

ISSN 0325 - 1225

# ESTUDIO GEOLOGICO - ECONOMICO DE LAS CANTERAS GRANITICAS DEL PARTIDO DE AZUL, PCIA. DE BS. AS.

Miguel del Blanco  
Fernando Piantanida  
Claudio Falconaro  
Isidoro B. Schalamuk

INFORME 35



provincia de buenos aires  
comisión de  
investigaciones científicas

# **Programa Prioritario de Asesoramiento a Municipalidades**

## **ESTUDIO GEOLOGICO - ECONOMICO DE LAS CANTERAS GRANITICAS DEL PARTIDO DE AZUL, PCIA. DE BS. AS.**

**Miguel del Blanco  
Fernando Piantanida  
Claudio Falconaro  
Isidoro B. Schalamuk**

**INFORME 35**

**LA PLATA, 1987**

**CIC** provincia de buenos aires  
comisión de  
investigaciones científicas  
calle 526 entre 10 y 11 1900 La Plata  
teléfonos 43795 217374 49581

## INTRODUCCION

El presente trabajo se efectuó con el propósito de informar sobre aspectos petrológicos, estructurales, geotécnicos y geológico económicos de las canteras de granito del Partido de Azul, Provincia de Buenos Aires.

Este estudio, solicitado por la Municipalidad del Partido de Azul a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, fue realizado bajo la dirección del Dr. Isidoro B. Schalamuk, por los Licenciados Miguel A. Del Blanco y Fernando E. Piantanida y el estudiante Claudio Falconaro.

Durante su desarrollo se contó con el importante apoyo de: la Dirección de Geología, Minería y Aguas Subterráneas; la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires; Municipalidad del Partido de Azul y de las Empresas Vicente Robles S.A., Marengo S.A., y Novobra S.R.L., propietarias de las canteras "El Peregrino", "Azul" y "Novobra" respectivamente.

## METODOLOGIA DE TRABAJO

El equipo de campo utilizado para la ejecución del presente trabajo incluyó: plancheta autorreductora marca Wild, brújulas tipo Brunton, cintas métricas y cámaras fotográficas.

La tarea consistió, sintéticamente, en la realización de mapas y perfiles geológico-topográficos de las propiedades antes mencionadas, toma de muestras de las diferentes variedades litológicas para su descripción (tanto en muestra de mano como microscópicamente), medición de estructuras (fallas y diaclasas) para la confección de diagramas que pudieran proporcionar una idea de la tectónica del área.

En el aspecto geotécnico, se tomaron muestras de bulto de cada una de las canteras con y sin discriminación de las variedades litológicas con el fin de realizar ensayos mecánicos de : "desgaste Los Angeles", durabilidad y resistencia al ataque por sulfatos" y "granulometría"; tendientes a determinar

la utilidad de la roca extraída de las canteras y la influencia de las variaciones litológicas en los resultados de los ensayos mecánicos antes citados.

Además, en base a los mapas geológicos-topográficos confeccionados se realizó una cubicación de reservas de material a explotar, determinándose la vida útil de las canteras, tomando en cuenta el actual régimen de producción, demanda del momento y el nivel máximo explotable en relación a la cota superior de la capa freática.

#### UBICACION DE LAS CANTERAS

"El Peregrino": se encuentra ubicada en el cerro homónimo, 35 km al sur de la ciudad de Azul con acceso por ruta nacional número 3.

"Azul": ubicada en el cerro Colorado, a 47 km al sur de la citada ciudad, siguiendo el mismo recorrido por ruta nacional 3.

"Novobra": se halla emplazada en el cerro Aguila, situado 52 km al ESE de la ciudad de Olavarría y 11 km al SE de Sierras Bayas, con acceso por el camino que conduce a Cerro Sotuyo. Con respecto a la ciudad de Azul se encuentra 42 km hacia el SO, siguiendo por rutas número 3, número 226 y camino secundario a Colonia San Miguel.

#### ANTECEDENTES:

Son pocos los trabajos de carácter geológico-económico que incluyen el área en estudio; sin embargo, existen interesantes aportes que abordan la geología regional o bien aspectos petrográficos de las sierras de Olavarría y Azul. Las primeras observaciones fueron realizadas por VALENTIN (1894) y NAGERA (1919 y 1933); más recientemente merecen destacarse las contribuciones de VILLAR FABRE (1955) y GONZALEZ BONORINO / (1954) y GONZALEZ BONORINO ET AL. (1956), TERUGGI Y KILMURRAY (1975) y FUENTES (1970) entre otros, dentro del marco de la geología regional y petrografía del área que nos ocupa. En lo

que hace a las características mecánicas del material pétreo que se explota, podemos mencionar los trabajos de CORTELEZZI (1954) y RADICCE (1944). Existen otros muchos aportes que tratan sobre las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, pero la gran mayoría referidos a su porción oriental (Tandil y Balcarce).

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL DE LAS SIERRAS DE AZUL

### GEOMORFOLOGIA

El sistema de Tandilia se desarrolla desde las lomadas de Quillalauquen al oeste hasta Mar del Plata al este, teniendo un rumbo general NO-SE; la longitud aproximada del mismo es de unos 300 km, siendo su ancho máximo de 60 km, a la altura de la ciudad de Tandil, ancho que va disminuyendo hacia los extremos, hasta un mínimo de 5 km teniendo por lo tanto este cordón montañoso una forma oval. Las sierras del Azul, donde se encuentran emplazadas las canteras que son objeto del presente trabajo, pertenecen a la porción noroccidental del mencionado sistema de Tandilia, también llamado sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires.

Morfológicamente las sierras del Azul presentan caracteres comunes al del sistema de Tandilia; su aspecto es un relieve sencillo con formas redondeadas que configuran lomas, lomadas y pequeños cerros aislados de escasa altitud, los cuales son producto de bloques elevados separados por depresiones con escasos desniveles y pendientes poco pronunciadas. Entre las elevaciones más destacadas se puede mencionar al cerro La Crespa y alturas adyacentes, cerro Peregrino, cerro Negro y al paraje denominado Boca de la Sierra; que no superan los 400 metros de altitud y se destacan poco de la llanura circundante.

La red de drenaje presente está constituida por cursos de agua de escaso caudal y reducido gradiente, teniendo una dirección general de escurrimiento hacia el NNE. Los cursos de mayor importancia en el área son el arroyo de Los Huesos, que

sirve de límite entre las sierras del Azul y las de Tandil y el arroyo Azul que hace lo propio entre las sierras del Azul y de y de Olavarría, aunque de manera no tan evidente como en el caso anterior.

## GEOLOGIA

Como ya se ha mencionado, preexistentes sobre la geología de la zona son más bien escasos, lo que sumado a la complejidad y a lo aislado de los afloramientos del basamento cristalino precámbrico hace que no se tenga al presente una idea acabada de los tipos litológicos existentes y su distribución en el área de estudio. Cabe acotar que se suma otra dificultad a las antes apuntadas debido a la ausencia de una nomenclatura adecuada para la identificación de las rocas.

La estratigrafía se halla constituida por un basamento cristalino de edad precámbrica, que en las sierras del Azul constituyen casi la totalidad de los afloramientos. Existen también rocas sedimentarias de edad cámbrica, correspondientes a la Formación La Tinta, que en esta zona solo se encuentran representadas en el área de Chillar, constituyendo las denominadas Lomas Largas (GONZALES BONORINO et al. 1965).

Se señalan por último los depósitos cuaternarios, poco potentes en general, los cuales rellenan depresiones interserranas y zonas periserranas, cuya distribución esta controlada por el basamento que se encuentra a escasa profundidad / (ver mapa fig. 1).

### I. BASAMENTO CRISTALINO

Constituido principalmente por rocas del tipo de las migmatitas, que presentan una gran predominancia de material leucocrático, llegando incluso a conformar verdaderos granitos y tonalitas, según sea la composición del leucosoma, aunque siempre conservando una textura que revela su origen metamorfo-sico-magmático.

También se encuentran en esta zona rocas de indudable origen metamórfico, tales como esquistos muscovíticos, esquistos biotíticos y anfibolitas, mencionándose además la presencia de una importante faja milonítica con desarrollo del orden de los 40 km de longitud (G. BONORINO op. cit).

Cabe señalar por último la existencia de rocas intrusivas filonianas de variada composición y textura.

Respecto de las rocas metamórficas, podría señalarse en primer término a los esquistos que conforman los cerros Cañete y de La Plata, situados ambos pocos km al norte de la localidad de Chillar; son esquistos muscovíticos, inyectados por venas o bandas de composición cuarzosa en el primero de ellos (cerro Cañete) y cuarzo feldespática en el segundo (cerro de La Plata), teniendo la esquistocidad un rumbo general de N 45° E. Cabe acotar que estas son las únicas localidades donde las rocas metamórficas aparecen suficientemente libres de inyección como para conservar su textura lepidoblástica original.

La zona donde aparecen rocas catalogadas como esquistos biotíticos (VILLAR FABRE, 1955) se presenta en los afloramientos situados al sur del cerro La Crespa, y en los alrededores de la estancia Los Angeles. Estos esquistos se presentan inyectados, pasando en parte a migmatitas gneissicas de tonos rosados y negruscos, incluyendo también facies miloníticas esquistosas. La textura es granoblástica a lepidoblástica, teniendo la facie melanocrática metacristales de minerales leucocráticos (plagioclasa, microclino, cuarzo y granate) producidos por fenómenos de recristalización. El rumbo de la foliación es variable entre N 5° E y N 60° E (VILLAR FABRE, op. cit). Al norte de la estancia Los Angeles aparece una migmatita esquistosa, con gran proporción de anfíbol, que presenta numerosos filones de composición ácida, lo que indica un aumento de la fase migmática de sur a norte.

Las anfibolitas son escasas en esta zona, solo se evidencian enclaves anfibolíticos-hornblendíferos de textura granoblástica en una de las canteras en estudio (Novobra) ubicada en el cerro Aguila, cerca del límite oeste del Partido de A-

zul con el Partido de Olavarría. Se aprecia la existencia de otras rocas anfibolíticas en zonas cercanas a esta cantera y en la estancia La Acelain (Partido de Tandil), generalmente en intercalaciones delgadas. En algunos casos parecen ser parafibrolitas, en tanto que en otras ocasiones serían ortoanfibrolitas derivadas de rocas básicas (diabasas-lamprófiro) que fueron afectadas por procesos metamórficos (TERUGGI Y KILMURRAY op cit). Por último cabe indicar que FUENTES (1970) señala la existencia de metabasitas inyectadas por fenómenos de migmatización en el cerro Redondo, Partido de Olavarría, de aspecto y composición mineralógica similares a las anfibrolitas identificadas en el cerro Aguila.

Las milonitas, como se señaló, conforman una franja angosta de rumbo aproximado E-O, que atraviesa el área de migmatitas que forman el cuerpo central de las sierras del Azul. Dicha franja de milonitas comienza en el oeste, en el cerro Negro, siguen por las Lomas del campo de Guarte (paraje La Protegida), cerro Peregrino y elevaciones adyacentes, la serie de pequeñas lomas que conforman el paraje denominado Boca de la Sierra, para culminar, con su extremo este, en el cerro San Antonio.

Se trata de milonitas y milonitas gneissicas (BONORINO et. al. op cit y VILLAR FABRE op cit) que tienen una composición dada por una matrix afanítica de colores negros y verdosos, a veces rojizos, compuesta esencialmente por cuarzo; feldespatos y biotita en pequeñas laminillas, agregándose a ellos epidoto y clorita, además de cristales de hornblenda de tamaño algo mayor (algunos milímetros) y por otra parte grandes porfiroblastos de feldespatos (sobretudo de microclino originado por recristalización) y cuarzo, que pueden alcanzar dimensiones tales que los hacen visibles a ojo desnudo, los cuales se disponen en forma alineada según la esquistosidad, con orientación aproximada E-O.

También se evidencian venas cuarzosas y cuarzo-feldespáticas, orientadas según la lineación predominante; asimismo como franjas o fajas libres de porfiroblastos que constituyen ultramilonitas, teniendo estas últimas un espesor del orden

de centímetros a milímetros. Estas rocas son similares a las que se describirán luego, con más detalle, cuando se aborden las características litológicas del cerro Peregrino.

Las milonitas no tienen un límite claro con respecto de la migmatita de la que derivan, ya que éstas últimas siempre registran, con mayor o menor grado, fenómenos de cataclasis o milonitización; de tal modo que el pasaje de un tipo litológico a otro es frecuentemente transicional. La foliación de este tipo de rocas, aproximadamente E-O, se mantiene constante.

En lo que atañe a las rocas de composición granítica, BONORINO menciona su existencia en los cerros Siempre Amigos y de la Virgen, éste último en facies miloníticas (VILLAR FABRE, por su parte, las clasifica como milonitas de composición granítica). Estas rocas están mineralógicamente compuestas por microclino, oligoclasa básica, biotita y clorita, de textura granoblástica a cataclástica, de tonos rojizos predominantes pasando a tonos grises en el cerro Siempre Amigos.

VILLAR FABRE nota la presencia de milonitas graníticas en los cerros que constituyen los denominados Manantiales de Larreta, y afloramientos de migmatitas graníticas o granitos migmáticos en el cerro Colorado Chico y alturas menores entre el Cerro La Crespa y los Manantiales de Larreta, donde describe la predominancia de minerales leucocráticos de textura granoblástica a porfiroblástica, teniendo como máficos: biotita, hornblenda y piroxenos. Cabe destacar que rocas con marcado aspecto granítico se observan también en el cerro Redondo (FUENTES, op cit) y otros afloramientos correspondientes a las Sierras Bayas de Olavarría, similares a los que distinguen en el frente noroeste de la cantera Novobra. Asimismo una roca que podría clasificarse como migmatita granítica se observa en el flanco norte del cerro Colorado (cantera Azul), donde el predominio de minerales leucocráticos excede con creces al de minerales maficos.

Rocas donde hay un mayor predominio de material de composición tonalítica en la fase leucocrática se encuentran descritas al frente del Arroyo de los Huesos, más precisamente en

las serranías de las estancias La Acelain y La Isolina, donde afloran rocas descritas como tonalitas porfiroides migmatíticas, de tonos oscuros, siendo su mineralogía: fenoblastos de plagioclasa (andesina), cuarzo, biotita, hornblenda y accesorios. Su textura es granoblástica a porfiroblástica, con mayor o menor grado de cataclasis, y el rumbo de la foliación es de N 130° (BONORINO op cit.).

Las rocas predominantes de la zona corresponden a las migmatitas propiamente dichas, que están muy bien representadas en los afloramientos que constituyen los cerros: La Crespa, Colorado, Colorado Chico, Manantiales de Larreta y las lomas y cerrillos que se extienden al E y NE del cerro La Crespa; también gran parte de las rocas que se explotan en la cantera Novobra y del cerro Colorado (cantera Azul).

El melanosoma correspondería al esquisto de origen metamórfico que conforman los cerros Cañete y de La Plata y las lomas ubicadas al sur del cerro La Crespa, inyectados en distinta forma y alcance, por material de carácter ígneo. Dicha inyección ha dado origen a distintos fenómenos, tales como / producción de facies graníticas, asimilación del esquisto, / gneisses de inyección, todo esto desarrollado muy heterogéneamente (BONORINO 1956, op cit), resultando migmatitas del tipo de las epibolitas. Mineralógicamente están compuestas por porfiroblastos de feldespato potásico (fundamentalmente microclino), y plagioclasa (oligoclasa a andesina), mientras que el cuarzo es de grano más fino o bien se presenta en forma de finas venas producto de recristalización. El melanosoma, por su parte, presenta una composición dada por biotita ( en dos variedades, una castaña clara, limitada a la matrix o como inclusión dentro de fenoblastos de feldespato, y otra verde olivá, de mayor desarrollo), hornblenda y epidoto; además de minerales accesorios, tales como clorita, circón, apatita (a veces, ésta última se presenta en cantidades apreciables) y otros. La textura es granoblástica a porfiroblástica, teniendo las bandas una muy irregular distribución. El rumbo de la foliación es bastante variable, con una orientación predominante NE-SO, similares al que presentan los esquistos del cerro de

La Plata.

Dentro de los cuerpos migmatíticos BONORINO describe gneiss bandeados (cerro Colorado y otros) y los granitos migmatíticos ya citados. Estas rocas también presentan fajas o sectores más o menos milonitizados, dando como resultado una matriz de grano fino de composición cuarzo-feldespática-biotítica casi exclusivamente.

Merecen nombrarse por último, rocas filonianas entre las que se encuentran diques básicos tales como los que se observan en las inmediaciones del camino Azul-Pablo Acosta, en el Paraje conocido como Boca de la Sierra, con rumbo N 340° y buzamiento 85° al SE, mineralógicamente compuesto por plagioclasa media a básica, hornblenda, piroxenos y cloritas; diques de composición similar se encuentran en los cerros Colorado y Aguila (canteras Azul y Novobra respectivamente) aunque de menores dimensiones que el señalado en primer término. También se encuentran diques de composición granítica, mucho más numerosos que los básicos. Entre ellos se pueden mencionar filones de tipo pegmatoide de grano muy grueso y diques aplíticos de grano fino y textura sacaroide, ejemplos de los cuales se señalan en el cerro Colorado, con espesores del orden de decímetros hasta algo más de un metro y longitudes de metros a docenas de metros. BONORINO hace notar la existencia de un dique pegmatítico de varios km de longitud en los afloramientos de la estancia La Acelain. Por último se señala la presencia de venas cuarzosas puras de escaso tamaño, siendo también el cerro Colorado ejemplo de las mismas.

## II. CUBIERTA SEDIMENTARIA PALEOZOICA.

Las rocas de edad Paleozoica, como ya se mencionara, están restringidas en las sierras del Azul, a los afloramientos que constituyen las Lomas Largas, que corresponden a los denominados estratos de La Tinta (BONORINO, Op cit) (ver figura nº1).

Topográficamente se presentan como una serie de lomadas de forma tabular, chatas, que están en relación de discordancia con el basamento cristalino Precámbrico e integrados por un

banco conglomerádico basal de cuarzo y feldespato de hasta 4 cm, siguiéndole en concordancia un banco de cuarcitas, similares al banco cuarcífero inferior identificado en las Sierras Bayas.

### III. DEPOSITOS CUARTARIOS

Los sedimentos modernos corresponden a la parte superior del Pampiano ( en el sentido de FRENGUELLI) y están constituidos por loess, mantos de tosca y ceniza volcánica. Estos terrenos tienen poca variación en su composición granulométrica, integrados principalmente por limos arenosos y areno-arcillosos, con tono pardo a pardo claro, de origen eólico con retrabajamiento por efectos de corrientes fluviales de escaso desarrollo; presentan además mantos y muñecos de tosca de variado desarrollo y dispuestos a escasa profundidad, en especial en derredor a los afloramientos de basamento.

En la zona periférica a los cerros hay pequeños rodados de composición cuarzo-feldespática, como los presentes en un corte del terreno que se observa en el flanco oeste del cerro Peregrino.

### ESTRUCTURA

Se puede tomar como rumbo general de la foliación el de N 50 E, con variaciones entre los 45° a 60°, es decir, correspondiéndose con la dirección de la esquistocidad señalada en los cerros de composición típicamente metamórfica, ubicados al sur de las sierras del Azul. La inclinación de la foliación es de alto ángulo hacia el SE, observándose algunas variaciones en el cerro Colorado y en la zona del cerro La Crespa (N 60-N 70 E).

La franja milonítica por su parte, mantiene un rumbo aproximado E-O muy constante. Se interpreta que los esfuerzos de corte que provocaron la formación de estas cataclasitas hayan perturbado o modificado la orientación de las migmatitas en zonas cercanas a dichas franjas, que de N 45° E pasan a te-

ner una dirección caso E-O, en concordancia con la orientación de las milonitas.

En lo que atañe a las diaclasas, los juegos presentes en la zona están en correspondencia con los diagramas efectuados de acuerdo a los datos tomados en las tres canteras que son motivo de este trabajo. Se nota la presencia de un juego de rumbo NE-SO, otro de rumbo E-O (particularmente desarrollado en el cerro Peregrino, que se dispone dentro de la faja de milonitas) y otro juego de rumbo NO-SE menos desarrollado, teniendo todos ellos inclinaciones que varían de verticales hasta unos 75°. Se cuenta también con otro sistema de diaclasas subhorizontales, el cual en cierto modo controla la profundidad de alteración que evidencian las rocas del basamento cristalino.

Algunas de las fracturas observadas en las canteras "Azul" y "Novobra" poseen evidencias de desplazamiento de escasa significación, no detectándose fallamiento a gran escala en esta zona.

## CANTERA EL PEREGRINO

### CARACTERISTICAS GENERALES

La cantera emplazada en el cerro Peregrino, es la más extensa de las examinadas en el presente trabajo, tiene forma alargada en dirección E-O y diseño bastante irregular (ver mapa fig. 2).

Las dimensiones máximas aproximadas de la cantera son las siguientes: en dirección E-O su longitud es de unos 600 metros, mientras que en dirección N-S presenta unos 255 metros de ancho. Posee tres niveles de explotación, estando el primero de ellos casi totalmente agotado; actualmente se encuentra en explotación el segundo nivel, abierto en el frente E de la cantera, y que ha ido progresando hacia el sector NE de la misma.

El máximo desnivel observado (frente norte), es de poco más de 30 metros, a los que hay que agregarle 8 a 9 metros más, correspondientes al tercer y último nivel recientemente abierto. Con respecto a este último cabe señalar que ya se ha llegado al nivel freático local, lo que determina la imposibilidad de seguir avanzando en profundidad ya que deben utilizarse bombas de achique para desagotarlo.

Al presentarse en los alrededores de la cantera pilas provenientes de desmonte (escombreras) de espesores considerables, es poco factible realizar un importante avance lateral en la explotación de esta cantera.

### GEOLOGIA

El cerro en el que se encuentra desarrollada esta cantera está constituido por una roca de origen metamórfico que presenta las siguientes características: sobre una matriz de grano fino de color negro a gris, con tonos verdosos, se desarrollan fenoblastos de feldespato potásico, cuyo tamaño oscila entre pocos milímetros y 6 centímetros de longitud, los cuales muestran una orientación bastante marcada que concuerda con la es-

quistocidad de la roca. En base a estas características denominamos a la roca como milonita porfiroblástica.

El análisis detallado de la litología de esta cantera permite determinar, en razón del porcentaje de fenoblastos presentes, tres variedades de dicha milonita porfiroblástica, que denominamos: Roca tipo 1

Roca tipo 2

Roca tipo 3

Cada uno de estos tipos litológicos se presenta en bandas más o menos definidas, de espesores variables, orientados en una dirección predominante, que a veces incluyen en ellas, en forma subordinada, a los otros tipos litológicos.

## PETROLOGIA

Roca tipo 1: en muestra de mano se observa que el mayor volumen de la roca está ocupado por una pasta que engloba hasta un 5% de fenoblastos. La pasta o matriz está constituida por un agregado de grano muy fino que confiere a la roca una textura afanítica; dicho agregado presenta una variación composicional evidenciada por la presencia de bandas de diferente color, negras de composición máfica y rosados rojizas de composición félsica. Estas capas se distribuyen en forma paralela a subparalela, siendo la fracción melanocrática la que predomina; el espesor de las bandas está comprendido entre pocos mm y varios cm. Como consecuencia de la exigua dimensión de los componentes que integran esta matriz no se puede determinar a simple vista la mineralogía de la misma.

Los fenoblastos, que se presentan muy esporádicamente, están constituidos por feldespatos potásico (microclino) y tienen buen desarrollo cristalino con su eje mayor dispuesto paralelamente a las bandas descriptas.

No presenta alteración a simple vista. Tiene la característica de una roca homogénea, coherente y muy dura; al partirla se observa fractura concoidea a subconcoidea, con una superficie de fractura bastante lisa y con desarrollo de aristas angulosas y bien definidas.

Roca tipo 2: en lo que hace al desarrollo de una base melanocrática y una fracción leucocrática, coincide con lo descrito anteriormente; difiere en que la fracción leucocrática está constituida en su mayor parte por fenoblastos de feldespato potásico que están orientados según su eje mayor a lo largo de líneas paralelas a subparalelas; el tamaño de los mismos está comprendido entre 5 mm hasta 4-6 cm, ocupando hasta un 25% del volumen total de la roca.

