles longitudinales no den errores de angularidad con el rumbo del cuerpo investigado, dificultando las correlaciones.

La experiencia acumulada en la investigación de muchos yacimientos en el mundo indica la conveniencia de encarar la exploración mediante programas amplios que comiencen por detectar en un área primero los sectores mas favorables para la existencia de mineralización cuando ésta no se manifieste en superficie, luego, donde hay manifestaciones, las unidades mineralizadas contiguas y despues los límites naturales o geológicos de cada cuerpo mineralizado, en vez de realizar sondeos localizados en la inmediata vecindad de los afloramientos comprobados de los mismos. Una posterior densificación de perforaciones en los lugares mas favorables dará la evaluación individual de los cuerpos localizados.

El procedimiento mas frecuente es la inversión de este orden primario; al conocerse un afloramiento del cuerpo mineral se lo circunda con pozos que buscan una continuidad del fenómeno en cualquier sentido. Esto / suele acarrear después aberraciones en la infraestructura de futuro yacimiento . Los franceses desarrollaron en Africa (Nigeria) programas de 1.600 metros de equidistancia densificada a 800 metros y en los lugares de respuestas positivas mayor densidad (ya dentro de cuerpos minerales).

Cuando se investigan cuerpos tabulares (sedimentarios o filonios) al margen de buscarse la mayor economía del metraje, debe cuidarse que el ángulo de incidencia del pozo sea el mas apropiado (en contrapendiente con la inclinación del cuerpo) y lo mas proximo posible a la perpendicular con el rumbo del eje mayor del cuerpo, evitando distorsiones en la información (producto de un alabeo exagerado) o alejamiento e incluso pérdida del impacto, derivados de un cambio de inclinación o rumbo de la veta y/o desviación del sondeo. (Ver fig.1G).

Otro factor a tenerse en cuenta es el ángulo de inclinación de los pozos, pues el rendimiento de avances es mayor cuanto más se aproxima a la vertical. Los sondeos que se orientan con valores próximos a la horizontal acarrearán dificultades operativas, desviaciones, etc., tanto más cuando se deben hacer tiros por encima del horizonte, a veces inevitables

en perforaciones de fondo.

III.- DIAGRAMACION DEL PROGRAMA DE SONDEOS

Todo programa de perforaciones debe incluir un plano con el trazado del reticulado, distribución y orden de prioridad de los pozos. Además será acompañado con perfiles de previsión, como el de la Fig. 5, indicativos del desarrollo previsto de cada sondeo o grupo de sondeos de idénticas condiciones de implantación e impacto a lo largo de una misma línea.

El estudio geológico preliminar debe proveer premisas básicas // para un plan de exploración mediante sondeo:

- a.- Bases geológicas de superficie (planimetría y perfiles)
- b.- Bases topográficas (cotas)
- c.- Interpretación de la geología del uranio (tipo morfogenético de los cuerpos, posible propagación bajo cubierta, etc).

Sobre estas bases se comienza por diseñar una red de coordenadas provisionales o retículo de sondeos con un punto de intersección materializado por un hito sólidamente implantado (mojón de cemento, caño de hierro, etc.) de modo tal que todo posible cuerpo mineralizado a explorar quede en un cuadrante de valores positivos. (Ver Fig.4,) 6 A y 6 B).

El retículo se orientará teniendo en cuenta el rumbo y buzamiento general de los cuerpos mineralizados (para el caso de cuerpos tabulares), de modo que las líneas longitudinales y transversales (en el diagrama de retículo ortogonal) coincidan con el rumbo y buzamiento del o los cuerpos a explorar.

Lógicamente, cuando se produzcan cambios de orientación de los niveles mineralizados será necesario modificar la orientación del retículo pudiendo resultar algunas líneas convergentes en el punto de unión de ambos trazados (Fig.6 B). En este caso conviene considerar cada retículo como una unidad o sector. (Sector 1,2,3,etc.).

De acuerdo a lo que muestra la Fig.6 A y teniendo en cuenta que la falla de la izquierda determina el límite posible del paquete portador y que los cuerpos detectados o inferidos aflorarían hacia el N. dentro del cuadrante inferior derecho, todos los sondeos previsibles quedarán dentro de un cuadrante que se considerará de signo positivo (en la Fig. cuadrante inferior derecho). Las líneas longitudinales o de rumbo pueden denominarse con las letras del abecedario (mayúsculas), positivas (en oposición a las que pudieran trazarse sobre el cuadrante superior que serían negativas).

Puede designarse a la primera línea con la letra A para continuar en el orden preestablecido (B,C,D, etc.).

Las líneas transversales o de buzamiento se denominarán con números preferentemente romanos respetando la misma convención de signos que las anteriores (positivos a la derecha y negativos a la izquierda de la

línea vertical que pasa por el hito o punto fundamental). La primera línea puede ser I o bien 0 (cero).

En la Fig. 6 A se han representado los sondeos A/1; A/3 y A/5; B/2; B/4 y B/6; C/1; C/3 y C/5; D/2; D/4 y D/6.

Mediante esta notación la ubicación de cada sondeo puede registrarse con coordenadas arbitrarias facilitando un rápido intercambio de información con los centros distantes.

En caso de densificación de líneas puede apelarse a los términos "intermedio", "bis", "prima", "segunda", etc., utilizando las mismas letras y números de las líneas principales. A falta de coordenadas más precisas // los sondeos pueden ser identificados con la distancia en metros que los separan de la ordenada y abscisa más próximas. Por ej.: A + 5/III + 10.

Esto ubica al punto señalado con X en la Fig. 6 A ubicada 5 metros al ^E de línea A y 10 metros al Sur de Línea-III.

Un cuidado que debe tenerse en cuenta en la notación consiste en no emplear guiones para separar la referencia de una línea vertical (ordenada) de la horizontal (abscisa) que deberá llevar una barra (/). Por ejemplo: A-3-11-15 (incorrecto). Debe escribirse A+3/II + 15 ó A 3/II, 15.

Asimismo se debe indicar la distancia de los sondeos a las líneas en sentidos positivos o de progresión. Por ejemplo: C + 15 m. y no D-35 m. / en una malla de 50 metros, para designar un sondeo ubicado entre las líneas transversales C y D a 15 m. de la primera y 35 de la segunda.

En el programa deberá señalarse el orden de ejecución de los trabajos mediante los números ordinales correspondientes. (Fig. 6 A)

Este tipo de diagramación puede ser sustituido por otros, pues // su descripción aquí solo tiene por objeto señalar un método de trabajo que // en nuestro país ha demostrado sus ventajas.

Quando se trata de iniciar un programa de este tipo en zonas alejadas de los centros directivos, con comunicaciones deficientes, resulta indispensable que la marcha de los trabajos sea perfectamente conocida y supervisada por aquellos parti-passu con los avances. Un ordenamiento del tipo descrito facilita el desarrollo, más aún, cuando se producen los inevitables relevos en el personal técnico afectado a dichas tareas. Como se verá // mas adelante, la información eventual o periódica procedente de los operativos de campaña puede ser de inmediato registrada en los paneles de la oficina técnica pertinente.

Debe dejarse en claro también que cuando se trata de una exploración de gran alcance areal y se cuenta con coordenadas locales resulta más // simple la identificación de los sondeos mediante este sistema.

Como cada sondeo lleva su correspondiente planilla técnica, en cada programa de perforaciones habrá una carpeta donde se archivan estas planillas. En consecuencia cada pozo llevará un número de orden (arábigo) que facilita la rápida ubicación de un sondeo buscado en cada carpeta donde las //

planillas están ordenadas por orden numérico.

En el caso de programas de exploración con sondeos internos (de fondo) el sistema de notación resulta menos simple, pues debe incluir la designación de las labores donde se emplaza el equipo perforador y el detalle de cada sondeo, que en la práctica se inicia desde emplazamientos comunes // (pantallas o abanicos de sondeos). (Ver Fig.7).

Si la nomenclatura del laboreo minero está debidamente sistematizada el único problema radica en la notación que deberá hacerse desde un emplazamiento determinado (Progresiva 150 Cortavetas Norte, Nivel - 40 metros/ Pique Principal). La identificación de cada sondeo puede hacerse mediante la mención de: rumbo, inclinación (a partir de la vertical - ver página 11) y / cota o nivel del impacto sobre el banco o veta mineralizada. En este caso resulta imprescindible una adecuada diagramación del programa con la presentación de los sondeos en planta y perfil y su orden de prioridad. (Ver Fig.7)

Para este tipo de exploración debe tenerse muy especialmente en cuenta lo dicho en los párrafos iniciales de esta exposición en cuanto a la economía del metraje, ángulos de incidencia y los problemas geométricos que es menester considerar en el planteo.

En general es muy necesario para el encargado del control geológico un adecuado conocimiento de los problemas geométricos y trigonométricos // que se desarrollan en casi todos los tratados de geología práctica. (Lahee / (6) y otros).

Resulta particularmente útil en estos casos el empleo del Abaco // de Wolf para resoluciones rápidas de problemas tales como determinación de rumbo y buzamientos de niveles alcanzados mediante dos sondeos iniciales para calcular los restantes; calcular la intercepción de dos o tres planos en profundidad, etc..

Otros métodos de resolución gráfica de problemas trigonométricos muy interesantes pueden verse en Bonnet y Sarcia (3), Ray Knutson (5) y L. Caridu y Bonnet (4).

IV.- CONTROL GEOLOGICO DE OPERACION

IV.1.- Confeción del programa ajustado de pozo

El plan general de perforación tiene, como es lógico, un carácter estimativo y es común que deba sufrir variantes durante su aplicación.

Así puede ocurrir que la implantación de un sondeo deba ser modificada por causas de un relieve desfavorable, por existencia de impedimentos de distinto tipo (frecuentes en los sondeos de fondo) o simplemente porque / el replanteo sobre el terreno indica errores de previsión.

Por otra parte el geólogo encargado del control geológico debe / ir adecuando el programa general a los resultados que va obteniendo con el avance, debiendo aplicar su criterio personal para suprimir o intercalar // sondeos, ampliar o restringir el alcance en profundidad, etc..

Por tal motivo debe elaborar personalmente un "programa de pozo" que será el definitivo - siempre y cuando no surjan novedades durante la // ejecución que justifiquen su modificación - y el cual será entregado por escrito y acompañado de un perfil gráfico explicativo al Jefe de sondeos, a // quién además se le señalará personalmente el emplazamiento de cada perforación. Dicho "programa de pozo" puede ser estandarizado en forma de ficha // que contenga en forma sucinta los elementos antes mencionados. La Fig.7 presenta un modelo tentativo de ficha.

IV.2.- Señalamiento

Una vez en posesión del plan a ejecutar, el C.G. procederá al señalamiento de los sondeos, presentándose dos casos diferentes, según se trate de pozos de superficie o de fondo.

IV.2.1.- Sondeos de superficie

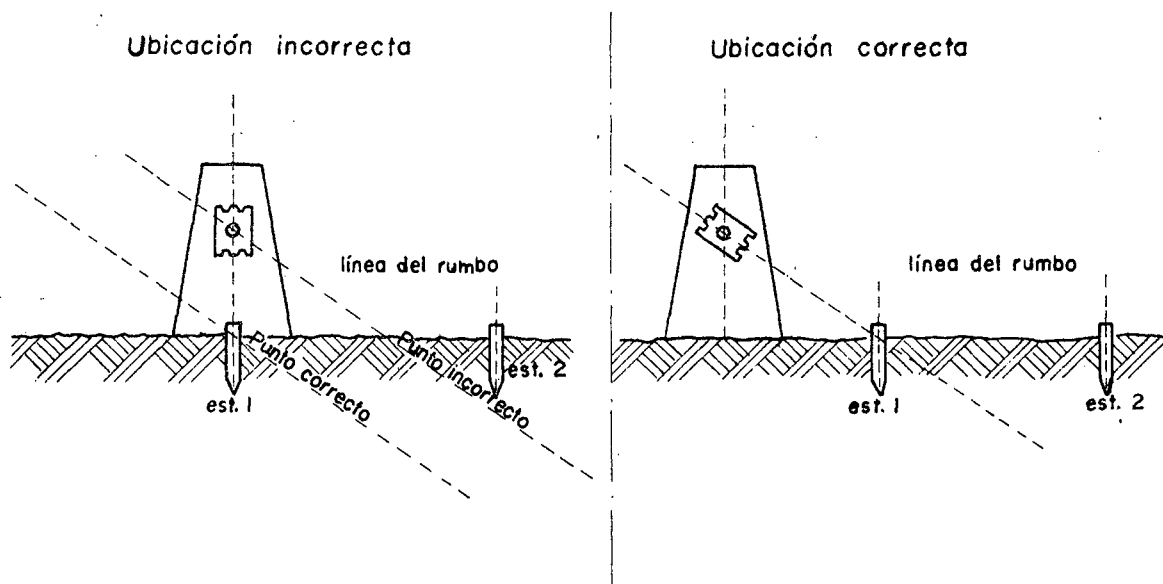
Se ubicará en primer término el punto fundamental del retículo // mediante un mojón de hormigón con la indicación del mismo (por ejemplo Sector 1, esquinero N-E). Se vincula con los puntos topográficos existentes // (red de triangulación en la mayoría de los casos o puntos de referencia de levantamientos mineros locales) y se orientan las dos direcciones perpendiculares.

Resulta ideal delimitar el alcance del reticulado mediante, por // lo menos dos esquineros más, para facilitar el replanteo de los pozos perforados que puedan ser revisados eventualmente o para marcar nuevas ubicaciones.

El señalamiento de los pozos a realizar se hará luego con el instrumento topográfico más adecuado, cuidando de dejar señales fijas y visibles // para evitar pérdidas de tiempo en su posterior búsqueda. Queda, en el caso de sondeos verticales, así marcado el punto de emboquilladura del pozo, con coordenadas y cotas provisionales.

Conviene adoptar la norma de tomar, para el señalamiento de nuevos sondeos, el punto de referencia dado por los mojones y líneas de partida y no apoyarse nunca en los ya ejecutados, por cuanto éstos suelen estar desplazados del lugar previsto. Por esta misma causa resulta ineludible un replanteo final de los sondeos, una vez ejecutados, para acordarles ubicación y cotas definitivas.

Para los pozos inclinados (tanto de superficie como interiores) // el C.G. deberá verificar que el perforista respete dicho "punto de emboquilladura", pues puede tomar erróneamente dicho punto como centro de ubicación del cabezal, lo que acarreará un error de posición de la emboquilladura (Ver Fig. siguiente). Para los pozos inclinados el rumbo del eje del sondeo debe quedar claramente marcado en el terreno (línea estaca 1-2).



El modo de operar en superficie para un pozo inclinado será el / siguiente:

- a.- C.G. entrega el terreno con los puntos 1 y 2 estaqueados y la planilla / de "Programa de Pozo" que contiene el valor de rumbo e inclinación previstos.
- b.- El perforista maniobrará moviendo el equipo en su emplazamiento hasta / que el cabezal adquiriera la posición e inclinación correctas para que la herramienta incida en el punto 1 con el ángulo correcto.

