

05.78.17



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

CNEA-AC-22/78

IV. METODOS DE EXPLORACION FISICA

- 1- EXPLORACION FISICA, TRINCHERAS,  
PERFORACIONES, LABOREOS MINEROS

FELIX RODRIGO

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

BUENOS AIRES

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

CONFERENCIA IV.1.

### EXPLORACION FISICA, TRINCHERAS, PERFORACIONES, LABOREOS MINEROS

FELIX RODRIGO

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

#### I. ASPECTOS GENERALES

El estudio de este tema difícilmente puede considerarse en una hora de exposición.

Siendo así, pasaremos solamente revista de los principales métodos de exploración física; sin detenernos en las tecnologías de ejecución; ni en los aspectos de control geológico, los que serán tratados por otros especialistas; sino particularmente en cuanto atañe al objetivo fijado: que es el progresivo mejor conocimiento de la formación mineralizada, a través de la determinación de su composición, morfología, posición espacial, dimensiones, obtención de muestras representativas para el estudio de sus características y leyes medias y finalmente, la estimación de las reservas de minerales de uranio.

La elección del método de reconocimiento físico: labores mineras y/o perforaciones, puede quedar supeditado tanto a factores técnico-económicos, como a condiciones particulares del país, la región o el yacimiento donde deben realizarse los trabajos; por lo que se estima de interés una serie de consideraciones generales, tanto de las posibilidades y limitaciones de los métodos en sí, sus relaciones de costos y rendimientos, etc, como de los objetivos y requerimientos perseguidos, a fin de lograr una planificación conveniente.

Las técnicas a utilizar deben encuadrarse estrictamente, en los objetivos generales de tiempo y costos, asignados al programa de desarrollo de reservas.

Corresponde destacar desde el comienzo, que la exploración física de yacimientos de uranio, la que al igual que la de otros elementos puede encararse mediante labores mineros o sondeos, o ambos métodos combinados, ofrece sin embargo una variante fundamental con respecto a los sistemas convencionales.

En efecto, la circunstancia de que los minerales de uranio sean radiactivos, posibilita la utilización de instrumental (detectores o sondas de perfilaje, con tubos G-M o cristales de INa (T1), que permiten un control adicional de la mineralización "in situ", no haciendo imprescindible, en condiciones especiales, la extracción o recuperación de muestras, testigos o "cuttings", de las labores o perforaciones.

En este sentido, resulta importante definir en que momento de la exploración conviene recurrir al método clásico de perforación con corona y recuperación de testigos y hasta que punto sondeos con simple recuperación de "cuttings", más el complemento de técnicas de "gamma logging" y perfilajes eléctricos múltiples pueden aportar suficiente información en las etapas iniciales de desarrollo, dados los costos muy dispares de ambos métodos de perforación.

Debe enfatizarse que, no sólo debe considerarse a las perforaciones como una técnica de evaluación de yacimientos, sino también como una herramienta de prospección e investigación geológica, particularmente importante en el caso de depósitos con control sedimentario. En estas etapas iniciales resulta obvia la ventaja de disponer de técnicas de reconocimiento a bajo costo.

La tendencia actual es la de disminuir lo más posible los tramos coroneados o aún los de una recuperación completa de "cuttings", supliendo la información suministrada por éstos por registros controlados de perfilajes múltiples ( $\gamma$ , resistividad, potencial espontáneo, neutrón, etc).

Esta circunstancia favoreció, igualmente, la progresiva utilización de equipos perforadores de tipo "wagon drill", neumáticos, con martillos de superficie o de fondo, los que de capacidades iniciales de hasta 30 m se han ido ampliando hasta más de 200 m de profundidad, con rendimientos y costos muy favorables. El perfilaje radiométrico se complementa con la recuperación de "cuttings" ("polvos"), menos contaminados por los lodos de inyección, como sucede en las perforaciones tipo "rotary" (22).

Las limitaciones del "wagon drill" derivan de las condiciones físicas de los terrenos a atravesar, siendo desfavorable la presencia de arcilla, rodados sueltos o terrenos heterogéneos o poco competentes, o la existencia de napas acuíferas de cierta importancia, las que interfieren su aplicación.

El hecho de que la recuperación de testigos no sea absolutamente imprescindible en la exploración del uranio, posibilita que la relación de pozos coroneados a los simplemente perforados con trépanos o "wagon drill", pueda ser regulada, en función de la homogeneidad de la mineralización, la continuidad de la misma y el progresivo conocimiento de un yacimiento.

Los sondeos o tramos testigados permiten establecer una recta de correspondencia estadística radiactividad/tenor ( $ra/t$ ), aplicable mediante perfilaje a los pozos restantes.

La disminución del número de sondeos testigados, sobre todo en yacimientos en sedimentos, de características por lo general más regulares, provoca una notable reducción en el volumen de los costos de exploración, ya que en casos favorables sólo resulta necesario realizar un pozo coronado ca

da 10 ó 20 con trépano o "wagon drill".

Los costos operativos de los sondeos varían grandemente de un país a otro, en función principalmente del volumen de los programas, las facilidades para la obtención de los equipos y accesorios, la infraestructura que soporta la operación y las condiciones particulares de acceso a la región y al yacimiento.

En U.S.A. que realiza actualmente programas del orden de 15 millones de metros por año, el costo promedio de los sondeos tipo "rotary", sin recuperación de testigos, es ligeramente superior a los u\$s 10/m, con rendimientos de 30 a 300 m/día/equipo (6).

En la provincia uranífera de Agadez, en Níger, a pesar de las dificultades de infraestructura local, los costos fluctúan de 20 a 25 u\$s/m (2), (19).

En países que desarrollan programas de menor volumen, los costos pueden alcanzar hasta 50 ó 60 u\$s/m o mayores, cuando se suman dificultades de acceso.-

Los costos de los sondeos con recuperación de testigos varían de 60 a 120 u\$s/m.

Los costos de sondeos tipo wagon drill, en programas regulares de cierto volumen, que no exijan traslados considerables entre pozo y pozo, fluctúan entre 6 y 20 u\$s/m.

La exploración mediante laboreos mineros, si bien ofrece rendimientos menores y costos sensiblemente superiores a los de los sondeos, posibilita un conocimiento más acabado de la mineralización, no traducido a impactos aislados, sino a una investigación continua en las direcciones seleccionadas, lo que asegura una mayor precisión en el grado de seguridad de la estimación de las reservas puestas en evidencia (4).

Este método permite, además, obtener valiosa información sobre las futuras condiciones de explotación del yacimiento (comportamiento de la mena y de las cajas, coeficientes de "pérdidas" y "dilución" del mineral, etc), así como muestras representativas, de características y volúmenes adecuados, para realizar ensayos de beneficio del mineral, los que resultan indispensables para completar la evaluación económica del yacimiento.

Frecuentemente, durante la exploración, se hace uso combinado de laboreos mineros y de perforaciones, sean estos externos o internos. Los sondeos internos se realizan con equipos convencionales con capacidades hasta profundidades de 100 a 200 m, o con martillos percutantes de mediana capacidad, los que permiten la investigación hasta 30 m a partir de las labores de base.

En estos casos, es necesaria una adecuada planificación y riguroso control de los costos operativos relativos de cada técnica, a efectos de precisar los objetivos que se desea alcanzar y evitar la superposición de información, la que afectaría irremediablemente el balance económico.

La relación de costos operativos entre las labores mineras clásicas de exploración, de pequeña sección (1,60 x 2,00 m) y los sondeos testigados o con simple recuperación de "cuttings", varía grandemente de un país a otro, en función de las facilidades para disponer de equipamiento mecánico y de la mano de obra. En Francia, por ejemplo, es de 10 a 1 y de 5 a 1, respectivamente. En Argentina, la relación labores mineras/sondeos testigados varió de 5 a 1 para Mina "Huemul", Mendoza, en trabajos mineros bajo nivel y presencia de agua, hasta solamente 3 a 1, en "Don Otto", Salta, donde debido a condiciones particulares, la mayor parte de las labores de la primera etapa de desarrollo, se ejecutaron en niveles positivos, a partir de socavones de acceso, sin problemas de competencia de las rocas, ni de agua (18).

## II. PLANIFICACION DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACION FISICA

La fijación de programas a mediano término y posible evolución y desarrollo de cada yacimiento o distrito minero, pueden condicionar, en determinadas circunstancias, el tipo de trabajos de exploración a adoptar.

De no existir, por ejemplo, un requerimiento inmediato de producción, podrían diferirse total o parcialmente los programas de laboreos mineros, ya que los sondeos, en tiempos y a costos sensiblemente menores, permiten definir el potencial de un yacimiento, con un grado de seguridad aceptable.