En la fracción melanocrática vemos un aumento en el tamaño de grano, lo que nos permite diferenciar la presencia de minerales máficos y cuarzo dentro de la matriz; dentro de los máficos se diferencian en base a su hábito, dos tipos de minerales: hojosos (biotita) y prismáticos (anfíbol).

A simple vista no presenta alteración, comportándose como una roca homogénea, coherente y dura; al partirla forma superficies ásperas, irregulares, limitadas por aristas angulosas.

Roca tipo 3: también se encuentran en esta roca dos fracciones, leucocrática y melanocrática.

Leucocrática: constituida por feldespato potásico en fenoblastos de muy buen desarrollo, los que se encuentran maclados y con la presencia de inclusiones de minerales máficos y félsicos (micas, plagioclasa y cuarzo, respectivamente); el color de estos cristales es rosa pálido a rojo carne, de forma oval, con el eje mayor orientado paralelamente a la foliación general de la roca, presentándose siempre en un porcentaje superior al 25%. El tamaño de los mismos está comprendido entre 2 y 4 cm, llegando los de mayor desarrollo hasta los 7 cm.

El feldespato potásico se presenta también formando bandas delgadas de color rojo, de grano fino a muy fino, dispuestas según la esquistocidad de la roca; hay dentro de esta fracción fenoblastos de color blanco a blanco-verdoso de tamaño menor que los de feldespato potásico, que corresponden a plagioclasas.

Melanocrática: El tamaño de grano es un poco mayor al descrito para las muestras anteriores, cuestión que permite di-

ferenciar con mayor facilidad (siempre refiriéndonos a muestras descritas sólo con ayuda de lupa), algunas características de los componentes de la misma.

Existen minerales de color negro, brillo vítreo y hábito prismático, con secciones basales aproximadamente hexagonales, que corresponden al grupo de los anfíboles ( y posiblemente también existan algunos piroxenos). Hay además cristales bien desarrollados de color oscuro y hábito escamoso (biotita), que a veces adquieren tonos dorados, por efecto de desferrización. El cuarzo se presenta en abundancia dentro de esta fracción, siempre en cristales de tamaño bastante reducido, razón por la cual se lo menciona en este apartado, a pesar de ser un mineral leucocrático.

En esta roca se encuentra una especie de pátina de color verdoso desarrollado sobre la fracción melanocrática, producto de procesos de alteración.

Este tipo litológico, a pesar de ser una roca dura, presenta un aspecto quebradizo que no se evidencia en las otras muestras, hecho que puede deberse a un control estructural ejercido por los fenocristales de feldespato potásico sobre la fractura de la roca, debido al importante porcentaje en que aquellos la integran.

Cabe señalar, por último, la presencia de venas y venillas de cuarzo blanquecino y feldespato potásico rojizo, con potencias que van de pocos mm hasta 3-4 cm, dispuestas en forma irregular.

#### DESCRIPCION MICROSCOPICA

Roca tipo 1: (MP88): Textura granocataclástica fina homogénea. Compuesta por minerales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, muscovita, biotita, apatita, circón y opacos.

Presenta un bandeado marcado con predominio cuarzofeldespático por un lado y biotítico por otro. Esta biotita se encuentra en algunos sectores alterada a cloritas.

Muestra una marcada compacidad debida a su fino tamaño de grano y a su gran homogeneidad. No obstante la característica

descripta, existen microfracturas intergranulares rellenas por muscovita y calcita.

Para dicha descripción ver foto P-1.

Roca tipo 2 (MP45): textura porfiroblástica con fenoblastos de cuarzo recristalizado en forma de ojos o lentes, de microclino en cristales independientes o conformando estructuras poligonales gruesas, de plagioclasa y ortosa en granos de tamaño medio. Está presente una pasta o mortero de tamaño de grano fino a muy fino, compuesta por cuarzo-feldespato-biotita, la cual presenta una cierta disposición u orientación fundamentalmente dada por los minerales micáceos presentes. Dicho mortero ocupa un 60% del corte, lo que nos denota su importancia en la muestra.

En cuanto a los fenoblastos podemos decir que:

El cuarzo forma lentes de granos pequeños a medianos con bordes suturados, con una marcada orientación y espesores variables. Estas lentes en su crecimiento han englobado pequeños cristales de biotita, plagioclasa y microclino, y además es de destacar la presencia de fracturas que por lo general se desarrollan entre los granos fusionados de cuarzo mostrando en algunos sectores rellenos de minerales de hábito micáceo.

El microclino aparece anhedral de bordes irregulares con un mortero fino rodeándolo. En su crecimiento el microclino incorporó cristales de plagioclasa, ortosa, cuarzo, biotita; presentando los feldespatos alteración de tipo sericítico, y la biotita una evidente desferrización.

El microclino poligonal se presenta como una serie de granos con contactos fusionados de bordes rectos, incluyendo a pequeños cristales de cuarzo, micas y plagioclasa.

La ortosa aparece formando lentejones de granos gruesos, anhedrales, de bordes irregulares, con alteración sericítica siguiendo los planos de clivaje e inclusiones de cuarzo y biotita.

Las plagioclasas se presentan en granos aislados de tamaño medio a chico y de composición andesina.

Roca tipo 3 (MP1): Textura porfiroblástica compuesta por fenoblastos de microclino, plagioclasa, cuarzo y anfíbol, y por un mortero de grano fino a muy fino.

Tanto los fenoblastos como el mortero se encuentran orientados según una dirección predominante.

Las características de los fenocristales son las siguientes:

El microclino se presenta anhedral de bordes irregulares, con formación de pertitas y mirmequitas e inclusiones de cuarzo anfíbol, apatita y plagioclasa. Muestra una microfracturación que afecta al fenoblasto y a sus inclusiones, y que exhibe cierto paralelismo con el mortero.

La plagioclasa se presenta en granos irregulares de bordes triturados y recristalizados y fracturación intracristalina. Su composición es oligoclasa-andesina y presenta inclusiones de biotita, circón, apatita, cuarzo y microclino. La alteración predominante es sericítica y está dispuesta en el centro de los cristales y siguiendo los planos de maclas.

El cuarzo aparece como lentes y/o grandes fenoblastos alargados compuestos por pequeños granos fusionados con contactos suturados, con una marcada orientación y entremezclados con la lineación de máficos formando un mortero más grueso.

El anfíbol es hornblenda con inclusiones de circón, apatita y biotita ~~desferrizada~~. Se encuentra muy fracturado y alterado a cloritas a punto tal que en algunos casos solo se presenta su estructura original, como relicto en la nueva clorita.

Las características del mortero son:

Grano muy fino, con marcado lineamiento dado por la alternancia en líneas paralelas de minerales félsicos y máficos. Los félsicos constituyentes son el cuarzo y los feldespatos con cristales deformados y alargados a modo de prismas.

Los máficos presentes, compuestos por biotita, clorita, y anfíbol, tienen hábito prismático-laminar y se encuentran orientados al igual que los félsicos, rodeando a los fenocristales. VER FOTO P-2.

Se encuentran minerales accesorios como inclusiones o

formando parte del mortero entre los que podemos nombrar: apatita, epidoto, circón y titanita.

#### ESTRUCTURA

La foliación de esta migmatita observable por la orientación de minerales feldespáticos, en forma de fenoblastos de feldespato potásico (ver foto P-3), notables a simple vista en superficies de meteorización; tiene un rumbo poco variable que se encuentra entre N 275° y N 280°.

Se encuentra un diaclasado intenso en casi todos los frentes de la cantera, llegando en algunos casos a tener una densidad tan importante como lo demuestra una separación entre diaclasas de hasta 30 cm como mínimo.

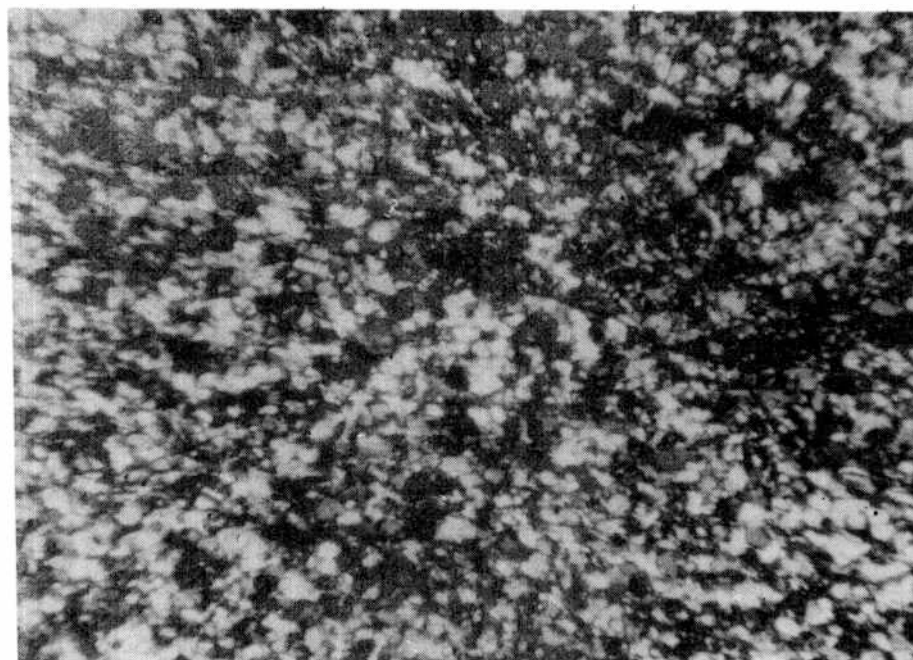


Foto P-1: Roca milonítica, homogénea y compacta (nicoses cruzados).

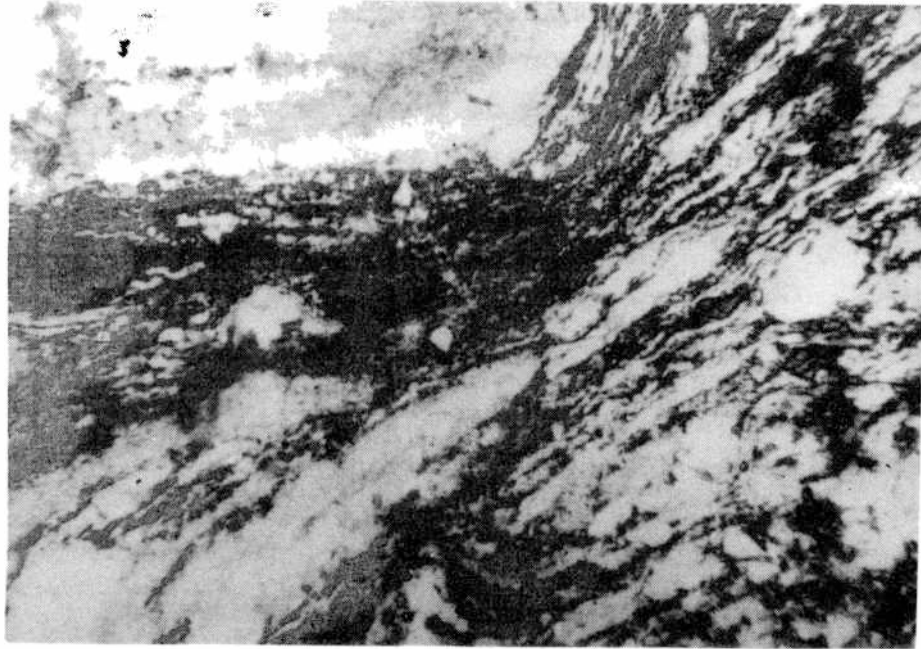


Foto P-2: Migmatita con textura porfiroblástica, donde se observa un fenoblasto feldespático rodeado por folias fuertemente deformadas (nicoles cruzados).

Estas diaclasas forman juegos de disposición vertical-subvertical a subhorizontal, teniendo los siguientes rumbos e inclinaciones dominantes:

N 280°/ 80°N-NE

N 330°/ 85°W

N 20°/ 78° SE

Subhorizontales

Estos juegos de diaclasas se encuentran representados en diagramas de puntos y de frecuencias (figuras 3 y 3a) y en dibujos esquemáticos provenientes de fotografías que adjuntamos (figura 3b y foto P-4).

Junto a estos juegos o quizás perteneciendo a alguno de ellos, se encuentran diaclasas curvadas de gran desarrollo como se ve en la foto P-5.

En los planos de diaclasas se aprecia relleno de fluorita violácea con cristales que muestran un buen clivaje, calcita

blanca con clivaje desarrollado y epidoto verde, como agregado de pequeños cristales con hábito acicular. El desarrollo de estas mineralizaciones es de pocos mm a 1,5 cm de espesor.

Se puede ver en zonas de afloramientos, como estructura menor, un clivaje de corte con rumbo paralelo a la foliación.

Dibujo esquemático que muestra los distintos juegos de diaclasas presentes (Cantera el Peregrino)

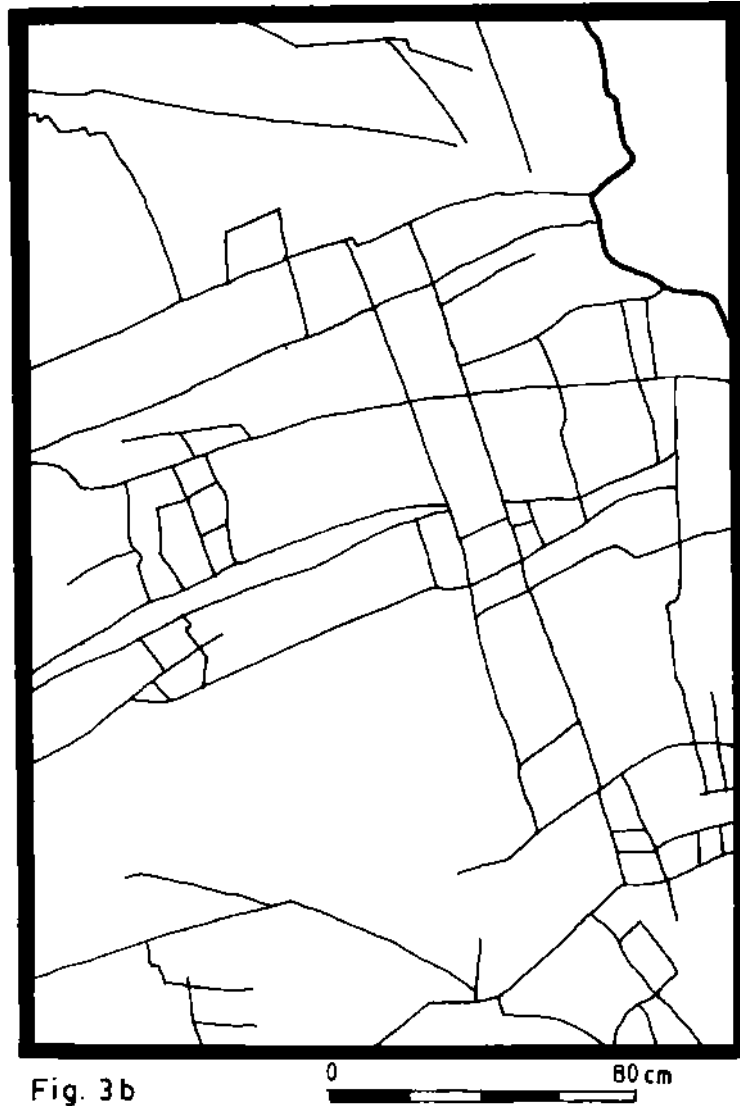


Figura 3b escala aprox. 1:15



Foto P-4

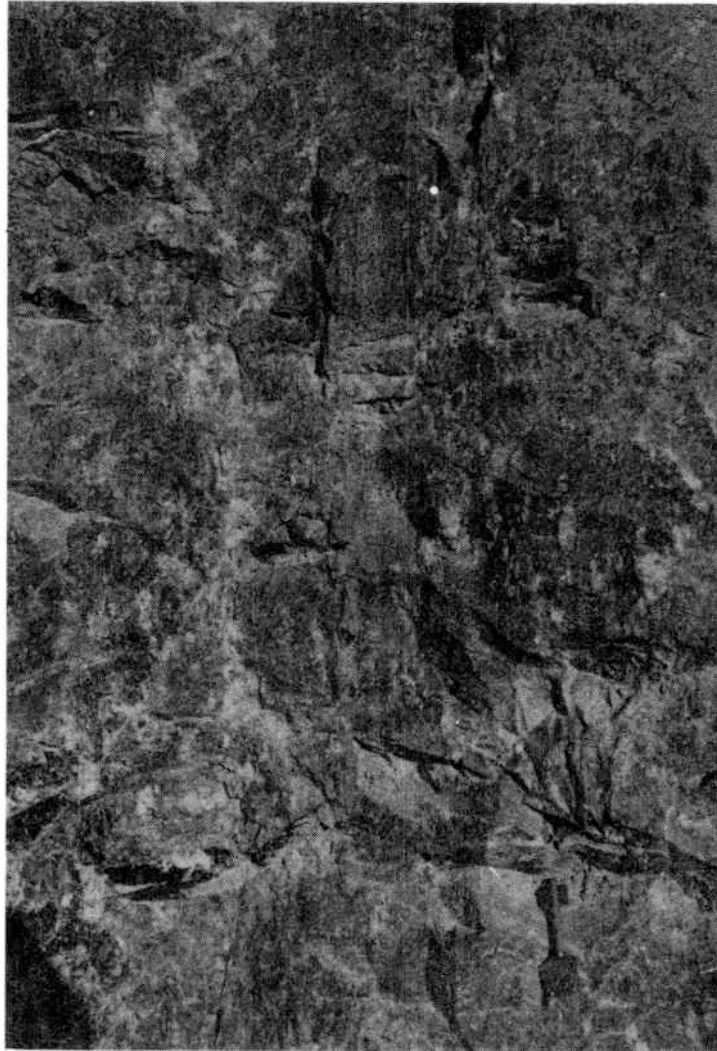


Foto P-3 : Fenoblastos de feldespato potásico orientados según foliación predominante E-O.

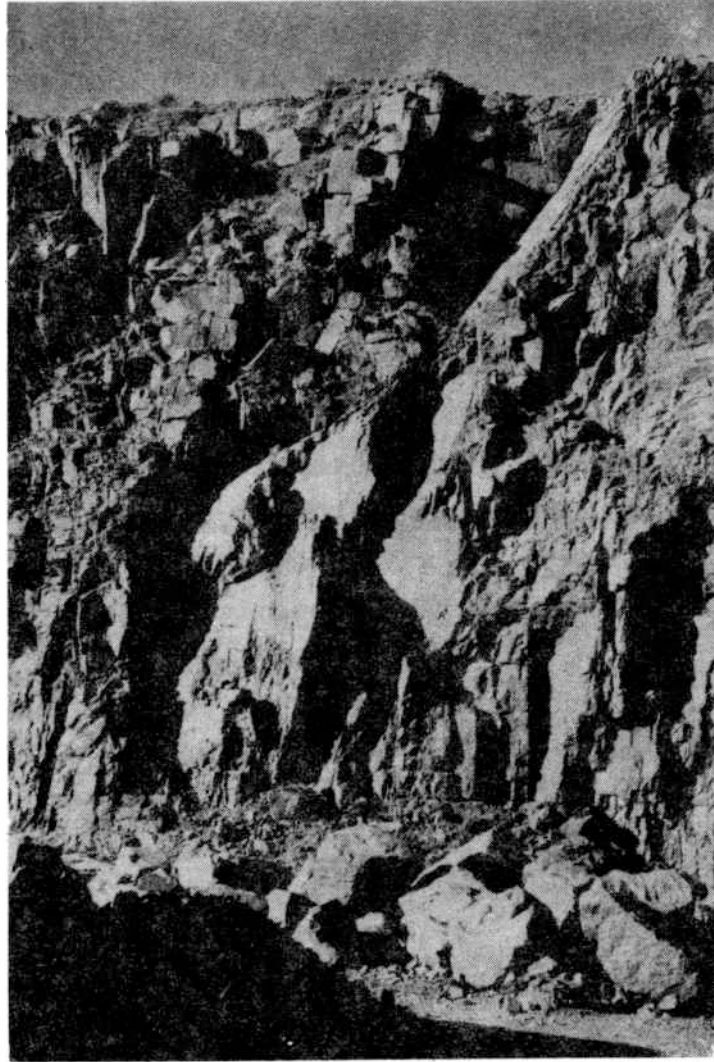


Foto P-5 : Diaclasas curvadas observadas en el frente sur de la cantera El Peregrino.

## CANTERA AZUL

### CARACTERISTICAS GENERALES

La cantera Azul está trabajada en un sólo nivel muy extendido. Tiene forma redondeada a oval, con diámetros o dimensiones máximas de 360 metros en dirección NE-SO y de 260 metros en dirección NO-SE, aproximadamente. Se explota actualmente el sector SO donde se presenta el máximo desnivel, que alcanza a unos 16 metros. Es una cantera con muy poco material de desmonte, la roca se encuentra aflorante en casi toda la extensión del cerro Colorado, en el que se emplaza.

Es importante señalar que la cantera abarca poco menos que la mitad del cerro, lo que deja una extensión importante en dirección S y O, con carácter de reservas (ver mapa figura 5). En cuanto a la explotación en profundidad, suponemos que en esta cantera se podrán extraer de 10 a 15 metros más, sin que haya problemas de anegamiento por alcanzarse el nivel freático.

Los cálculos de volumen y vida útil de la cantera se exponen en el informe económico correspondiente.

### GEOLOGIA

En general, se puede definir a la roca que se encuentra en esta cantera como una migmatita, es decir, una roca de origen metamórfico caracterizada por un bandeo dado por la alternancia de capas o bandas claras, leucocráticas (integradas por feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo) y bandas oscuras, melanocráticas, (integradas por micas y anfíboles esencialmente), dispuestas guardando cierto paralelismo.

Al hacer un estudio más detallado de la roca de esta cantera, se puede apreciar que hay una variación composicional en dirección aproximada N-S (Fig 5). Esto hace que se puedan diferenciar 2 tipos fundamentales de migmatita:

a) Una de coloración rojiza que se halla en el sector norte de la cantera (muestra M<sub>1A</sub>).

b) Otra de tonalidad oscura, predominantemente grisácea, presente en el sector sur (muestra M<sub>88</sub>).

Esta diferencia de color se debe a una variación en los componentes minerales de la migmatita, dando como resultado dos extremos composicionales que están separados por una zona transicional o gradacional, que ocupa casi por completo el área que se explota actualmente. En base a lo dicho, se llega a la conclusión de poder determinar tres tipos litológicos dentro de la cantera:

- 1) Migmatita granítica (M<sub>1A</sub>)
- 2) Gneis (M<sub>88</sub>)
- 3) Zona gradacional.

## PETROGRAFIA

### 1) Migmatita granítica:

En muestra de mano se observa textura granuda-bandeada, grano medio, el bandeo se debe a la diferencia de tono entre bandas rojas y bandas gris oscuro o negro, que guardan cierto paralelismo, siendo las primeras mucho más importantes en volumen (80% de la roca).

Las folias o bandas rojas están integradas por feldespatos potásico que le confiere dicha tonalidad, plagioclasas / blanco-grisáceas y cuarzo vítreo.

Las folias oscuras están integradas por minerales de coloración negro-verdosa y hábito laminar o pseudoprismático, que se disponen según su eje mayor en delgadas láminas siendo éstos: biotita, anfíboles y probablemente también piroxenos.

A simple vista no se observa alteración, presentándose como una roca homogénea, dura, coherente, con fractura irregular de superficie áspera, formando aristas bien definidas.

### 2) Gneis:

En muestra de mano, al igual que en la roca anterior, se observa una textura granuda-bandeada, pero no tan definida

como aquella, siendo medio el tamaño de grano. Se nota una alternancia de bandas blanco-rosadas y grisáceas, siendo el porcentaje de estas dos fracciones equivalente.

La fracción leucocrática está integrada principalmente por cuarzo, feldespato potásico rosado-grisáceo, que ocasionalmente se presenta formando fenocristales y plagioclasa de color blanquecino.