IV.2.2.- Sondeos de fondo

El encargado de control geológico deberá marcar el punto de em- / plazamiento del equipo perforador en la labor que corresponda, debiendo pre- / venir las necesidades de desguinches; circulación del material y personal // minero; las fuentes de alimentación de aire o energía; etc.. Además debe // convenir de antemano con el ingeniero de minas, el programa de actividades / para un normal abastecimiento de aire o energía eléctrica, turnos de extrac- / ción, de desagote, de voladuras, etc..

En general suele resultar indispensable realizar un recorte o ni- / cho al costado de una labor minera para emplazar convenientemente el equipo.

El geólogo conoce la importancia de una exacta orientación del / tiro perforante, según lo expuesto en IV.2.1. La experiencia demuestra que / cuando se trata de sondeos orientados en forma alabeada con respecto al pla- / no de la veta o cuerpo mineral debe intervenir personalmente en el posicio- / nado del equipo perforador. Para ello cuenta con diversos elementos mecáni- / cos destinados a la medición de la inclinación (clinómetros a burbuja, a // plomada, etc.). Incluso en muchos equipos mineros vienen ya diseñados los /

clinómetros sobre la misma estructura.

Para el caso en que no se cuente con ellos puede apelarse al sencillo instrumento de la Fig. 8 adaptable a cualquier equipo convencional.

En él estarán marcados dos semicírculos de 0° a 180° con el 0° en el extremo inferior. Esto significa que a un sondeo vertical le corresponde 0° de inclinación; a uno horizontal 90° .

El problema que se presenta al C.G. en la ubicación de un sondeo interno puede sintetizarse en los siguientes pasos:

1.- Recibe un programa que contiene un perfil gráfico (Fig. 7 y 9) y los datos / numéricos donde se incluye la posición teórica de los elementos básicos:

F: Formación o estructura geológica con la prevista ubicación de los /// cuerpos minerales M y ML.

L: Labor principal de acceso para la perforación con su progresiva Pr y su cota de piso o techo.

S1-S2: Líneas que representan la posición de los ejes de sondeos. En este perfil: B y Bl son los puntos de emboquilladura estimados Z y Zl / son los puntos de impacto en cuerpo mineral (punto medio de cualquier segmento de perforación entre techo y piso o entre laterales de un // cuerpo mineralizado y C-Cl indican la profundidad final prevista para cada pozo. Los puntos Z y Zl son invariables y fundamentales del programa.

2.- Con esta base el geólogo debe determinar y señalar en el terreno la posición del punto real de emboquilladura y el azimut del eje del sondeo para // llegar a los puntos Z o Zl buscados. Debe tenerse en cuenta que (la inclinación se determina después de instalado el equipo, ver página 12) los puntos B y Bl del programa son solo estimativos debido a que generalmente se calculan y ubican en una escala en la cual el muro de la labor es una línea recta teórica. En realidad el punto B puede estar en la posición Bl o B2 y B' en / Bl' o B2' (Fig. 10) según la irregularidades del trazo de la labor. Generalmente por razones de mejor incidencia sobre el cuerpo mineral y por necesidad / de dejar libre la circulación en la galería principal los puntos B y Bl deben desplazarse hacia la derecha del dibujo mediante desquinche o ensanche // de la labor (a veces se los traslada varios metros mediante una estocada).

De acuerdo con los datos básicos del programa, la ubicación en el terreno de los puntos B y Bl puede hacerse con los siguientes parámetros /// (Fig. 9; B)

Pr = Progresiva de la labor principal.

h y h' = Alturas del punto de emboquilladura (cota del punto B o Bl).

r = Angulo de S1 o S2 con el eje de la labor (o azimut de cada sondeo).

d y d' = Distancias desde el eje de la galería hasta los puntos teóricos B y Bl. Según las distancias d y d' previstas en el proyecto, si los // puntos de emboquillado cayeran en Bl o B2 (o Bl' - B2') en vez de /

en B o B1, para mantener los puntos de impacto en Z o Z1 será necesario modificar ya sea el ángulo de inclinación de los ejes S1 o S2 o bien las alturas h y h' de los puntos de emboquilladura. Muchas veces, por razones técnicas, debe optarse por modificar éstas últimas.

Para evitar largas explicaciones representamos gráficamente el problema con la Fig (10):

CASO I	{	el punto B cae sobre B1 : para alcanzar Z debe pasar a D
		el " B' " " B1' : " " " Z' " " " E
CASO II	{	el " B " " B2 : " " " Z " " " G
		el " B' " " B2' : " " " Z' " " " H

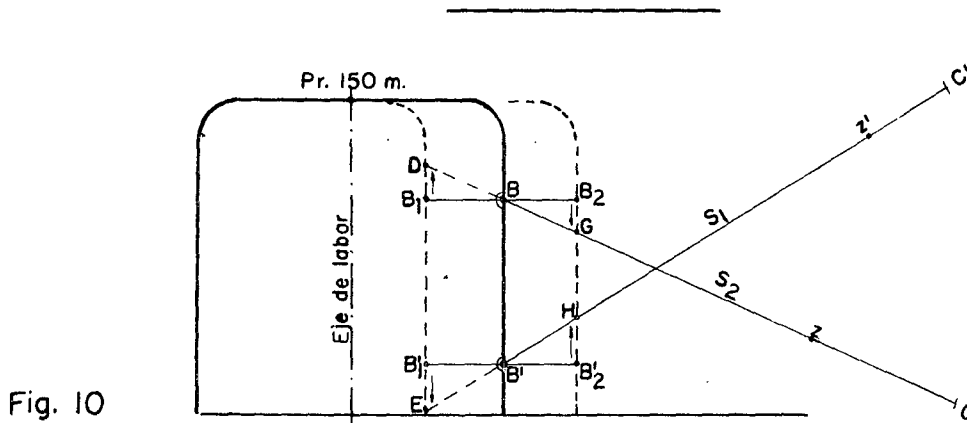


Fig. 10

En el caso de un pozo inclinado hacia abajo (tomaremos solamente S2) con el avance del nicho hacia la derecha este punto B irá automáticamente descendiendo hasta el punto ideal que puede ser X sin variar la inclinación prevista del eje B C. (Fig. 9 B)

En la práctica el encargado de C.G. ubica en la galería los puntos extremos del segmento AB (ó ABL ó AB2, según corresponda) mediante el // teodolito y procede a calcular el avance necesario del nicho de manera que con el mínimo trabajo el equipo perforador sea ubicado en el lugar conveniente para penetrar en el punto X. (Es decir del estado de Fig.9 B debe pasar al estado de Fig. 9 B).

Como al arrancar el muro desaparece el punto B (ó B1 ó B2), habiendo marcado previamente el punto A en el muro opuesto o techo de la galería resulta fácil luego señalar el punto de emboquilladura real (X) con el // teodolito, fijando el ángulo vertical y el azimut con vista a A y luego invirtiendo el anteojó apuntado a X donde clavará una señal.

El criterio para ubicar el punto óptimo de emboquilladura X debe tener como base las siguientes premisas:

- a.- la longitud del espacio entre A y X que debe ser suficiente para maniobrar con las barras de sondeo.
- b.- las dimensiones en alto, ancho y profundidad del equipo de perforaciones

y accesorios, según las distintas posiciones que ocupará para ejecutar una pantalla de sondeos.

e.- la necesidad de espacio libre de circulación en la labor principal L.

El señalamiento previo y la verificación de emplazamiento son // tareas inexcusables del responsable del control geológico.

IV.3.- Supervisión del desarrollo

Este aspecto del control geológico es el que menos puede generalizarse debido a la gran variedad de condiciones que habrán de presentarse según sea el lugar de los trabajos, la organización montada, instalaciones, // magnitud de las tareas (cantidad de equipo y personal auxiliar), tipo de maquinaria empleada, etc..

Las tareas de control geológico pueden ser bien definidas si se las separa de las que corresponden a la dirección técnica de perforaciones. En los pequeños operativos y en las etapas iniciales de este tipo de trabajo en nuestros países, una misma persona, generalmente el geólogo o técnico minero encargado del C.G. debe atender también el funcionamiento de los equipos (control de herramientas diamantadas, personal, etc.). Dejando de lado // este tipo de actividad, que no entra en el ámbito de esta exposición, nuestra experiencia puede aportar algunos consejos útiles para los recién iniciados sinpretender que éstos resuman una técnica perfeccionada sobre dicha actividad.

- Antes de iniciar ningún sondeo debe revisarse personalmente el emplazamiento definitivo del equipo, luego de haberse cumplido las condiciones previas ya detalladas (señalamiento, entrega del "Programa de sondeo" al perforista).
- Seguir cerca las maniobras especiales ordenadas (por ej. testigado). Debe hacerse de vez en cuando una verificación de profundidad, haciendo bajar la herramienta hasta tocar fondo. Muchas veces por descuido o falta de // idoneidad los perforistas cometen errores en este sentido.
- Controlar de cerca la toma de muestra (cutting) y su manipuleo en el pozo (ver circuito de las muestras). Cuando se perfora con inyección debe controlarse especialmente que ésta se mantenga en condiciones preestablecidas pues de ello depende la calidad de la muestra. Asimismo cuando se perfora con trépano debe vigilarse el grado de desgaste de la herramienta // pues cuando ésta se encuentra muy embotada, desmejora el tamaño y calidad de las esquirlas del cutting.
- Recepcionar y retirar inmediatamente las muestras que se van obteniendo // evitando que se acumulen en la boca del pozo sin embolsar (es frecuente // que el viento, lluvia o cualquier accidente mecánico - caída de materiales, volcado de tanques de inyección, etc. - malogren las muestras depositadas en las inmediaciones).
- Conviene en consecuencia proveerse de suficiente cantidad de bandejas, //

cucharas, secadores, cuarteadores, terjetas, bolsitas, tec., para evitar congestión en el área del sondeo.

- El Encargado de C.G. debe contar en su gabinete de trabajo con la planimetría e información de todo tipo que le permita el volcado inmediato de los datos que va obteniendo de los pozos en ejecución, haciendo sus correlaciones de modo que pueda variar sobre la marcha el programa si resultara necesario. Puede ahorrarse así muchos metros de testigado al definir con más precisión la posición de un nivel de interés. Asimismo puede determinar con seguridad la profundidad en que el sondeo debe darse por finalizado. Una tendencia frecuente y negativa de los encargados de control geológico es la de ceñir demasiado los alcances de las carreras de testigado cuando la experiencia les va otorgando confianza en sus deducciones. Lo mismo puede decirse con respecto a la profundidad final de cada pozo. En este sentido debe obrarse con un razonable margen de seguridad para evitarse pérdida de testigado en niveles de interés y maniobras engorrosas para la reanudación de pozos aparentemente finalizados (en // nuestro léxico operativo "pozos colgados").
- El encargado de C.G. deberá en lo posible distribuir su actividad de modo tal que pueda resolver con premura los requerimientos del programa para evitar paralizaciones y pérdidas de tiempo. Esto suele ocurrir cuando se está perforando con trépano y se intercala una carrera de corona quedando el perforista a la espera de la inspección y consiguiente orden de continuar con una u otra herramienta; cuando el encargado del sondeo avisa haber llegado al pase de terreno que indica el comienzo o final del testigado o cuando se ha terminado de preparar el sondeo para el radio-sondaje. Una buena previsión del tiempo requerido para cada maniobra es // importante para la economía del trabajo.

IV.4.- Circuito de las muestras

De acuerdo a lo ya expresado (pag. 1) según sea el carácter del programa de perforaciones (investigación geológica, exploración minera, evaluación, etc.) el muestreo reviste una importancia diferente. En la mayoría de los casos la muestra es un objetivo fundamental de una perforación que debe cumplir al menos los siguientes requisitos:

a.- Optimización en la OBTENCIÓN DE LA MUESTRA. En el caso del detrito (esquirlas de terreno arrancadas por una herramienta rotativa o percutante o mixta extraída por un fluido que puede ser aire, agua limpia o con lodos - "inyección" - se logra mediante un celoso control del Circuito interno /// (arranque y transporte hasta la boca del pozo) y del Circuito externo (recepción en canaleta, lavado, secado, cuarteo, embolsado, rotulación, etc.)// hasta que llega a la mesa de trabajo del C.G.. Dadas las diferencias existentes entre los detritos aportados por líquidos o por aire, distinguiremos a // los primeros como "cutting" y a los segundos como "polvos" o "molidos". En el caso de testigos obtenidos por distintos tipos de herramientas (coronas / y sacatestigos de diferentes características) se debe vigilar el manipuleo / de superficie para evitar errores.

b.- Correcto **ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS**, según se detalla en los párrafos siguientes.

c.- Un **REGISTRO DE LA INFORMACION**, normalizado, claro, conciso y objetivo / (planillas técnicas, descripciones petrográficas y mineralógicas, radimetría, etc.).

IV.4.1.- Obtención de la muestra

La frecuencia de la toma de muestras está determinada por la necesidad de conocimiento que se tenga del terreno a atravesar y de la mineralización que eventualmente se encuentre, por lo que no es posible establecer una frecuencia normalizada. Es obvio que en pozos de exploración geológica, generalmente profundos, en los cuales la maniobra de extracción de muestras del detrito o testigado resulta costosa, la frecuencia es la mínima compatible con la necesidad de información, tratándose de identificar solamente las unidades estratigráficas con un margen de error que puede admitirse en el orden de 5 a 10 metros en los pases.

En el otro extremo, los pozos de exploración minera de un cuerpo mineralizado requiere una información mas detallada, pudiéndose establecer frecuencias de muestreos de 2; 1; 0,50 metros para el detrito. Cuando se trata de pozos evaluativos en un cuerpo mineral puede existir una frecuencia mas pequeña, especialmente si se trata de recuperación de polvos de extracción a aire (0,25, 0,20, 0,10).

Al margen de estas consideraciones hay casos en que en un programa de investigación geológica pueda resultar necesario ordenar en algunos pozos estratégicos un buen registro litológico con testigado total o parcial o bien recuperación de detritos mas frecuentes que en el caso general antes anunciado.

a.- Cutting:

1. Circuito interno:

Para optimizar la calidad de un cutting, fuera de los principios y normas generales que a continuación se mencionan, se requiere una fuerte dosis de experiencia e ingenio personal para cada tipo de área geológica que se esté explorando, lo que se traduce en un hábito de estrecha vigilancia de la marcha del sondeo, siendo muchas veces necesaria la afectación de idóneos "cutteros".

Siguiendo las pautas adoptadas por la división pertinente de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina y de acuerdo a normas de diferente origen Schlumberger (2) Navarra (8), Y.P.F.(11), etc. aconsejamos:

1.a. Control de la inyección:

Para que las partículas de roca triturada sean transportadas en la mejor forma hacia superficie, evitando la recirculación y mezcla en la columna del sondeo, es fundamental el control de las propiedades físicas del lodo de inyección:

Densidad: no debe ser inferior a 1,2 (control con balanza de Baroïd).

Viscosidad: no menor de 40 seg. March (control con embudo de March).

Contenido de agua libre: no más del 7 % (filtro-prensa de Baroïd).