Una vez verificada en el terreno la existencia de un indicio o anomalía radiactiva, corresponde certificar de inmediato la presencia de mineral de uranio y definir cualitativamente la importancia de su acumulación, a través de la determinación del orden de magnitud, de algunos de los principales parámetros. Entre ellos cuentan los factores geológicos que controlan la presencia de la mineralización, dimensiones potenciales del cuerpo (desarrollo, longitud, espesores medios), posición espacial, tenores medios radiométricos y/o químicos, morfología, etc, a fin de orientar las sucesivas etapas de reconocimiento geológico-minero y formular el primer programa de exploración física.

Los primeros trabajos de reconocimiento físico no deben aún ser orientados a una estricta evaluación del yacimiento, ya que en esta etapa no se trata de medirlo y valorizarlo, sino justamente de poner en evidencia la presencia de mineralización (4).

Resulta, pues, conveniente fijar objetivos bien definidos y concretos a cada una de las etapas posibles de desarrollo de un yacimiento, a fin de definir el carácter de las investigaciones a realizar y adoptar el método de reconocimiento físico capaz de brindar en cada etapa la información requerida y posibilitar un adecuado balance técnico-económico, para fundamentar la continuidad de la exploración.

La cantidad de etapas en que podría dividirse la exploración de un yacimiento, puede obedecer a múltiples causales; tanto de orden técnico: derivadas de las condiciones particulares del depósito; económicas: por regulaciones de tipo financiero o presupuestario u otros factores, o simplemente de la urgencia en disponer de reservas de uranio, para su beneficio inmediato o para favorecer la formulación de una política nacional.

En Argentina generalmente se divide la exploración en tres etapas (7), (19):

- 1a. Reconocimiento Preliminar. Orientado a poner en evidencia la existencia de mineral de uranio, mediante la ejecución de trincheras, calicatas, pozos, sondeos de wagon drill, etc. El objetivo es alcanzar un conocimiento cualitativo de la zona superficial del yacimiento.
- 2a. Reconocimiento Subprofundo. Orientado a la puesta en evidencia de un yacimiento de uranio, con posibilidades de interés económico, mediante la ejecución de programas de sondeos y/o labores mineros, en áreas parciales del depósito favorecidas por la accesibilidad, hasta profundidades fluctuantes entre 50 y 100 m. Al haber mejorado, paralelamente, el grado de conocimiento geológico-minero permite realizar una primera estimación del potencial del yacimiento.
- 3a. Exploración y evaluación regular del yacimiento. Orientada a determinar las reservas de mineral y valor económico del depósito, mediante la ejecución de programas regulares de exploración física.

### III. RECONOCIMIENTO PRELIMINAR

El reconocimiento preliminar debe orientarse, simplemente, a documentar la presencia de mineral y a investigar las condiciones geológicas que definen su posición y/o control, a menos que las características del hallazgo permitan evaluar de inmediato su importancia; en cuyo caso pueden programarse trabajos más avanzados de exploración física.

Al iniciarse los trabajos, si no se tiene aún ningún conocimiento u orientación concretos sobre las características de la mineralización, no es posible precisar la malla más adecuada de reconocimiento, salvo la que imponga las dimensiones de la anomalía original y las limitaciones técnico-económicas que se hayan adoptado al formularse el programa.

En esta etapa, en ausencia de posibles orientaciones preferenciales de los cuerpos mineralizados, resulta prudente optar por una implantación regular y sistemática de los trabajos (4).

En casos especiales, puede resultar aceptable la realización de labores y/o sondeos en zonas privilegiadas o seleccionadas, posibles de contribuir a un más rápido conocimiento del fenómeno mineralizador, pero debe evitarse proyectar o generalizar los resultados a obtener.

Siempre que sea posible, resulta preferible adoptar una malla sistemática de reconocimiento, evitando realizar los trabajos sobre los puntos más prominentes o significativos de la carta de isoradiactividad (Fig. 1) y menos aún sin apoyarlos en bases geológicas adecuadas (Fig. 2), lo que podría prestarse a interpretaciones erróneas.

En el ejemplo citado, las informaciones geológica y radimétrica, analizadas en conjunto, no dejan lugar a dudas sobre la existencia de dos cuerpos mineralizados peneconcordantes, por lo que tanto las trincheras del reconocimiento preliminar (Fig. 3), como eventuales sondeos de reconocimiento subpro-

fundo, deben adecuarse a dichas condiciones.

Debe evitarse, igualmente, iniciar el reconocimiento a partir de los puntos más ricos o anómalos, ya que se introduce un factor de error.

Si bien podría resultar económicamente conveniente que la malla de reconocimiento preliminar pueda integrarse con la de futura exploración regular -lo que es a veces posible para depósitos en sedimentos-, el geólogo no debe aferrarse prematuramente a este esquema, hasta no disponer de suficiente información para decidir sobre el particular.

Si debido a necesidades operativas (dificultades de acceso, etc), los trabajos no se desarrollasen sobre una malla sistemática, deberán valorizarse adecuadamente los parámetros obtenidos por una vía que podría ser preferencial, adoptando las correcciones o reajustes que se estimen convenientes.

La adopción de la malla de reconocimiento debe ser función de la dimensión del fenómeno mineralizador, así como de cada uno de los cuerpos individuales que lo integran, debiendo ajustarse a limitaciones económicas prudentes, a efectos de no sobrecapitalizar la exploración del yacimiento.

Durante el reconocimiento del yacimiento "Don Otto" (Salta), por ejemplo, de 2.500 m de desarrollo semiaflorante y con una aparente regularidad, tanto geológica como de la mineralización, el hecho de implantar trincheras cada 50 m permitió definir la existencia de 3 estratos portadores, con un progresivo desplazamiento de la mineralización hacia los superiores, en sentido sur-norte (6).

Para un filón, una estructura mineralizada subvertical o un estrato aflorante, favorecidos por un relieve pronunciado, la primera etapa de reconocimiento se realiza generalmente mediante trincheras o calicatas, de dimensiones suficientes para alumbrar el fenómeno mineralizador y poder realizar una observación geológica adecuada y un muestreo regular.

Para cuerpos mineralizados enclavados en estructuras sedimentarias subhorizontales, en relieves tipo "plateau", con escasa cubierta, es frecuente implantar pequeños pozos abiertos, o si la naturaleza del terreno lo permite, perforar barrenos con pequeños motocompresores portátiles o martillos autónomos, tipo Cobra, Bosch, Pinazza, etc, con los cuales es posible alcanzar profundidades de hasta 7 y 8 m. Estos permiten la recuperación de detritos o "cuttings", lo que se complementa con perfilajes radiactivos.

Se ha generalizado, asimismo, recurrir en esta etapa a sondeos con "wagon-drill", con profundidades de hasta 30 m, lo que permite el reconocimiento de un mayor volumen del yacimiento y contribuye a controlar el fenómeno de posibles enriquecimientos superficiales (5).

En zonas de acceso difícil se utilizan equipos perforadores ultralivianos, tipo Winkie o similares, capaces de extraer testigos de pequeño diámetro, hasta profundidades de 50 a 60 m.

El carácter de prospección o reconocimiento preliminar tienen, asimismo, los programas de coberturas de grandes áreas, del tipo que el Commissariat à l'Energie Atomique de Francia desarrolló, y aún continúa, en el

borde oriental del Macizo de l'Air en Níger (1), (2), (19).

En la primera campaña de sondeos, en una región de casi 350 x 100 km, se comenzó por aplicar una malla de 2.400-3.200 x 800 m, a profundidades que generalmente no pasaban de los 100 m, salvo los sondeos de investigación geológica, que se llevaron hasta las formaciones del zócalo (Precámbrico o Devónico), o hasta 450 m (capacidad de los equipos utilizados (Failing o Mayhew 1.500').

En las zonas donde se localizaron anomalías de interés (acumulaciones h.x.  $\geq 1$  % U.m, con  $h \geq 1$  m), clasificadas como "áreas de exploración", se densificó la malla a 800 x 800 m, ya que se consideró que dicho espaciamiento sería suficiente para localizar cuerpos mineralizados calificables de económicos en las condiciones locales (un cuerpo con 10.000 t de U o varios próximos, de 3.000 a 4.000 t U cada uno, posibles de ser beneficiados en una sola planta).

De continuar la mineralización, se clasificó a las áreas como de "desarrollo", y se prosiguió la exploración progresivamente, a mallas de 400 x 400 m, 200 x 200 m y 100 x 100 m. Las zonas transformadas en yacimientos definidos, como "áreas de contrato" de distintas superficies, fueron asignadas a diferentes compañías para su desarrollo ulterior (exploración a mallas de 50 x 50 y 25 x 25 m) y explotación (yacimientos de Arlit, Akouta, Imourarene, In Adrar, etc).