La fracción melanocrática está constituida por biotita de color negro brillante y desarrollo hojoso, que en algunos sectores pasa a tener reflejos dorados interpretados como signo del proceso de desferrización sufrido por ésta; además se encuentran, en cantidad subordinada, anfíboles y piroxenos en tonos oscuros.

A simple vista sólo se observa la alteración de la biotita. Al igual que la roca descrita en 1), la presente se considera homogénea, dura y coherente y con idénticas características en lo que hace al tipo de fractura.

### 3) Zona gradacional:

Consiste en una migmatita que va gradando en su composición, de un extremo ácido (granítico) al norte, a un extremo más básico al sur.

Se destaca un importante cambio de aspecto entre este tipo litológico con respecto a los anteriores, ya que ésta tiene una estructura de embrechita de ojos en determinados sectores. Los "ojos" tienen una composición cuarzo-feldespática, pudiéndose clasificar a esta roca como un verdadero gneis de ojos, (el tamaño de los ojos está en alrededor de los 2 centímetros).

Es importante en esta zona transicional señalar la presencia de diques, que tienen composición básica y ácida (presentándose estos últimos ya sea como pegmatitas o aplitas), los cuales se describen seguidamente.

#### a) Diques de composición básica:

Se presenta como una roca negra, con textura granuda muy fina afanítica, no pudiéndose distinguir a simple vista ninguna orientación de minerales, pero sí, se pueden diferenciar dos zonas: una central, que corresponde o mantiene la textura

original del dique, y otra afanítica de borde, que corresponden a un sector de enfriamiento más rápido (salbanda).

La constitución mineralógica no se puede definir con precisión a simple vista debido al pequeño tamaño de grano, pero se trata de minerales máficos en abundancia, con algo de cuarzo; el máfico predominante, debido al hábito hojoso que presenta, probablemente es biotita.

En lo que hace a las cualidades físicas de la roca, son básicamente las mismas que se han señalado para los tipos litológicos anteriores.

Es importante hacer notar que la roca original que conforma el paleosoma de los gneisses y migmatitas de esta cantera poseen una tendencia composicional básica dejando enclaves replegados (ver foto M-1), que no deben confundirse con los diques descriptos.

b) Diques de composición pegmatítica:

Estos diques pegmatíticos presentan variaciones en cuanto a textura y composición, distinguiéndose por un lado aquellos con un gran desarrollo de cristales, compuestos por paquetes de biotita, feldespatos y cuarzo; con un espesor que puede alcanzar 1,5m. Por otro lado encontramos diques con la misma composición, pero que a diferencia de los anteriores, presentan cuarzo y feldespato potásico como una masa de agregados granulares casi microscópicos.

La composición de estos diques se ve modificada en algunos sectores por la presencia de zonas de alteración de color verdoso sobre las plagioclasas, que podrían estar dadas por la acción de algún elemento de traza importante en la composición, y por la presencia de un mineral negro dispuesto en la pegmatita en forma de venillas o bandas con agregados que llegan a tener cristales de hasta 2 cm de longitud, y que otorga a la roca un aspecto quebradizo.

Se incluye dentro de estos diques a venas de cuarzo transparente a blanquecino con cristales de buen tamaño, y un espesor que puede alcanzar a los 70 cm.

c) Diques de composición aplítica:

Los mismos están compuestos por una roca de grano muy fi-

no (1 a 2 mm), con textura sacaroides y composición cuarzo-feldespática con algunas hojuelas de biotita. La tonalidad de esta roca es rosada debido a la presencia en abundancia del feldespato potásico.

Algunos de estos esporádicos diques aplíticos presentan en sus bordes fenocrístales de color grisáceo, con buen clivaje, (plagioclasas).

Estos diques presentan un pequeño tamaño y un espesor que varía entre unos pocos cm a 50 o 60 cm.



Foto M-1: Enclave básico replegado, de estructura muy irregular y escasas dimensiones (15-20 cm de espesor).

## DESCRIPCION MICROSCOPICA

Migmatita granítica ( $M_1A$ ): posee una textura granoblástica porfirica con fenoblastos de bordes irregulares y un mortero grueso con cristales regulares formando un mosaico que presenta fracturas intergranulares (ver foto M-2).

Los fenoblastos están constituidos por microclino, cuarzo y plagioclasas. El microclino se presenta anhedral, aunque con bordes irregulares. Se nota la presencia en este microclino de inclusiones líquidas y cristalinas, estas últimas compuestas por minerales laminares y cristales de cuarzo, los cuales forman líneas paralelas en el fenoblasto.

Como producto de la deformación vemos en estos cristales mayores, microfracturas intragranulares rellenas de minerales micáceos (muscovita), extinción ondulante de su macla en parrilla, y formación de mortero feldespático en sus bordes.

El cuarzo se encuentra en lentes alargadas con cierta orientación, pues sus ejes mayores se presentan paralelos entre si. Estas lentes no son mas que granos de cuarzo recristalizados, de forma alargada que en los cortes aparece como pseudorectangular con bordes irregulares (ver foto M-3). Presenta microfracturas e inclusiones fluidales las cuales se disponen de forma alineada y paralelas entre si, siendo no obstante transversales a la máxima elongación de las lentes.

Las plagioclasas aparecen en cristales de menor tamaño, rectangulares con bordes menos deformados, con tendencia al idiomorfismo.

La composición de las mismas va de oligoclasa a andesina.

Presentan inclusiones de opacos, biotita, epidoto y microclino el cual aparece como parches dentro del cristal mayor, el que puede estar dado por el pasaje de ésta al feldespato potásico

El mortero que acompaña a los fenoblastos está compuesto de los minerales antes nombrados con algunas pequeñas diferencias como ser: el tamaño de grano, que es mucho menor, con bordes más rectos y formando un mosaico poligonal; y la alteración que en los fenoblastos suele ser bastante importante y

del tipo sericítico y que en los granos del mortero pasa a ser escasa a nula.

Además en este mortero encontramos otros minerales en menor proporción como pueden ser: biotita, epidoto, circón y apatita.

Gneis ( $M_{88}$ ): al igual que la roca anterior presenta una textura granoblástica porfirica con tres tamaños de grano indistinguibles: fenoblasto, mortero grueso y mortero fino.

La constitución de los fenoblastos es la siguiente: feldespato potásico en forma de ortosa y microclino, plagioclasas y cuarzo.

Los fenoblastos de ortosa tienen buen desarrollo con cristales anhedrales de bordes irregulares, que poseen inclusiones cristalinas de biotita, cuarzo, plagioclasa y apatita, las cuales se encuentran alineadas formando hileras paralelas y constituyen zonas de debilidad. La ortosa presenta zonas de contactos difusos con el microclino quizás dadas por la transformación de ésta en microclino.

Los fenoblastos de microclino son escasos con características similares a los de la migmatita granítica, pero, con pertitas y sin alteración.

Las plagioclasas (oligoclasa-andesina) poseen un menor tamaño de fenoblastos con respecto a la ortosa. Presentan contactos rectos con el cuarzo y difusos con el microclino; donde aparecen antipertitas y mirmequitas. Poseen inclusiones de biotita y cuarzo, y escasa alteración de tipo sericítico.

El cuarzo fenoblástico aparece como un mosaico de grano medio casi sin orientación y con mayor desarrollo, únicas características que lo contraponen al cuarzo descrito en la roca migmatítica.

Por su parte el mortero está formado por dos fracciones granulométricas bien diferenciadas, una de grano muy fino que rodea a los fenoblastos y otra de grano más grueso que se dispone en centro del mortero.

La fracción gruesa, de mayor desarrollo (25-30%), está compuesta por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y máficos, sin distribución homogénea.

El máfico predominante en esta fracción es biotita que se presenta en tablillas alargadas, levemente orientadas, aunque en forma discontinua, con diferentes grados de alteración a clorita y epidoto, , y con frecuentes inclusiones de circón, fracturas y curvamientos por deformación, y signos de desferrización dados por la presencia de tonalidades rojizas.

Otro máfico que aparece, pero subordinado a la biotita, es el anfíbol (hornblenda), que manifiesta como característica saliente una marcada alteración a cloritas y biotitas, sobre todo en los bordes de cristal.

La fracción fina del mortero está compuesta fundamentalmente por pequeños fragmentos de los fenoblastos (a los cuales rodean), y de minerales que aparecen como accesorios en la roca, como por ejemplo, apatita, circón y titanita, sin olvidar fracciones de pequeño tamaño de los máficos ya mencionados.

Dique de composición básica ( $M_{10}A$ ): este dique nos muestra una textura granular, en la que se distinguen dos sectores de diferente tamaño de grano. Ambos sectores se encuentran separados por una franja de minerales máficos alineados, compuestas por biotita y anfíbol con textura nematoblástica.

El sector que presenta un mayor tamaño de grano, se encuentra compuesto esencialmente por: anfíboles, plagioclasas y biotita, siendo predominante la ocurrencia del anfíbol.

El anfíbol- probablemente hornblenda- se presenta subhedral, de bordes rectos, no manteniendo en forma constante su tamaño de grano. Es de color verde, con pleocroísmo, presenta maclado simple de dos individuos, con ángulo de extinción de 18° buen clivaje y alterado en parte a biotita.

La biotita se halla en laminillas y/o glomérulos, como granos individuales o como alteración de hornblenda. Se presenta alterada o transformada en sectores a cloritas, y desferrizada.

Las plagioclasas aparecen en granos subhedrales a anhedrales de bordes muy irregulares. Muestran un intenso grado de deformación dado por curvaturas y hasta fracturas de sus planos de maclas; aquéllas medidas dieron la composición de

una oligoclasa. Presentan inclusiones cristalinas de apatita y micas cuya orientación es siguiendo los planos de maclas o al azar. Encontramos también alteraciones que son esencialmente sericíticas.

El cuarzo presente en la muestra aparece en granos redondeados y como relleno intersticial de los granos mayores a modo de mortero.

Cabe hacer notar que la salbanda que divide a ambos sectores del corte está integrada en un 70% por anfíbol y el resto lo componen en orden de importancia y de abundancia minerales como biotita, muscovita y clorita, con pequeños y escasos granos de cuarzo y feldespatos.

Diques de composición pegmatítica ( $M_3$ ): la textura de este dique es la típica de pegmatitas, con grandes cristales y venas bien definidas de cuarzo, feldespato potásico y plagioclasa.

Al cuarzo lo encontramos formando lentes y venas de cristales recristalizados, con variedad de tamaños y contactos aserrados. Estos granos de cuarzo fusionados han respondido a la deformación que los afectó, alargándose y uniéndose en venas y lentes.

Los granos de cuarzo alargados presentan inclusiones fluidales dispuestas según la máxima longitud del grano, siguiendo la deformación.

El microclino se presenta en fenocristales anhedrales, de bordes irregulares, que muestran a su alrededor un mosaico de granos pequeños del mismo mineral. Estos fenocristales poseen: inclusiones de plagioclasas, muscovita, opacos y biotita cloritizada; y alteraciones de tipo caolinítico y sericítico.

Las plagioclasas se encuentran en poca cantidad constituyendo fundamentalmente un mosaico de menor tamaño, semejante a un mortero.



Foto M-2: Migmatita granítica, textura granoblástica. Nótese la importante recristalización y deformación posterior del microclino (nicosles cruzados).

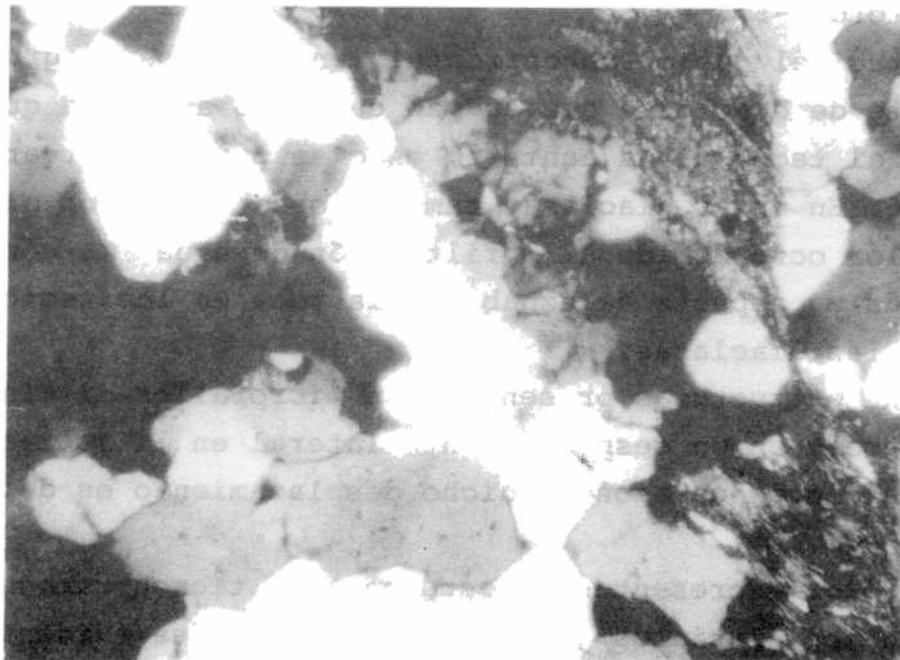


Foto M-3: Migmatita granítica, textura granoblástica. Cristales de cuarzo dispuestos en forma de lentes alargadas y ópticamente orientados (nicosles cruzados).

## ESTRUCTURAS

A partir de datos de afloramientos, del frente de explotación y del piso de la cantera se observa que la roca presenta una foliación general de rumbo e inclinación variable, comprendida entre: N 40° a N 75° de rumbo e inclinaciones que oscilan alrededor de los 70° al SE (ver foto M-4).

En cuanto a las estructuras dadas por tectonismo, es importante el desarrollo de varios juegos de diaclasas, los que podemos concentrar en 4 de rumbos e inclinaciones promedio de:

N 15° / 82° NW

N 50° / 83° SW

N 325° / 80° SW

### SUBHORIZONTALES

Estos juegos se encuentran bien representados en los diagramas de puntos y de frecuencias que adjuntamos en las figuras 6 y 6a, y en un dibujo esquemático de uno de los frentes reproducido de la fotografía que se adjunta al esquema (figura 7 y foto M-5).

Dentro del juego subhorizontal, encontramos un grupo interesante de diaclasas que se van curvando a medida que se acercan al techo de la cantera, esto se puede observar en la foto M-6. En estas diaclasas también observamos una alteración color ocre debido a la filtración de aguas meteóricas, que le da un aspecto deleznable a la roca en los sectores vecinos a las diaclasas.

Otras estructuras presentes son microfallas distinguibles porque producen un desplazamiento lateral en la foliación y pequeños diques cuarzosos, dicho desplazamiento es del orden de pocos cm.

Los diques presentes en esta cantera tienen rumbos semejantes a los distintos juegos de diaclasas, es evidente que debe haber una relación directa entre ambas estructuras. Algunos diques medidos tienen rumbos de :

N 340° para diques básicos atravesando a la foliación como en la foto M-7.

N 60° para diques pegmatíticos.

N 337° para diques aplíticos.

Dibujo esquemático que muestra los distintos juegos de diaclasas presentes (Cantera Azul).

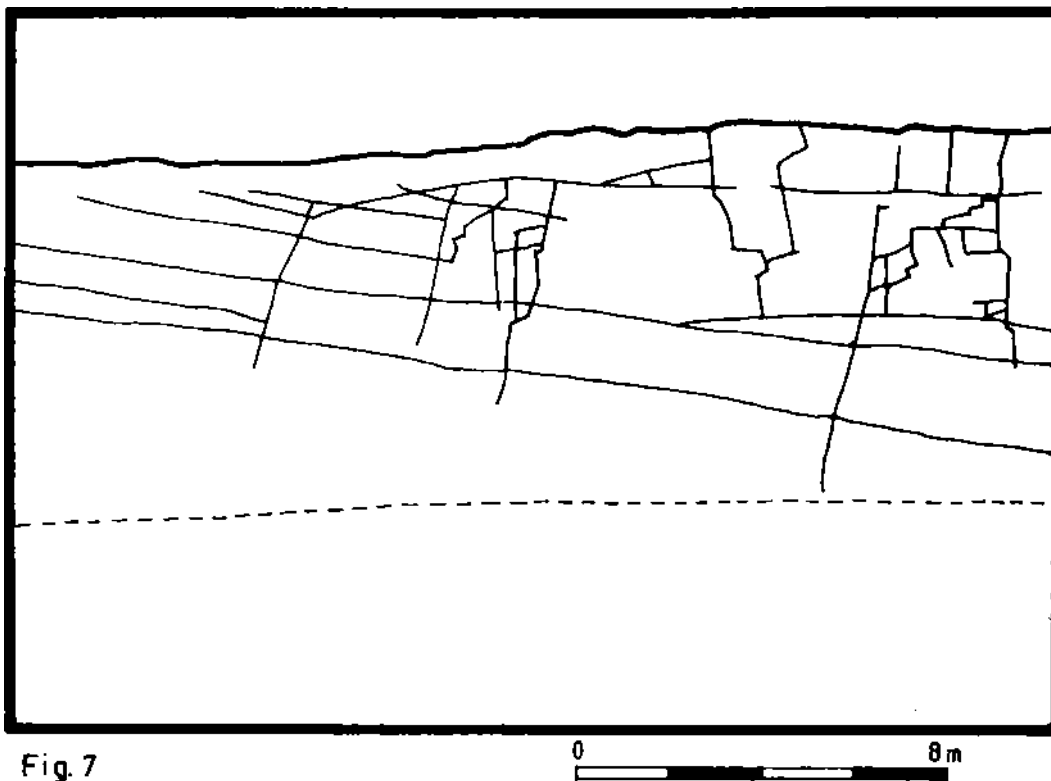


Fig. 7

Figura 7

escala:(aprox.) 1:160



Foto M-5

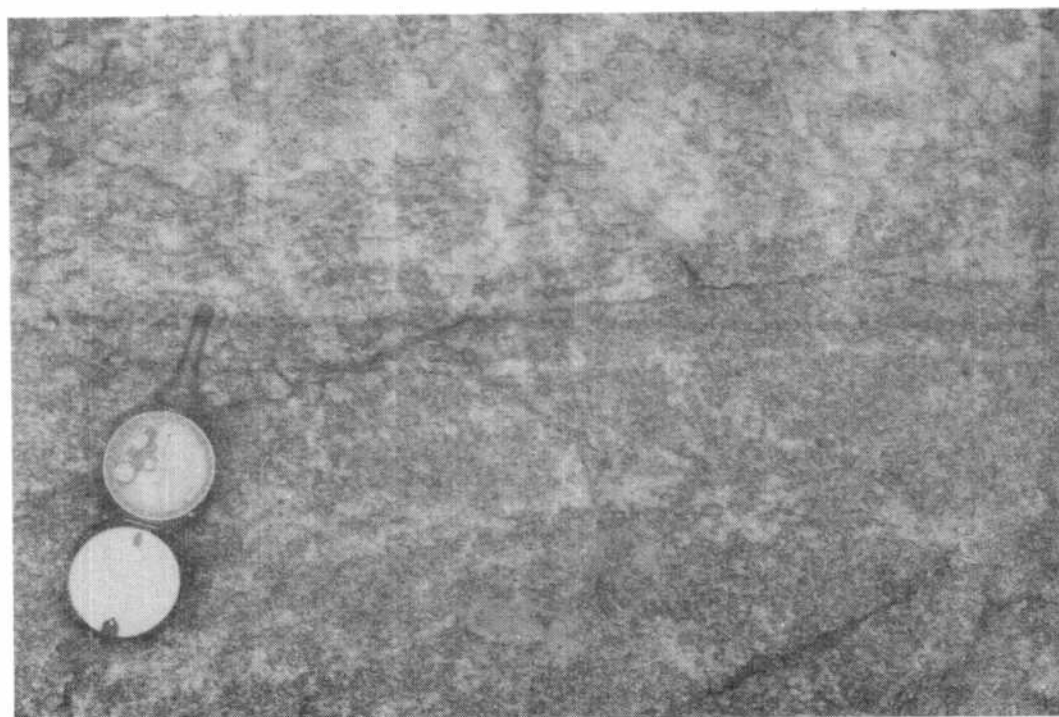


Foto M-4: Foliación predominante observada en el piso de la cantera, zona gradacional.

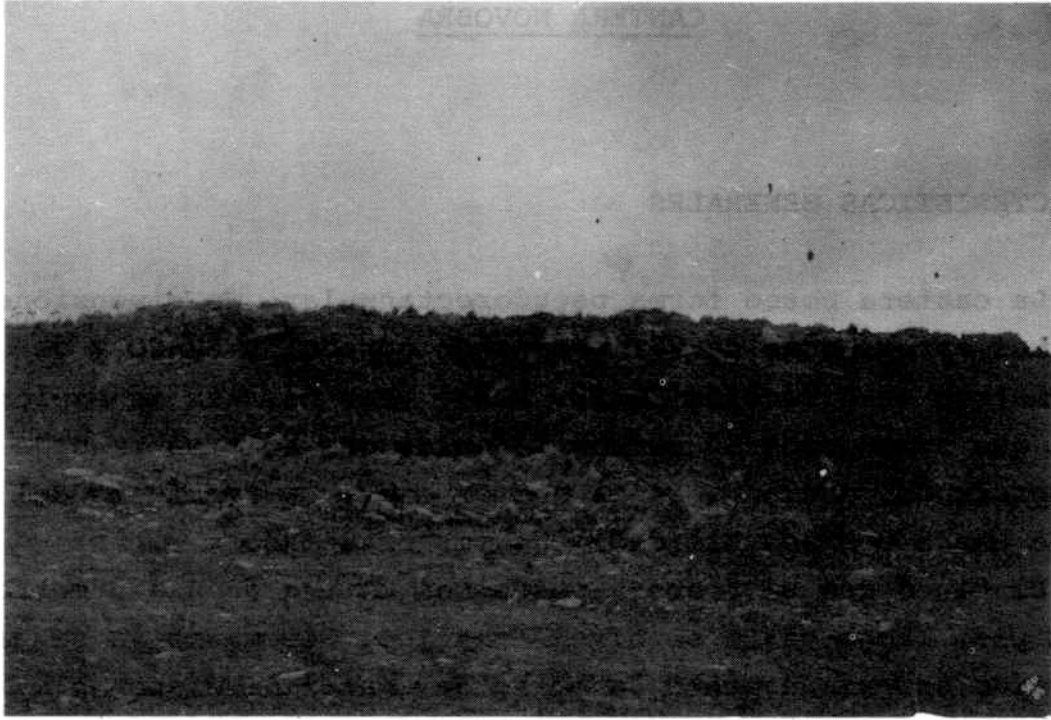


Foto M-6: Diaclasa subhorizontal curvada en zona superior de la Cantera Azul.

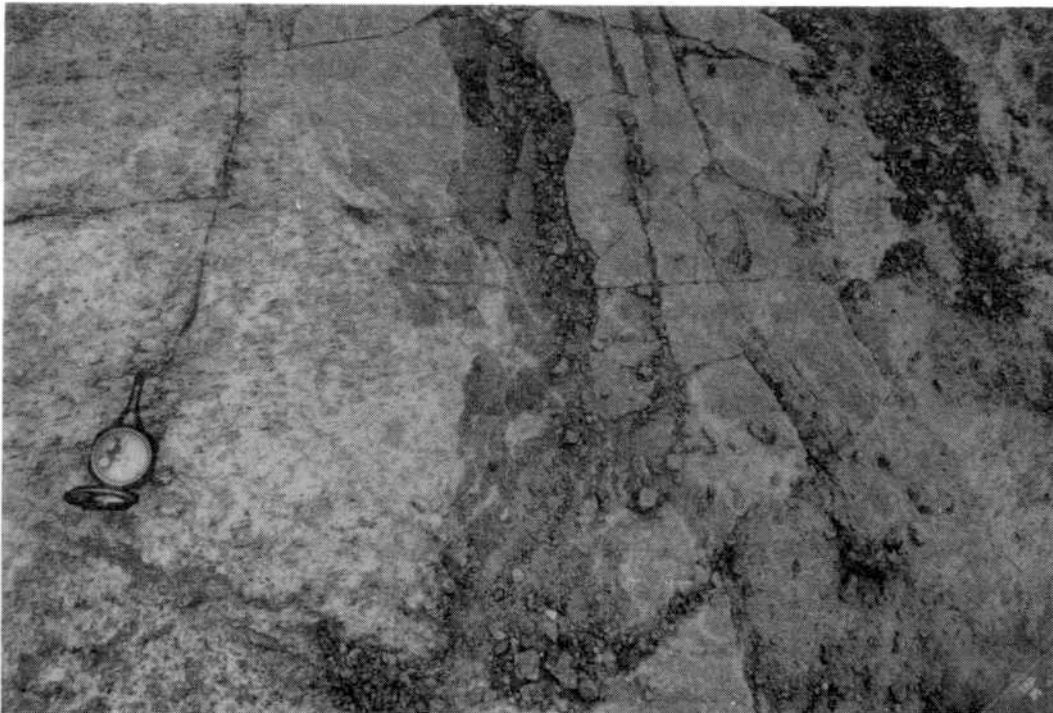


Foto M-7: Dique básico que corta a la foliación predominante.