Contenido de arena y limo de impurezas no más del 2 % (control con eluviómetro)

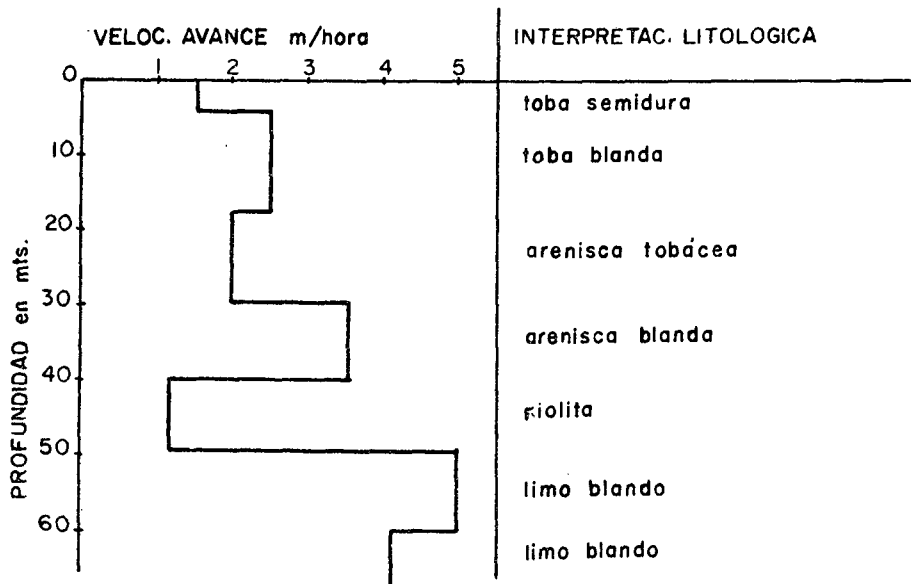
Fuera de los efectos de flotación que debe ejercer una buena inyección, está el de formar una costra en las paredes que impidan los desmoronamientos que producen interferencias en la muestra al mezclarse con el producto del fondo. En nuestro país el lodo más empleado es la bentonita a la cual se le agregan aditamentos destinados a mejorar las condiciones físicas antes indicadas. Este tipo de arcillas tiene una propiedad (tixotropía) muy importante que impide la caída y acumulación del detrito circulante cuando se paraliza la inyección, el que queda aprisionado en el gel formado cuando entra en reposo.

1.b. Control del error de profundidad:

En pozos muy profundos (varios centenares a miles de metros) se produce una diferencia entre la profundidad que registra el pozo (medida sobre las barras) y la profundidad de la muestra tomada en el mismo momento. Este desfase depende del juego de dos variables: la velocidad de avance del trépano y la velocidad de circulación de la inyección.

La velocidad de avance del trépano (CRONOMETRAJE DEL POZO) es fácil de controlar y tiene además una importante aplicación en la interpretación litológica, pues cada unidad lítica o formación otorga un rendimiento diferente de avance, lo que permite ajustar, en cotejo con otros registros, la profundidad de los pases de unidades estratigráficas. El más simple modelo de planilla de cronometraje es presentado en el siguiente detalle:

CRONOMETRAJE



Para calcular la velocidad de la inyección se emplean ábacos o / bien una especie de regla de cálculo (Calculador hidráulico - Ver fig. 10 y 11). Esta velocidad es función de caudal y diámetro de las barras y abertura de corte y debe mantenerse por encima de 0,5 m. por segundo en los equipos perforadores comúnmente utilizados.

Otros factores como la pérdida por fracturas, cambios en la calidad de la inyección, maniobras, etc., pueden contribuir a este error. Como / dato ilustrativo indicaremos que a 2.200 m. de profundidad una partícula de / cutting puede tardar media hora en llegar a superficie.

Como es poco frecuente que las perforaciones de exploración uranífera alcancen profundidades suficientes como para hacer muy sensible este // error solo mencionaremos que el mismo puede controlarse mediante una planilla de tiempos en la que figura, la hora en que la herramienta se encuentra a una profundidad dada; el período de registro o control; tiempo de ascenso según la velocidad de inyección y hora de toma de muestra.

2. Circuito externo:

Desde su salida del caño guía del pozo el detrito pasa al circuito externo y debe ser recogido para su posterior manipuleo. Como son muchos / los dispositivos ideados para este fin, solo mencionaremos algunas características básicas del proceso:

La inyección con el detrito sale del pozo a excesiva velocidad y por lo tanto debe atenuarse la misma y hacerla pasar por un tamiz o zaranda (que puede ser vibratoria) donde irá a depositar todo el material grueso y // mediano. En recipientes de decantación se deposita el material fino (arena fina, limo, arcilla, etc.). Ahora bien ¿ cuál es el material que interesa / al C.G.? en realidad tanto el fino como el grueso (hasta cierto tamaño máximo), pero si tenemos en cuenta que la herramienta trabaja sobre horizontes litificados (roca) y no en terreno suelto (este por lo general no presenta interés pues se trata de una cubierta cuartaria) aún cuando se trate / de un horizonte de material granulométricamente fino (limo, arcilla, etc.) / el detrito estará compuesto de esquirlas escamosas que mantienen cierto tamaño mínimo. En consecuencia el material fino de los decantadores no es el / fidedigno representante del horizonte que se atraviesa. No obstante ello, / siempre se lo observa y controla para conocer su cantidad relativa y composición, según veremos más adelante.

El primer cuidado del C.G. radica en evitar que las mezclas que / no se produjeron en el circuito interno merced a un cuidadoso trabajo, no / se produzcan en superficie por negligencia. Debe vigilarse atentamente la / cantidad de cutting que sale y se acumula en la zaranda, debe evitarse la / intercalación de grandes recipientes de decantación antes del tamiz recolector y debe vigilarse el total vaciado y limpieza de la criba luego de cada / muestreo. Esta tarea, que comunmente la realiza el obrero ayudante de perforación puede enturbiar grandemente la claridad de un buen cutting. No debe / olvidarse jamás la necesaria instrucción del personal de perforación sobre / la importancia del muestreo, pues para la generalidad de los perforistas lo

que importa es el rendimiento de avance y la obtención de un "agujero" aceptable en el menor tiempo posible.

El operador vaciará de tanto en tanto el recolector en algunas bandejas metálicas que a la vez le pueden servir para secar la muestra al fuego, previo lavado con agua limpia para extraer de ella el lodo adherido por la // inyección.

Durante el lavado se podrá observar que aparecen trozos de tamaño / muy grande en relación al tamaño medio del detrito, que probablemente son desprendidos de las paredes del pozo por derrumbe. Como han sido segregados por / el líquido y no por corte de trépano no presentan aristas y pueden aparecer / subredondeados. Cuando esto ocurre se seca lo suficiente la muestra y se inclina la bandeja, por ejemplo a la derecha, dando suaves y repetidos golpes / con la mano para que los trozos mayores salgan a superficie sobre el montón // acumulado en el rincón derecho. Entonces se invierte bruscamente la bandeja / hacia la izquierda de modo que todo el grueso rueda sobre el fino y va a parar al extremo o salta sobre el borde, dejando el fino libre.

Cuando el lavado no ha sido suficiente y subsiste polvo cubriendo los granos se deja secar bien y luego se lo "aventa" dejando caer desde cierta altura un delgado chorro de detritos, si es posible bajo la influencia de un ventilador.

Como la presencia de pirita, calcopirita u otros compuestos opacos oscuros^{es} de mucho interés, conviene también eliminar limado del trépano que puede confundir el diagnóstico. Para ello se cubre con un papel al detrito finalmente extendido y sobre el se pasa un imán que adhiere las partículas de hierro al papel y puede eliminarse.

Es conveniente prestar atención al cutting aún cuando se esté perforando con sacatestigos, pues puede ocurrir que el núcleo sólido se vaya moviendo en el interior del tubo y se pierda. Precisamente en estos casos la / excesiva cantidad de cutting aportado es un indicio.

Una vez seco el material se debe cuartear para reducirlo a un volumen conveniente para muestra, procediéndose ya sea directamente al ensobrado y rotulado (con N^o de muestra, N^o de sondeo y las dos profundidades que / corresponden al techo y piso del tramo) o bien, en casos de exploración minera y evaluación, realizar un cuarteo especial destinado a dar un volumen /// "standard" para someterlo a una radimetría normalizada.

Es ventajoso utilizar bolsitas de polietileno transparentes, bien limpias y secas por dentro (la muestra irá también perfectamente secada) /// pues así se facilita la observación macroscópica del cutting ensobrado. Esto facilita enormemente la identificación de las unidades litológicas, sobre todo si se colocan grandes tramos de muestreo en hilera, pues así se hace patente el pase de una a otra formación. En caso necesario sobre una superficie / lisa, se vuelcan pequeñas cantidades de la muestra al desnudo para abarcar / visualmente todo un conjunto.

b.-Polvos:

El detrito que sale de una perforación percutante o rotativo-percutante con inyección a aire posee características especiales que lo diferencian del cutting (grado de trituración, fluencia en seco con la consiguiente separación y escape del polvo fino, etc.). En este caso el circuito interno/ debe ser vigilado en lo que concierne a limpiezas frecuentes mediante soplado del pozo para eliminar gran parte de material de mezcla producido. No debe olvidarse dos detalles que lo hacen netamente diferente al cutting de inyección: gran aporte de las paredes por falta de costra protectora y fuerza/ del aire y precipitación inevitable al fondo cuando cesa la presión neumática (aquí falta la acción retentiva del gel de bentonita). En el ciclo externo el cuidado fundamental radica en evitar el escape del fino en todo lo posible. Existen diferentes accesorios de equipos de perforación que tienden a obtener este resultado. Mencionaremos el sistema de doble entubado que conduce el polvo en el espacio anular y lo lleva a un recuperador de superficie, / muchas veces similar al utilizado en las moliendas de minerales. El problema de una correcta integración de las fracciones gruesas y finas es importante/ sobre todo cuando se perfora un cuerpo mineralizado ya que hay cierto tipo / de mineral que forma películas alrededor de los granos de la roca y se convierte en polvo fino al ser extraído, escapando con la fracción fina. El caso puede ser también inverso: mineral en la fracción gruesa y estéril el // polvo fino.

El procesamiento subsiguiente al recogido de la muestra es similar al del cutting.

c.-Testigos:

El testigo, previamente lavado hasta limpiar correctamente el lodo que aporta la inyección, deberá ser colocado en las cajas correspondientes (en general se utilizan cajas de madera dura, con tapa, de 1 cm. de espesor, con medidas aproximadas de 1,20 m. x 0,30 x 0,065 m. (para testigos de / 2" de diámetro) provistas de separadores longitudinales del mismo material/ (espaciados 0,65 metros).

Los extremos de cada corrida serán señalados dentro de la caja / por chapitas con la indicación del sondeo y la profundidad.

Es frecuente que al margen de testigos obtenidos en formaciones/ no mineralizadas con fines de conocimiento geológico (a veces se opta por / equipos de perforación con "wire line" de testigado continuo) en la mayoría de los casos el testigado se realiza en niveles con mineralización de ura- / nio.

A los efectos evaluativos, el testigo, antes de ser colocado en / las cajas es extendido lejos de fuentes radiactivas y sobre ellos se practica una radimetría con detector manual, colimado, para definir niveles de di- / ferente radiactividad.

En el caso mas sencillo se puede definir tres fracciones según / los escalones radimétricos elegidos: una zona central de alto valor y dos /

laterales de menor valor (pueden hacerse más cortes, por supuesto). Se marcan estas fracciones y posteriormente se procede al fraccionamiento del testigo según estas marcas.

Siempre conviene realizar, previamente un corte longitudinal que divide al cilindro en dos mitades mediante un cortador de testigos ("core splitter"). De ese modo queda una mitad de la muestra en archivo para cualquier eventualidad.

Si no se cuenta con el cortador apropiado se puede realizar la maniobra aplicando la arista de un cortafierros o barreno hexagonal a lo largo del testigo firmemente apoyado en el suelo y con un golpe seco de maza se produce el seccionamiento buscado.

El exámen radimétrico del testigo debe completarse con lecturas // sistemáticas a intervalos regulares de modo de poder ponderar los valores y / cotejarlos con los resultados químicos.

IV.4.2.- Preparación y envío a laboratorio

En el caso del detrito mineralizado se realizaron los cuarteos // necesarios para conservar la representatividad de la muestra conservando // siempre el descarte como testigo y enviando el cuarto final en sobre hermético para análisis químico. Para otras finalidades de laboratorio, el trabajo / puede simplificarse separando directamente una fracción para el envío. En el caso de los testigos ya hemos visto que han sido cuidadosamente marcados los sectores mineralizados según la inferencia radimétrica. En este momento deben considerarse las siguientes alternativas:

a.- Que la longitud mineralizada (hecha la conversión a potencia real/ de mineralización) resulte inferior a la potencia mínima de explotación (ver control geológico de explotación).

b.- Que existan otros minerales de interés fuera de los límites de la anomalía radimétrica.

En cada caso deberán seccionarse los trozos marginales de interés teniendo en cuenta para la alternativa "a" que deberán agregarse los trozos/ complementarios de piso y techo de anomalía para completar la potencia mínima de explotación (zonas de dilución) y para la "b" la parte externa con el/ mineral no radiactivo.

Una vez trozados los tramos de interés se procede a su partición/ longitudinal para obtener dos mitades iguales: una para el archivo de testigos y otra que se enviará para análisis de laboratorio debidamente envasada / y rotulada con N° de muestra, o tipo de análisis requerido, fecha y remesa.

IV.4.3.- Estudio de las muestras

a). Radimetría de campo

Si bien es posible realizar un exámen semi-cuantitativo radimétrico de detritos, es evidente que solo puede alcanzar un valor estimativo, más

ajustado en el caso del molido de pozos ejecutados con máquinas percutantes neumáticas (inyección a aire) que en el caso del cutting proveniente de una canaletta de inyección. De cualquier modo resulta útil un exámen radimétrico del detrito que en el caso de perforaciones percutantes con expulsión a aire resulta el único medio de seleccionar las muestras para análisis químico. // Normalmente se emplea un detector manual (en nuestro país se utiliza generalmente el tipo Scintillator, debidamente colimado con cápsula de plomo (de 10 mm. de espesor, aproximadamente), siguiendo las intrucciones de tales instrumentos para este tipo de análisis.

En el caso de pozos perforados con inyección, el cutting que se sabe estéril no se revisa, pero puede ocurrir que un nivel mineralizado resulte parcial o toatlmente imposible de testigar. En tal caso el examen radimétrico de este cutting reviste gran importancia como sustituto de la información del testigo malogrado.

En términos generales la revisión radimétrica se impone ante la contingencia, siempre posible, de que un desmoronamiento impida el radiosondaje. En estos casos su valor es apreciable al dar indicios sobre la existencia y disposición de niveles anómalos.

Para el exámen radimétrico de detritos conviene operar en un lugar de "back ground" normal fijando el detector en un escaparate adecuado de bajo del cual existe una plataforma donde se ubica un vaso o "container" enrasado con un volumen constante de muestra a una distancia también constante del tubo.

Como ya se explicó, en el caso de testigos se extienden los cilindros de roca sobre el suelo, ordenadamente y se les pasa el detector por encima para definir los sectores anómalos. Se marcan éstos con un trazo anular de tiza indicando así los puntos extremos de la anomalía.

En un segundo paso se distinguirán dentro de la zona anómala dos o tres (excepcionalmente más) rangos de valores bien definidos, correspondientes a cambios netos de contenido mineral, los cuales serán identificados de la misma manera con cuidadosa indicación de profundidades..