#### IV. EXPLORACION FISICA REGULAR

Esta etapa de trabajos está orientada a:

1. La determinación exacta de la geometría y posición espacial del cuerpo mineralizado.
2. La determinación de la ley media representativa del yacimiento.
3. El conocimiento más acabado posible de la mena y de la ganga o material acompañante.

Dichos parámetros posibilitan la estimación regular de las reservas del yacimiento y su evaluación económica.

Independientemente de la cantidad de etapas con que se cumplan estos trabajos, los métodos de exploración física responden a perforaciones o labores mineros, de modo que iniciaremos su descripción en ese orden:

##### IV.1. Perforaciones

Según las condiciones geológicas del yacimiento, el grado de desarrollo de la exploración o la seguridad requerida para la determinación de las reservas, las perforaciones pueden ser:

1. Sondeos coroneados, con recuperación de testigos.
2. Sondeos tipo "rotary" o "wagon drill".

Los primeros son los únicos que pueden ofrecer, en base a una recuperación adecuada de testigos, muestras confiables para la correcta determinación de las leyes medias del yacimiento.

Los segundos, cuyo uso se ha generalizado, pues resultan considerablemente menos costosos, pueden también proveer excelente información, cuando se los complementa con el uso de técnicas especiales, tales como:

- a) Recuperación de "cuttings" o de polvo, con la menor dilución o contaminación posible, de modo que sean representativos de la columna geológica.
- b) Descripción y análisis de muestras (físicos, mineralógicos, químicos, etc), tanto in situ como en el laboratorio.
- c) Perfilaje múltiple, inmediato a la terminación del pozo. El uso de rectas de correspondencia estadística radiactividad/tenor, sólidamente establecidas con muestras de testigos obtenidos en el mismo yacimiento y analizadas químicamente, permite, a través del perfilaje y establecer los tenores en forma satisfactoria. La interpretación del perfilaje eléctrico contribuye a determinar la columna litológica.
- d) Adecuada representación gráfica, análisis y correlación de resultados con pozos patrón en el mismo depósito y el uso de modelos regulares y sistemáticos.

En general, los sondeos de exploración deben ser implantados en perfiles paralelos o en una malla ortogonal, con los retículos orientados en función de los arrumbamientos de las estructuras o de los cuerpos mineralizados y con intersecciones o impactos preferiblemente de elevado ángulo ( $\geq 30^\circ$ ), en relación al desarrollo de mayor superficie de los mismos (Figs. 4 y 5). En Francia, para la exploración de cuerpos vetiformes, por lo general subverticales, la inclinación media de los sondeos es del orden de los  $50^\circ$ .

La falta de paralelismo de los perfiles o su implantación a favor de una dirección preferencial de la mineralización, puede conducir a estimaciones erróneas. Tal puede ser el caso de sondeos internos, desde galerías o chimeneas desarrolladas dentro de un cuerpo tabular o estratiforme.

En igual forma, un programa de sondeos a malla ortogonal puede resultar no necesario, cuando se investigan yacimientos con fuertes anisotropías, en cuyo caso es recomendable una malla rectangular, con mayor cantidad de impactos en las líneas transversales a la de la dirección preferencial. Ejemplo: mineralización difundida en estratos, a partir de una falla transversal, siendo la falla misma y el área más próxima estéril, por un proceso de lixiviación posterior. La malla ortogonal podría resultar preferencial (negativa o positiva), con respecto a la zoneografía de mayor acumulación. En este caso resulta imprescindible disponer de una mayor densidad de información, en dirección transversal a la falla (Fig. 6).

Otro caso particular es el de Mounana, Gabón, señalado por Carrier.

Se trata de un cuerpo en amás de sección elipsoidal, con una muy buena isotropía de tenores (4).

Para el conocimiento de los tenores medios en tal tipo de yacimiento, lo aconsejable es una malla cuadrada; en cambio, para la estimación de volúmenes se impone una malla homotética a los ejes del elipse (Fig. 7). Siendo el tenor medio elevado y no existiendo inquietud en este sentido, se optó por su exploración con sondeos verticales, con una malla de 10 x 20 m, groseramente correspondiente a la figura de la proyección horizontal del cuerpo mineralizado.

#### IV.2. Laboreos mineros

Como ya citamos, la decisión de realizar la exploración física de un yacimiento mediante laboreos mineros depende de varias circunstancias: forma y dimensiones de los cuerpos, emplazamiento topográfico, problemas de acceso, continuidad en el desarrollo, posibilidad de una explotación inmediata, etc, condiciones todas capaces de incidir en el tipo y densidad de los trabajos.

Al igual que para los sondeos, todo buen reconocimiento debe realizarse a través de implantaciones regulares, con niveles equidistantes (cada 30 a 50 m), condición que si bien resulta excelente para formaciones de mediana o grandes dimensiones (varios centenares de metros), no lo es para los pequeños cuerpos (de algunas decenas de metros).

Para las pequeñas formaciones, si el valor inferido del cuerpo lo justifica y se prevé una explotación inmediata, puede cerrarse la malla (hasta 20 m), o correr un riesgo deliberado, sacrificando la precisión de la estimación de las reservas.

Para cuerpos mayores, en los que es factible la implantación de una malla regular, pueden a su vez presentarse algunas variantes, en función del espesor de los cuerpos mineralizados.

##### IV.2.1. Cuerpos mineralizados de espesor reducido, subverticales o con fuerte inclinación.

Pueden corresponder tanto a filones verticales o subverticales, como a estratos con fuerte buzamiento (Fig. 8).

No siendo necesario, a efectos de la estimación de reservas, un trazado de labores igualmente denso en dos direcciones, a menos que medien para ello razones geológicas; se puede optar por desarrollar los niveles o las chimeneas, con el equidistanciamiento citado del orden de 30 a 40 metros, según se esté en presencia de zonaciones verticales u horizontales, respectivamente.

En condiciones de isotropía, en general se eligen las galerías a nivel, por facilidades de trazado, ejecución y operación y porque las mismas son susceptibles de transformarse posteriormente en vías de acceso o transporte durante la explotación. La densidad de chimeneas o montantes, se regula principalmente en función de problemas de ventilación, en distanciamientos múltiples del módulo de los paños a adoptarse para la estimación de reservas y/o futura explotación.

En el Yacimiento "Don Otto" (Salta), que se inició con niveles cada 40 m y chimeneas cada 50 m, se han distanciando éstas a 100 m (Fig. 11).

#### IV.2.2. Cuerpos de espesor mayor

Corresponden, en cuanto a implantación de las galerías y montantes, las mismas consideraciones del caso anterior. El reconocimiento físico se complementa con estocadas o sondeos, trazados con una malla regular, los que deben interesar el espesor total de la formación mineralizada (Fig. 9).

La densidad de la malla auxiliar será determinada en correspondencia con la heterogeneidad de la mineralización.

Para los casos de cuerpos de gran espesor, tipo amás o columnas mineralizadas, la exploración debe realizarse con trabajos mineros de base, implantados en secciones horizontales equidistantes. En cada sección horizontal se desarrollará luego una malla regular de galerías, estocadas y/o sondeos, de acuerdo a las dimensiones y características del cuerpo mineralizado (Fig. 10). En función de la homogeneidad de la formación, es posible reemplazar parte de las estocadas y/o sondeos testigados por sondeos percutantes, con o sin recuperación "cuttings", a condición de disponer de una recta de correspondencia radiactividad-tenor confiable. Ello conducirá a una notable economía en la exploración.

#### IV.2.3. Formaciones estratiformes subhorizontales

Si las condiciones de competencia de los sedimentos portantes de la mineralización son buenas y aseguran una correcta recuperación de testigos, las condiciones topográficas resultan favorables y la cubierta estéril es de un espesor moderado, los sondeos constituirán el método de reconocimiento más adecuado (12).

No obstante, si por razones especiales se opta por laboreos mineros de exploración, deberá actuarse de manera similar al descrito para una sección horizontal de un amás o cuerpo columnar. De tratarse de un cuerpo de mayor espesor que la sección de las labores, deberá complementarse el reconocimiento con estocadas y/o sondeos verticales o perpendiculares al estrato.

Ocasionalmente, en yacimientos de este tipo, los laboreos de reconocimiento de la mineralización, pueden ser utilizadas como accesos para la implantación de sondeos internos (Fig. 12).

#### IV.2.4. Repetición de cuerpos

Tanto en el caso de cuerpos filonianos, alojados en estructuras de fallas complejas, como en sucesiones sedimentarias, las que pueden reproducir ciclicamente condiciones favorables, puede producirse una repetición de cuerpos mineralizados, más o menos subparalelos (18), (20).