## CANTERA NOVOBRA

### CARACTERISTICAS GENERALES

La cantera posee forma pseudorectangular, de dimensiones máximas aproximadas de 270 metros en dirección NE-SO y de 240 metros en dirección NO-SE. Posee tres niveles de explotación que suman unos 30 metros y de los que solo se trabaja el más profundo, quedando en el sector oeste un remanente del segundo banco con posibilidades de ser extraído.

El banco que se trabaja posee una altura de 8 a 9 metros y su piso llega hasta el nivel freático. Del mismo ya se ha extraído aproximadamente la mitad del material disponible.

Las reservas estarían limitadas al actual nivel de explotación, ya que en superficie el único sector posible de ser trabajado es el flanco oeste, con unos 20 metros de desnivel aproximadamente, pero para ello se hace necesario trasladar el desmante que allí se encuentra.

En el cerro Aguila, además de la descrita, se puede observar una antigua cantera abandonada e inundada, de forma alargada, con una longitud de 300 metros y un ancho de 40 metros, trabajando en un solo nivel que presenta una diferencia de altura de poco menos de 10 metros en el flanco este. Dicho frente de explotación se halla emplazado a la derecha del camino de acceso a la cantera, (ver figura 8).

### GEOLOGIA Y PETROGRAFIA

La roca que predomina en la cantera es una migmatita, integrada por bandas muy gruesas de minerales claros (félsicos) y bandas oscuras (minerales máficos), que determinan zonas de composición esencialmente granítica y básica respectivamente, existiendo sectores transicionales o de mezcla, que gradan progresivamente a los tipos litológicos antes citados.

En los frentes norte y este de la cantera se presenta una roca migmatítica oscura, de grano medio, con sectores o bandas

feldespáticas-cuarzosas alternantes, mientras que la parte oscura está compuesta esencialmente por biotita, anfíbol y cuarzo.

En el frente este se encuentran bandas graníticas de colores o tonos rojizos de buen desarrollo, y bandas oscuras de composición básica, teniendo estas últimas una distribución muy irregular, conformando en ciertos sectores bochones (fotografía N-1), enclaves que semejan intrusivos (fotografía N-2) y replegamientos (figura 8a).

El tamaño de grano de la parte granítica es en general grueso, teniendo una composición de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y escaso anfíbol. El feldespato es de color rosado, con cristales medianamente desarrollados, notándose en ellos buen clivaje y existencia de maclas. El cuarzo aparece en granos más chicos, transparente y con brillo vítreo, mientras que la plagioclasa es de color gris verdoso, con tamaño de grano similar al del feldespato potásico, presentando asimismo buen desarrollo de las superficies de clivaje. Los feldespatos potásicos y calco-sódicos (plagioclasas) se distribuyen en zonas que marcan el predominio de uno u otro.

La biotita se presenta en grano fino, hábito hojoso, siendo su presencia bastante escasa en esta fracción granítica. Por su parte el anfíbol se encuentra en proporción similar que la biotita, en forma de cristales bien desarrollados, bordes rectos y buen clivaje, alcanzando los mismos algunos cm de tamaño.

Es importante hacer notar la relación que existe entre esta fase granítica, fundamentalmente potásica, con el buen desarrollo (de hasta 5 cm de longitud) de los cristales de anfíbol, con secciones basales hexagonales notables, ocupando una importante porción de esta fracción granítica.

En lo que hace a los enclaves melanocráticos, estos se presentan con un tamaño de grano que va de medio a fino, con una composición predominante biotítico-anfibólica, presentando además pequeños granos de cuarzo de 1 mm de tamaño y veni-

llas cuarzosas de similar espesor al apuntado; el tamaño de grano de esta fracción básica aumenta hacia zonas transicionales.

La biotita de esta fracción, aparece en granos de 1-2 mm de tamaño promedio, en colores negros y dorados, esto último debido probablemente a proceso de desferrización.

Los anfíboles, en estos enclaves se presentan en un tamaño mucho más exiguo que en el caso citado en párrafos anteriores (2-4 mm), mientras que en zonas transicionales se observa un aumento de tamaño, distinguiéndose prismas y secciones hexagonales; la biotita, por el contrario, muestra una marcada uniformidad en sus dimensiones tanto en una como en la otra fracción.

En el dicho frente este se observan fracturas posteriores a la granitización, que están ocupadas o rellenas con minerales que pertenecen al grupo del epidoto, de color verde muy marcado, integrados por agregados granulares de aspecto astilloso, con desarrollo de pequeñas geodas y, cabe resaltarlo, siempre asociados a la parte granítica en cuyas zonas de contacto se desarrollan cristales de epidoto en forma aislada.

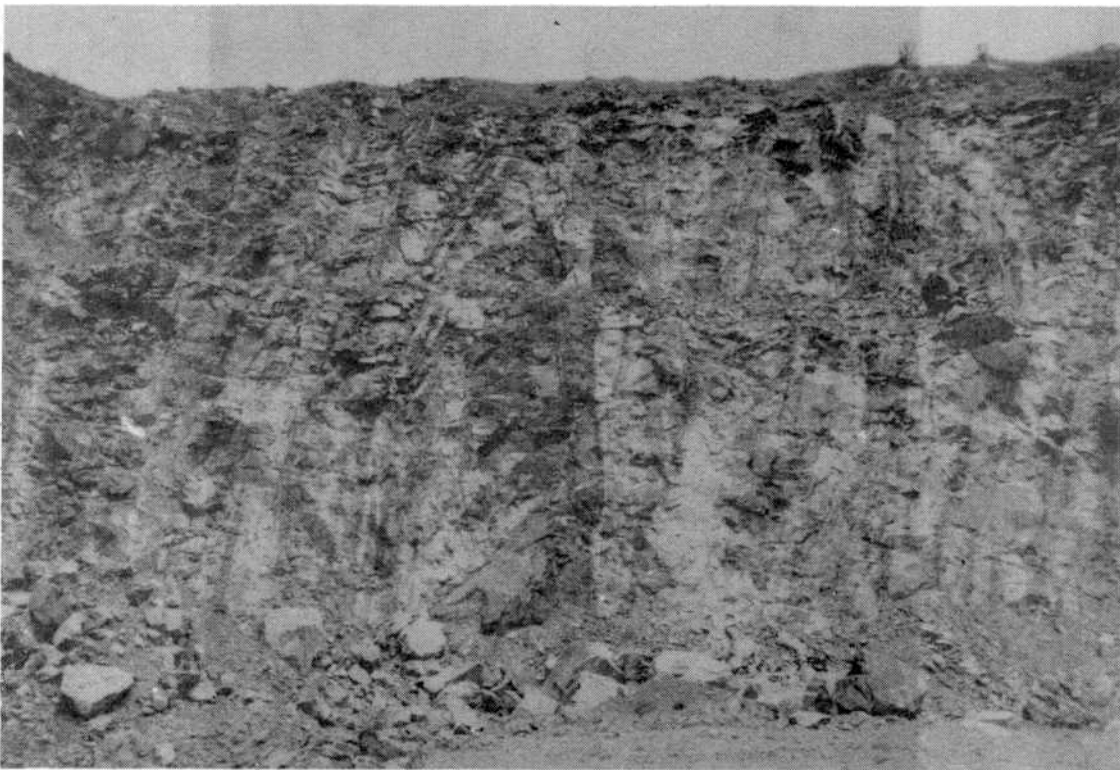
También se encuentran como relleno de estas diaclasas: cuarzo, calcita y minerales opacos (pirita y magnetita). Dichas venas de relleno pueden alcanzar espesores de hasta 10 cm.

En el frente sur la roca mantiene más o menos las mismas características que las descritas anteriormente en lo que hace a su distribución, diferenciándose en que la fracción leucocrática-granítica posee un color blanquecino a verdoso claro. Esto se debe al predominio de plagioclasas sobre el feldespato potásico, las que presentan una pátina de alteración que le confiere ese color.

El tamaño de grano sigue siendo aproximadamente el mismo que en la migmatita de los sectores este y norte de la cantera, presentándose aquí también bochones graníticos rosados, en forma subordinada a la parte de tonalidad blanco-verdosa.

Por último, es importante destacar el notable predominio que se observa en los frentes NO y O de la cantera de la fase

granítica rosada, lo que en ciertos sectores le confiere el aspecto de un verdadero granito.



Fotografía N-1: obsérvese la alternancia de folias de material granítico y básico, junto a un enclave anfibólico (centro de la fotografía) prácticamente libre de inyección (frente oeste de la cantera).



Fotografía N-2; enclaves (intrusivos anfibolíticos)atravesados en parte por la foliación migmatítica, en el frente NE de la cantera.

## DESCRIPCION MICROSCOPICA

Roca de composición granítica (NB1)

La misma presenta textura granoblástica de grano grueso con un pequeño mortero alrededor de los cristales de mayor tamaño; también se encuentran microfracturas (algunas de ellas con pequeño desplazamiento) que se disponen en más de una orientación, registrando acodamientos o cambios bruscos de dirección, encontrándose a veces rellenadas por minerales micáceos (cloritas). Cabe destacar, además, la presencia de un importante efecto de recristalización.

Mineralógicamente, tenemos: plagioclasa, que se presenta en grandes cristales, generalmente subhedrales, de hábito tubular; exhibe maclas polisintéticas cuya medición indica una composición correspondiente a oligoclasa media a ácida. Las maclas presentan curvamiento, acuñaamiento y otros efectos producto de deformación.

En ella se encuentran inclusiones de circón, apatita (de buen desarrollo) epidoto (pistacita), clorita y microclino. Se hallan dispuestas según los planos de macla o bien irregularmente; la alteración presente es fundamentalmente sericítica, existiendo también alteración caolinítica.

El microclino aparece con un tamaño semejante, bordes irregulares, forma anhedral, con inclusiones de plagioclasa, cuarzo y muscovita, dispuestas en forma irregular. Se desarrollan pertitas y mirmequitas (en zonas de contacto con la plagioclasa), predominando aquí la alteración caolinítica por sobre la sericítica.

El cuarzo forma grandes lentes con estructura de mosaico originada por efectos de recristalización, con bordes irregulares (aserrados) que dan aspecto de una "textura de sutura". Las inclusiones presentes son de: epidoto, clorita, muscovita y apatita.

Clorita: aspecto laminar, fibroso, en cristales verdosos de buen tamaño, dada su condición de mineral accesorio.

Epidoto: se presenta en forma de pequeños granos de forma tabular, subhedrales, tanto sea como inclusión o forman-

do parte del mortero. Se supone que son producto de alteración de anfíboles.

Mortero: es escaso, disponiéndose alrededor de los cristales mayores. Mineralógicamente está conformado por plagioclasa, microclino, cuarzo, clorita, epidoto y anfíbol.

Roca de composición intermedia (NB2)

Presenta una textura granoblástica equigranular, en sectores algo porfírica, con mortero bastante escaso, siempre dispuesto en derredor de los grandes cristales de feldespatos; dicho mortero está compuesto esencialmente por cuarzo, feldespatos y micas, poseyendo estas últimas cierto grado de orientación preferencial que quedaría como relicto de la esquistocidad de la roca antes que fuera afectada por la inyección granítica.

La plagioclasa se presenta en grandes cristales subhedrales a anhedrales, de bordes irregulares, con macla según las leyes de albíta y periclino, las que se observan flexuradas y deformadas. La composición de este mineral es de oligoclasa básica-andesina. Presenta inclusiones de minerales opacos, cuarzo y biotita, como así también antipertitas. La alteración es escasa, siendo la más común del tipo sericítico.

El microclino se presenta en granos de forma anedral con bordes muy irregulares, con inclusiones de muscovita, biotita, plagioclasa, cuarzo y minerales opacos, además de estructuras peritíticas. Al igual que en las plagioclasas, la alteración presente es bastante escasa, del tipo sericita-caolinita, limitándose a los cristales de mayores dimensiones.

El cuarzo aparece en granos de menor tamaño que los feldespatos, presentando bordes muy irregulares (textura suturada), hábito algo alargado, forma anedral, extinción ondulante poco marcada. Inclusiones de tipo fluidal (trenes de inclusiones, a veces también presentes en microclino) además de micas, apatita y opacos.

La biotita aparece en forma laminar con buen desarrollo de cristales y/o agregados, y en pequeñas laminillas en el mortero que presentan cierto grado de orientación. Se obser-

van efectos de desferrización, asociados a minerales opacos, inclusiones de circón, opacos y apatita, cuyos cristales se encuentran, en ciertos sectores, sumamente fracturados y flexurados.

Minerales accesorios: apatita, titanita y circón.

Rocas melanocráticas (NB3)

Textura granoblástica, aproximadamente equigranular, casi sin fenoblastos. La fracturación es bastante considerable, como así también la presencia de mortero. En la muestra se diferencian dos sectores en forma clara: uno con hornblenda como mafito predominante (siendo éste el que alcanza mayor distribución) y otro con biotita.

Hornblenda: cristales de forma subhedral, idioblásticos, color verde, con notable clivaje y maclas de dos individuos según el plano (100) frecuentes en este mineral. Los cristales de este anfíbol se presentan algo orientados (ver microfotografía N-3). Inclusiones de opacos, apatita y circón. La alteración, está dada por biotitización, cloritización y epidotización.

Biotita: en láminas de buen desarrollo y en el mortero, a veces desferrizada, presentándose algo orientada, al igual que el anfíbol.

Plagioclasa; presenta características similares a las anotadas en los cortes precedentes, con la salvedad de un menor tamaño de grano; su composición corresponde a andesina. Alteración importante, de tipo sericítico, sobre todo en el centro de los cristales de mayores dimensiones, y algo de caolinita.

Microclino: forma anhedral con bordes irregulares, no muy abundante.

Piroxeno: color verde pálido, birrefringencia moderada, con transformación parcial a hornblenda.

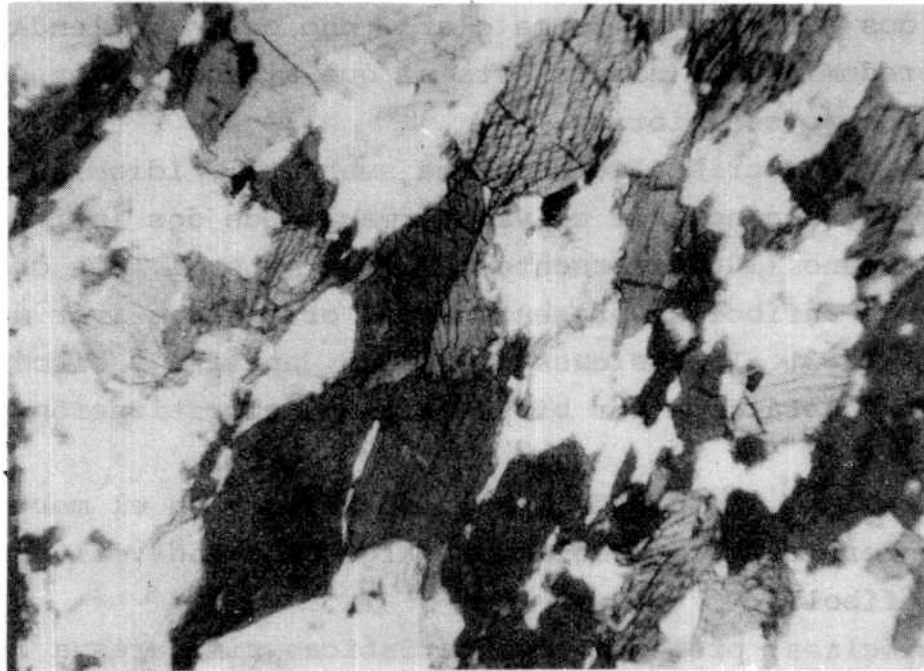
Mortero: presenta una cantidad importante de mortero, compuesto por biotita, anfíbol, plagioclasa, microclino y cuarzo.

Accesorios: apatita, circón, titanita y minerales opacos.

Roca de composición granítica con venas de epidoto (NB6)

Presenta una textura granoblástica con un muy importante grado de cataclasis, lo que constituye un rasgo saliente de este tipo litológico. Se encuentran veras constituídas íntegramente por epidoto, claramente diferenciables por su color del resto de roca.

Microclino: se presenta ya sea en fenoblastos como en el mortero, con forma anhedral y bordes irregulares.



Microfotografía N-3: (Anfibolita) cristales de hornblenda casi inalterados, exhibiendo clara alineación, al igual que los de biotita, acompañados por abundante plagioclasa, apatita y escaso cuarzo y minerales opacos. No presenta rasgos notables de deformación .(Nicoles paralelos).

Se observa un maclado "en parrilla" muy deformado, alteración caolinítica que se dispone según los planos de macla. Las inclusiones presentes son de: epidoto, rellenando microfracturas, apatita, cuarzo y minerales opacos.

Cuarzo: forma anhedral con bordes muy irregulares, constituyendo un mosaico de lentes algo alargados y con leve orientación producto de efectos de deformación sufridos. Las inclusiones presentes son de tipo fluidal y de apatita, dispuestas en forma alineada.

Plagioclasa: Aparece en cristales de hábito tabular, muy fracturados, con maclado polisintético cuya medición indica una composición correspondiente a oligoclasa media a ácida; presenta alteración sericítica e inclusiones de epidoto y microclino.

Epidoto: se presenta en cristales de tamaño medio, forma subhedral, hábito tabular, clivaje visible en una dirección. La mayoría de ellos -determinados como pistacita- posee color verde amarillento y son ligeramente pleocroicos, dispuestos en gruesas bandas. Existen otros cristales de tonos pálido, no pleocroicos, que podrían ser clinozoïcita.

Se identificaron además en estas venillas de epidoto, minerales opacos, agregados de calcedonia, ópalo y zeolitas?.

Mortero: integrado por cuarzo, microclino, epidoto, plagioclasa, en disposición levemente orientada en torno a cristales mayores, con abundante recristalización.

Roca de composición granodiorítica (Porfírica) (NB9)

Presenta textura marcadamente porfiroblástica, con fenocristales de hornblenda identificables a simple vista. Escasa presencia de mortero, limitada a los bordes de los fenoblastos, con una recristalización no muy importante.

Hornblenda: cristales subhedrales a euhedrales, bordes rectos, hábito tabular-prismático, color verde, pleocroico y bastante fracturado. Inclusiones de apatita, plagioclasas, circón, y minerales opacos. Alteración: el anfíbol altera o es reemplazado por calcita y biotita, los cuales presentan opacos en la zona de contacto con el anfíbol no alterado. (Ver microfotografías N-4 y N-5).

Plagioclasas: tamaño de grano mucho más pequeño que el anfíbol, subhedrales y de bordes irregulares, con maclado polisintético algo deformado; composición correspondiente a andesina ácida. Presenta inclusiones de apatita, circón y e-

pidoto, además de venillas de calcita. Alteración caolinítica y sericítica.

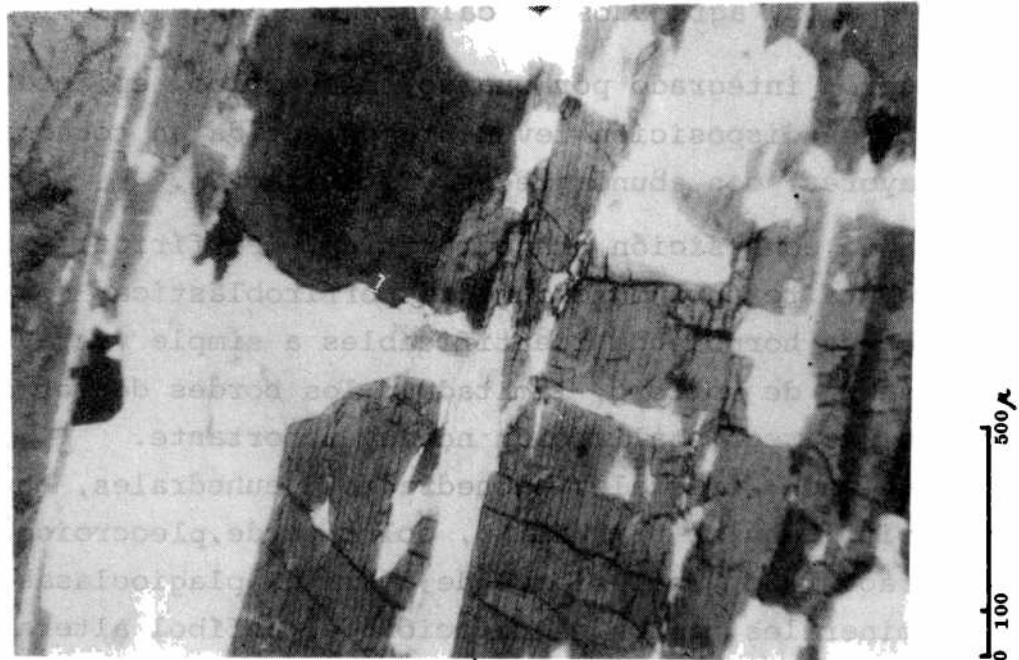
Biotita: en laminillas pequeñas, alterando a epidoto, con inclusiones similares a las descritas para plagioclasa.

Microclino: tamaño de grano medio, con bordes irregulares y de forma marcadamente anhedral. Presenta trenes de inclusiones no identificables, apatita y cuarzo. Alteración muy escasa de tipo caolinítico.

Cuarzo: forma anhedral, bordes irregulares con extinción ondulante poco marcada. Presenta trenes de inclusiones similares a los de microclino.

Mortero: compuesto por plagioclasa, biotita, microclino, y cuarzo.

Accesorios: Epidoto, apatita, circón y titanita.

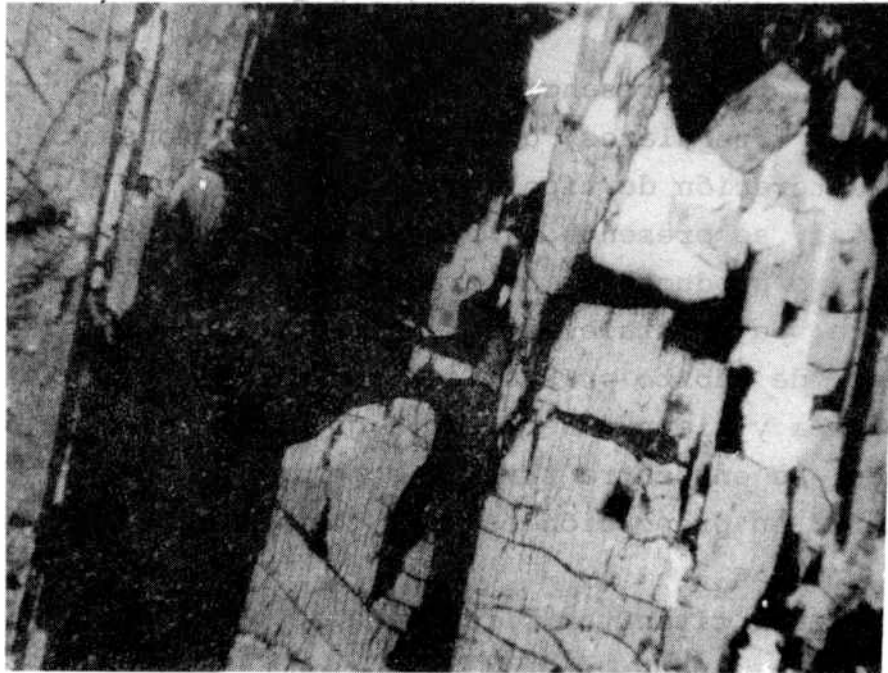


Microfotografía N-4: cristal de anfíbol (hornblenda) que presenta rasgos evidentes de biotitización y alteración a calcita. (Nicoles paralelos).