Como cada rango de valores elegido determinará una muestra independiente para análisis químico (o Eq.) deberá estimarse el valor radimétrico // medio de la muestra para comparar resultados.

Luego en la planilla técnica del pozo figurarán a la par, para cada profundidad los valores de radimetría de campo (la aquí descripta), la de laboratorio (o bien su contenido en U308) y la del o los perfilajes correspondientes, ya se trate de detritos o testigos.

b). Descripción en gabinete

Quando se trata de un terreno poco conocido, especialmente cuando se inicia la exploración mediante sondeos, la descripción debe hacerse en forma detallada: observación con lupa binocular en campaña y descripciones petrográficas, análisis químicos, sedimentológicos, etc., de laboratorio, para

un cierto número de sondeos representativos.

Posteriormente y a medida que se despejan las incógnitas, la descripción se hace más somera y rápida. En esta etapa como ya se dijo suele // ser práctico extender las muestras sobre una superficie y determinar los pa/ses mediante la visión panorámica de la columna.

Dada las características del presente curso no resulta posible de desarrollar una tecnología de análisis de muestras debiendo limitarnos a aportar ciertos criterios prácticos solamente:

b.1.) Examen con lupa binocular

Generalmente se realiza sobre muestra seca, pero para destacar di/ferencias de colores u otras características ópticas que se enturbian con los restos de polvo, puede realizarse con detrito sumergido en agua. En general / el examen con lupa tiende a identificar la especie litológica o petrográfica, minerales de interés como sulfuros, materia orgánica, etc.. El aumento utilizado debe ser siempre el mismo (es ideal un aumento 9x que permite identificar partículas de 50 micrones). El emplear un aumento moderado presenta las ventajas de abarcar un mayor campo visual, mayor profundidad de foco y fácil comparación con rocas de superficie que mediante especímenes de mano son observadas macroscópicamente.

Al margen de lo que se detalla a continuación sobre la técnica de análisis a lupa, resulta muy importante determinar ciertos característicos de cada ambiente geológico, que se relacionan generalmente con las/posibilidades de mineralización, tratando de estandarizar su descripción mediante una estimación cuantitativa. Por ejemplo:

Colores: Para eliminar apreciaciones subjetivas de cada encargado de C.G. // conviene preparar muestras patrones de rocas del área con una clara definición de color que evite las interpretaciones personales de tonalidades o variaciones. Por ejemplo: una arenisca fina o limolita o lutita puede presentar dentro de un aspecto oscuro o negruzco un fondo gris, azul o pardo predominante con diferentes tonalidades. Si se puede definir que se trata de un horizonte identificable que puede presentar variaciones locales por distintas alteraciones, se le determina un color tipo (gris, pardo, azul, etc.). Se compone así una columna geológica con los elementos característicos (que pueden ser / también detritos de pozos) y el encargado del análisis de muestras tratará de asimilar a cada una de ellas al correspondiente color patrón.

Contenido de elementos de interés: sulfuros, minerales diversos, materia orgánica, calcita, hematita, bitumen, etc.:

Se preparan muestras con cantidades variables de cada elemento(a / las que se dará valor numérico: de cero a cuatro por ejemplo). El analista // entonces podrá indicar objetivamente el contenido de cualquier elemento. Si// así no se hiciera puede darse el caso que un operador considere que hay abundante materia orgánica en una muestra y que otro la considere escasa en otra/ muestra de igual contenido.

Estado de óxido - reducción y alteraciones: son sumamente importantes para la exploración uranífera. Es por ello que también debe cuantificarse mediante patrones cada tipo de alteración sufrida (por ejemplo muestra no oxidada, parcial o escasamente oxidada, muy oxidada).

Especie litológica o petrográfica: también aquí debe cuidarse la normalización descriptiva evitando que para un operador sea una arenisca gruesa lo // que para otro es mediana o fina o un limo-arenoso versus arena-limosa, etc..

A los efectos de no dejar librado al criterio personal el problema de la definición de tamaños granulométricos (a veces por pereza no se recurre a una medición) es práctico usar bandejas amplias que tengan en un sector de su fondo un retículo milimétrico protegido por un plástico de modo // que el operador, mediante su aguja de separación pueda sobreponer una parte del detrito sobre el retículo y así apreciar el tamaño de los granos.

Para una correcta descripción litológica existen numerosas guías, pero podemos recomendar por lo clara y concisa la de E.D. de Mc Kee (7) // cuyo cuadro resumen y base bibliográfica se adjunta. Asimismo se puede recomendar el uso de las tablas de observaciones de W.H. Twenhoffel (10) y // S.A. Tyler (10).

A estos antecedentes nosotros agregamos un intento de guía resumida de descripción:

- Nombre específico (arenisca, conglomerado, granito, esquisto) seguido de // los calificativos que indican la presencia de otras especies, con la designación correspondiente a su grado de litificación.
- Color.
- Textura, tamaño, disposición, frecuencia, morfología de los clastos en rocas detríticas gruesas (cemento matriz en arenas y conglomerados), disposición y tamaño de cristales en rocas eruptivas.
- Petrografía y mineralogía macro o microscópica con indicación de cantidades relativas.
- Condiciones estructurales: espejos de fallas, brechameinto, microplegamiento, planos de estratificación, fábrica, etc., con mediciones angulares sobre testigos.

Es importante definir en material molido cuando las esquirlas resultan de la rotura por herramienta perforante o son aristas originales de los clastos.

- Procesos secundarios de mineralización o alteración (distinción entre minerales primarios o supergenos) pátinas, aspereza o pulimento de superficies, inyección, etc..

Para finalizar con el circuito de las muestras debe mencionarse / un aspecto secundario que tiene importancia en el éxito de los trabajos: la anotación de los datos obtenidos durante el procesamiento de las muestras.

b.2) Análisis de fluorescencia o luminiscencia:

Resulta muy importante y debe contarse con equipos en el gabinete de trabajo. En campaña suele usarse el conocido "Mineralight" provisto de muestras-patrón.

b.3) Ensayos químicos de campaña (cualitativos a semi-cuantitativos)

Es muchas veces necesario determinar ciertos componentes de las rocas tales como sulfatos, cloruros, carbonatos, etc. lo que puede lograrse con un pequeño equipo de reactivos en campaña.

IV.4.4.- Radiosondaje

Las perforaciones destinadas a la exploración uranífera cuentan / siempre con un registro radimétrico que se efectúa mediante distintos tipos de instrumentos destinados esencialmente a detectar radiaciones gamma (y ocasionalmente otros tipos de radiaciones).

Dado que también es útil para la interpretación geológica la realización de otros registros simultáneos, se han desarrollado complicados /// equipos multicanales que permiten obtener registros de rayos gamma, resistividades, potencial espontáneo y otros opcionales.

Dado el grado de sofisticación de estas unidades de registro no / resulta posible describir en detalle su funcionamiento, y suelen requerir // operadores e intérpretes especializados.

Sin embargo, en las etapas iniciales de exploración uranífera pue de recurrirse a equipos manuales unicamente destinados a gamma perfilaje

La operación en si es bastante sencilla como para justificar una / exposición amplia del tema. Se trata de bajar una sonda en el pozo y leer // los registros sobre el indicador del instrumento. Cualquiera sea el instru- / mental a utilizar el problema radica en respetar algunos principios elementa / les de la operación:

- Cuidar el instrumental y los conductores. Bajar y recobrar con cuidado la / sonda enrollando con cuidado los cables en sus carretes.
- "Chequear" antes y después de cada operación el instrumento (anotar valor * / de fondo o "back ground").
- Dar el tiempo necesario de integración para cada lectura en los instrumen- / tos que así lo requieran.
- Densificar las lecturas en los tramos anómalos (desde cada 1,00 m. en es- / téril a 0,50 - 0,25 - 0,10 m. en el sector anómalo) para que la curva re- / sulte armónica.
- No trabajar con equipos descorregidos o con fallas que puedan falsear la / información. Recurrir para su reparación a un especialista.
- Repetir el registro en retroceso (de abajo arriba) para evitar errores de / profundidad y lectura.

IV.4.5.- Registro y síntesis de la información

El cúmulo de datos que se han obtenido de cada pozo debe ser criteriosamente manejado para que preste la utilidad debida en la hora de evaluar resultados, no ya de un pozo individual sino de todo un programa y más aún de todos los programas desarrollados en una unidad de prospección, exploración o evaluación uranífera. Es por ello que la tarea del registro implica una doble faz: el desarrollo analítico de los datos y su posterior selección y síntesis.

El registro de detalle analítico del pozo deberá volcarse en cuadernos o carpetas debidamente numerados y archivados en el gabinete de trabajo de cada área. Lo mismo ocurre con la documentación gráfica correspondiente.

La necesidad de sintetizar la información aportada por la exploración mediante sondeos en forma clara, concisa y completa ha sido motivo de muchos tanteos por los técnicos de todos los países abocados a este problema, dando origen a numerosos modelos de fichas o planillas para la tabulación de los datos.

Nosotros hemos concretado nuestra experiencia en la ficha cuyo modelo se adjunta. Hasta la fecha ha demostrado ser apta para los fines propuestos. La planilla se acompaña con sus correspondientes instrucciones.

Es de fundamental importancia que esta planilla se vaya llenando en borrador durante el transcurso de los trabajos que se supervisan, resultando práctico para ello tener un ejemplar de planilla a un tablero portátil que se lleva a la boca del pozo toda vez que se inspeccione el mismo para recoger información.

Se ha diagramado en forma que la parte superior contenga toda la información unitaria o general del sondeo en forma de cuadros individuales para cada grupo de elementos (grupo operativo, ubicación y coordenadas, desarrollo, disposición relativa en el espacio entre el sondeo y el cuerpo mineralizado, técnicas radimétricas y de control geológico, control de muestreo y observaciones).

En la parte emplanillada inferior, dividida en tres sectores // (izquierdo, central y derecho) contiene todos los datos de registro o "log" del sondeo. En la parte izquierda se encolumnan los registros geológicos // (litoestratigráficos); los valores químicos de los cuerpos mineralizados y la representación porcentual gráfica y numérica de la recuperación de testigo.

La parte central - milimetrada - está destinada a los registros radimétricos y otros desarrollos gráficos.

La parte derecha está reservada a los datos numéricos de profundidades de recuperación de testigos, radimetría de cutting, radimetría de testigos y registro de muestreo. Se encolumnan en la misma forma que los demás sectores para dar una visión panorámica sobre los resultados del sondeo.

La planilla está adaptada especialmente para escala 1.200 , pero/ en caso de escalas mucho menores (1: 500 por ejemplo) la representación de / algunos valores (por ejemplo recuperación de cutting cada 0,25 m.) se hace// muy difícil.

Podrá observarse que algunos datos se repiten en la planilla /// (profundidad final, cota de boca de pozo) tanto en los cuadros superiores co mo en el columnado inferior. Lo mismo ocurre con los registros de profundida des, valores numéricos y gráficos, etc. de algunos fenómenos. Esto tiene su/ explicación en el sentido de presentar una visión rápida, eminentemente gráfi ca y directa de todos los datos aportados por el pozo. De este modo en cual quier centro de actividad técnica la planilla puede servir para improvisar / un perfil de correlación con sólo ubicarla en posición apropiada con respec to a sus correlativas, en el sentido del perfil buscado.

La planilla técnica de sondeos se provee a los Encargados de Con trol Geológico en papel transparente y copias (éstas para confección de bor rador). Una vez conformado el transparente se envía a los centros directivos donde se procede al copiado, distribución y archivo.

Una vez completada la información de campo correspondiente a cada planilla se confecciona un original en transparente y se distribuyen copias/ de la misma con un sello que diga "PROVISORIA" a los centros de conducción de los programas. El transparente debe quedar archivado en el operativo de cam paña para ser completado cuando se reciban los datos analíticos de laborato rio, datos de replanteo topográfico (coordenadas y cotas definitivas del po zo, etc.). Recién cuando se hayan acumulado todos estos datos se distribui rán las copias con el sello "DEFINITIVA" para diferenciarlas en los distin tos archivos de las provisorias que resultan así incompletas.

Si se utilizan equipos de perfilajes múltiples con registro gráfi co, deberá archivar el original en una carpeta o folder bien identificado/ con número de perforación y se transcribirá en la Planilla Técnica solamente el registro radimétrico en los tramos anómalos. No debe olvidarse que el res to de los datos del registro múltiple ya han sido utilizados para confeccio nar la columna estratigráfica y datos de mineralización que en forma sintéti ca se presentan en la citada planilla.

V.- INTERPRETACION Y CORRELACION

El objetivo final de los trabajos descriptos es la interpretación de las condiciones geológicas y mineras del subsuelo y ello se logra median te la Síntesis Geológica que en lo fundamental consiste en el análisis com parativo de los resultados de cada una de las técnicas empleadas.

En muchos aspectos este estudio comparativo se cumple mediante // la Planilla Técnica donde aparecen para cada nivel de profundidad los si-/// guientes elementos de juicio:

Litología y Niveles estratigráficos

Cantidad de muestra recuperada

Niveles radimétricos y/u otros valores de registro gráfico.

Valores numéricos de radimetría de cutting, polvo o testigo.

Valores numéricos de radimetría de laboratorio y de contenido en U308.

Valores numéricos del contenido en otros elementos (por ej. Cu, Vanadio, / etc.).

Otros elementos de comparación surgen de la banda de registro del perfilaje múltiple:

Diámetros de pozo (indicador litológico)

Resistividad (indicador litológico)

Autopotencial (idem)

Otros registros

Finalmente los datos anteriores también se cotejan con la Planilla de Cronometraje del Pozo para ajustar las fases litoestratigráficas.

Una vez sintetizados los resultados individuales de cada sondeo en la Planilla Técnica antes descripta, corresponde interpretar y correlacionar la información obtenida. Para ello deberán confeccionarse los perfiles que vinculen los sondeos del reticulado en la forma mas conveniente para aportar una base de interpolación. En caso de cuerpos sedimentarios, / concordantes o peneconcordantes, los perfiles deberán orientarse lógicamente en sentido longitudinal o transversal a la corrida de los cuerpos mineralizados.

Todos los perfiles o cortes conteniendo la información fundamental de carácter lito-estratigráfico, radimétrico, minero, etc., deberán representarse en lo posible en una misma escala horizontal y vertical. Solamente cuando surja una desproporción exagerada entre las magnitudes verticales y horizontales podrán diferenciarse ambas escalas.

Aún cuando cierto tipo de registros pueda requerir una escala especial, debe tenderse siempre a la normalización de escalas pues el valor principal de la representación gráfica de los fenómenos naturales es sugerir las correlaciones por visualización panorámica.

Por igual motivo deben efectuarse las correcciones necesarias para la proyección de sondeos fuera de línea longitudinal (corrección altimétrica), sobre todo cuando se trata de cuerpos minerales o capas inclinadas. Si un sondeo ha sido desplazado en su emplazamiento en perpendicular al rumbo del cuerpo mineral inclinado, su proyección sobre el perfil longitudinal deformaría la imagen de dicho cuerpo (imagen de "plegamiento") si no se le efectúa la corrección altimétrica definida en el esquema de la Fig. 13.