Su exploración requiere de una planificación especial y de un adecuado conocimiento geológico, a fin de seleccionar la implantación de los laboreos de base en los cuerpos que ofrezcan mejores perspectivas y condiciones de regularidad. En general, se procede como si se tratase de formaciones de gran espesor, pero el hecho de intercalarse sectores estériles obliga a esta

blecer un análisis económico muy estricto para cada labor y/o sondeo.

En la Mina "Hüemul" (Mendoza, Argentina), en el Sector Agua Botada, se localizaron cinco bancos mineralizados, peneconcordantes, reconocidos mediante perforaciones. Las labores de exploración adicional y de preparación minera se desarrollaron sobre el Banco 4, que resultó el más regular y de mayor extensión, y desde el mismo se trazaron accesos a los restantes bancos. (Fig. 13 y 14). Dicha Mina abasteció de mineral a Planta Malargüe durante varios años (9), (18).

Similares características se presentan en la mayoría de los yacimientos del Distrito Tonco-Amblayo (Salta, Argentina) en los que la mineralización encaja en una secuencia, varias veces repetida, de bancos de areniscas y lutitas. En "Los Berthos" se reconocen 5 estratos mineralizados. En "Don Otto", se han identificado 3, de los cuales el intermedio es el más regular, desarrollándose en el mismo los laboreos mineros de base (9).

En estos casos, en los que, generalmente, la mineralización puede fluctuar de un banco a otro, lo más indicado es atenerse a un programa regular, desarrollando las labores de base en el cuerpo seleccionado, sin preocuparse excesivamente de lógicas fluctuaciones y transferencias de la mineralización de un banco a otro, desarrollando desde el mismo impactos regulares a los restantes cuerpos.

V. BIBLIOGRAFIA

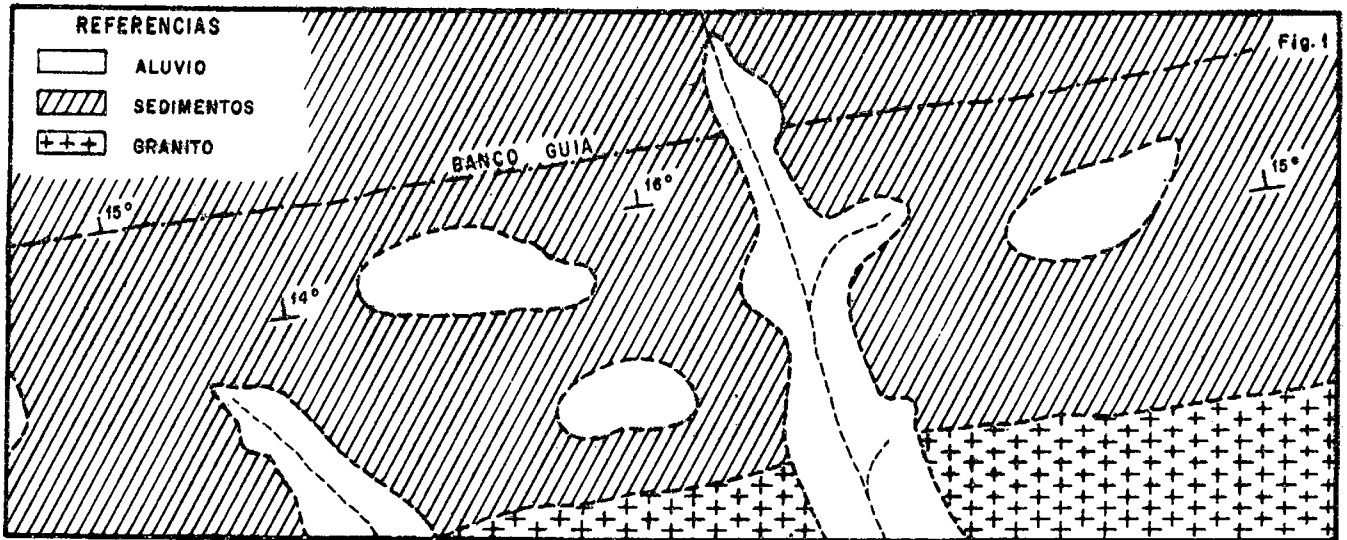
1. BIGOTTE, G. et OBELLIANNE, J.M. Découverte de Minéralisations Uranifères au Niger. *Mineralia Deposits*, 3, 317-333, Berlin, 1968.
2. BIGOTTE, G. and MOLINAS, E. How French Geologists Discovered Uranium Deposits. *World Mining*, April, 1973.
3. CAMBEFORT. Forages et Sondages, leur emploi dans les Travaux Publics. Eyrolles, Paris, 1955.
4. CARLIER, A. Contribution aux Méthodes d'Estimation des Gisements d'Uranium. Theses, Fac.Scién.Univ. Paris, S.4226, N° 5077, Paris, 1964.
5. CARRAT, H.G. El Método de Prospección de Uranio en una División Minera, Puesta a Punto y Resultados. Traducción CNEA de Annales des Mines, Marz 1959, Buenos Aires, 1959.
6. DAVIS, J.F. Practical Approach to Uranium Exploration Drilling from Reconnaissance to Reserves. Proc. of a Panel U Explo. Meth. P/490/3, Vienna, 1973.
7. DEPARTAMENTO RECURSOS MINERALES. Normas sobre Trabajos de Evaluación. Informe Interno de la Gerencia Materias Primas. CNEA, Buenos Aires, 1964.
8. ERDA. National Resource Uranium Evaluation Program. Preliminary Report. Grand Junction, Colorado, U.S.A., 1976.
9. FRIZ, C.T.; RODRIGO, F. y STIPANICIC, P.N. Recursos y Posibilidades Uraníferas en Argentina. Conf. Int. Utiliz. Energ. Atóm. Fines Pacíficos (Actas 3a. Conf.), V.12, P/405, págs. 42-54, Ginebra, 1964.
10. HAASE, W. Uranverrate und Uranbedarf. Taschenbuch fur Atomfragen. 1968.
11. LENOBLE, A. La Recherche del Uranium - L'Evolution des Méthodes. Rev. Ind.Min, V.41, N° 10, Paris, 1959.
12. NININGER, R.D. Minerals for Atomic Energy. Second Edition, New York, 1956.
13. OIEA. Nuclear Techniques and Mineral Resources. Proc. of a Symp. Buenos Aires, 8-9 Nov. 1968, Vienna, 1969.
14. OIEA. Uranium Exploration Geology. Proc. of a Panel. Vienna, 1970.
15. OIEA. Nuclear Techniques for Mineral Exploration and Exploitation. Proc. of a Panel, Cracow 8-12 Dec., 1969, Vienna, 1971.
16. OIEA. Uranium Exploration Methods. Proc. of a Panel. Vienna, 10-14 April, 1972, Vienna, 1973.

17. OIEA. Exploration for Uranium Ore Deposits. Proc. of a Symp., Vienna, 29 March - 2 April, 1976, Vienna, 1976.
18. RODRIGO, F. Exploración Física. Labores Mineros y Perforaciones. Curso Reg. de Capac. en la Prosp. de Uranio, OIEA-CNEA, Buenos Aires, 1969.
19. RODRIGO, F. Misión a Francia y Níger. Panorama Actual del Desarrollo y Producción de Materias Primas Nucleares en ambos países. Inf. Inéd. CNEA, Buenos Aires, 1974.
20. ROUBAULT, M. et. al., Les Minerais Uraniferes Francais et leurs Gise-ments. Pres. Univ. de France, Vol. I, II, III, Paris, 1962-1965.
21. STIPANICIC, P.N.; RODRIGO, F.; FRIZ, C.T. y LINARES, E. Provincias Uraníferas Argentinas. XXII Intern. Geol. Cong. Vol. 7, pág. 57-70, Prague, 1968.
22. STIPANICIC, P.N. y RODRIGO, F. Evolución y Selección de los Métodos de Prospección y Evaluación para Yacimientos de Uranio en la Argentina. Acta Geológica Lilloana, V. págs. 183-215, Tucumán, 1965.
23. VENZLAFF, H. The Prospecting and Exploration for Uranium. From Natural Uranium Supply. Intern. Symp. Deutsches Atomforum e.V., Mainz, 1974.