Microfotografía N-5: ídem a la anterior, con nicoles cruzados.

Rocas de composición tonalítica (NB4)

Textura granoblástica, poca recristalización, casi sin mortero, compuesta esencialmente por cuarzo, plagioclasa y anfíbol.



La plagioclasa, mineral que constituye aproximadamente el 55% de la roca, aparece en cristales de gran tamaño con bordes irregulares muy alterados, difíciles de identificar claramente. Las maclas (polisintéticas y de Carlsbad) se presentan curvadas por efectos de deformación; su composición corresponde a andesina. Presenta inclusiones de cuarzo, plagioclasa, biotita, apatita en cristales de considerable desarrollo, feldespato potásico y minerales opacos. La alteración es fundamentalmente sericítica.

Anfíbol: constituye un 25% y se presenta en granos irregulares, algunos de hábito alargado, otros equidimensionales (secciones basales), pleocroísmo verde claro a verde oscuro, ángulo de extinción de 22° con maclado característico de hornblenda.

Presenta inclusiones de apatita, opacos, titanita, clorita y epidoto. La alteración es a clorita y en menor grado, a epidoto.

Cuarzo: en granos de bordes irregulares, anhedrales, extinción ondulante poco marcada. Las inclusiones son fluidales y de minerales micáceos (muscovita) dispuestos en forma alineada.

Microclino: su presencia es escasa, exponiendo forma anhedral, bordes irregulares, con algunas inclusiones de cloritas y escasa alteración de tipo arcilloso.

Cloritas: se presenta en pequeñas laminillas a veces alineadas y como producto de alteración.

Apatita: en cristales de buen desarrollo, subhedrales a euhedrales, de hábito prismático, con distribución más o menos homogénea y siempre asociado a grandes granos de minerales opacos; se encuentra también como inclusiones.

Mortero: en proporción escasa, compuesto por cuarzo, feldespatos y micas.

Accesorios: titanita, circón y epidoto.

## ESTRUCTURA

En base a datos tomados en el frente y piso de la cantera, se puede incluir que la foliación tiene rumbos e inclinaciones muy variables, siendo aquellos de N40° a N80°E mientras que las inclinaciones oscilan entre los 50 y 70 hacia el SE y NO, dando en el frente esta la impresión de la existencia de una estructura antiformal (ver fotografía N-6 y mapa figura 8).

Cabe mencionar, además, la notable variación de espesor de las folias, que van de pocos cm a 1,5 metros e incluso algo superiores.

go superiores.

En lo que hace a las fracturas, se puede decir que la roca se encuentra medianamente diaclasada. Dichas diaclasas se disponen en tres juegos principales, cuyos rumbos e inclinaciones promedio son:

N 90° / 50° - 70° al N y S

N 330° / 80° al E y O

Subhorizontales, con inclinaciones de hasta 20° en direcciones variables (ver figuras 9 y 10).



Fotografía N-6: estructura anticlinariforme de escasas dimensiones, observada en el frente NE de la cantera.

También se han encontrado espejos de fricción, lo que daría indicios de posibles fallamientos de poca importancia localizados, sobre todo, en el frente norte, teniendo los mismos una orientación aproximada de N 65°/66° al SE. Coincidiendo con ese rumbo se presentan las venas con epidoto citadas, especialmente en los frentes norte y este.

## RELACION GEOLOGICA ENTRE LAS CANTERAS

En lo que concierne a la mineralogía, no se pueden señalar importantes diferencias de una cantera a otra. Se puede mencionar sin embargo, la presencia de biotita como máfico predominante en el Cerro Colorado, mientras que en el cerro Aguila es más frecuente la hornblenda, lo que estaría relacionado con la foliación menos marcada, o más gruesa, e incluso la presencia de enclaves no inyectados por material granítico, en este último cerro.

Los minerales Leucocráticos (feldespatos y cuarzos) tienen su dominio en la cantera cerro Peregrino, mientras que en las otras dos la presencia de máficos, aunque heterogénea, se hace más importante.

Evidencias de metasomatismo potásico, consistente en sericitización de feldespatos, biotitización de anfíbol y formación de microclino, se encuentran en todas las canteras, sobre todo en el cerro Peregrino donde el desarrollo de fenoblastos de microclino, posiblemente sintectónicos o postectónicos, son característica saliente de la roca.

La presencia de apatita es una constante en todas las rocas, siendo importantes en ciertos sectores de las canteras Azul y Novobra, asociada siempre a minerales máficos.

El mortero presente en las tres canteras como producto de su deformación, alcanza su mayor desarrollo en el cerro Peregrino donde llega a formar incluso una ultramilonita.

En lo que hace a la foliación, la misma tiene un rumbo aproximado NE-SW en las canteras Azul y Novobra, aproximándose en esta última a E-W con inclinaciones casi verticales.

La foliación observada en el esquisto del cerro La Plata (N 45°) que se considera la roca original premigmatización de la zona, está en correspondencia con lo observado en las canteras Azul y Novobra, mientras que en el cerro Peregrino, que es una zona con marcado metamorfismo dinámico, dicha foliación ha sido desdibujada totalmente.

En lo que hace a las diaclasas, son bastante similares en cuanto a su orientación en las tres canteras, con la excepción

de un juego de rumbo E-W muy marcado, que aparece en el cerro Peregrino; en cuanto a su densidad tenemos que, justamente la cantera más afectada por dinamometamorfismo es la más densamente diaclasada, mientras que la más compacta es la que presenta la menor cantidad de mortero

Las tres canteras han sufrido un proceso evolutivo similar; partiendo de la base de que la roca original sería un esquisto biotítico-anfibolítico, con distinta predominancia entre las canteras, el cual fue afectado por una migmatización o feldespatización que incluye a los tres cerros en forma diferencial, siendo más o menos homogénea en cerro Peregrino, mientras que en los cerros restantes lo hace en forma heterogénea.

En lo que atañe al grado de deformación sufrido, este es mucho más notable en cerro Peregrino dado por su roca cataclástica y su diaclasamiento intenso.

#### EVOLUCION GEOLOGICA

La roca original sería un esquisto anfibólico-biotítico, a juzgar por la constitución del melanosoma de las migmatitas estudiadas. Dichos esquistos habrían sufrido una intensa migmatización, con aporte de material cuarzo-feldespático.

Las rocas de mezcla, muestran grandes variaciones en la relación paleosoma-neosoma tanto en cantidad como en estructura, ya que por sectores aparece foliación bien definida y en otros el leucosoma predomina, englobando a la roca original.

Las migmatitas fueron afectadas por intrusiones anfibolíticas en un primer momento y posteriormente aplo-pegmatíticas, que formaron diques y venas de variadas dimensiones, coincidentes con los principales sistemas de diaclasas que se registraron. Finalmente se originaron venas de cuarzo, calcita y epidoto.

Cabe señalar que se registran varios eventos tectónicos, parcialmente enmascarados por recristalización, lo que dificulta su discriminación y ordenamiento.

## PROPIEDADES DE LAS ROCAS ESTUDIADAS

Las rocas estudiadas en estas tres canteras son explotadas con el fin de ser utilizadas como áridos. Por lo tanto, a los efectos de determinar sus propiedades físicas, fueron sometidas a una serie de ensayos para establecer las aptitudes para su empleo en mezclas asfálticas u hormigones.

Se realizó un muestreo representativo del total de la cantera y en forma discriminada de las distintas variaciones litológicas observadas, con el fin de hacer ensayos generales y particulares comparativos.

Dichos ensayos generales para las canteras "El Peregrino", "Azul" y "Novobra" son los siguientes:

-Desgaste con máquina de "Los Angeles" (resistencia a la abrasión).

-Cubicidad

-Durabilidad al ataque con sulfato de sodio.

-Curvas granulométricas

Estos ensayos mecánicos fueron realizados en la Dirección de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, bajo la supervisión del Lic. Gustavo A. Cassinelli, de acuerdo con las especificaciones establecidas en las normas I.R.A.M.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### A- Desgaste:

El ensayo se hizo con las granulometrías A y B indicadas en la norma y a 500 vueltas;

"El Peregrino" = 19%

"Novobra" = 22%

"Azul" = 23%

El límite máximo admitido por la norma es del 35%, como se puede apreciar, estas cifras están muy por debajo de dicho límite de tolerancia, lo que determina un valor óptimo de utilización para cualquier finalidad.

### B- Cubicidad:

En este aspecto los resultados también son favorables, dado que estos agregados no presentan ningún tipo de lajosidad,

es decir que no tienen inconveniente alguno que no pueda restringir su utilización.

C- Durabilidad al ataque con sulfato de sodio:

Se utilizaron las granulometrías especificadas en la norma, y los resultados obtenidos están en orden del 0,5 al 1% para las tres canteras, lo que nos indica un alto grado de inalterabilidad, siendo estas rocas altamente favorables para cualquier tipo de obra, ya que el límite máximo admitido por la norma es del 13%.

D- Curvas granulométricas:

En base a las diferentes granulometrías extraídas se confeccionaron dos diagramas que se adjuntan (Fig. n°11,12,13), según los cuales se puede determinar la muestra tipo para ser utilizada en carpetas asfálticas, bases granulares, etc.; de acuerdo a la curva tipo de la norma A.S.T.M. o de Vialidad de la Nación o Instituto del Asfalto.

De acuerdo a los resultados de los ensayos mecánicos a lo que fueron sometidos, todos los áridos se presentan aptos para ser utilizados en cualquier tipo de obra.

Los mejores resultados, referidos a las rocas del cerro Peregrino en el ensayo de desgaste, podrían ser atribuidos a la presencia de abundante cuarzo (mineral de considerable dureza) y escasos máficos, como también al mayor grado de recristalización y por ende, una mejor unión entre los granos minerales.

La alteración a epidoto no ofrece ningún efecto perjudicial y la alteración caolínica-sericítica, propia de los feldespatos, tampoco parece influir negativamente en los resultados de los ensayos realizados.

La compacidad es elevada, y lo mismo podría esperarse en el caso de la tenacidad (resistencia de la roca a fragmentarse por impacto), ya que la presencia de microfisuras no es muy importante y la textura y mineralogía de los áridos es favorable para que ello no ocurra.

La ausencia de pátinas de alteración, ya sea esta arcillo-

sa, de yeso u óxidos, es también un indicio favorable; asimismo, la pirita presente en la cantera "Novobra" (mineral que puede oxidarse e hidratarse, llevando a la desintegración del árido) no se encuentra en una cantidad tal que pueda producir dichos efectos.

La presencia de texturas porfíricas ( fenoblastos de microclino y plagioclasa fundamentalmente) se podría considerar un indicio desfavorable para el ensayo de desgaste, para cuya comprobación se hace necesario un análisis discriminado de tipos litológicos porfíricos y no porfíricos.

Haciendo una comparación entre las tres canteras en estudio, la roca que registra valores mas favorables en relación al porcentaje de desgaste es la que en observaciones petrográficas muestra un mayor grado de recristalización y deformación (al punto de formar una verdadera cataclasita) junto a una notable escasez de minerales ferromagnesianos (máficos), lo que nos lleva a pensar que la mayor deformación en este tipo de rocas favorece un mejor comportamiento mecánico de la misma.

### Aspectos geoeconómicos:

Características de las plantas de trituración: para su desarrollo cada una de estas tres canteras han levantado una infraestructura adecuada para la explotación, tratamiento y / transporte del material extraído.

Dicha infraestructura está equipada en los diferentes casos por plantas de trituración y molienda, zarandas, repasadores de material, servicios mecánicos, técnicos, energéticos, así como elementos de carga y transporte; o sea palas, excavadoras, gruas y camiones, etc. Los cuales describiremos a continuación.

#### Cantera Cerro Peregrino:

Posee tres plantas fijas y una planta semiportátil, para el tratamiento del material.

Plantas fijas: N°1 se encuentra fuera de servicio por haber cumplido su vida útil, pero puede ser reacondicionada.

N°2 marca Ferroni compuesta por tres trituradoras primarias a cono, una marca Pegson Telsmith 30/42 y otra marca BLH 32/40 ( esta última es la más antigua de la cantera), con una secundaria a cono 48 s y una terciaria a cono de 48 FC.

Esta planta también presenta tres zarandas con 4 cintas de transporte con productos terminados de tamaños 0/3, 3/20, 20/30, 30/50.

La producción media de esta planta es de 200 tn/h.

N°3 es de marca Pegson Telsmith, compuesta por una trituradora primaria de 60/48, una secundaria de 1500 s y una terciaria de 1500 FC, con 4 zarandas y sus correspondientes cintas de materiales terminados en 0/6, 20/30, 6/20, 30/50.

Esta planta es la más nueva y la más larga de la cantera y posee una producción media de 500 tn/h.

Planta semiportatil: es de marca Pegson Telsmith compuesta por una primaria a mandíbula 30/42, una secundaria a cono 48 9s y una terciaria de 48 FC, tres zarandas con 5 cintas para materiales terminados.

La empresa cuenta entre su equipo con: 4 palas cargadoras, 5 equipos de perforación, un servicio de camiones (contratado)

Para la voladura de la cantera se utilizan como explosivos gelamonita para carga de fondo y polezul pulverulento o granulado para carga a granel. Los detonadores son eléctricos de serie del 1 al 12. Se perfora con 2,5" de diámetro por 10 m de profundidad.

#### Cantera Azul:

La planta de tratamiento del material de esta cantera es más pequeña que las presentes en cerro Peregrino, poseyendo trituradoras primarias, secundarias y terciarias de marcas Lord y Parisino con zarandas y cintas correspondientes para materiales terminados. La capacidad de producción de esta planta es de 100 tn/h.

Como ya citamos para cerro Peregrino, cantera Azul presenta un taller bien equipado y un servicio energético importante y un personal compuesto por dos técnicos, un ingeniero, 10 obreros y 2 administrativos.

#### Cantera Novobra (Cerro Aguila):

En lo que hace a la infraestructura presente en esta cantera, podemos decir que su planta, que es de tamaño intermedio entre los descriptos para las canteras anteriores, está compuesta por una trituradora primaria a mandíbula de marca Pegson Telsmith, dos trituradoras secundarias de la misma marca y dos repasadores Pegson Telsmith, con capacidad para mantener una producción de 250 Tn/h.

También cuenta con un taller bien equipado y dispone de dos grupos electrógenos con una capacidad total de 380 Kw/h.

El personal estable consiste en un técnico, un profesional ingeniero, 18 obreros y 2 administrativos.

Algunas de las características de planta se ven en las fotografías a continuación, para las tres canteras.

### Reservas:

Se procedió a la estimación de la vida útil de cada una de las canteras consideradas, tomando en cuenta las reservas y los datos de explotación de años anteriores extrapolados según sus tendencias.

Las reservas fueron calculadas en base a los mapas realizados en noviembre-diciembre de 1984, tomando el espesor de roca por sobre el nivel freático y considerando las áreas perimétricas de las canteras. El cálculo de superficies se realizó con planímetro y fue controlado por el método de Simpson de acuerdo a los perfiles que se adjuntan. Se consideró una densidad de  $2,7 \text{ tn/m}^3$ , en todas las operaciones efectuadas.

Se comparan las producciones de las canteras entre sí, y de las tres en conjunto con las registradas a nivel provincial y nacional de acuerdo a los datos aportados por la Estadística Minera de la República Argentina.

### Cantera Peregrino:

Se han obtenido solamente, datos de producción pertenecientes a los 5 últimos años o sea los comprendidos entre 1981 y 1985. No obstante la escasez de datos se indica una posible tendencia de producción para los próximos años que juntamente con las reservas ya calculadas darán la sobrevida de la cantera.

Datos de producción:	<u>Año</u>	<u>Producción (tn)</u>
	1981	410.178
	1982	498.500
	1983	442.100
	1984	226.500
	1985	182.100

#### Promedios de producción a considerar:

Años de mayor producción -----	400.000 a 450.000 tn/año.
Años de menor producción -----	180.000 a 220.000 tn/año.
Promedio total de producción-----	320.000 a 370.000 tn/año.

Las reservas positivas calculadas para toda la cantera asciende a 5.218.161,5 tn, valor que puede ser subdividido en: 2.613.372,6 tn, que es el tonelaje comprendido a la zona de cantera de donde se extrajo ya el primer y segundo nivel. 491.809,3 tn que pertenecen a la zona de cantera donde solamente se ha extraído el primer nivel. 2.109.979,6 tn comprendidas en la zona perimetral a la cantera propiamente dicha y en la que se tienen tres niveles de explotación a considerar.

De acuerdo a los datos precedentes, la cantera El Peregrino podría seguir operando durante 13 años, con una producción de 400.000 tn/año; 29 años produciendo 180.000 tn/año, y tomando en consideración una producción de 320.000 tn/año (promedio actual) 16 años.

#### Cantera Azul

La Empresa Marengo S.A., proporcionó los datos de producción que se consignan a continuación, y por cuyo generoso aporte agradecemos al Ing. Alletti.

Durante el septenio 1968-74, la producción ascendió a / 900.000 tn, pero se desconocen los datos anuales correspondientes al mismo período. A partir de 1975 la producción fue de:

<u>Año</u>	<u>Producción (tn)</u>
1975	330.000
1976	141.000
1977	123.000
1978	156.000
1979	198.000
1980	190.000
1981	165.000
1982	128.000
1983	169.000
1984	75.000
1985	97.000

De acuerdo a estos valores y a los fines del calculo de

vida útil de la explotación consideramos:

Producción media: 140.000 tn.

Producción mínima (años 1984-1985): 85.000 tn

Las reservas de la cantera se encuentran no solo perimetralmente a la explotación (como en las demás) sino que también hasta 10m por debajo del piso, donde se sitúa el nivel freático.

A la profundidad inferida la dividimos de manera tal de poder calcular una reserva positiva (segura de ser explotada) y una reserva potable (con ciertos factores de riesgo).

Las reservas positivas se dividen en:

- De zona de cantera-----1.415.719 tn se considera un segundo nivel de explotación de 7m de profundidad.
- De zona marginal al foso----- 5.319.051 tn contemplando un primer nivel no explotado de espesor variable y un segundo nivel de 7 m.
- Total de reservas positivas---- 6.734.770 tn.

Las reservas probables se dividen en:

- De zona de cantera-----1.011.228,3 tn se considera un tercer nivel inferido.
- De zona marginal al foso-----1.645.998,7 tn también consideramos el tercer nivel.
- Total de reservas probables-----2.657.227 tn.
- Total de ambas reservas sumadas-9.391.997 tn.

La sobrevida de la cantera será de acuerdo a las reservas consignadas:

Para una producción media de 145.000 tn/año las sobrevidas calculadas según las distintas reservas son:

- reserva positiva 6.734.770 tn sobrevida 46 años.
- reserva probable 2.657.227 tn sobrevida 18 años.
- reservas totales 9.391.997 tn sobrevida 64 años.

Por los valores obtenidos sacamos la conclusión de que esta cantera no solo ha sido la menos trabajada sino que también es la que posee más material para su explotación, convirtién-

dose en la que mejores posibilidades de trabajo tendrá en el futuro.

Cantera Novobra:

Los datos obtenidos en esta cantera abarcan el período comprendido entre los años 1975 a 1985 inclusive.

Datos de producción:

<u>Año</u>	<u>Producción (tn)</u>
1975	88.300
1976	65.600
1977	la cantera no trabajó
1978	78.500
1979	142.500
1980	343.350
1981	172.150
1982	14.200 trabajó solo 2 meses
1983	174.650
1984	227.275
1985	142.500

Para calcular los promedios de explotación o de producción, consideramos una producción para 1982 de 85.200 tn tomando un promedio de producción para los dos meses en que trabajó la cantera (7.100 tn) y multiplicando este valor por los 12 meses.

Promedios de producción considerados para:

- Años de mínima producción----- 75.000 a 80.000 tn/año
- Años de máxima producción-----197.000 a 203.000 tn/año
- Total promedio para los 10 años--150.000 a 155.000 tn/año considerados

Incluimos en los cálculos para máxima producción todos los valores por arriba de las 120.000 tn.

Hay que aclarar que la cantera tuvo momentos en los que ceso su actividad, como en el año 1982, debido a reparaciones en sus maquinarias.

Las reservas positivas calculadas para esta cantera son

de 1.112,920 tn perteneciendo 144,930,4 tn a la zona de cantera en la cual disponemos de solo dos niveles para su explotación, que alcanzarían en suma 20m de espesor. 814.884,8 tn a las reservas calculadas para la zona donde todavía quedan para extraer el nivel inferior.

Para su producción media de 75,000 tn la sobrevida será de 15 años aproximadamente.

Para una producción media de 197,000 tn la sobrevida será de 6 años aproximadamente.

Para una producción de 150.000 tn los calculos oscilan entre los 7 y 8 años.

Todos los valores de producción son estimativos, dependiendo de las condiciones del mercado para este producto o material. Por lo tanto los valores de producción como los valores de sobrevida de las canteras pueden variar de sobremañera.

Vale aclarar, que hay un parámetro importante que no se tuvo en cuenta. Ese parámetro es el de pérdida de material por diferentes factores, a saber: destape, voladuras y transporte. Las pérdidas debidas a estos factores pueden alcanzar, según los casos, hasta un 10% del material, dependiendo este porcentaje de distintas consideraciones sobre, destape o estéril, tipos de explosivos usados, y diseño y eficacia de las voladuras.

El parámetro de pérdida se consideró en las producciones dadas por las canteras, pero no así, en los calculos de reservas, que, por lo tanto, pueden variar su valor en hasta un 10%.

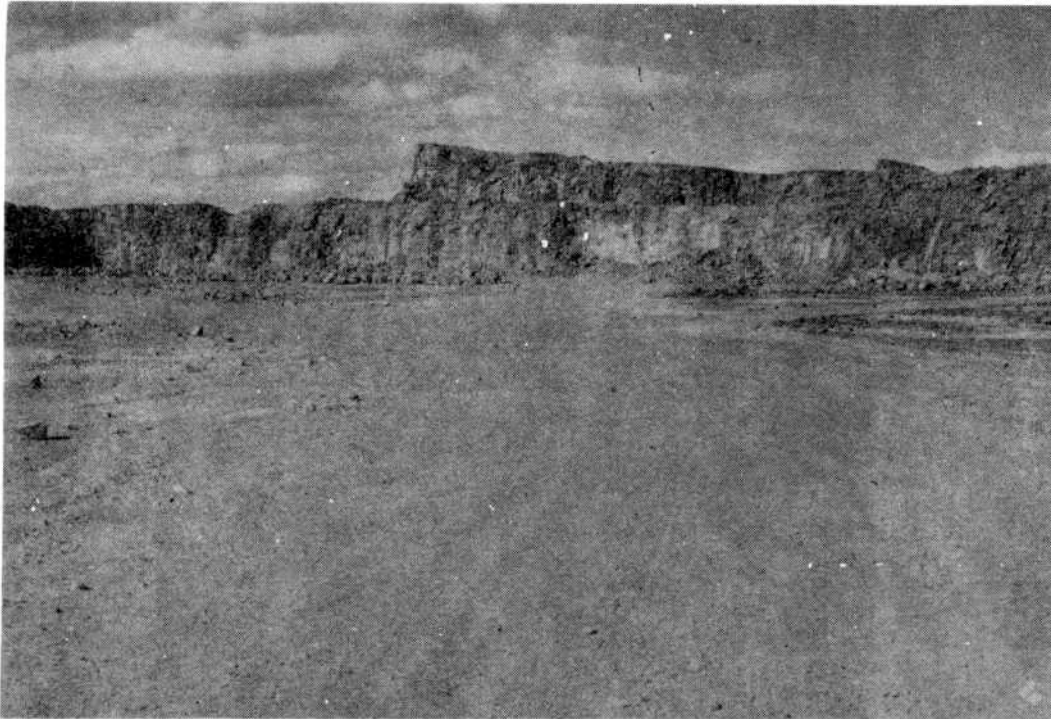


Foto 8: frente E de la cantera Cerro Peregrino mostrando los 2 primeros niveles de explotación.