Todo pozo proyectado sobre un perfil deberá dibujarse con línea de trazos interrumpidos para diferenciarlo de los que pertenecen a dicho perfil. Con ejemplos concretos sobre un tablero se pueden obviar engorrosas descripciones sobre la técnica de trazado de perfiles. Solamente cabe destacar algunos elementos que deben ser representados en los distintos tipos de perfiles geológicos:

Perfiles longitudinales (s/rumbo), deben presentar:

- a.- Una línea horizontal de cota de referencia.
- b.- El nombre y cota de cada pozo (con mas o menos altura adicionada en // proyección).
- c.- El ángulo del perfil con el Norte (magnético o verdadero).
- d.- El ángulo de desviación del rumbo (cuando el rumbo del perfil no se // ajusta al rumbo real del cuerpo mineralizado = error de arrumbamiento).
- e.- El trazado de los elementos geológicos (litológicos, estructurales, niveles mineralizados, niveles hidrostáticos, bancos guías, etc.. Fuera/ de la franja de representación que corresponde a cada sondeo los elementos de correlación se conectarán a lo largo del perfil por líneas / de trazos largos.
- f.- El trazo de cualquier laboreo minero interceptado o proyectado sobre el perfil.
- g.- Referencias topográficas y otras de superficie. Perfiles transversales (s/buzamiento), llevarán los mismos elementos de representación que los anteriores, incluyendo además:
 - a.- Línea de superficie
 - b.- Proyección a superficie de los niveles de interés (niveles minera- / lizados, niveles guías, etc.).

Toda la elaboración precedente daría la base interpretativa fundamental sobre los fenómenos geológicos (inclusive de mineralización en niveles de interés económico) cumpliendo los objetivos básicos de la exploración mediante sondeos. No obstante la tarea del geólogo encargado del control geológico debe coronarse con otros medios de expresión de los fenómenos que den pauta más avanzadas de interpretación. Ellos serían entre muchos otros:

- confección de planos zóneográficos de los cuerpos mineralizados.
- confección de planos de isopacas, isobatas, etc., de los elementos líticos que encierran a los cuerpos de interés minero.
- confección de planos estructurales y block-diagramas.
- confección de planos de proyección de los elementos geológico - mineros / a cotas definidas de futuro laboreo interno.
- Representación gráfica de resultados de sondeo sobre planimetría de superficie.

Normalmente el coronamiento de un operativo de esta índole estaría dado por un análisis crítico de resultados y la elaboración de un nuevo programa de sondeos complementarios si éstos fueran necesarios.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- BELLUCO, A.E.: "Situación de la Exploración para Uranio mediante Perforaciones en la República Argentina". Informe Inédito C.N.E.A. Argentina. (1.978).
- 2.- Boletín N°8 de SCHLUMBERGER.
- 3.- BONNET, J. y SARCIA, J.: "Método Gráfico para el Cálculo de Potencia Real de una Formación Recortada por Perforaciones". Trad. de informe de becarios de la C.N.E.A. en Francia (original del C.E.A. de Francia).
- 4.- CARIDU, L. y BONNET, J.: Citado por J. Sarcia en /2/.
- 5.- KNUTSON, Ray M.: "Sección Estructural y la 3ra. Dimensión", Economic Geology (U.S.A.) May 1.958.
- 6.- LAHEE, F.: "Field Geology", Mc Graw Hill, N.York - Toronto 5th. Ed. (1.952).
- 7.- MCKEE, E.D.: "Formas para describir Rocas Sedimentarias". Trad. de E. J. Rodríguez, tomada de Geologic Branch Information Circular N°20. (Octubre 1.956).
- 8.- NAVARRA, Pablo: "Informe Inédito de C.N.E.A."- Mendoza - Argentina.
- 9.- TICKELL, Frederick G.: "The Examination of Fragmental Rocks". Standord University, California (March 1.931).
- 10.- TWENHOFEL, W. H. and TYLER, S.A.: "Methods of Study of Sediments". Capítulo I, Trad. de Raúl A. Zeballos.
- 11.- Y.P.F.: "Tabla de Observaciones a realizarse sobre Sedimentos en los Estudios de Campo", Informe inédito de Y.P.F. Mendoza (1.961).

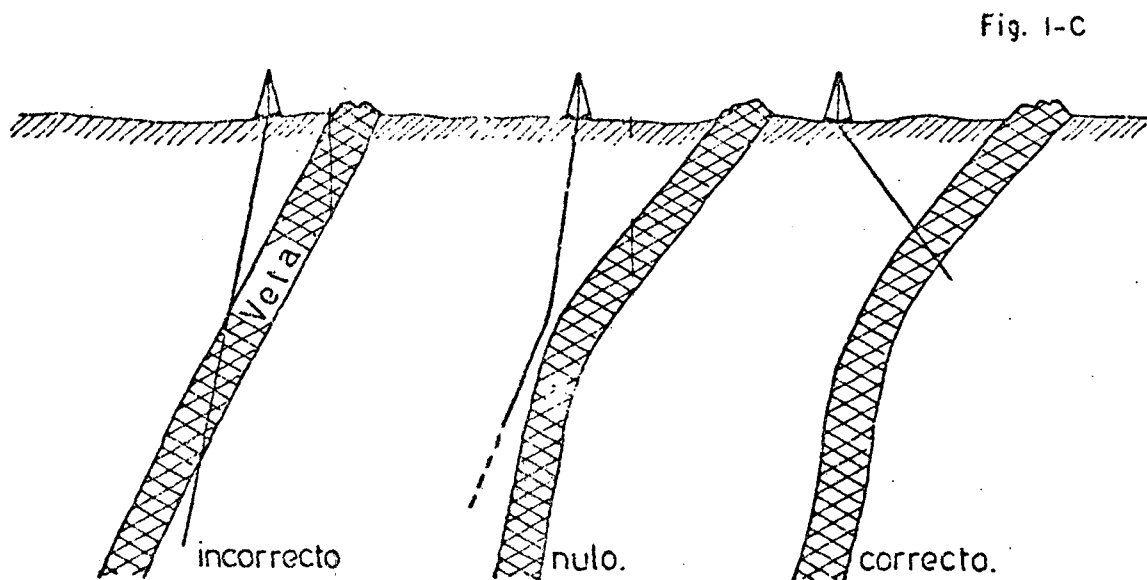
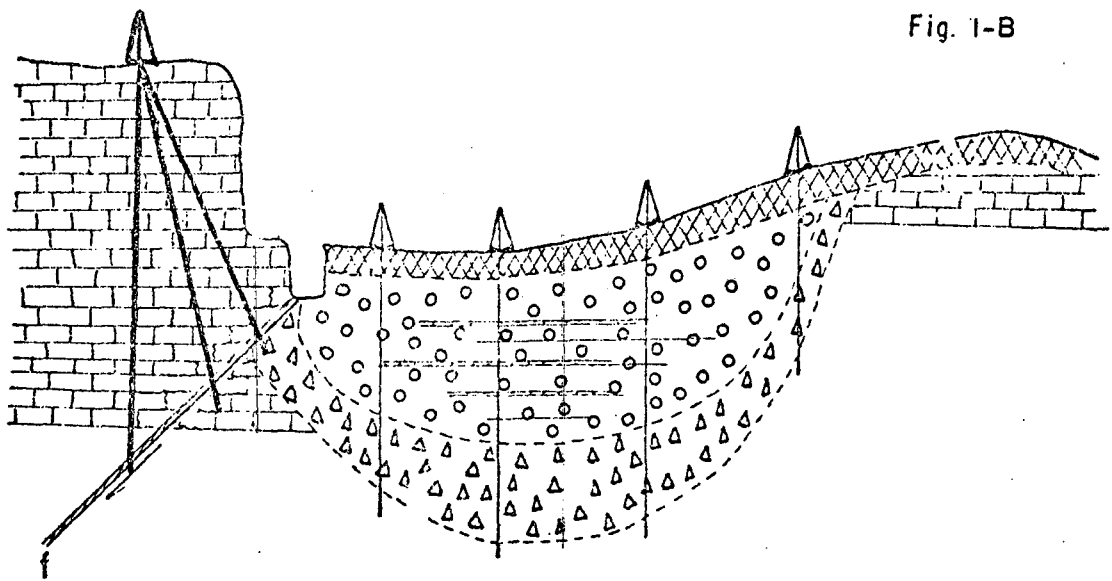
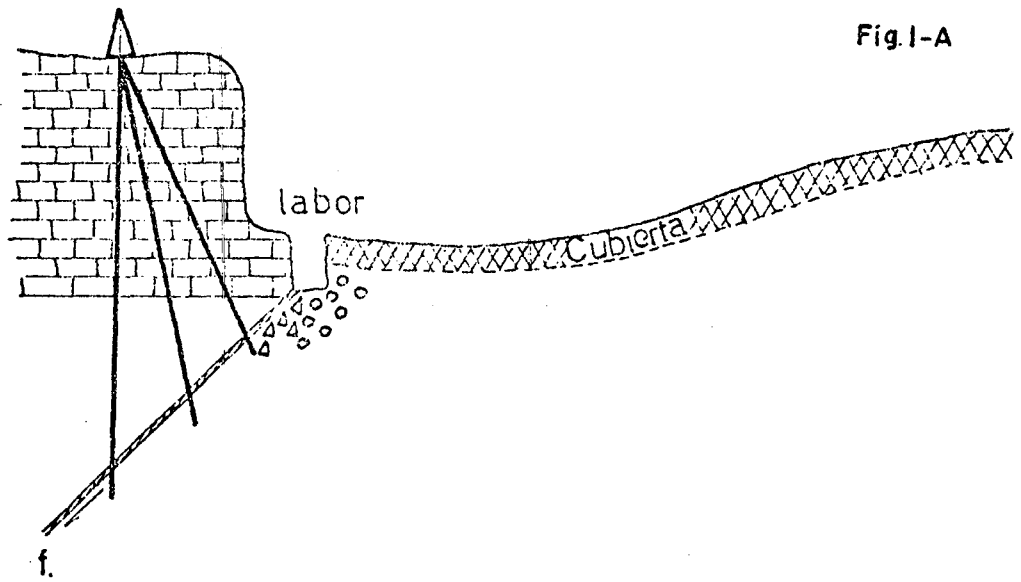
* * *

PLANIMETRIA ADJUNTA

- Fig. 1.- a-b-c- Ejemplos implantación sondeos.
- " 2.- Ejemplo programa sondeos (Yac. Los Chañares).
- " 3.- Perfil programa anterior.
- " 4.- Ejemplo programa de sondeos. (Yac. San Sebastián).
- " 5.- Ejemplo perfil previsiones sondeos (Yac. San Sebastián).
- " 6.- Reticulados de sondeos.
- " 7.- Ficha programa de sondeos.
- " 8.- Clinómetros perforadora para sondeos dirigidos.
- " 9.- a-b- Resolución emplazamientos sondeos internos.
- " 10.- Gráfico caudales de inyección.
- " 11.- Calculador hidráulico Reed para perforación rotativa.
- " 12.- Relación potencia bomba inyección y parámetros de la perforación.
- " 13.- Proyección de sondeos sobre un perfil.
- " 14.- Planilla técnica de sondeos.