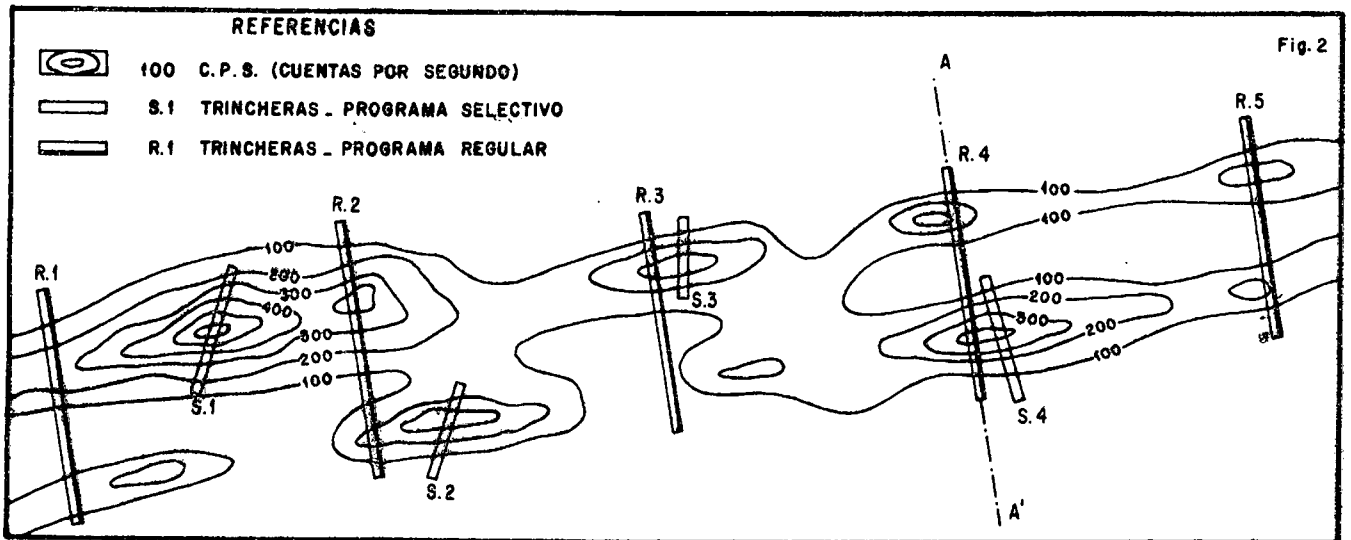
I N D I C E

	<u>Pág.</u>
I. <u>ASPECTOS GENERALES</u> . . . . .	1
II. <u>PLANIFICACION DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACION FISICA.</u> . . .	4
III. <u>RECONOCIMIENTO PRELIMINAR.</u> . . . . .	5
IV. <u>EXPLORACION FISICA REGULAR</u> . . . . .	7
IV.1. <u>Perforaciones</u> . . . . .	7
IV.2. <u>Laboreos mineros</u> . . . . .	9
IV.2.1. <u>Cuerpos mineralizados de espesor reducido,</u> <u>subverticales o con fuerte inclinación</u> . . .	9
IV.2.2. <u>Cuerpos de espesor mayor</u> . . . . .	10
IV.2.3. <u>Formaciones estratiformes subhorizontales.</u> .	10
IV.2.4. <u>Repetición de cuerpos.</u> . . . . .	10
V. <u>BIBLIOGRAFIA</u> . . . . .	12