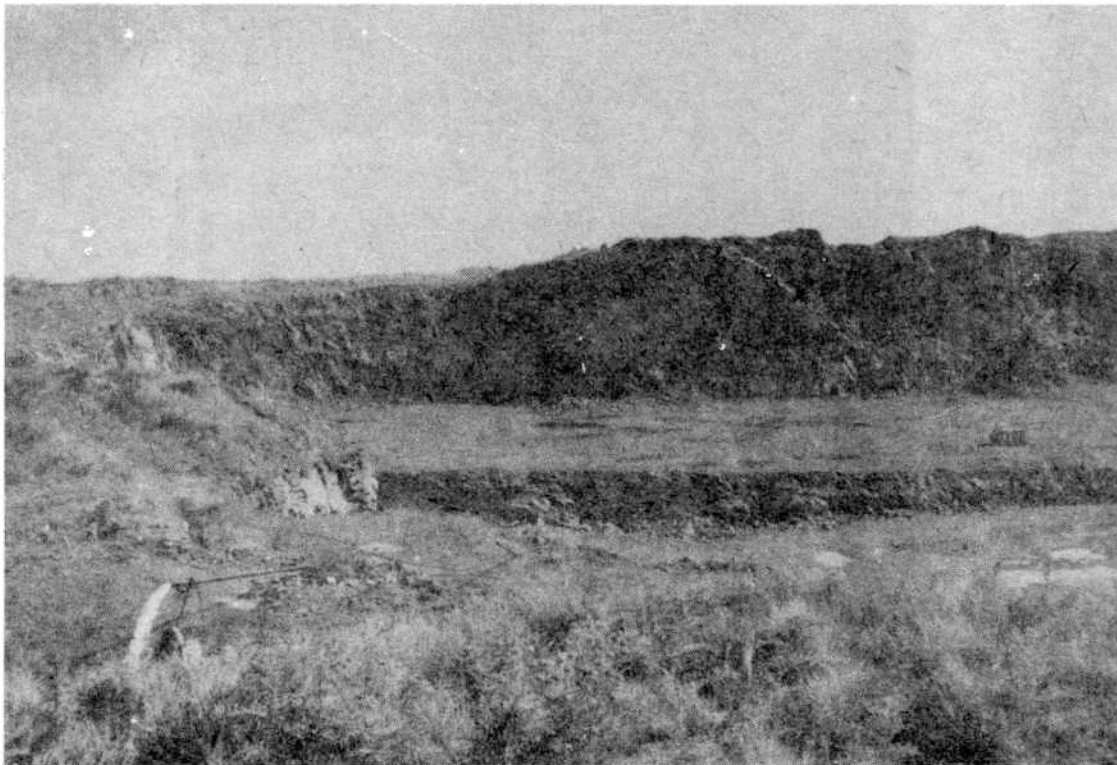


Foto 9: Parte del frente N con un paredón de más de 25m que incluye a los 2 primeros niveles ya explotados, y camino de acceso al 3er nivel de explotación apenas iniciado.

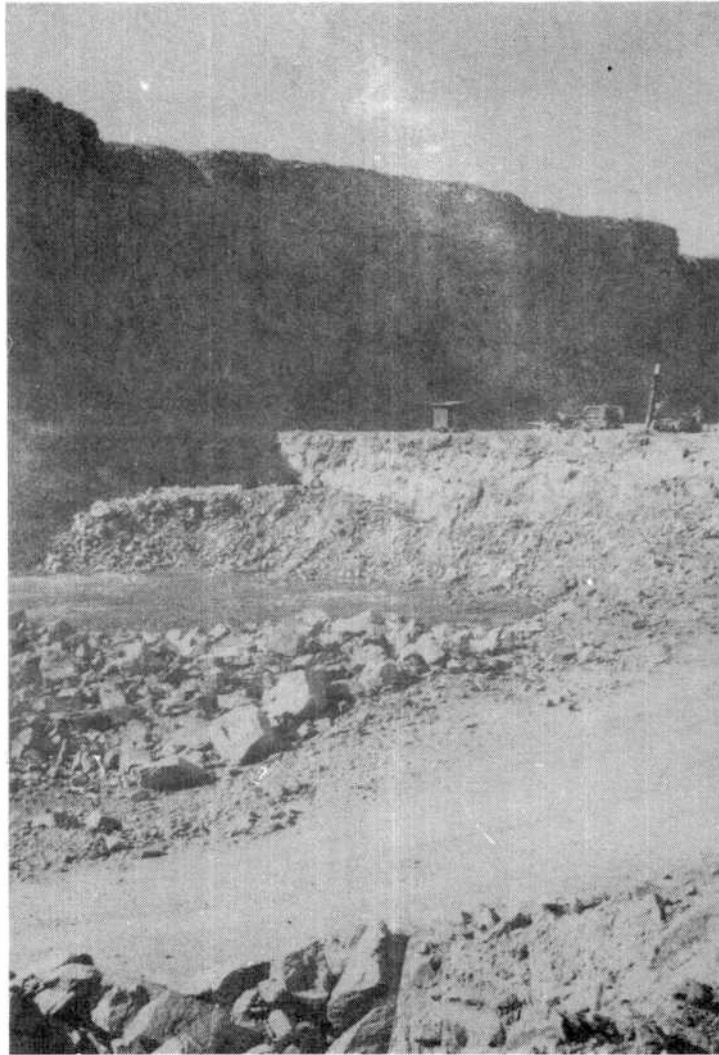
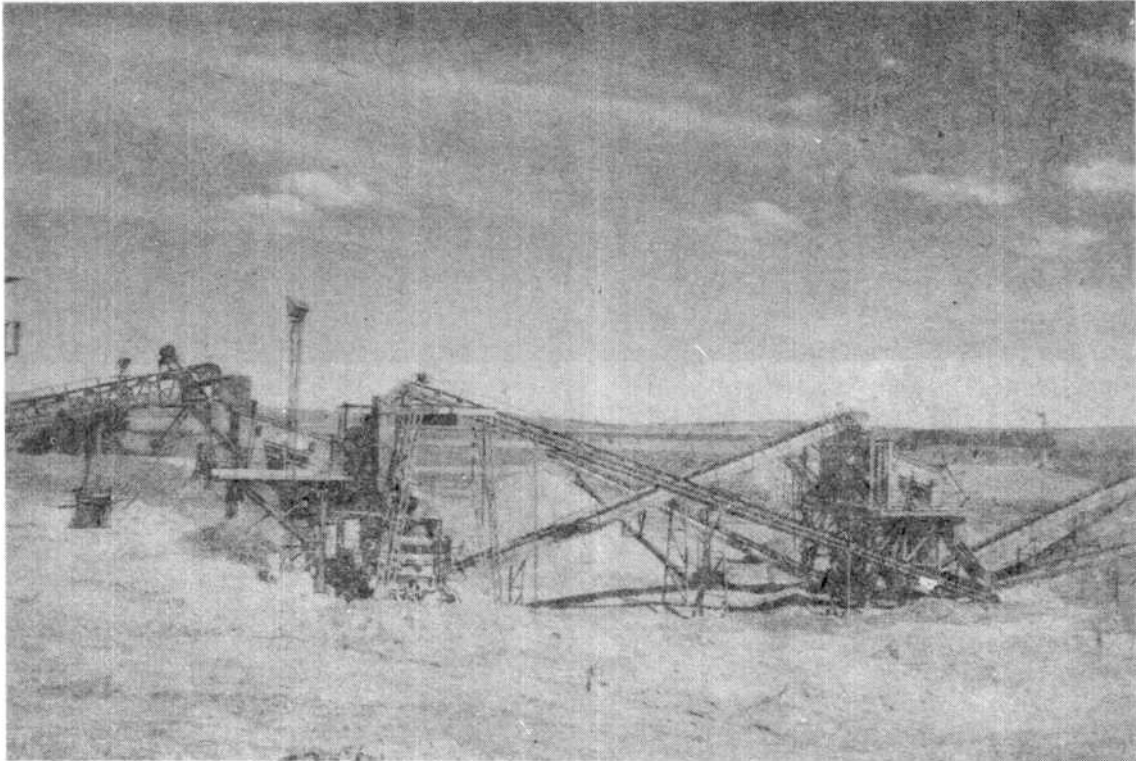
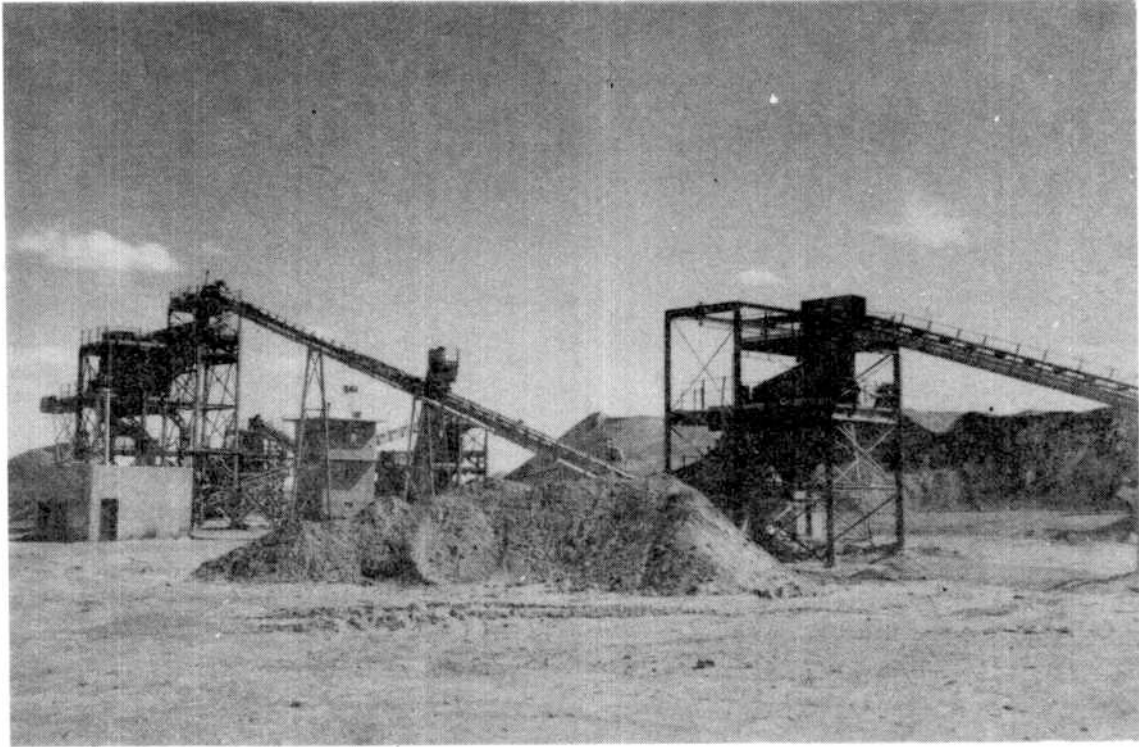


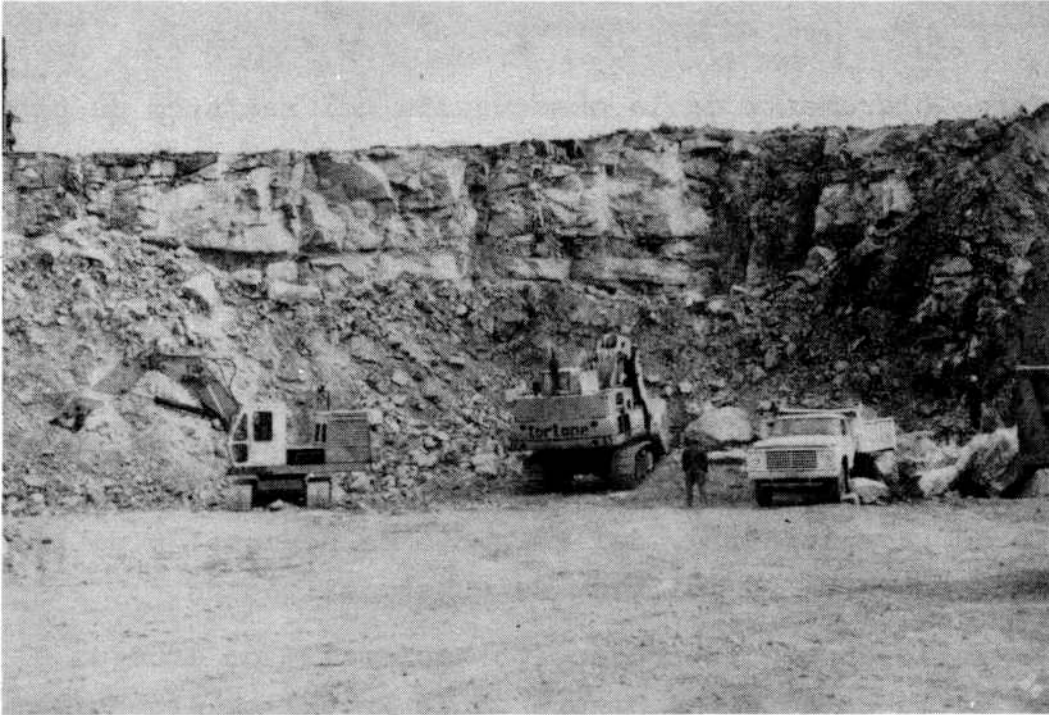
Foto 10: tercer nivel de explotación (el más inferior) para Cerro Peregrino.



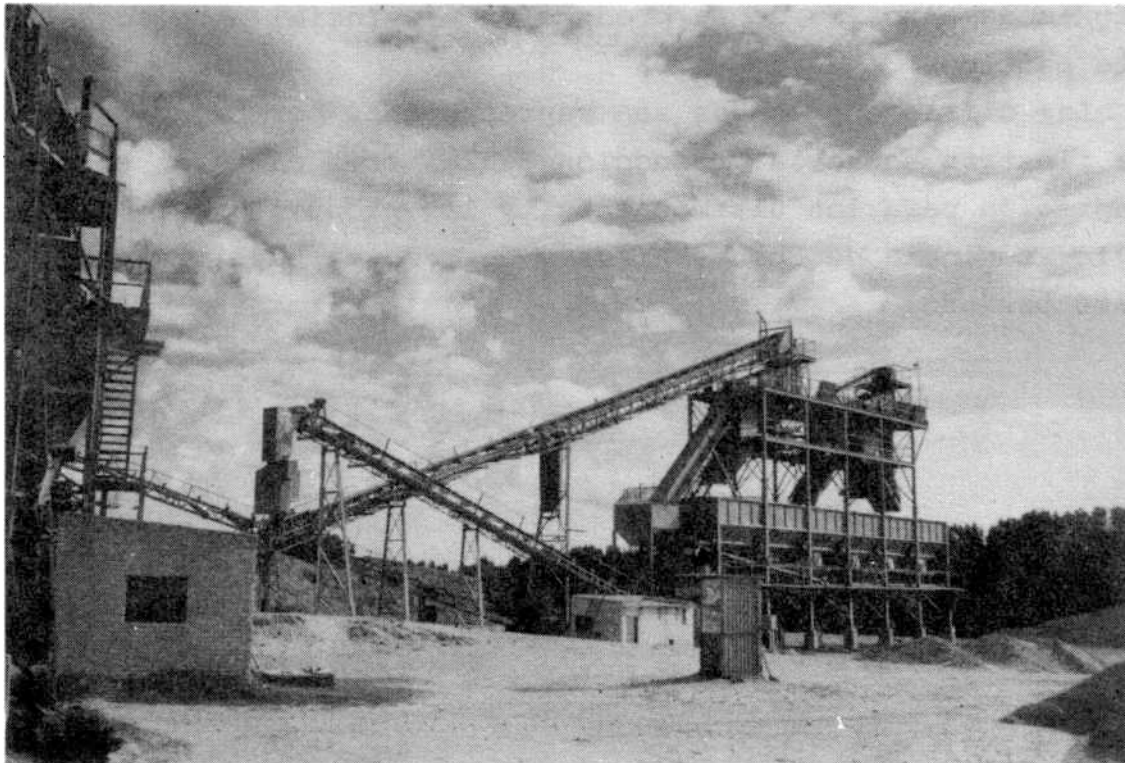
Foto 11: único nivel de explotación de cantera Azul en su frente S-SW, que a la vez es el más pronunciado.



Parte de la planta de molienda y clasificación del árido.  
Cantera "El Peregrino", partido de Azul. (Ambas fotografías).



Palas o cargadores frontales y retroexcavadoras recogiendo material luego de una voladura. El distinto tamaño de los bloques obedece a una deficiente voladura. (Cantera "Azul").



Parte de la planta de molienda y clasificación del árido. Cantera "Novobra", partido de Azul".

## CONCLUSIONES

Surge claramente de la observación del registro de producción de las canteras estudiadas, la estrecha vinculación de la actividad del sector con la de la industria de la construcción, especialmente en relación con obras públicas de gran envergadura.

El fenómeno señalado conduce a irregularidades en el ritmo de trabajo de las canteras (como se expresa en los histogramas adjuntos), que conllevan a una merma en la eficiencia de esta industria. Perjuicio que surge del irregular mantenimiento de la maquinaria, del recambio de personal y de las modificaciones en la política de comercialización.

En relación con la producción nacional - de acuerdo al registro de la Estadística Minera de la República Argentina-, la Provincia de Buenos Aires es, pronunciadamente, la mayor productora de piedra partida. Comparando los registros confeccionados en base a los datos aportados por los productores del Partido de Azul con los de la citada publicación, surge que aproximadamente 1/5 de la producción provincial proviene de este partido.

Las cifras expresadas son representadas por histogramas que ilustran sobre la producción de las tres canteras en consideración para los últimos años, y las producciones globales de la Provincia de Buenos Aires y de todo el país, para el mismo período.

## BIBLIOGRAFIA:

ANGELELLI, V.; VILLA, J.R. y SURIANO, J.M. 1973. Recursos minerales y rocas de aplicación de la Provincia de Buenos Aires. LEMIT Anales II, pág 152-163.

CORTELEZZI, C.R. 1954. Estudio petrográfico de las rocas de la zona de Sierra Chica (Partido de Olavarría) con ensayos físicos para determinar sus cualidades técnicas. LEMIT serie 2 (52).

FUENTES, J. G. 1970. Significado de las novedades petrológicas del basamento cristalino de Olavarría, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Rev. Asoc. Geol. Arg., 25 (3), pág. 311-318.

GONZALEZ BONORINO, F. 1954. Geología de las Sierras Bayas, Partido de Olavarría Provincia de Buenos Aires. LEMIT serie 2 (55).

GONZALEZ BONORINO, F.; ZARDINI, R.A.; FIGUEROA, M. y LIMOUSIN, T. A. 1956. Estudio Geológico de las Sierras de Olavarría y Azul, Provincia de Buenos Aires. LEMIT serie 2 (63).

MONTOTO, M y ESBERT, R. M. (1971). Deformación y rotura de rocas; criterios petrográficos para su estudio. I Congreso Hispano-Luso-Americano de geología económica, Madrid-Lisboa, sección 5 pág 129-148.

NAJERA, J.J. 1919. La Sierra Baya. An. min. agric., Dir. Gral. Min, Geol, Hidrol Bs. As. 14 (1).

RADICE, M. 1947. Caracteres petrográficos y propiedades técnicas de rocas graníticas argentinas. Resultados de un estudio comparativo. Notas Museo de La Plata, 11 geol (43).

SALINAS, J. L. 1975. Recomendaciones para una normalización del estudio petrológico de los áridos. II Congreso Iberoamericano de Geología económica. Tomo III pág 105-124.

TERUGGI, M. y KILMURRAY, J. 1975. Tandilia. Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires, VI Congreso Geológico Argentino.

VALENTIN, J. 1984. Rápido estudio sobre las sierras de los Partidos de Olavarría y Azul. Rev. Mus. La Plata VI.

VILLAR FABRE, J. F. 1955. Resumen geológico de la Hoja 32p, Sierras del Azul, Provincia de Buenos Aires. Rev. Geol. Arg. 10 (2) pág. 75-99.

DIAGRAMA DE POLOS DE DIACLASAS  
CANTERA EL PEREGRINO

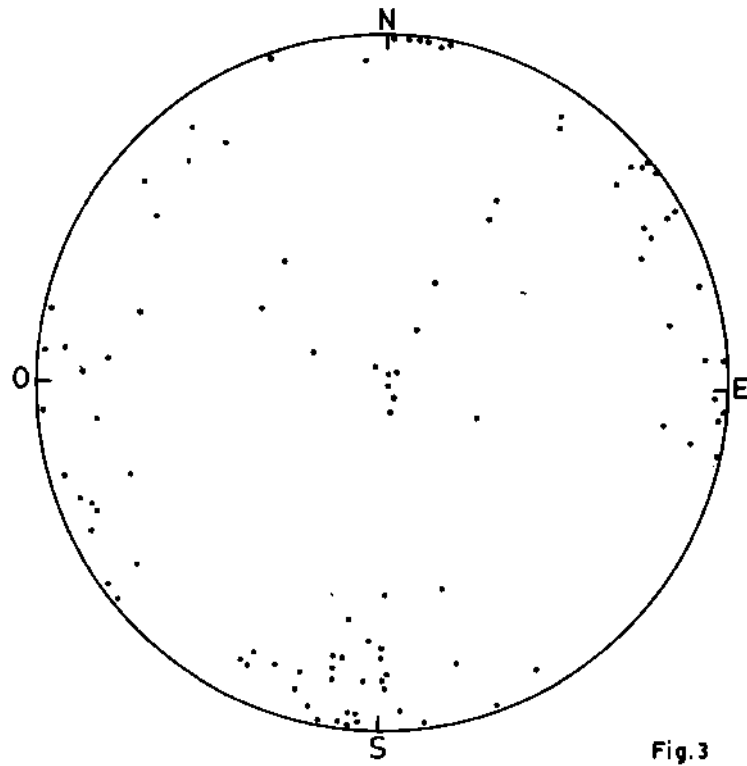


Fig.3

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIACLASAS  
CANTERA EL PEREGRINO