* * *

IMPLANTACIÓN DE SONDEOS



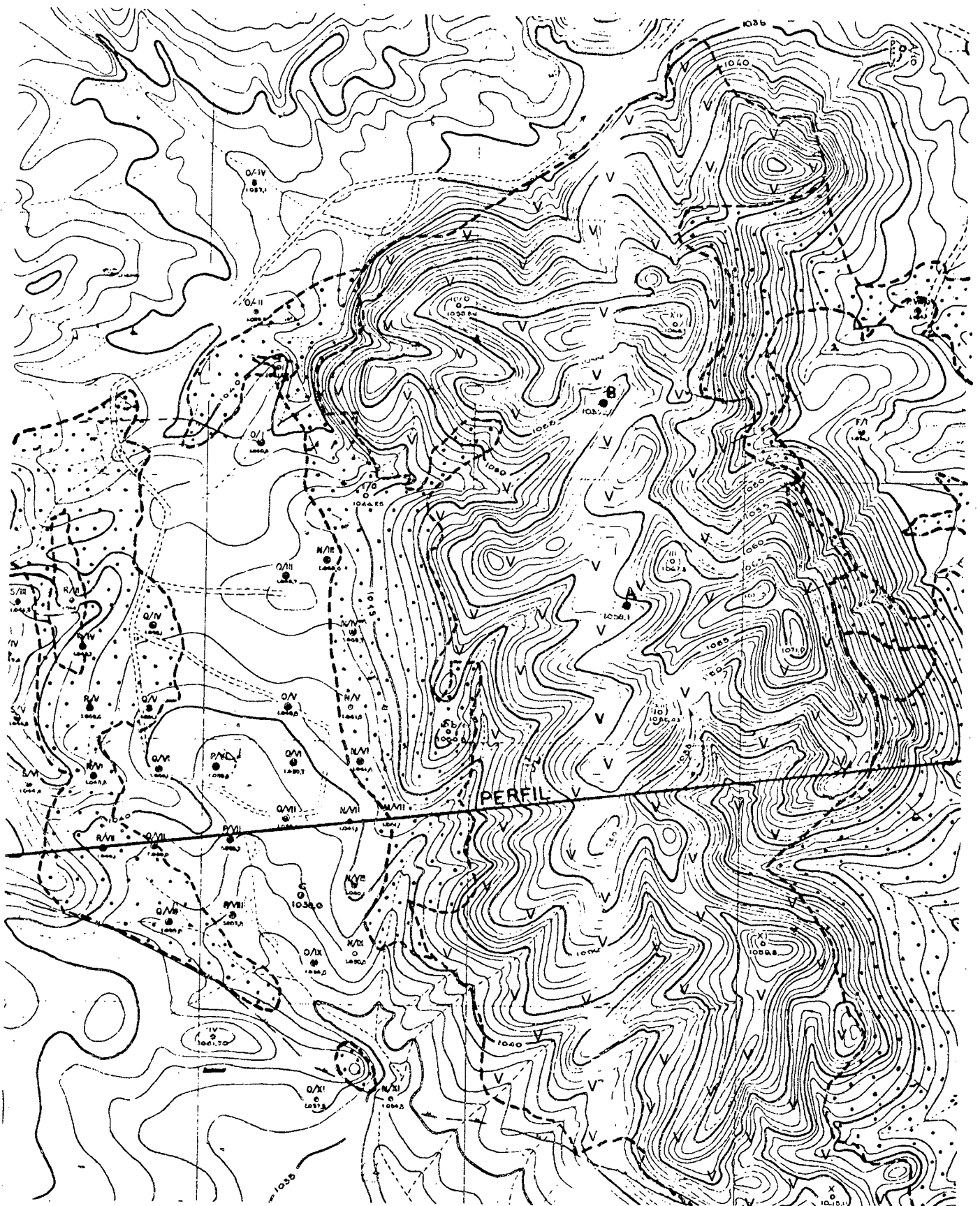





Fig. 2

**YACIMIENTO: DR. BAULIES
SECTOR LOS CHAÑARES**

Referencias

-  Fm. Los Reyunos
-  Miembro: areniscas atigradas
-  Filón capa riolita

Escala gráfica



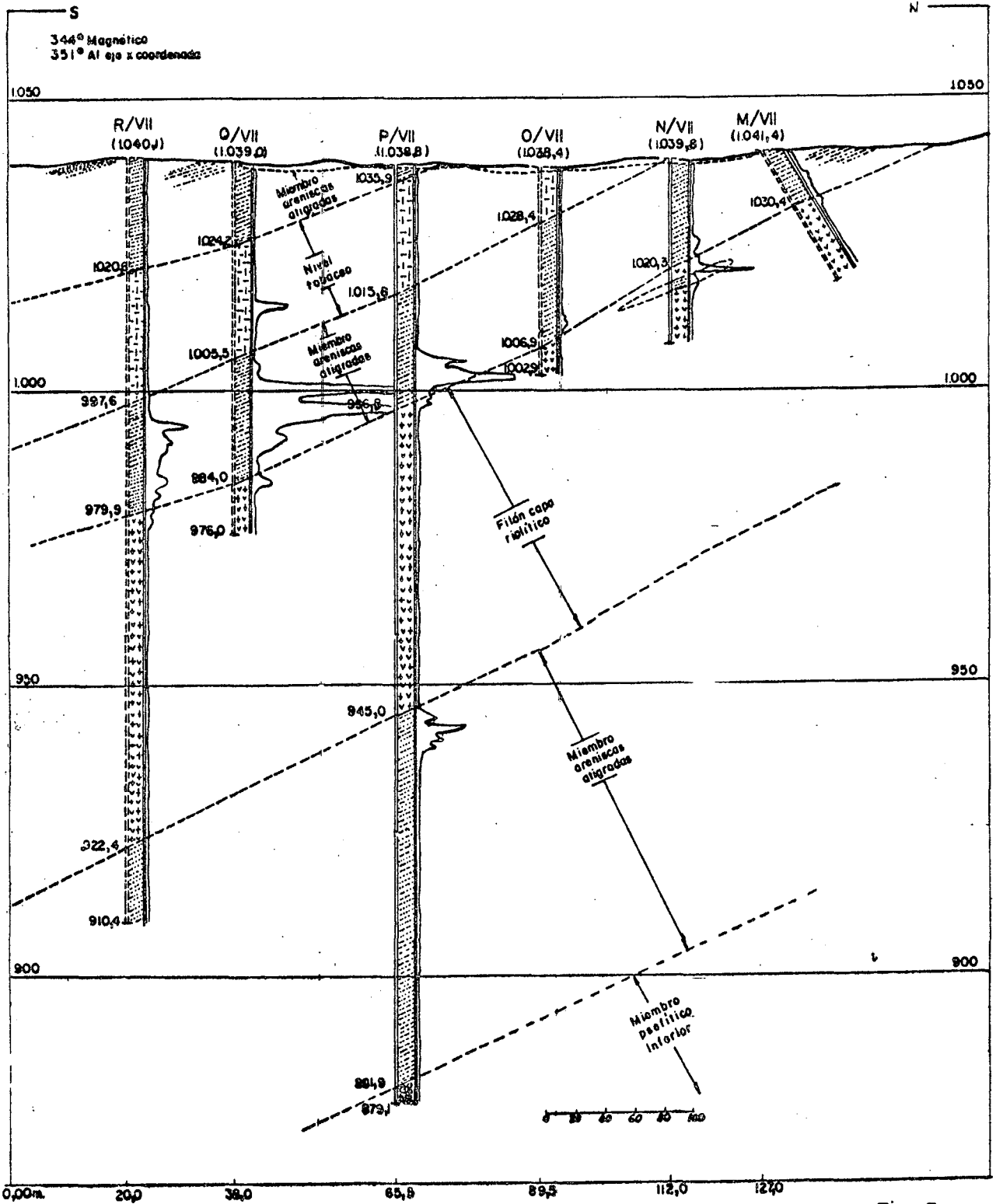


Fig. 3

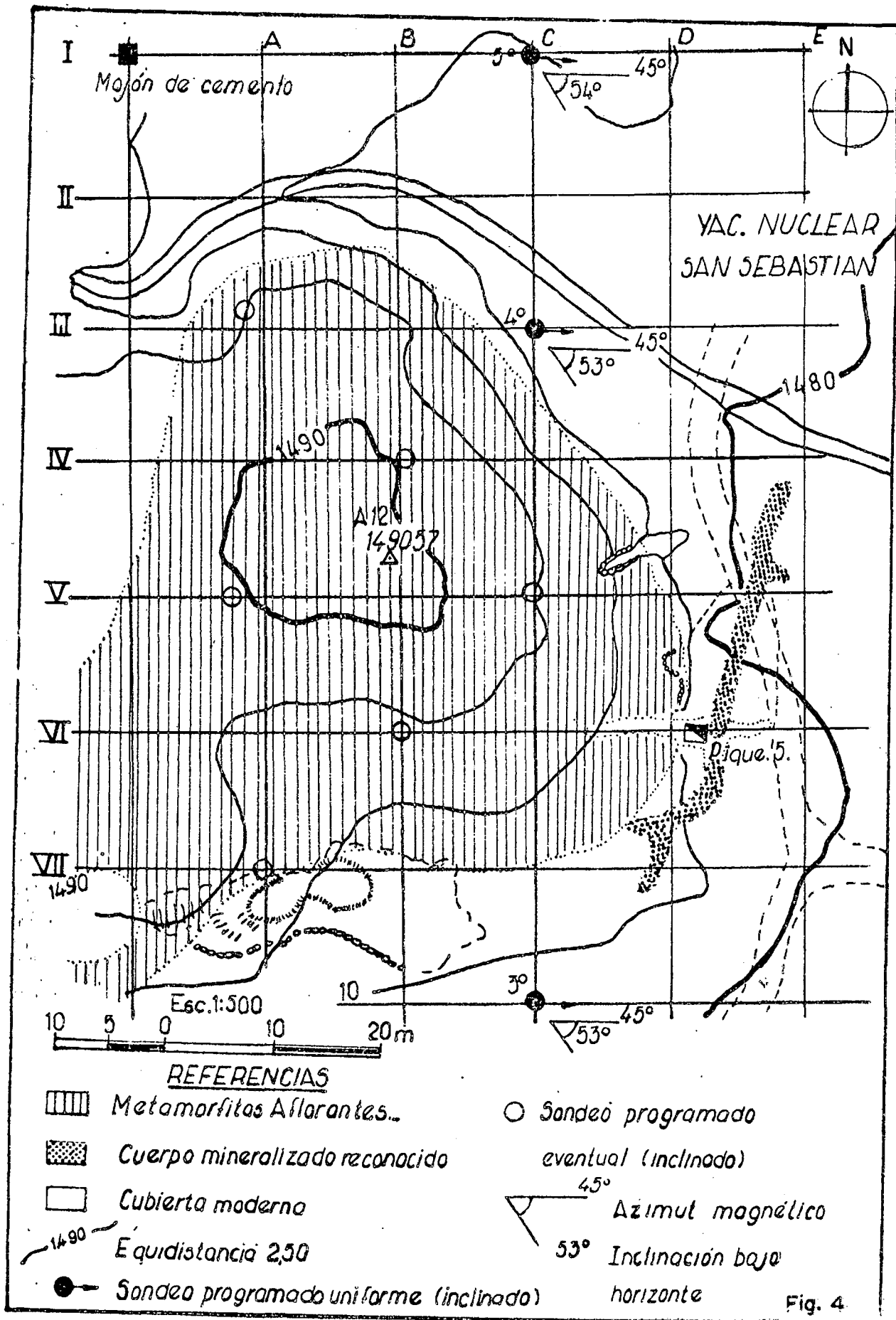
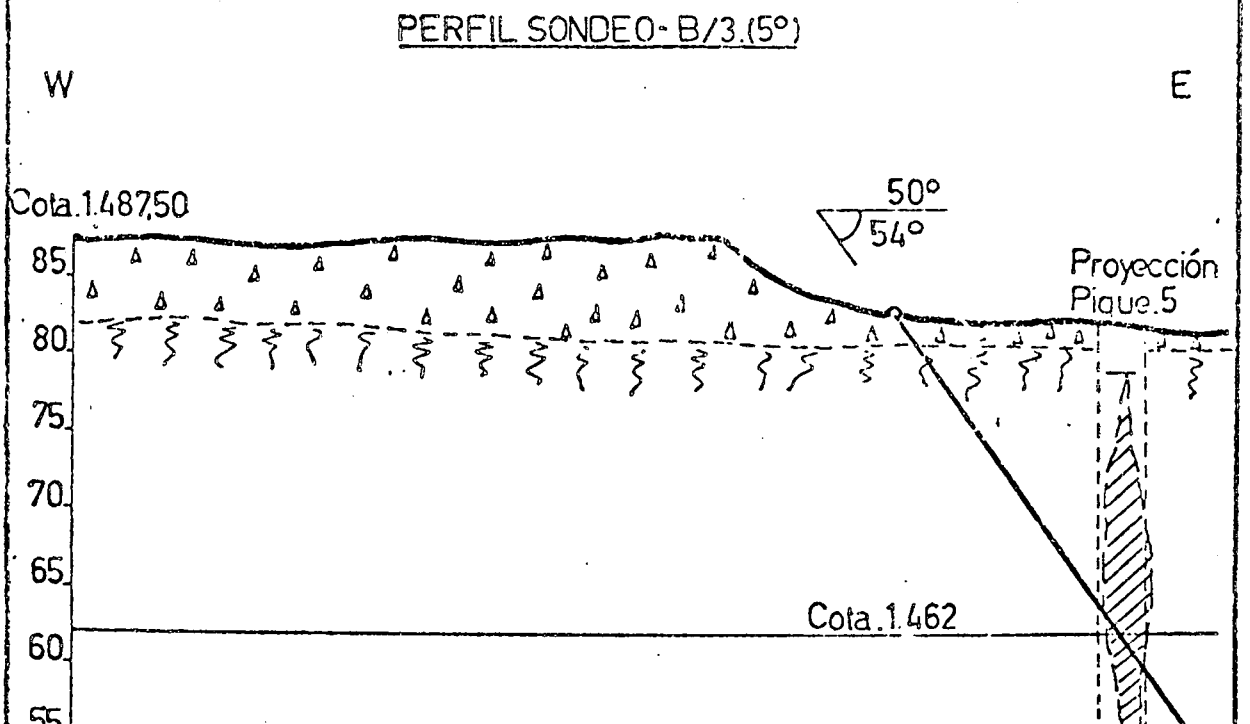
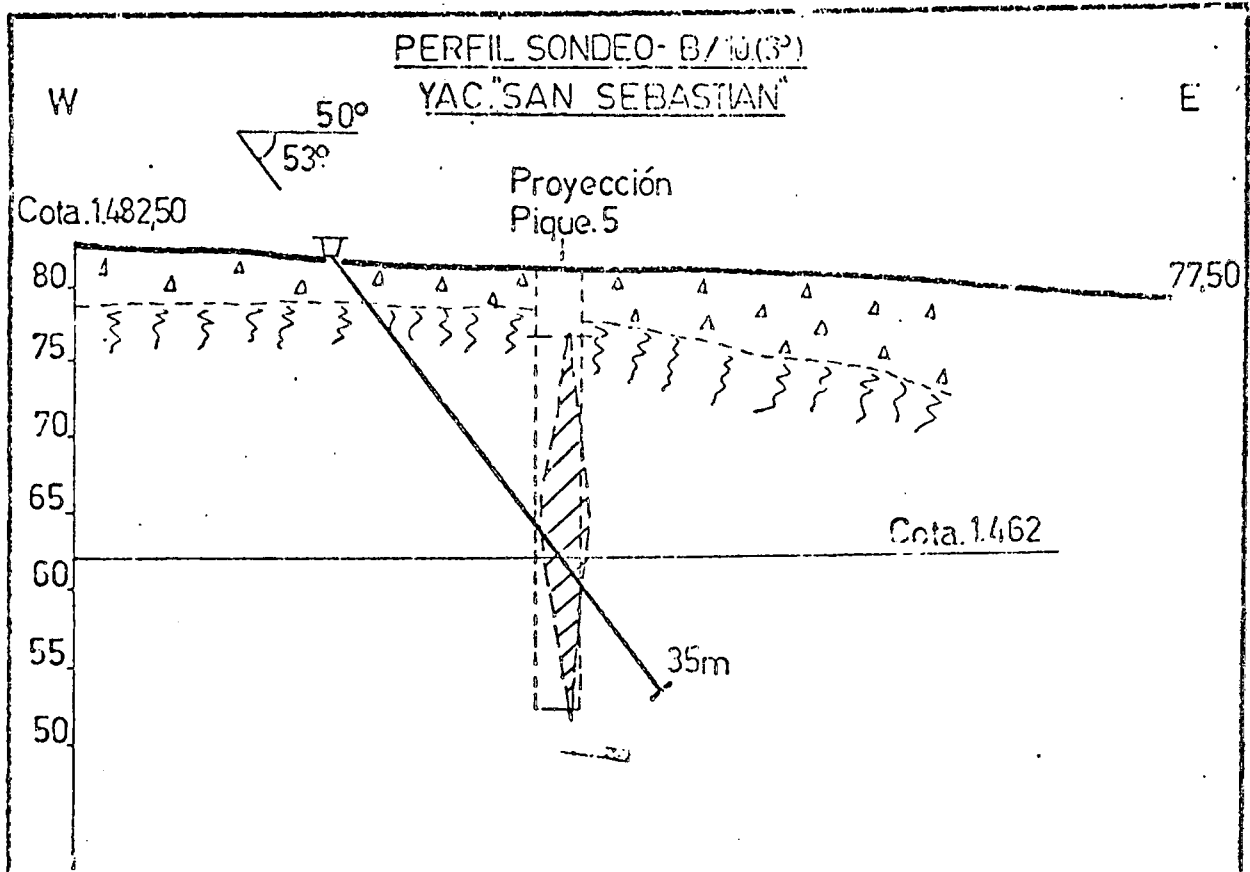
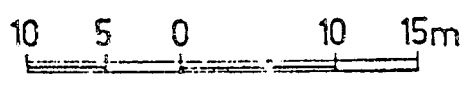


Fig. 4



REFERENCIAS

Proyección del cuerpo Mineralizado pique.5..



Esc: 1:500

Fig. 5.