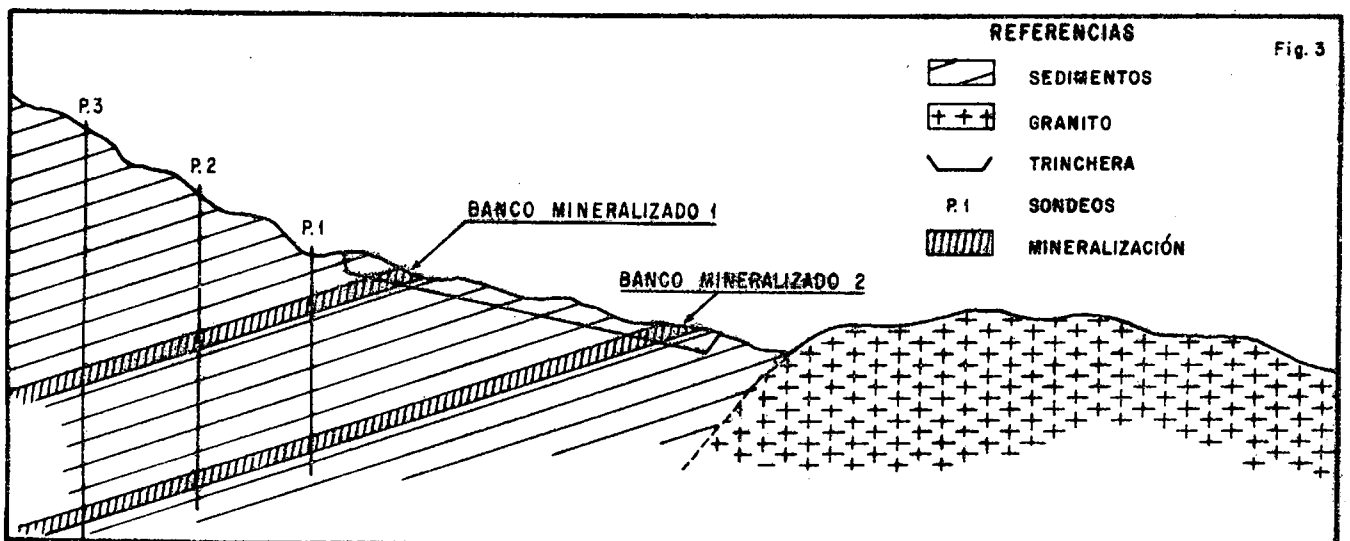
# CARTA GEOLÓGICA



# CARTA DE ISORADIATIVIDAD

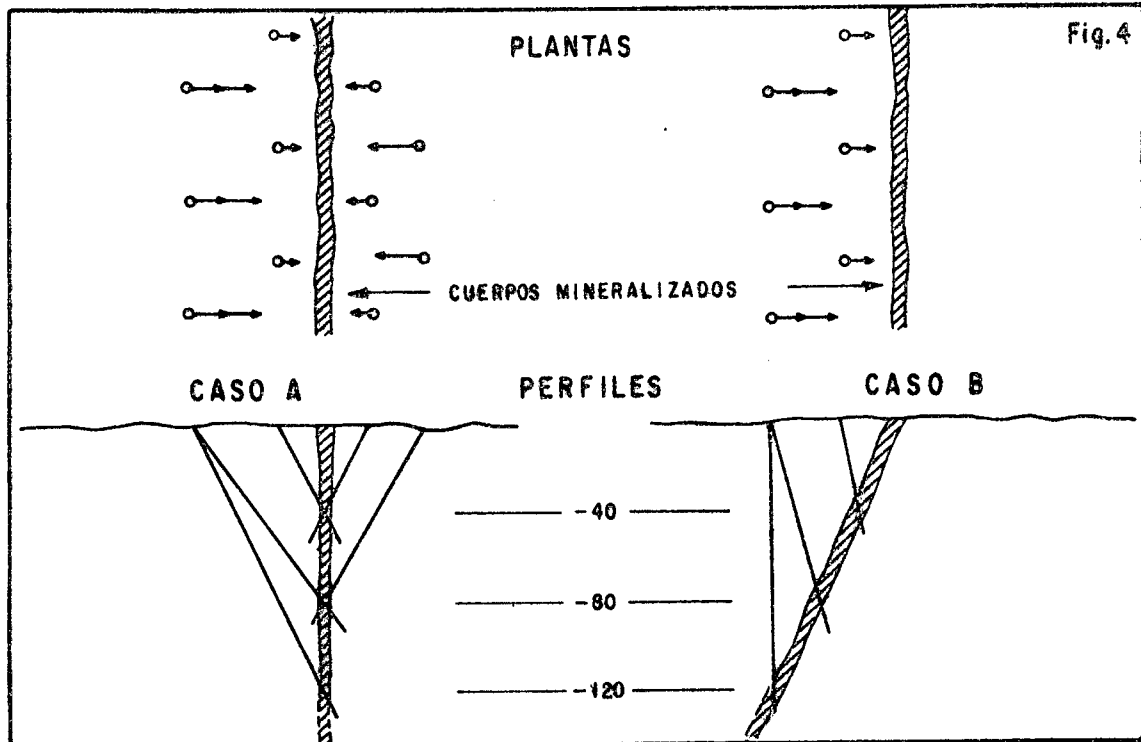


# PERFIL TRANSVERSAL A - A'

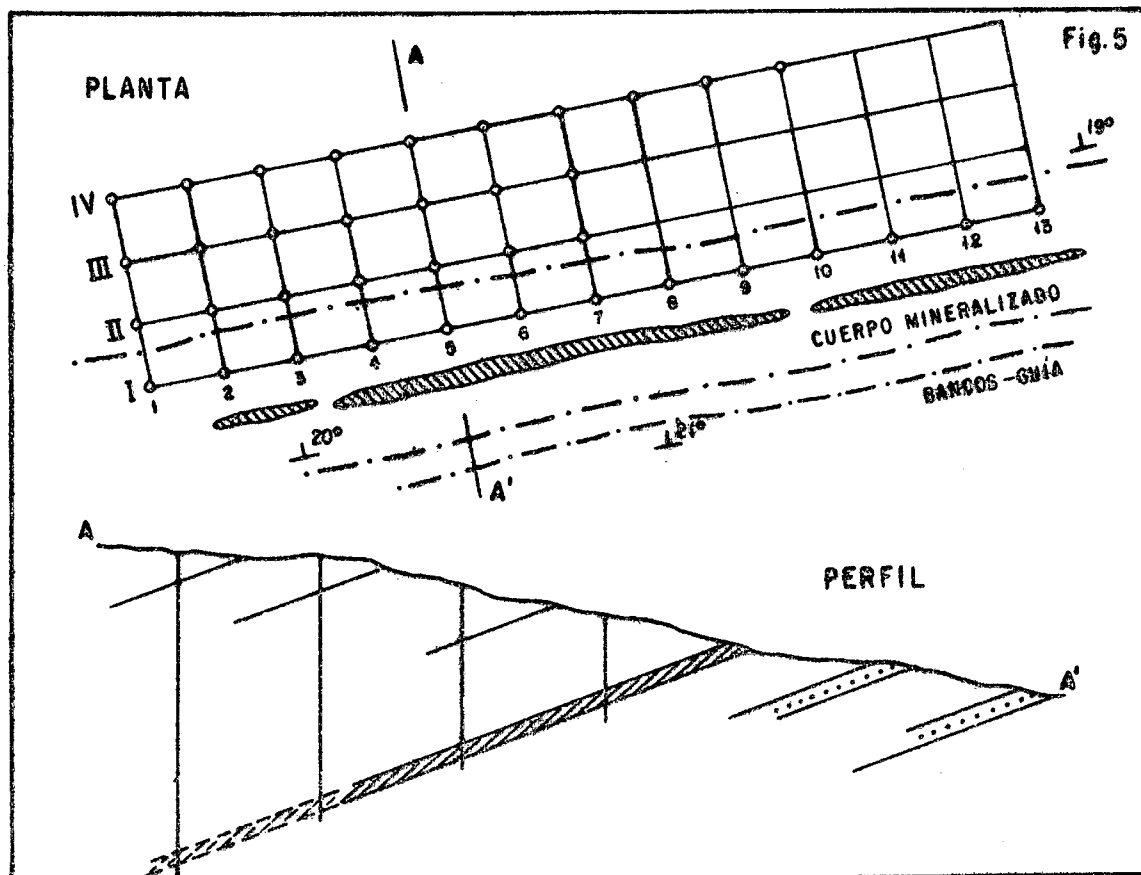


# IMPLANTACIÓN DE SONDEOS

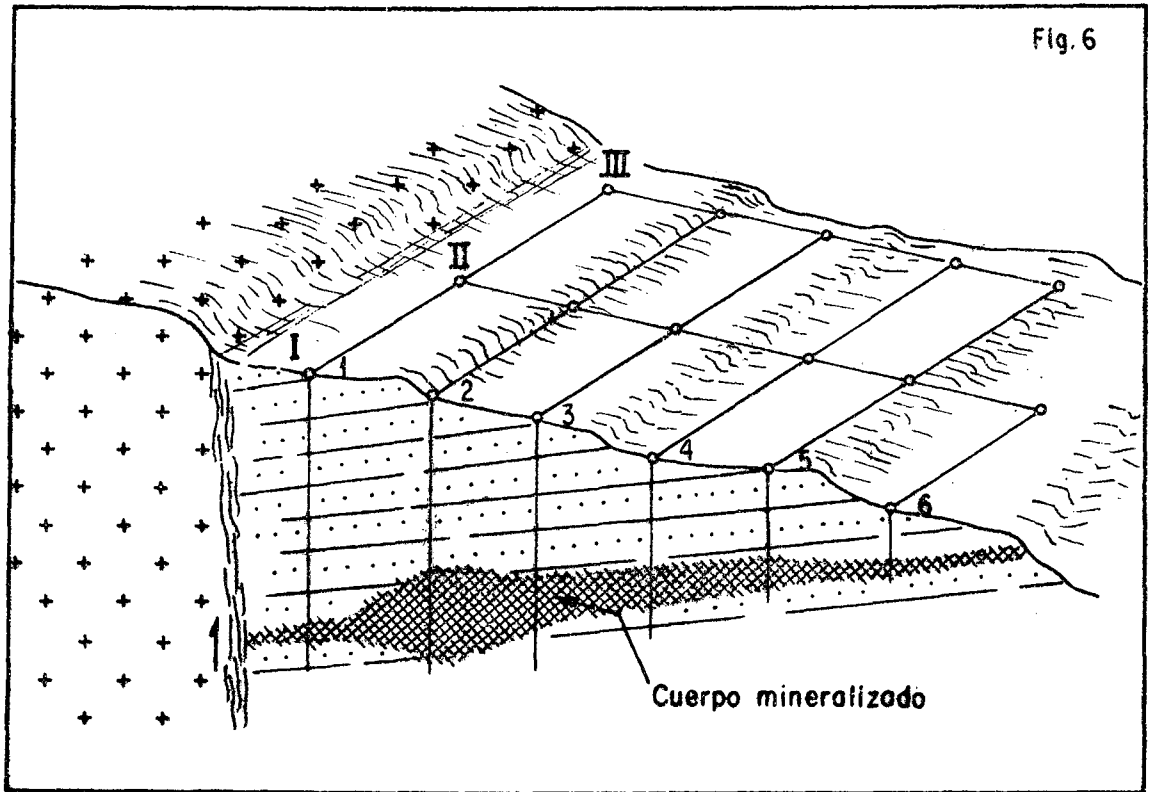
## ESTRUCTURAS VETIFORMES



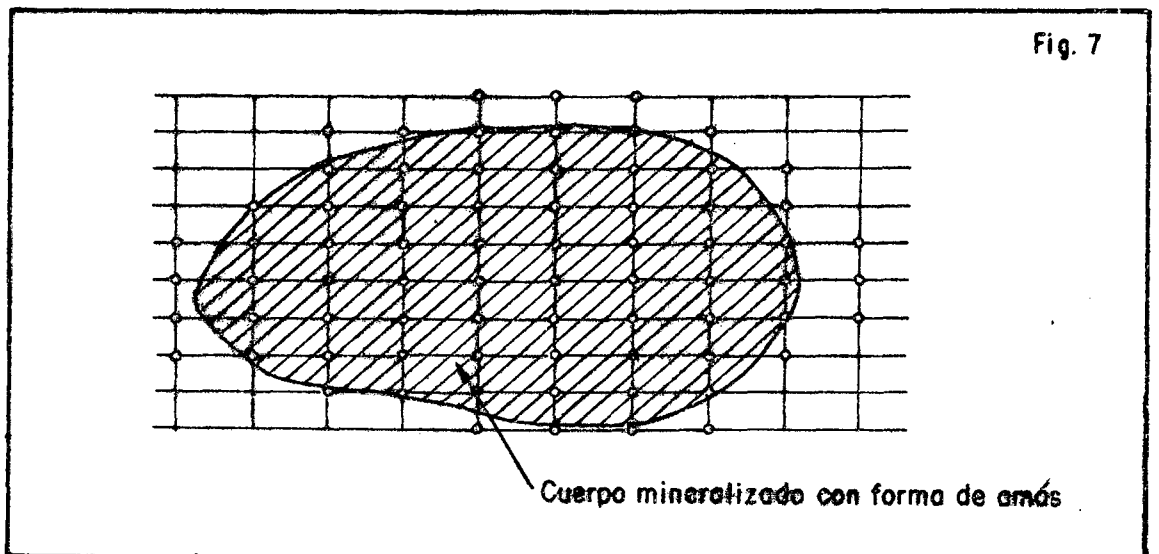
## ESTRUCTURA SEDIMENTARIA



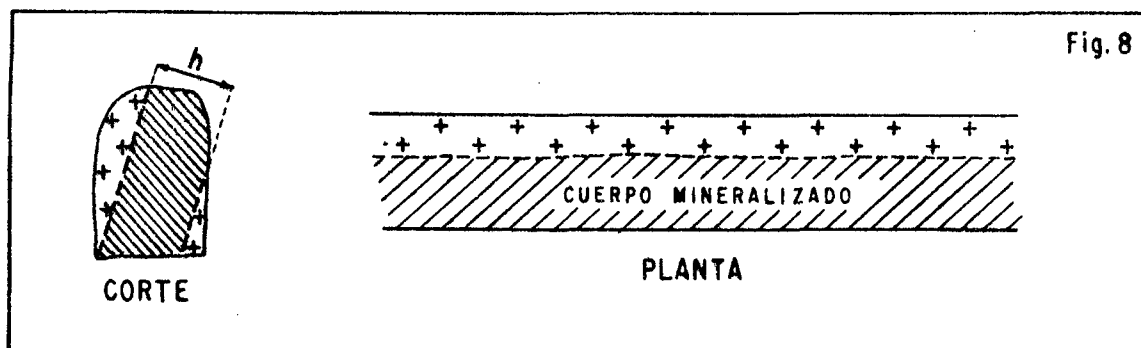
## CASO DE UN CUERPO CON DIRECCIONES PREFERENCIALES