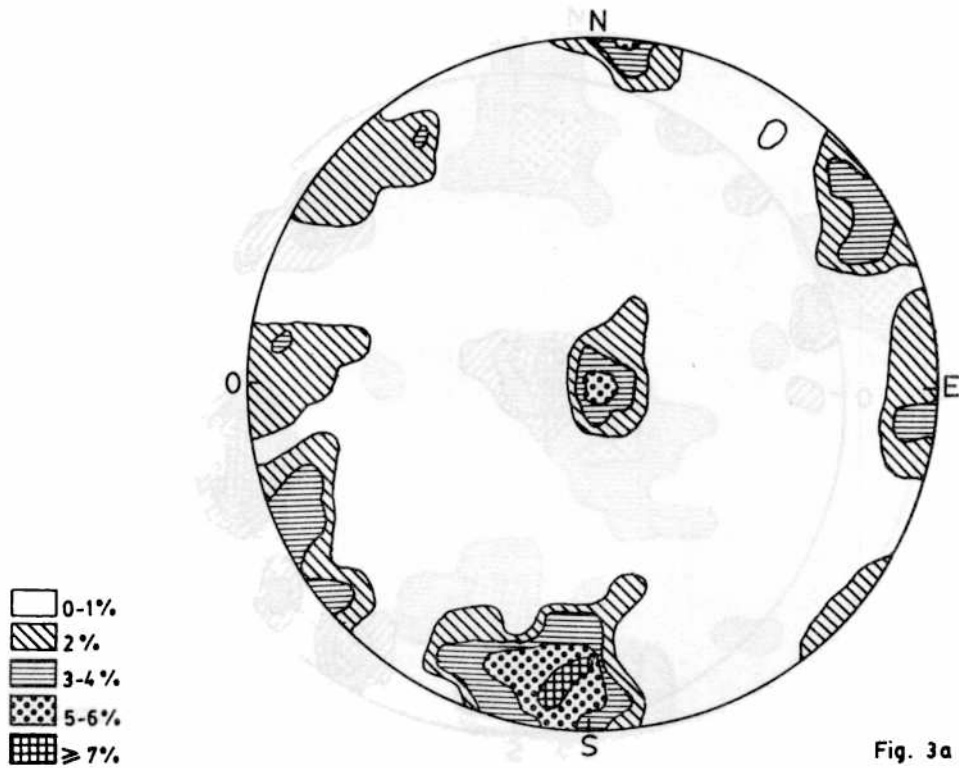


Fig. 3a

DIAGRAMA DE POLOS DE DIACLASAS  
CANTERA AZUL

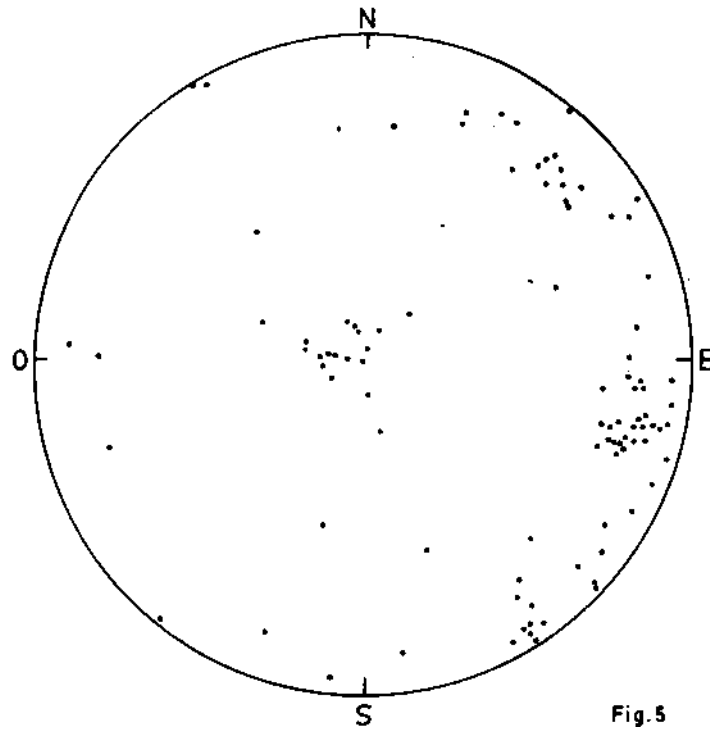


Fig. 5

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIACLASAS  
CANTERA AZUL

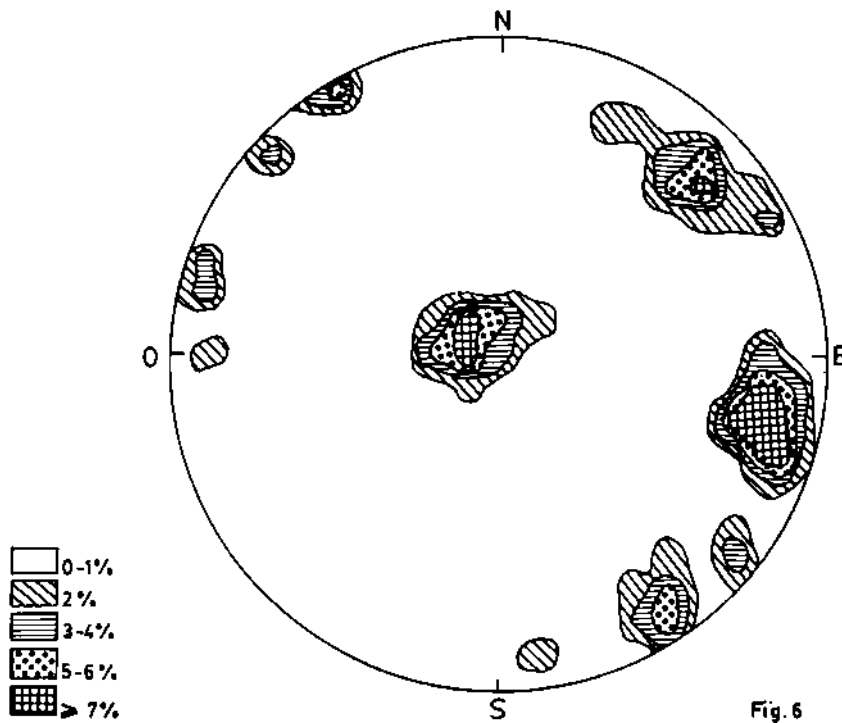


Fig. 6

DIAGRAMA DE POLOS DE DÍACLASAS  
CANTERA NOVOBRA

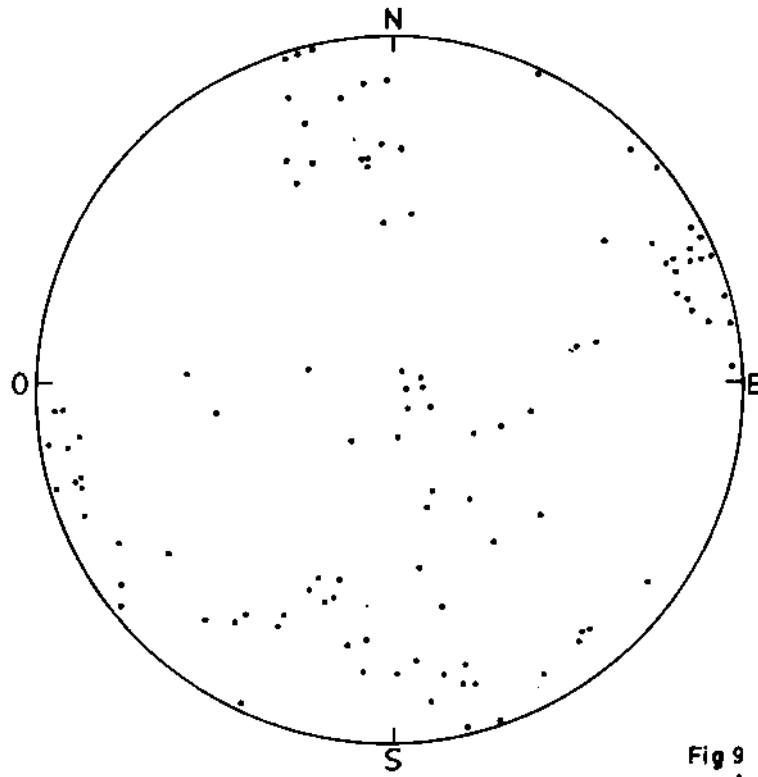


Fig 9

DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE DIACLASAS  
CANTERA NOVOBRA

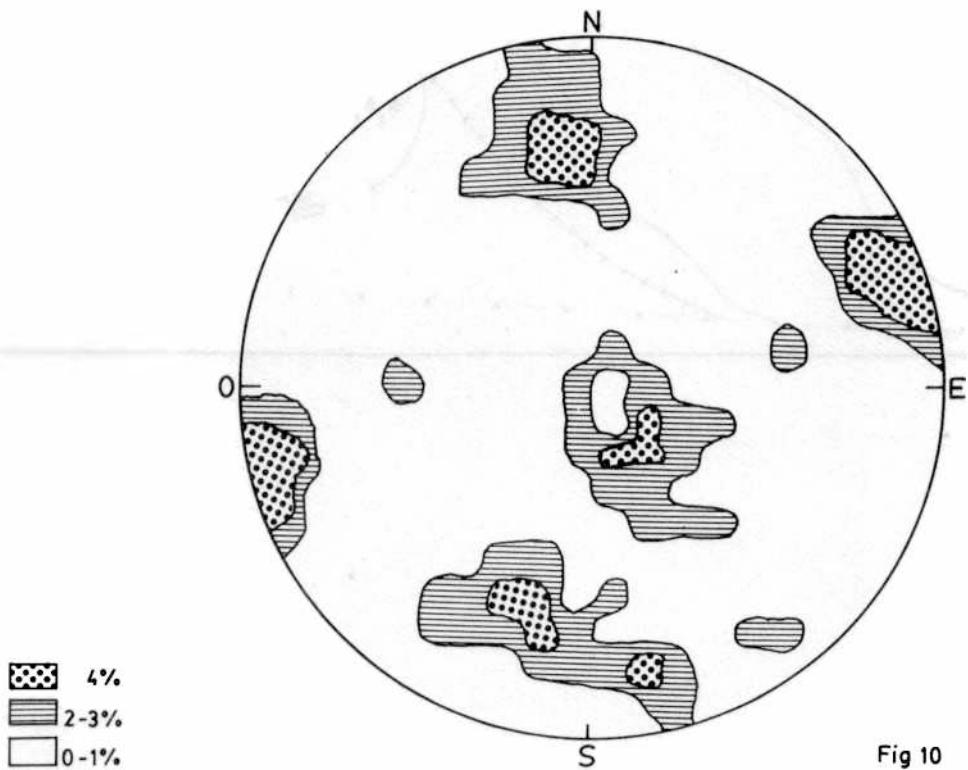


Fig 10

**PLANO GEOLOGICO TOPOGRAFICO DEL CERRO AGUILA Y DE LA CANTERA NOVOBRA PARTIDO DE AZUL (PROV. DE BUENOS AIRES)**

**REFERENCIAS CARTOGRAFICAS**

- Curvas de nivel.
- Curvas de nivel interidas.
- Borde de cantera.
- Desniveles.
- Caminos.
- Planta y dependencias.
- Desmonte.
- Alambrodas.

- Material procesado.
- Cota aproximada.
- Rumbo e inclinac. de fdiac.
- Ferrocarril inactivos.
- Agua estancada.

**REFERENCIAS GEOLOGICAS**

- ▨ Migmatitas.
- ▨ Migmatita granitica.
- ▨ Migmatita tonalitica.

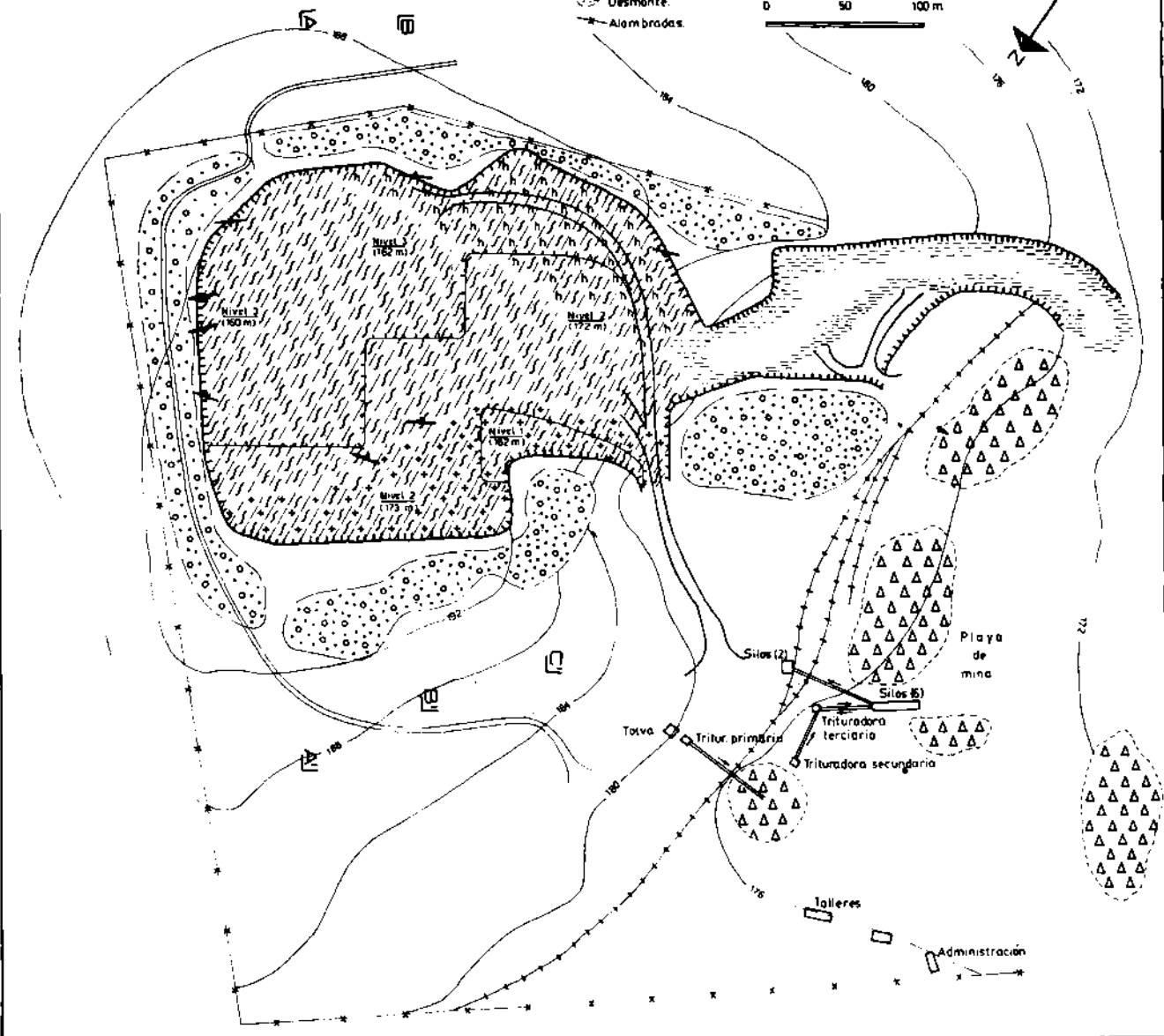


Fig. 8

PERFIL ESQUEMATICO DE PARTE DEL FRENTE NORESTE DE LA CANTERA.

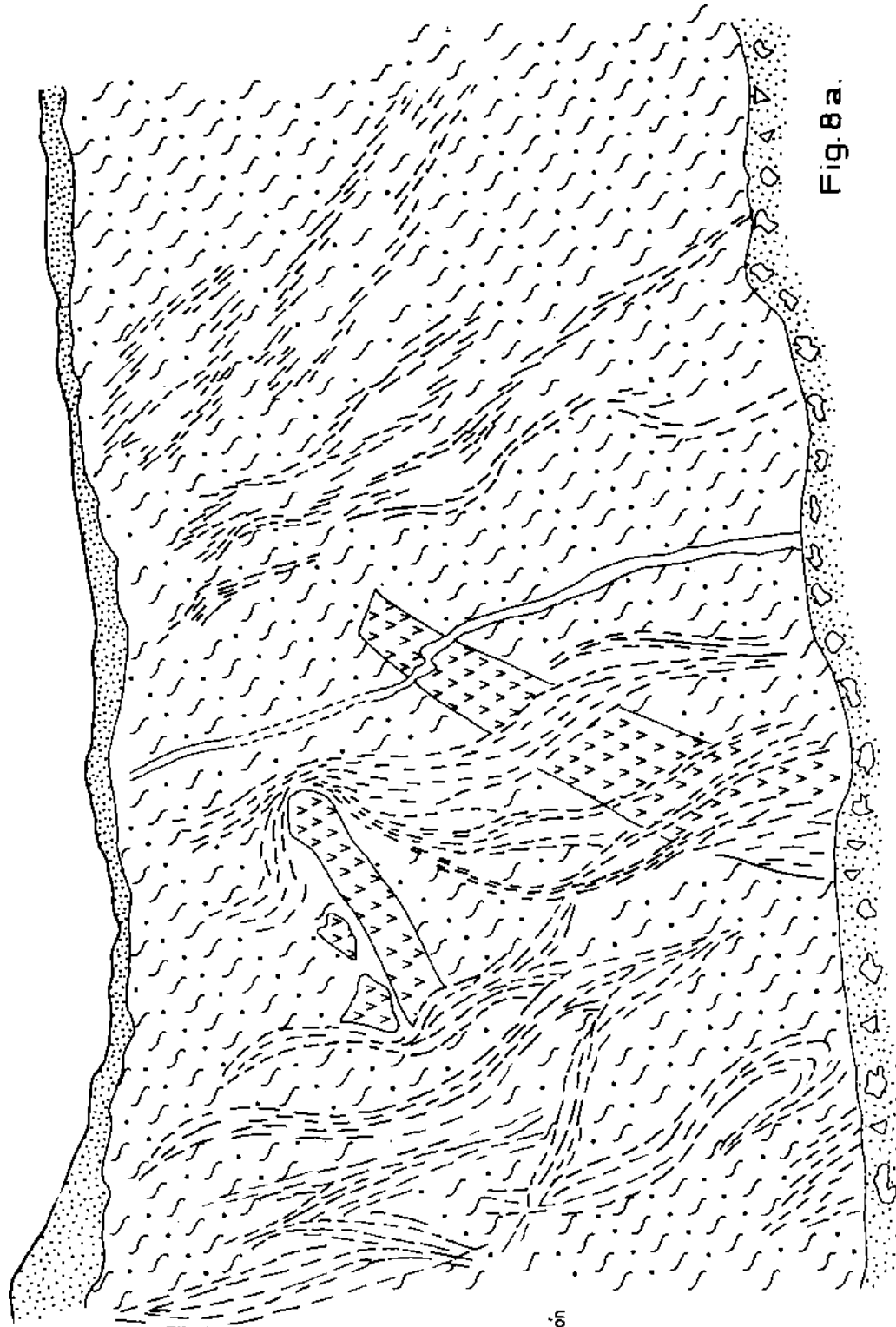








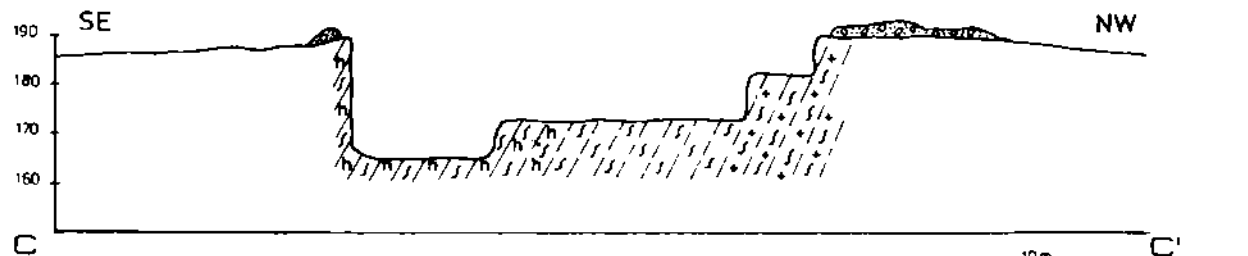
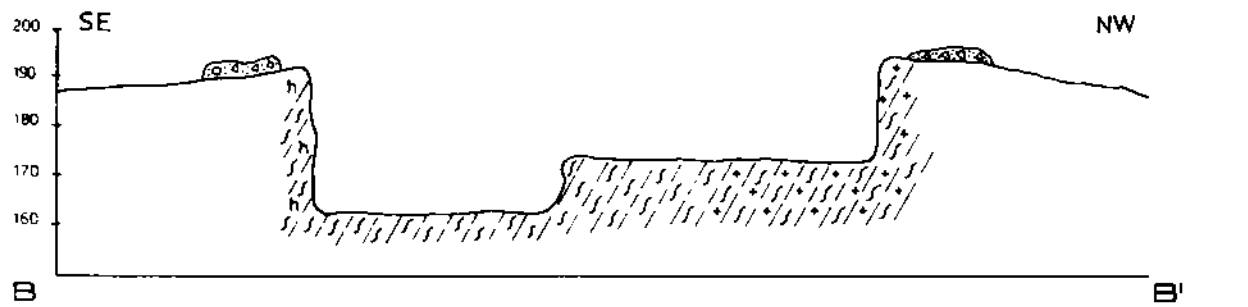
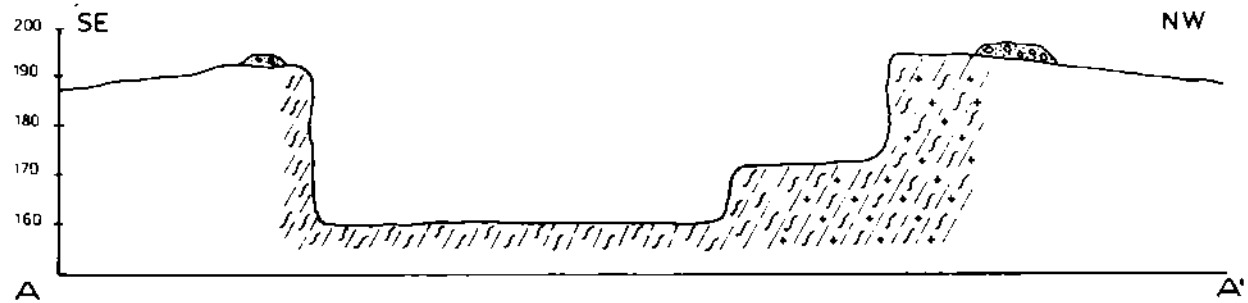
Fig. 8a.

REFERENCIAS

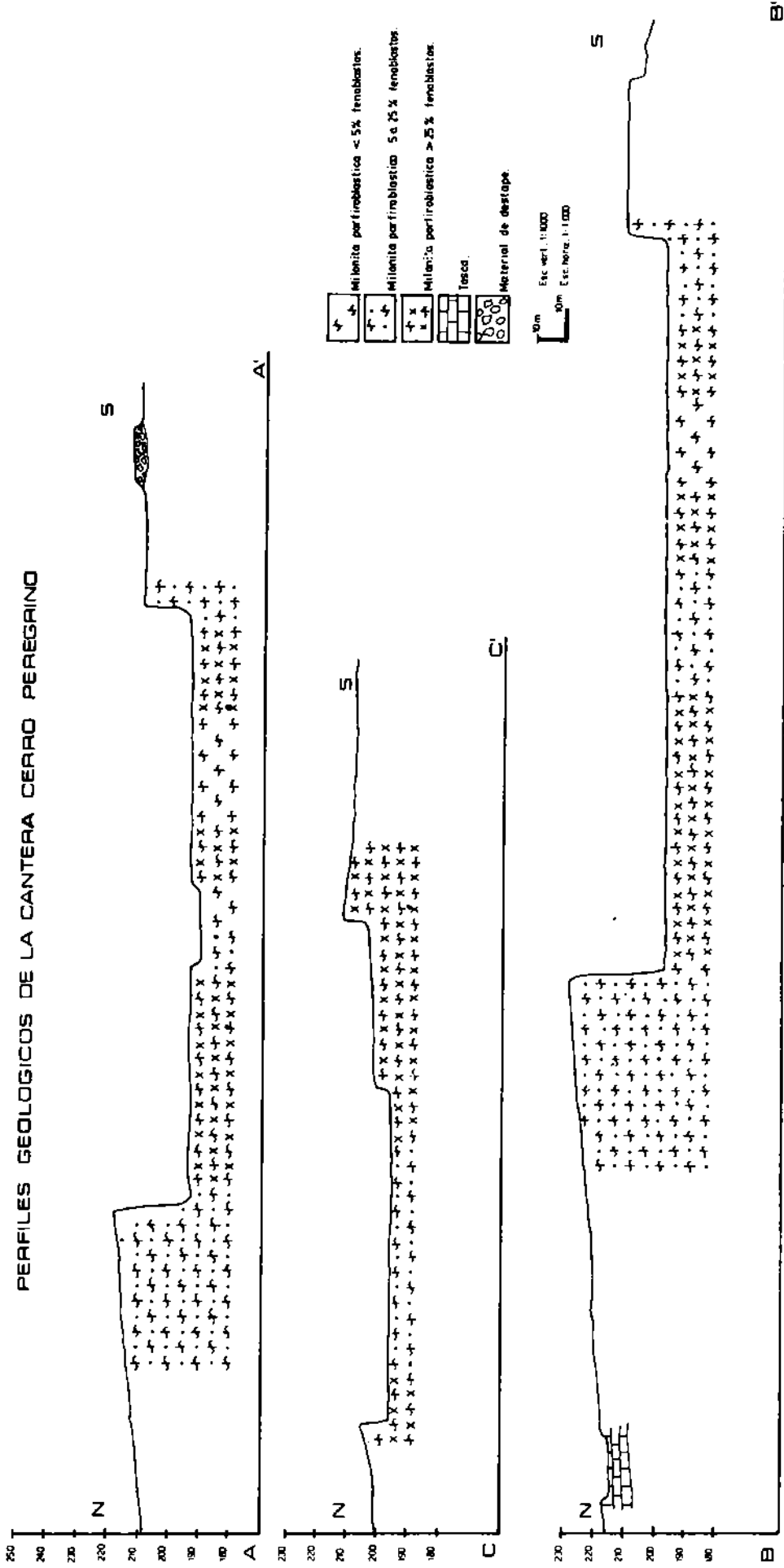
-  Migmatita.
-  Dique feldespático.
-  Esquistosidad o foliación marcada.
-  Zona meteorizada.
-  Material derrumbado.
-  Dique anfibólico.