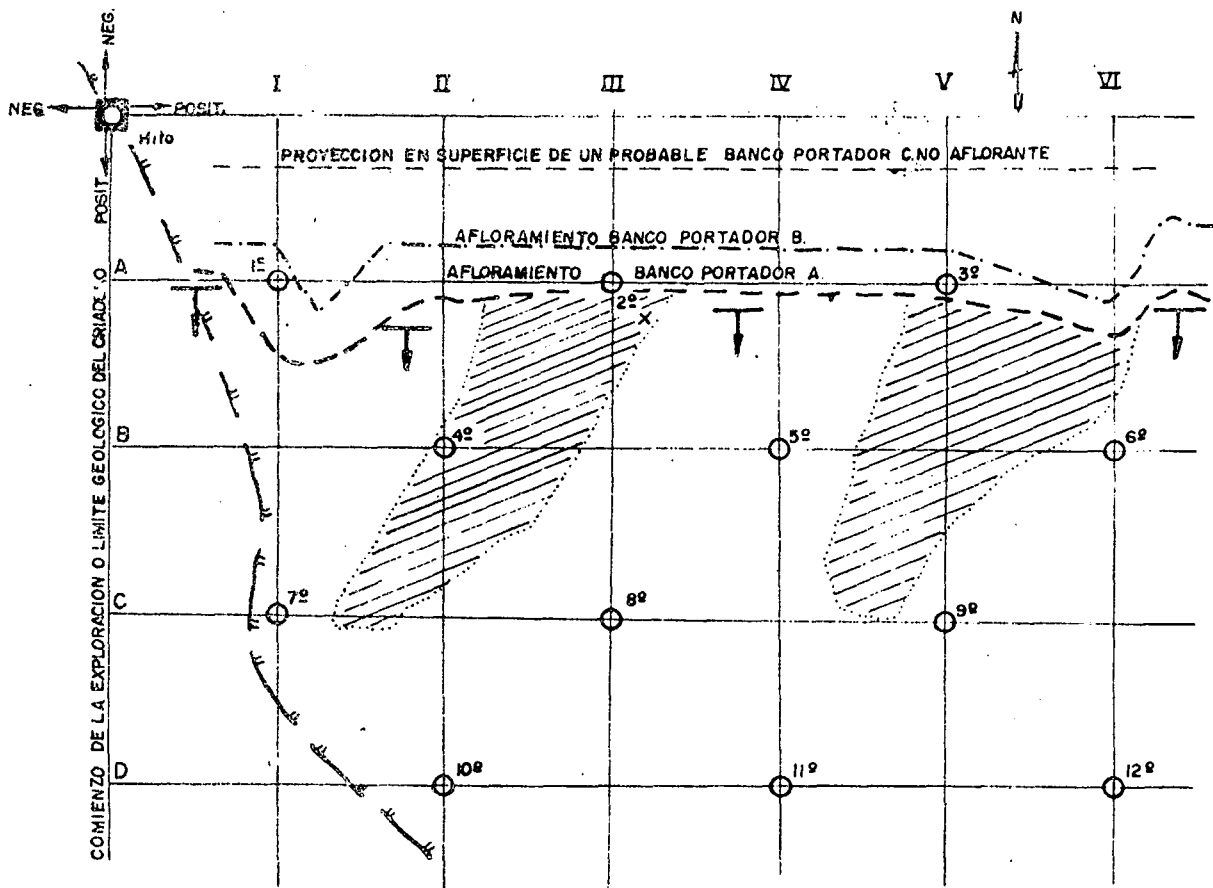


FIGURA 6 - A

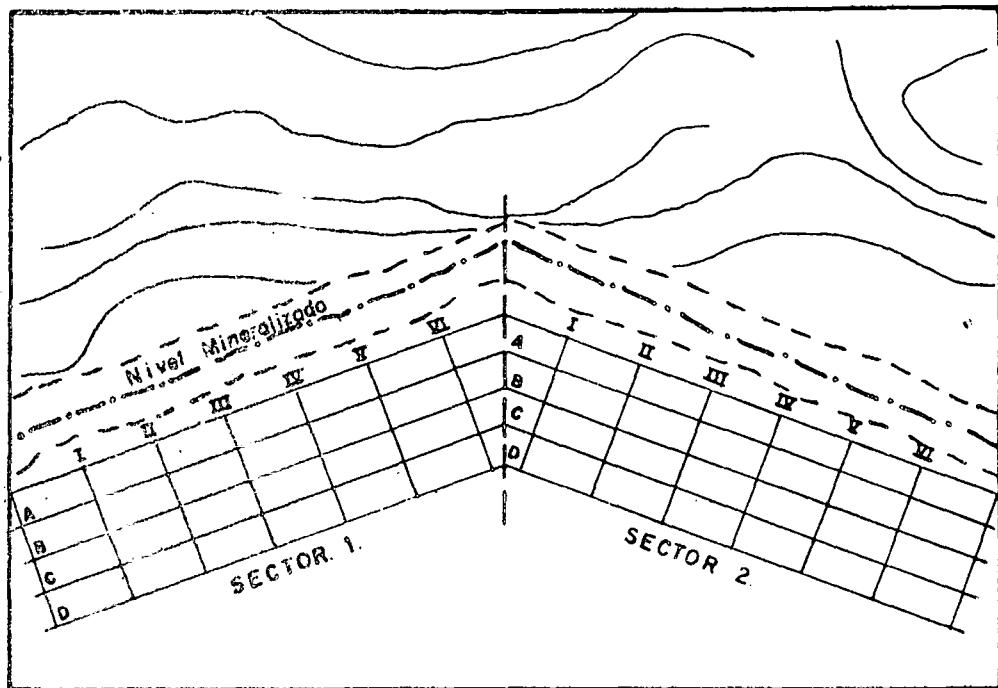


FIGURA 6 - B

PROGRAMA DE SONDEO S₃

YACIMIENTO: *Huemul*

PRODUCIDO POR: *E.J. Rodriguez* PROFUNDIDAD: *67 m.*

PARA: *E. Lara* DIAMETRO CORTE: *3" 7/8*

EQUIPO: *Wolvering. N° 2* ENTUBADO: *Sí*

HORARIOS: *6:30 hs/10 hs. - 17 hs/22:30 hs.* TESTIGOS: *Entre 15 y 18 m.*

FUENTE ENERGIA: *Baca 15 red aire C* TESTIGOS: *Entre 40 y 60 m.*

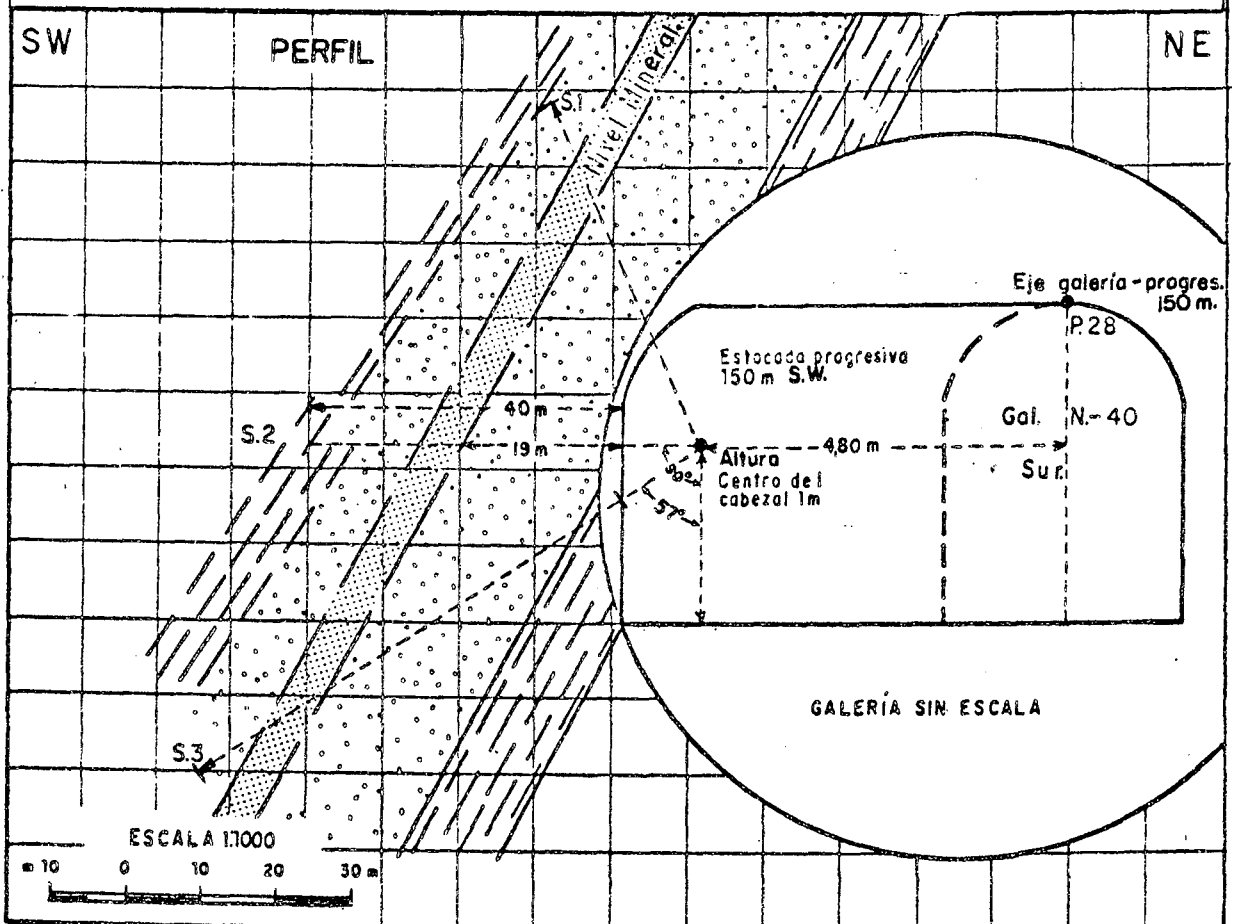
EMPLAZAMIENTO: *Nicho gal. N40S* AZIMUT MG.: *330°*

OBSERVACIONES: *La misma posición del* INCLINACION: *57° Izquierda*

equipo que para S₁ y S₂. DIRECCION: *S.W.*

Lugar y fecha.

Firma



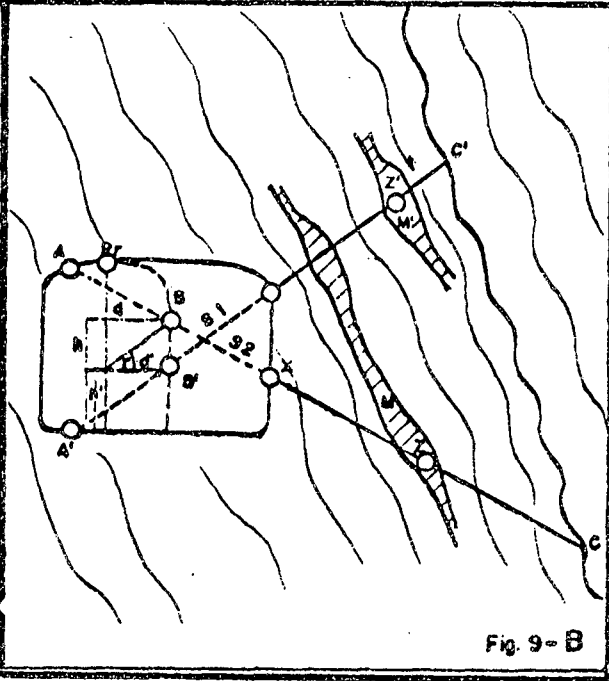
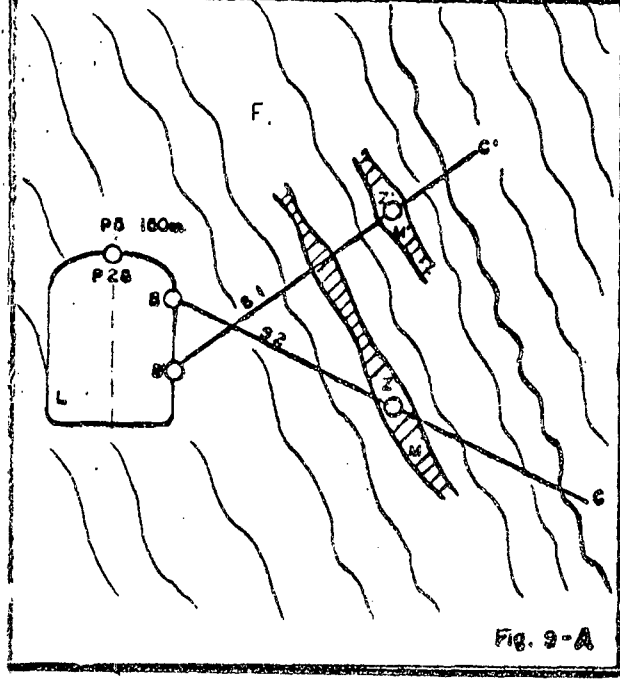
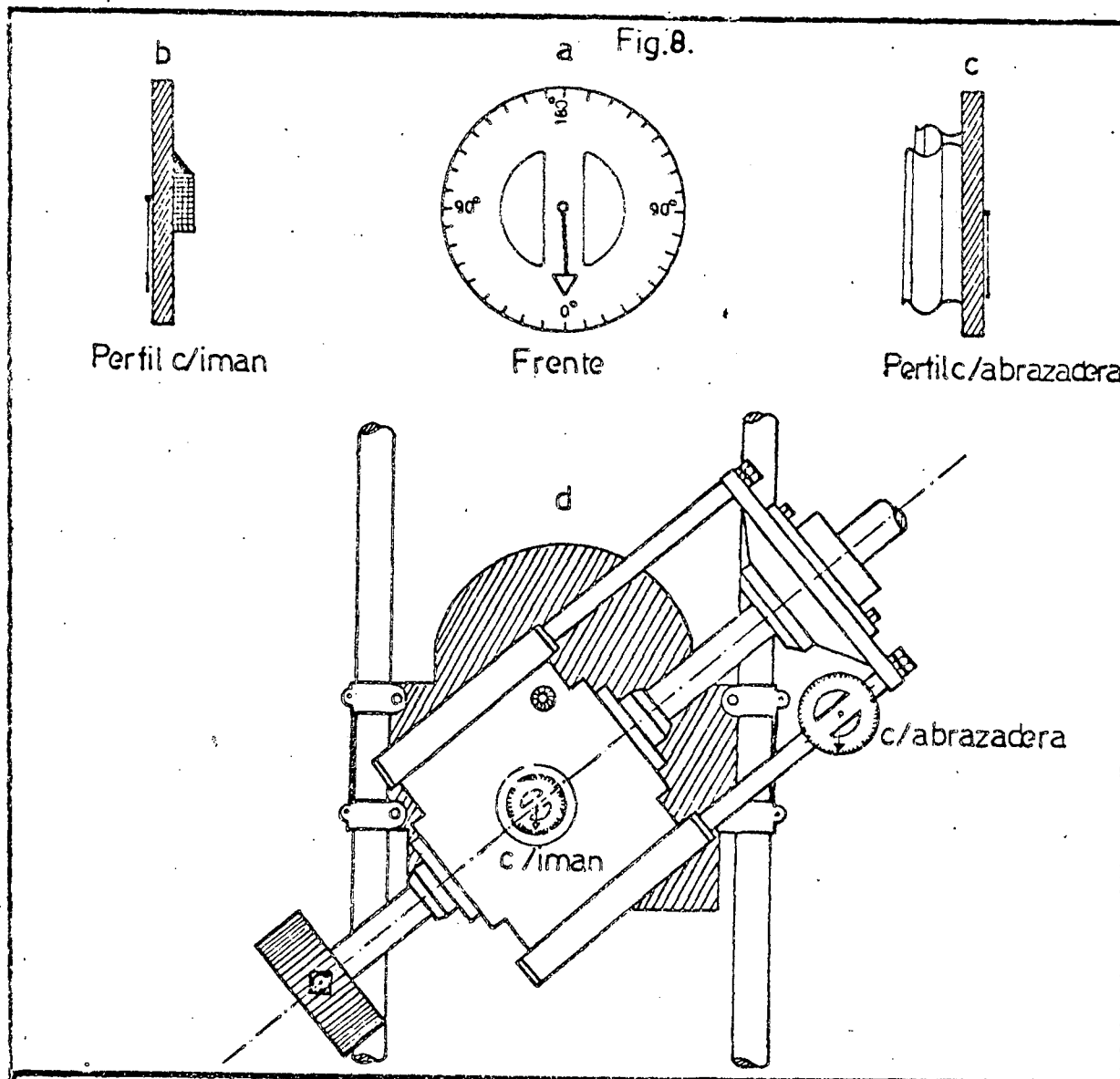