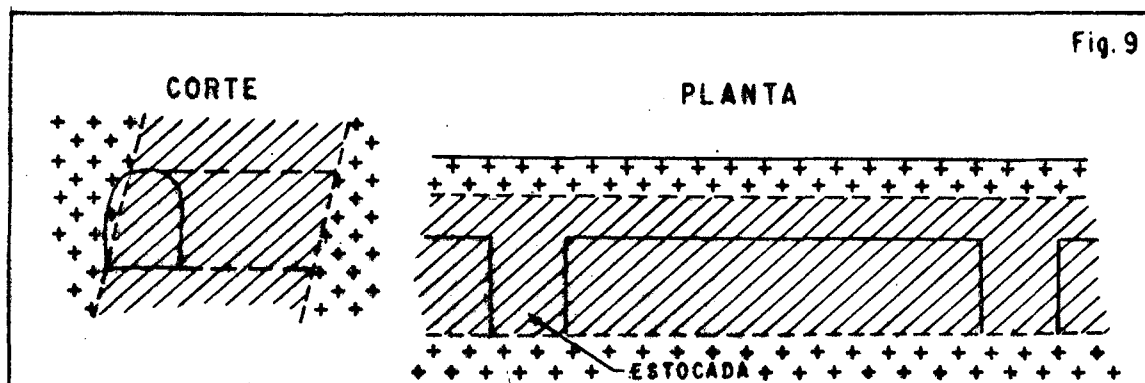
## IMPLANTACIÓN DE SONDEOS EN MUNANA (Gabón)



# LABOREOS EN CUERPOS DE PEQUEÑO ESPESOR



# ID. DE MEDIANO ESPESOR



# ID. DE GRAN ESPESOR

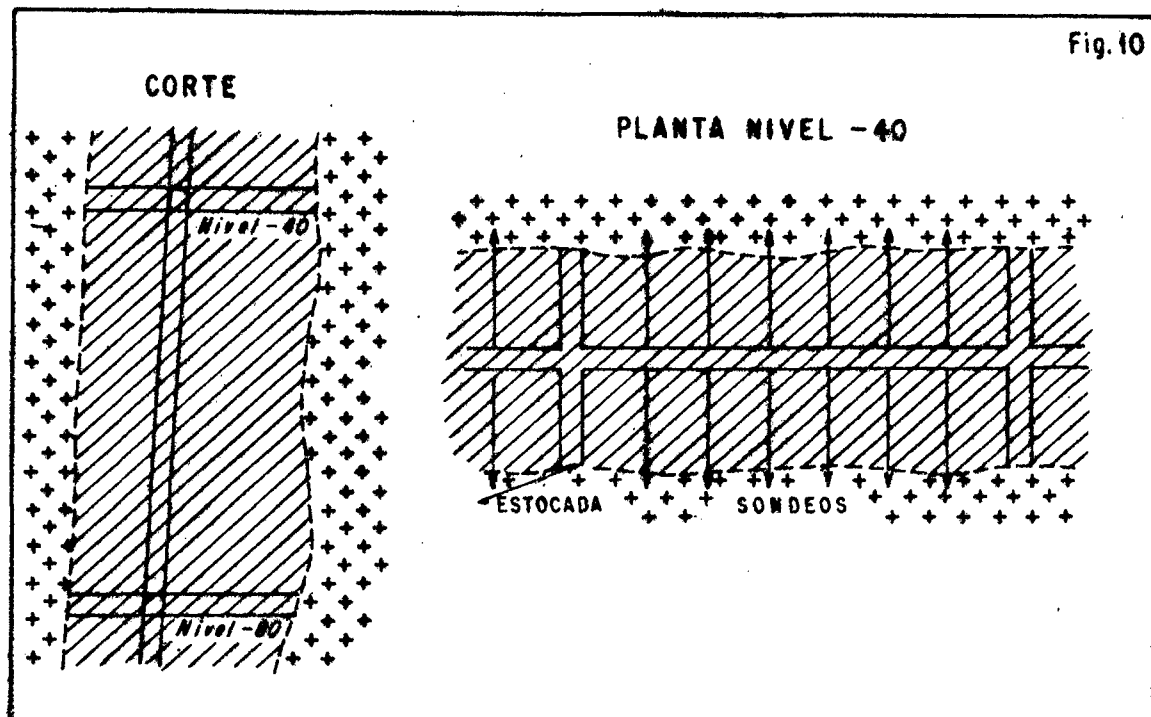


Fig. 11

Hoja 1 - Sector Sur

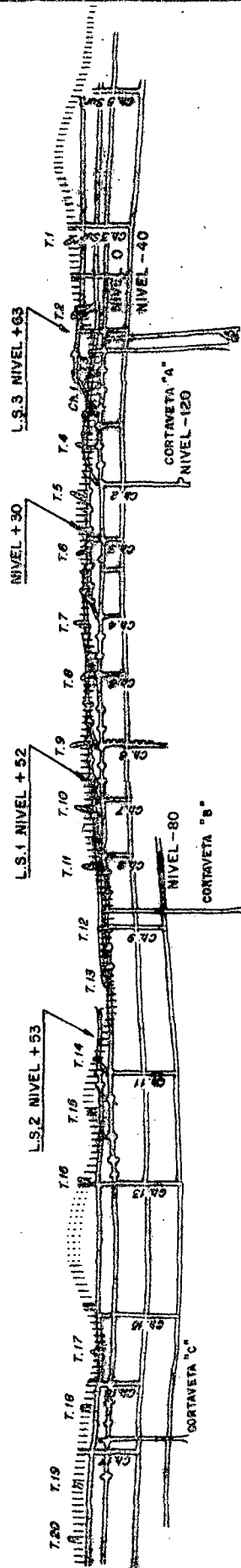
# MINA NUCLEAR "DON OTTO"

SAN CARLOS - PROVINCIA DE SALTA

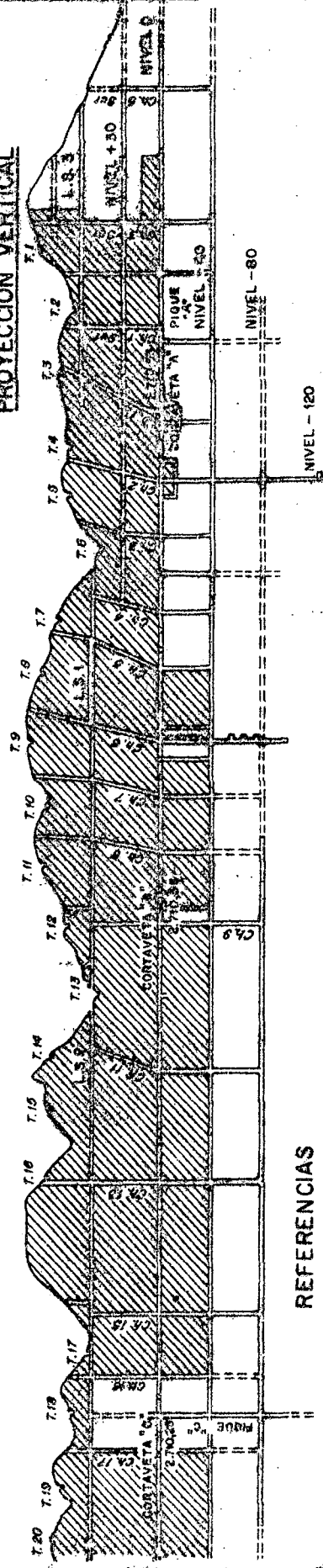
## ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, PREPARACIÓN Y EXPLOTACIÓN

SEPTIEMBRE DE 1978

### PLANTA



### PROYECCION VERTICAL



### REFERENCIAS

- T. Trincherro
- Ch. Chimenea
- ||||| Afloramiento banco mineralizado
- ▨ Zonas explotadas
- === Labores proyectadas