GRAFICO DE CAUDALES DE INYECCION Y DE VELOCIDADES DE ASCENSO DE AGUA EN LOS POZOS

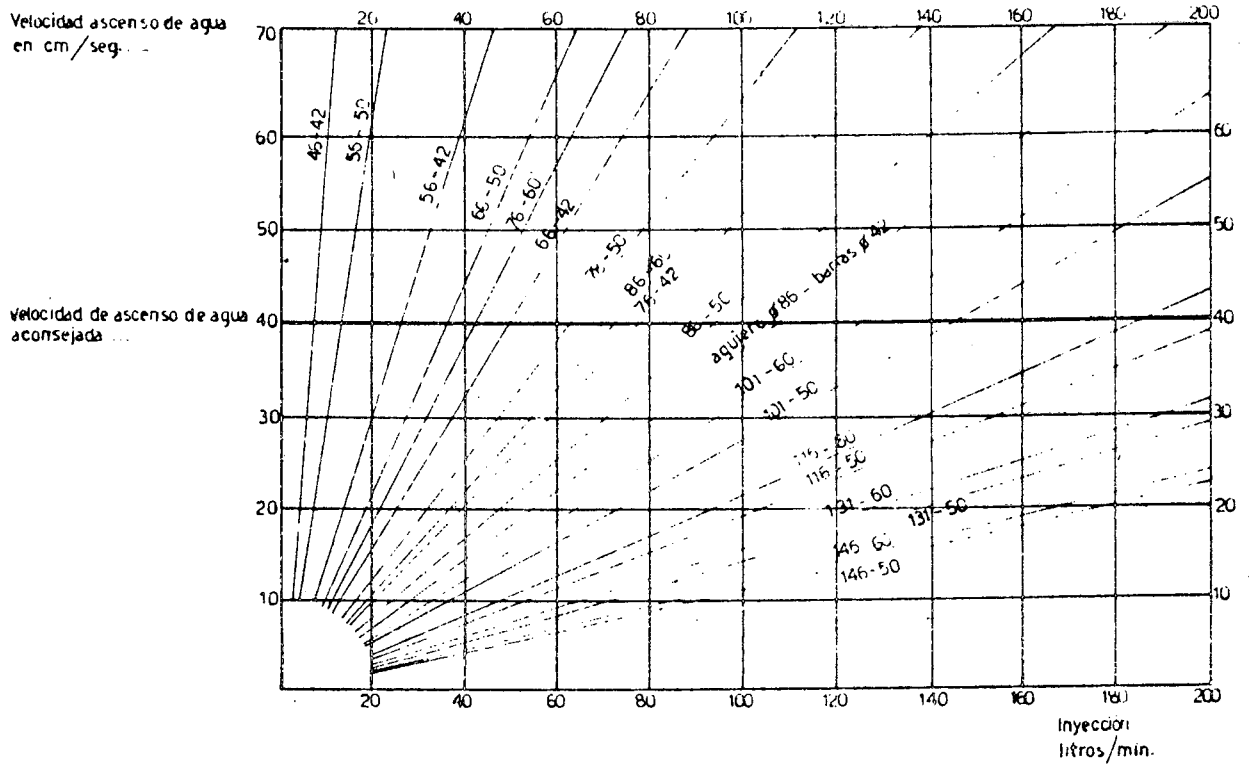


Fig. 10

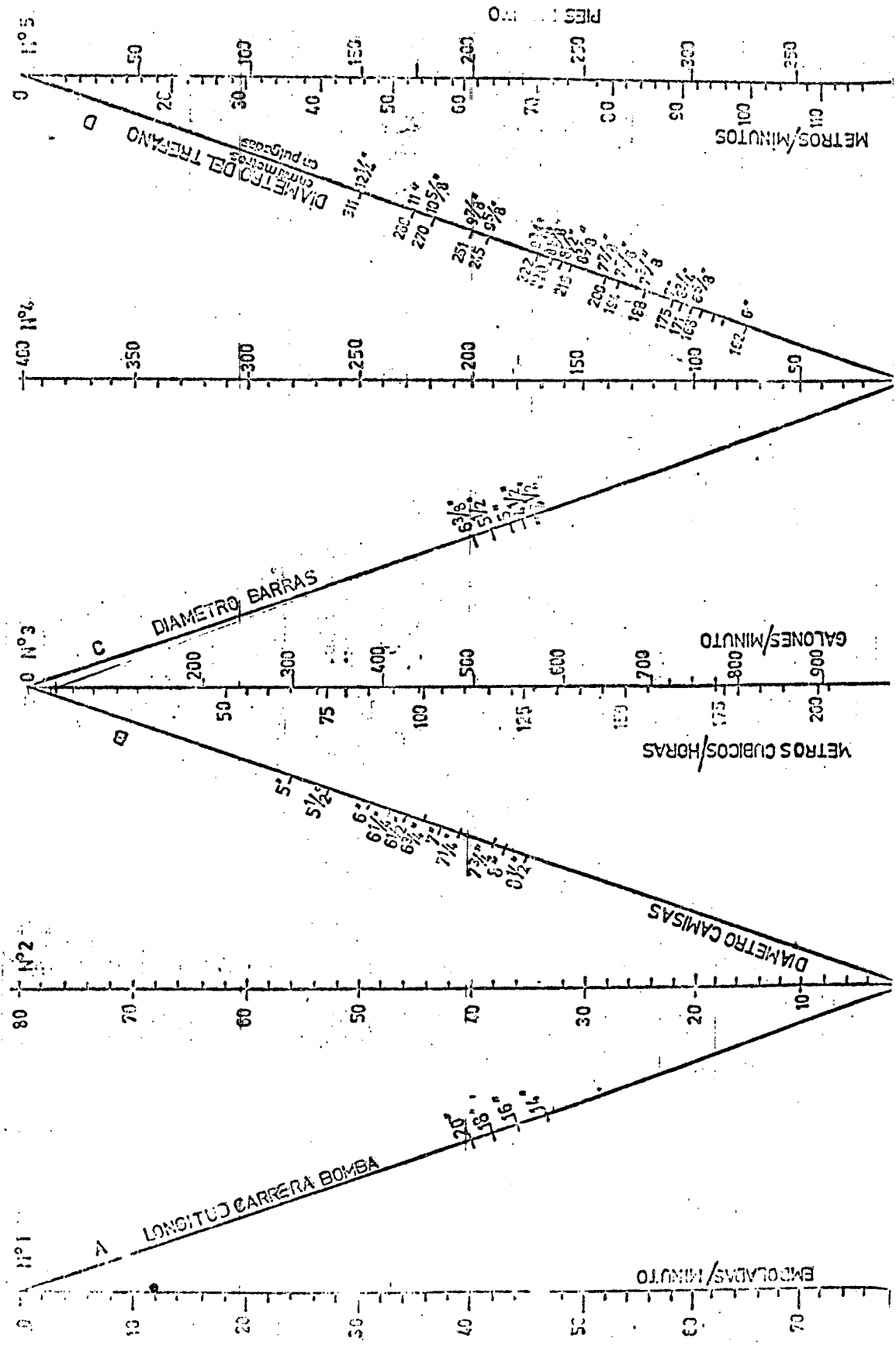


Fig. 12

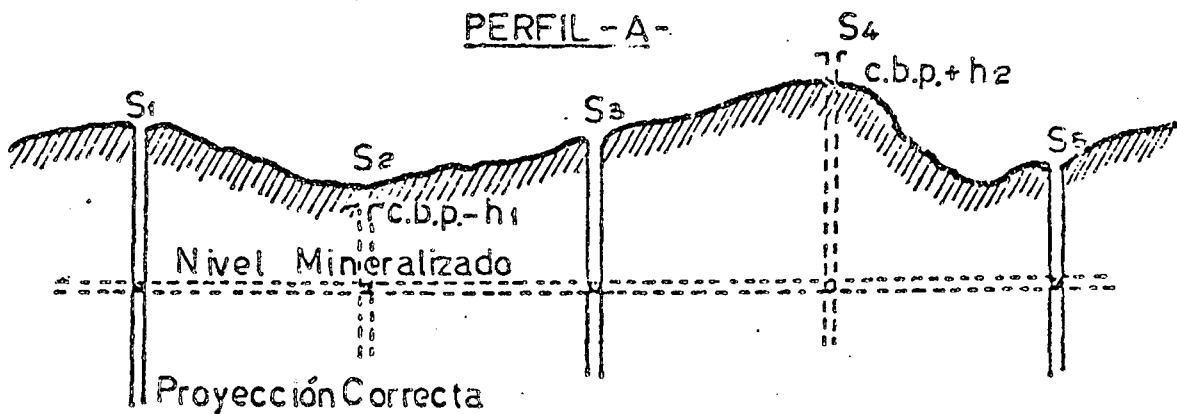
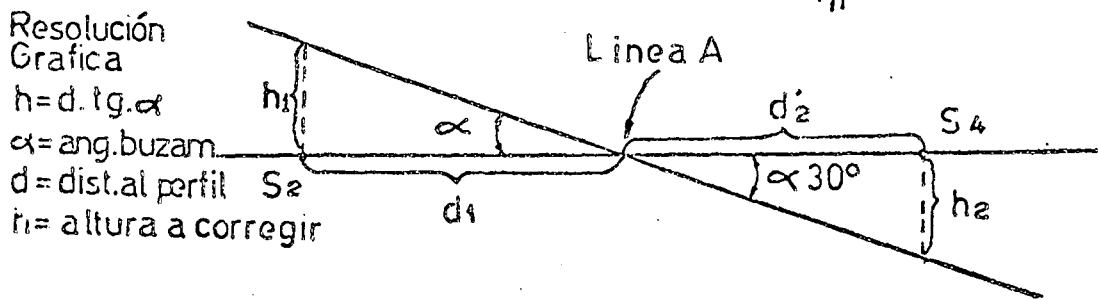
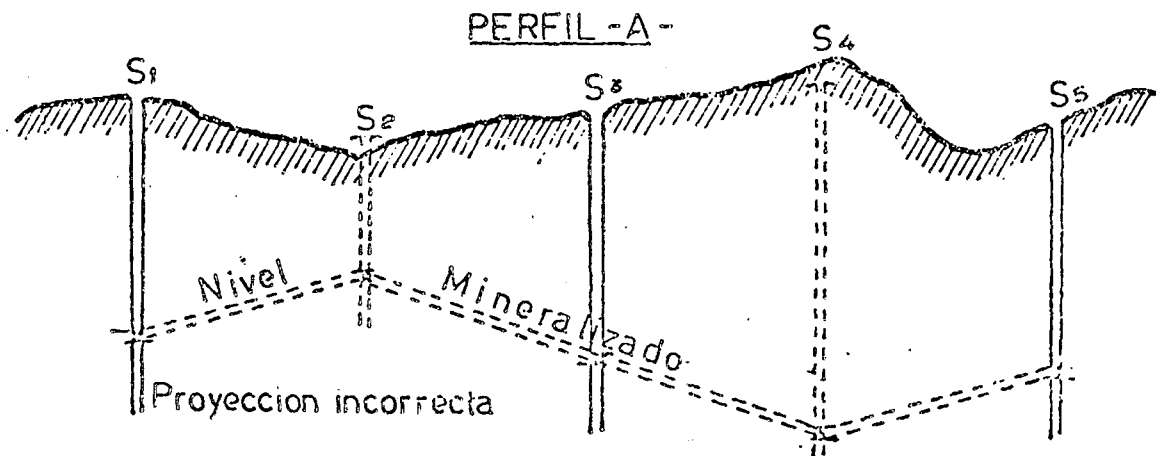
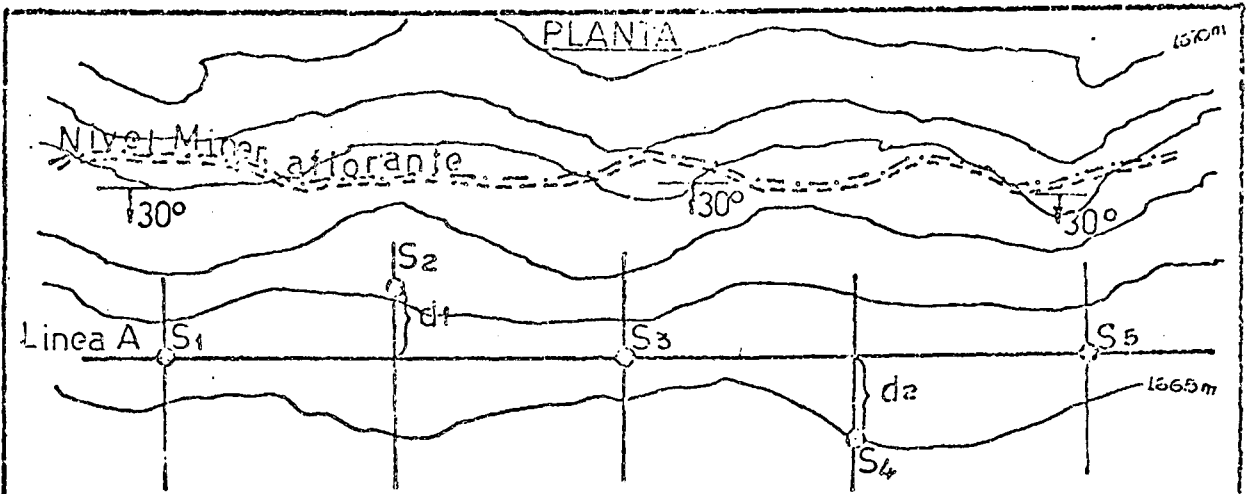


Fig. 13

INDICE

- I.- INTRODUCCION.
- II. IDEAS GENERALES SOBRE EXPLORACION MEDIANTE SONDEOS.
- III. DIAGRAMACION DEL PROGRAMA DE SONDEOS.
- IV. CONTROL GEOLOGICO DE OPERACION.
 - IV.1. Confección del Programa ajustado de Pozo.
 - IV.2. Señalamiento.
 - IV.2.1. Sondeos de superficie
 - IV.2.2. Sondeos de fondo.
 - IV.3. Supervisión del Desarrollo.
 - IV.4. Circuito de las muestras.
 - IV.4.1. Obtención.
 - a- Cuttings.
 - b- Polvos.
 - c- Testigos.
 - IV.4.2. Preparación y envío a laboratorio.
 - IV.4.3. Estudio de las muestras.
 - IV.4.4. Radiosondaje.
 - IV.4.5. Registro y síntesis de la información.
- V. INTERPRETACION Y CORRELACION.