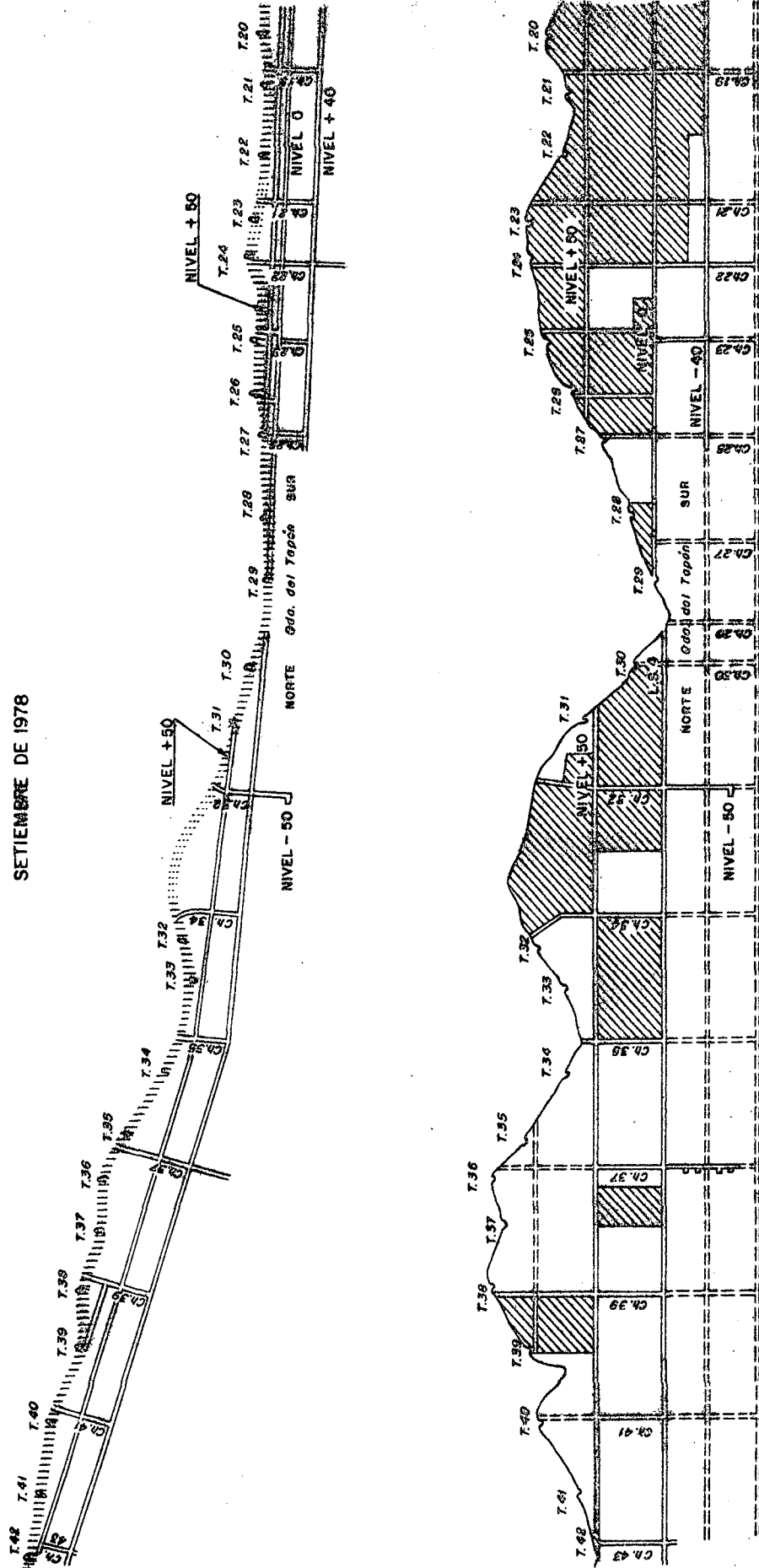


Fig. 11 bis

# MINA NUCLEAR "DON OTTO"

SEPTIEMBRE DE 1978

Hoja 2 - Sector Norte

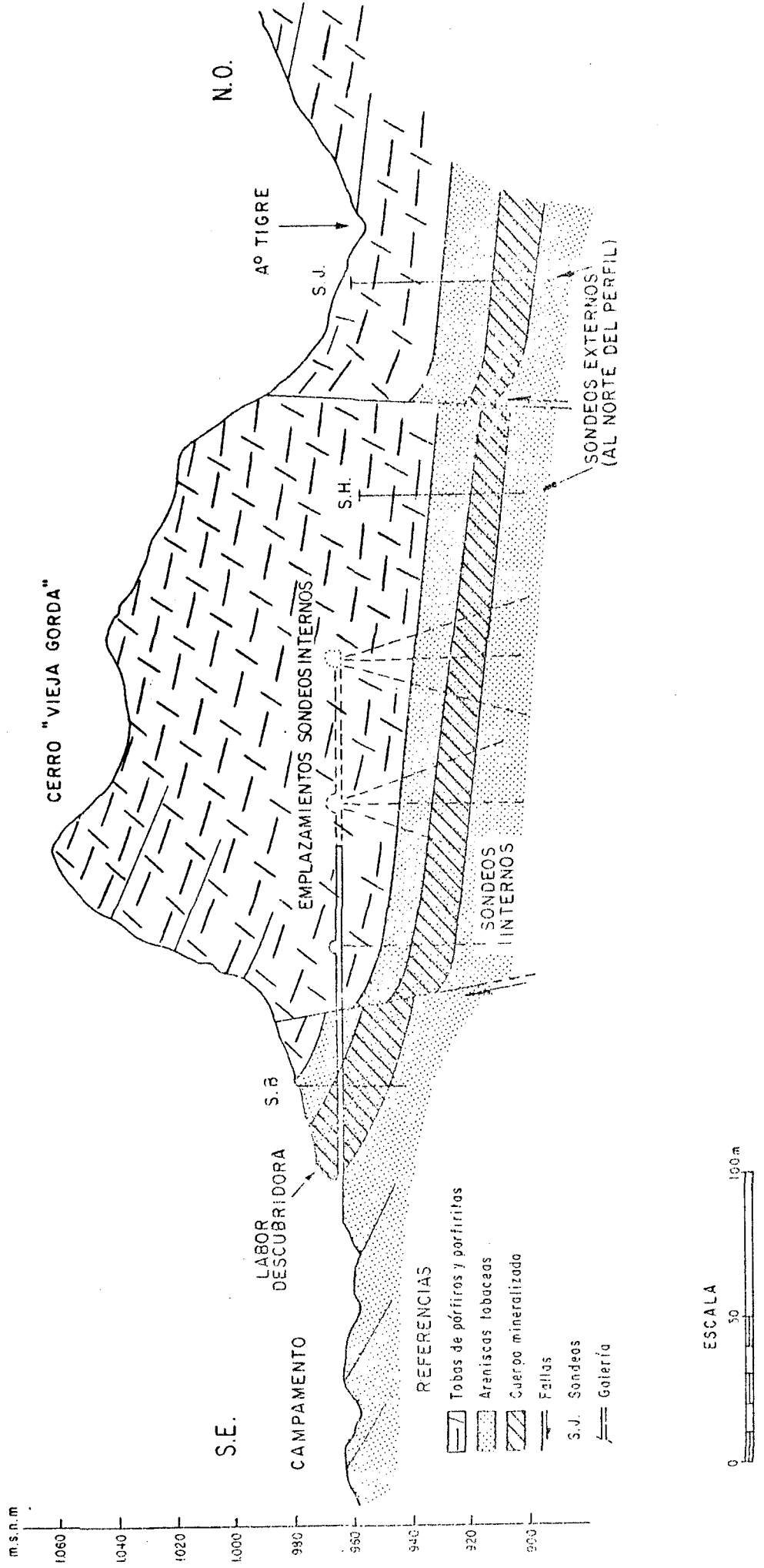


## REFERENCIAS

- T. Trinchera
- Ch. Chimenea
- Afloramiento banco mineralizado
- Zonas explotadas
- Labores proyectadas

Fig. 12

C.N.E.A.  
 DIVISIÓN CUYO  
 YACIMIENTO NUCLEAR "DR. BAULIES"  
 DTO. SAN RAFAEL - MENDOZA  
 EXPLORACIÓN COMBINADA LABORES MINERAS - SONDEOS



# MINA NUCLEAR HUEMUL

(MALARGÜE - PROVINCIA DE MENDOZA)

## INSTALACIONES Y ESTADO DE LOS TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y PREPARACIÓN

(JUNIO DE 1972)

FIG.43