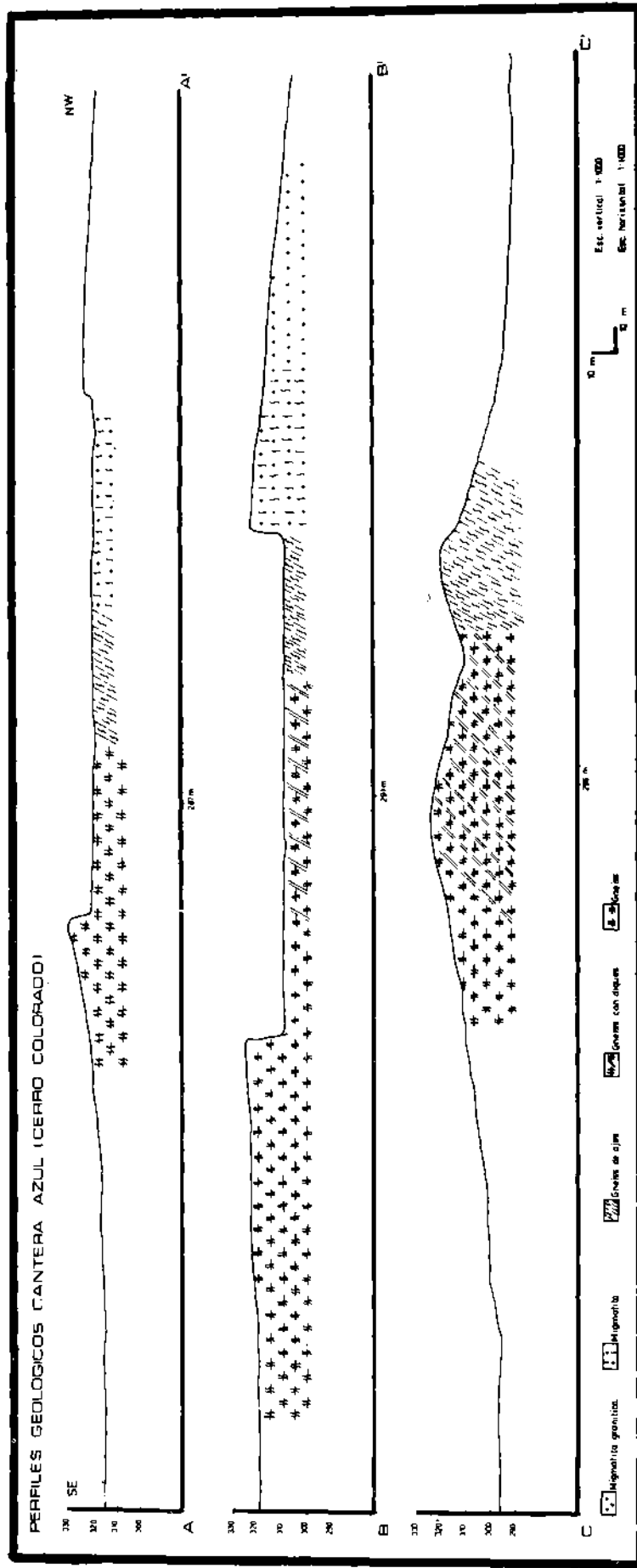


PERFILES GEOLOGICOS CANTERA NOVOBRA (C° AGUILA).



PERFILES GEOLOGICOS DE LA CANTERA CERRO PEREGRINO





**GRANULOMETRIA DE ARIDÓS**  
**CANTERA : EL PEREGRINO**

Elaborado por la  
 DIRECCION DE VIALIDAD - M O S P  
 PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ARIDOS	IDENTIFICACION GEOLOGIA Y PROCEDENCIA	No. DE LAB	P.E.A. (qs/cm3)	GRANULOMETRIA DE LOS ARIDOS								o/o DE CADA ARIDO
				o/o PASA TAMIZ								
				1"	3/4	3/8	4	10	40	80	200	
10 - 30	Granito (Azul)			100	33	5						
6 - 20	Granito (Azul)				100	40.6	0.4					
0 - 6	Granito (Azul)						100	68.6	30.5	22.0	12.3	
<b>MEZCLAS DE ARIDOS</b>												

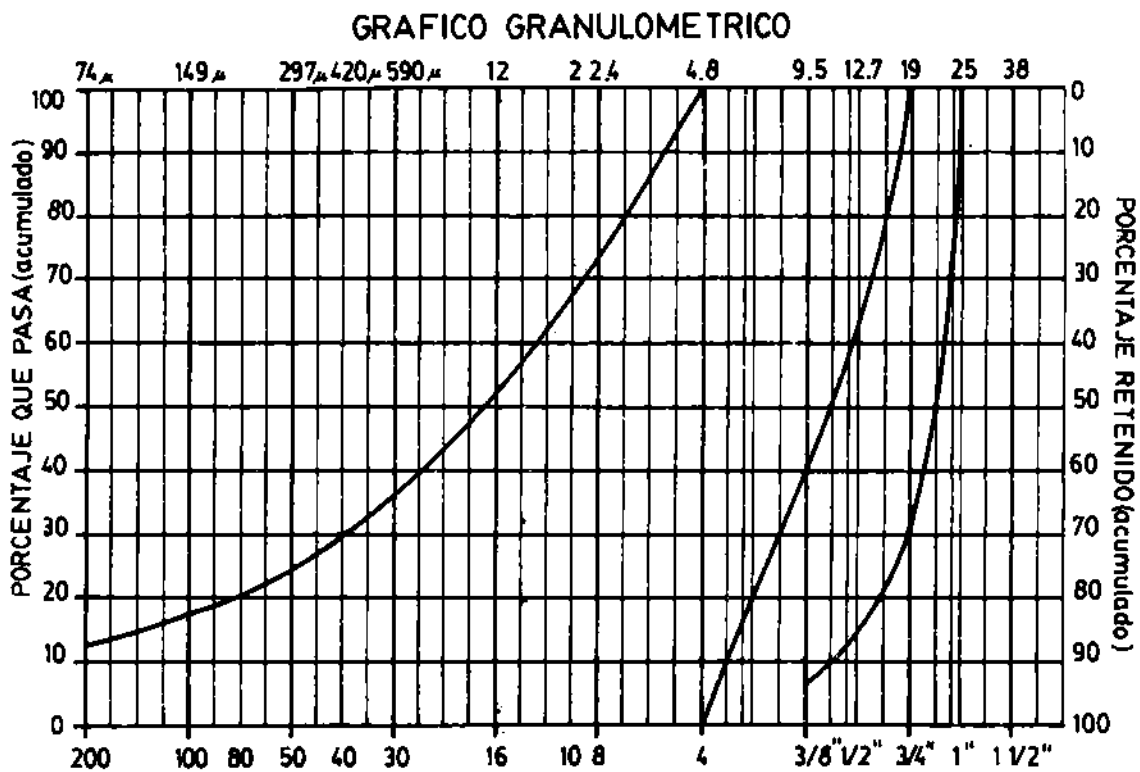


FIG.11

**GRANULOMETRIA DE ARIDOS**  
**CANTERA : AZUL**

Elaborado por la  
 DIRECCION DE VIALIDAD - M O S P  
 PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ARIDOS	IDENTIFICACION GEOLOGIA Y PROCEDENCIA	No. DE LAB	P.E.A. (gs/cm <sup>3</sup> )	GRANULOMETRIA DE LOS ARIDOS								o/o DE CADA ARIDO	
				o/o PASA TAMIZ									
				1"	3/4	3/8	4	10	40	80	200		
10 - 30	Granito (Azul)			92	51	0.1							
6 - 20	Granito (Azul)				100	45	20	9	4	2.5	1		
0 - 6	Granito (Azul)						100	69	31	19	10		
<b>MEZCLAS DE ARIDOS</b>													

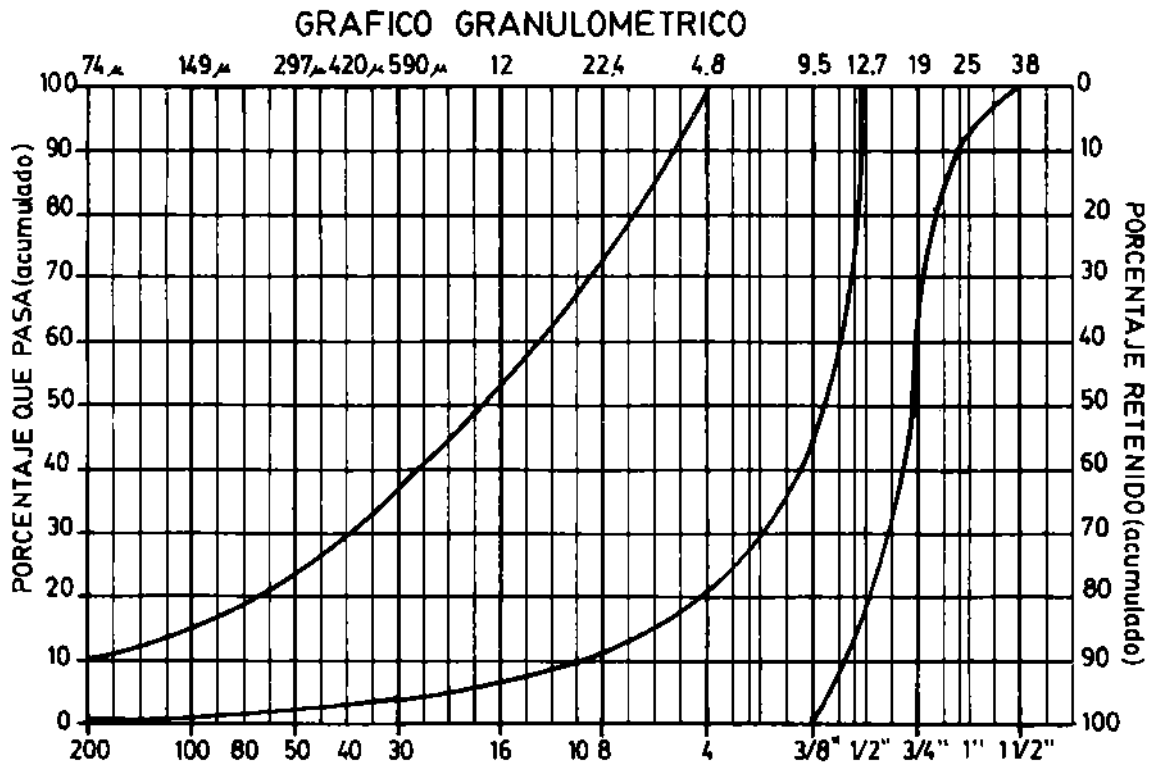


FIG.12

**GRANULOMETRIA DE ARIDOS**  
**CANTERA : NOVOBRA**

Elaborado por la  
 DIRECCION DE VIALIDAD - M O S P  
 PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ARIDOS	IDENTIFICACION GEOLOGIA Y PROCEDENCIA	No. DE LAB	P.E.A. (gs/cm <sup>3</sup> )	GRANULOMETRIA DE LOS ARIDOS							o/o DE CADA ARIDO
				o/o PASA TAMIZ							
				1"	3/4	3/8	4	10	40	80	
10 - 30	Granito (Azul)			93	39	1					
6 - 20	Granito (Azul)			100	100	33	4				
0 - 6	Granito (Azul)						100	80	30	25	10
<b>MEZCLAS DE ARIDOS</b>											

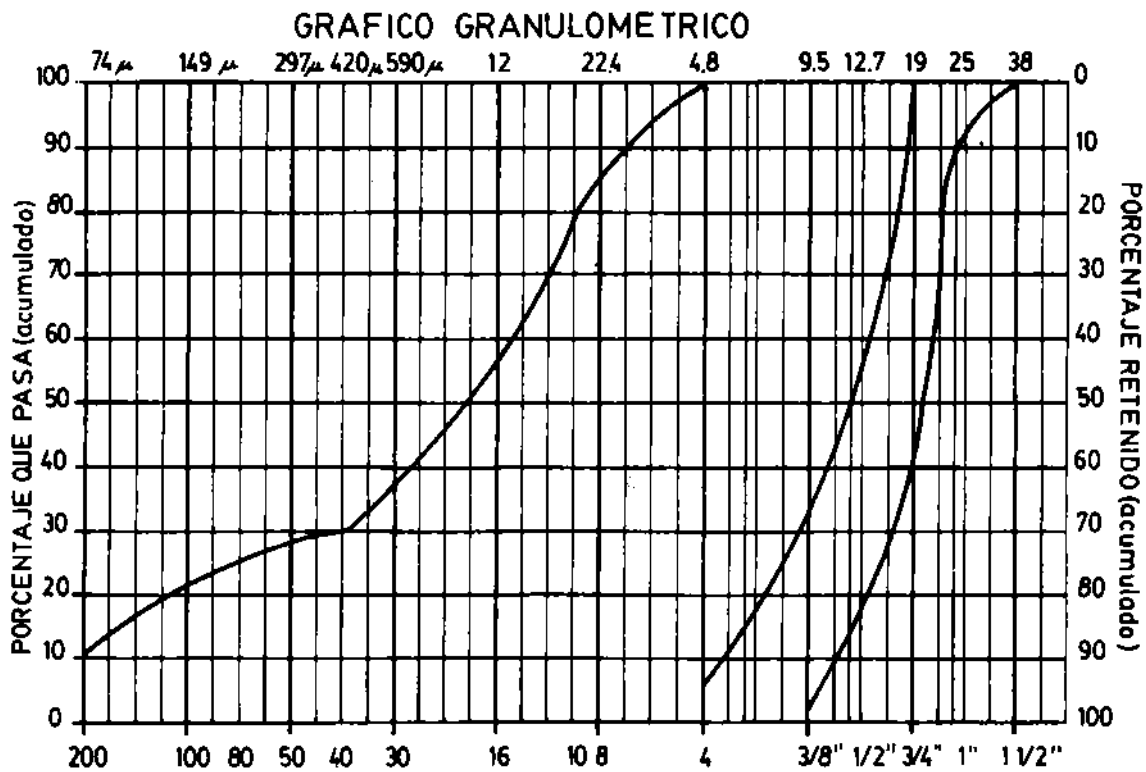
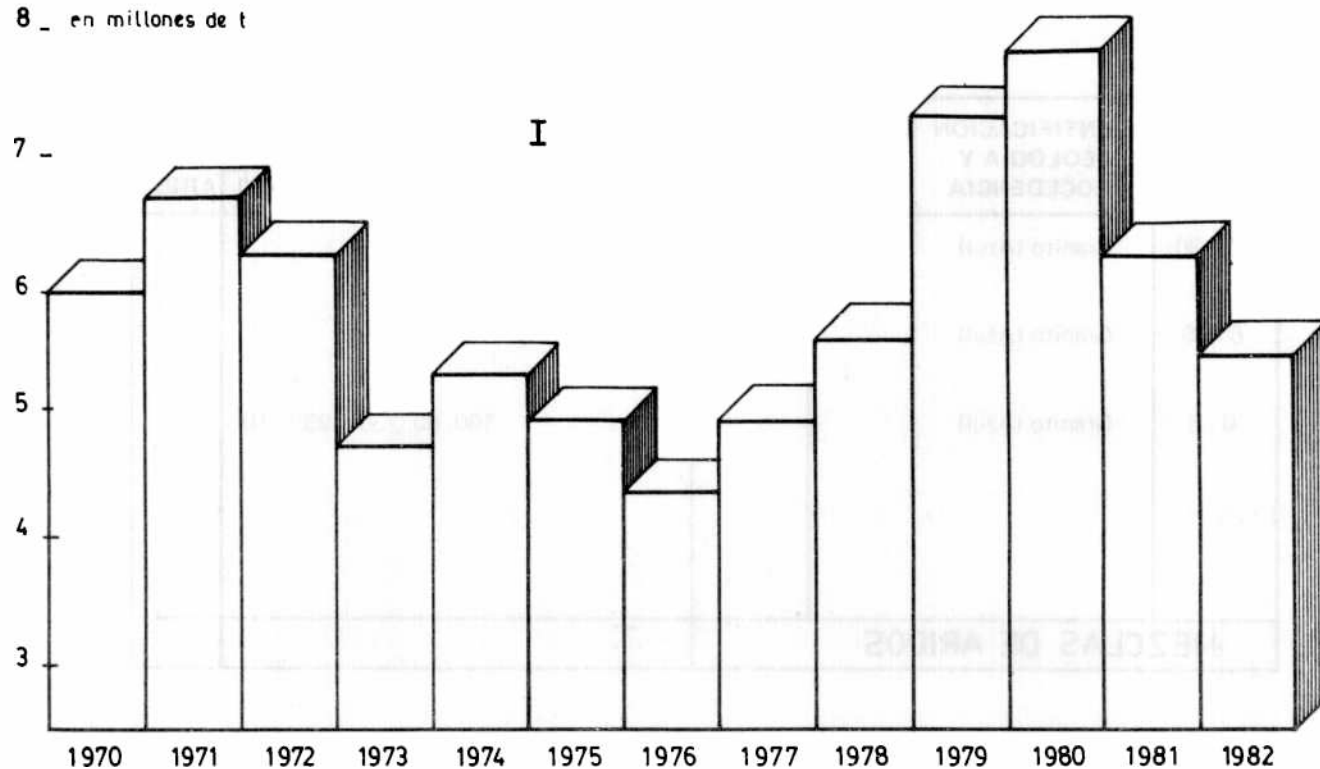


FIG. 13

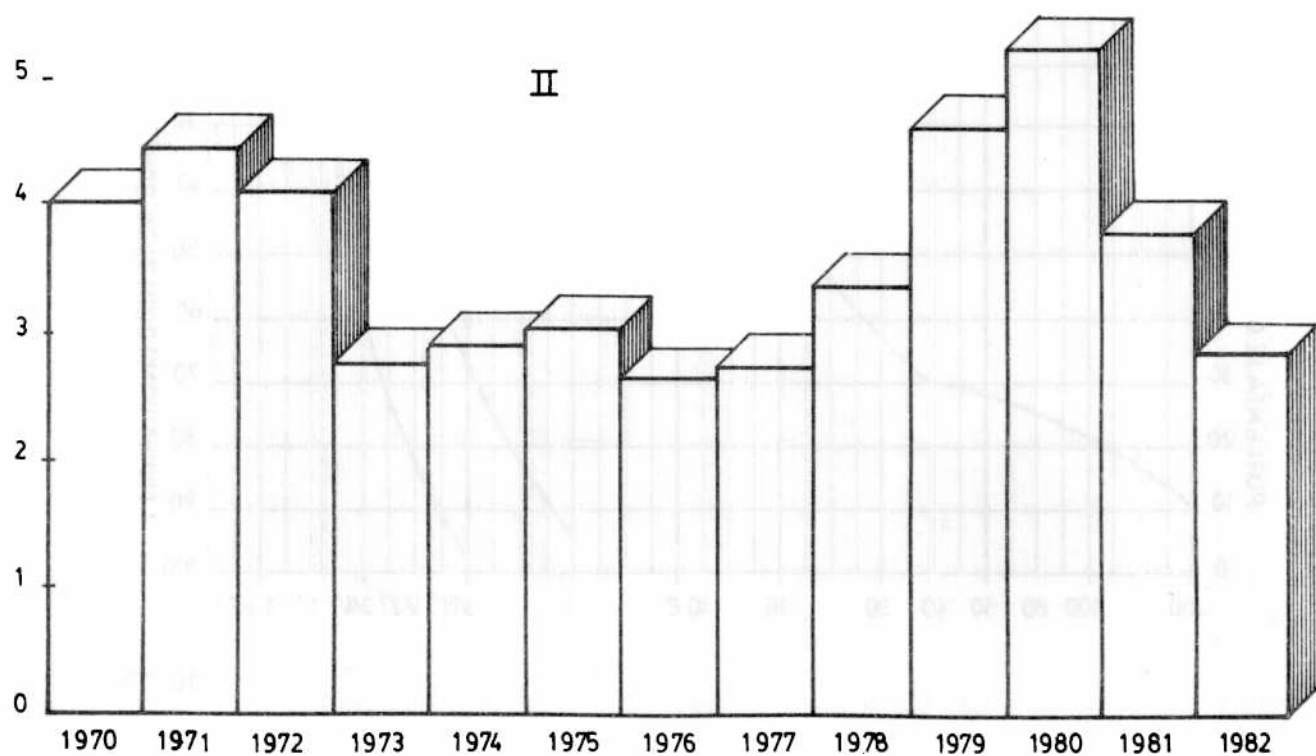
# PRODUCCION DE GRANITO TRITURADO DE LA REPUBLICA ARGENTINA (I) Y DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (II).

Fuente : Estadística Minera de la República Argentina.

8 - en millones de t

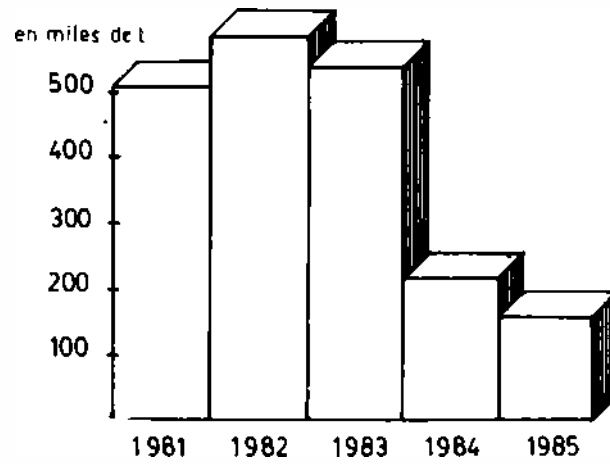


6 - en millones de t

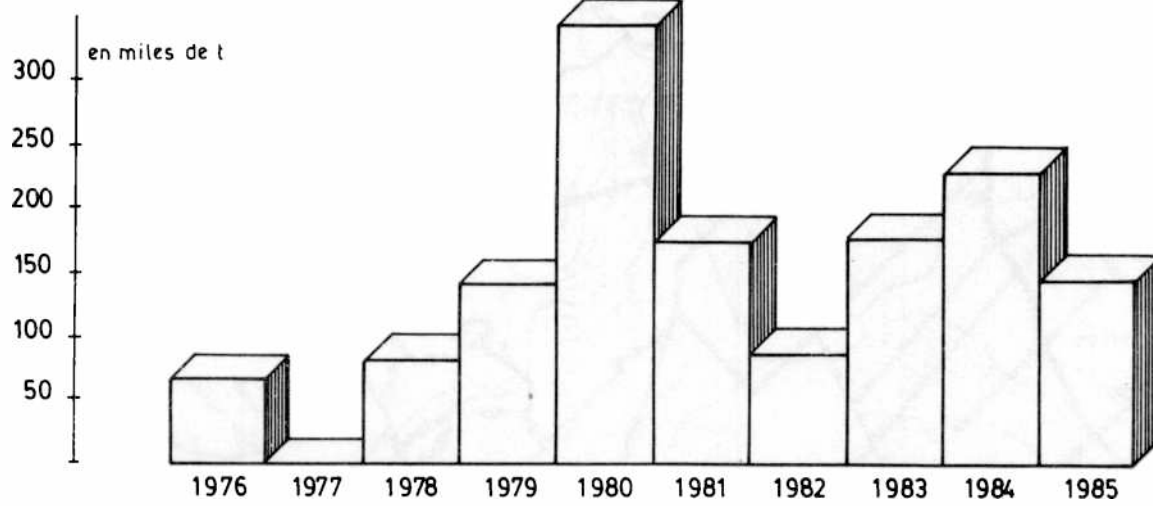


# PRODUCCION DE LAS CANTERAS DEL PARTIDO DE AZUL

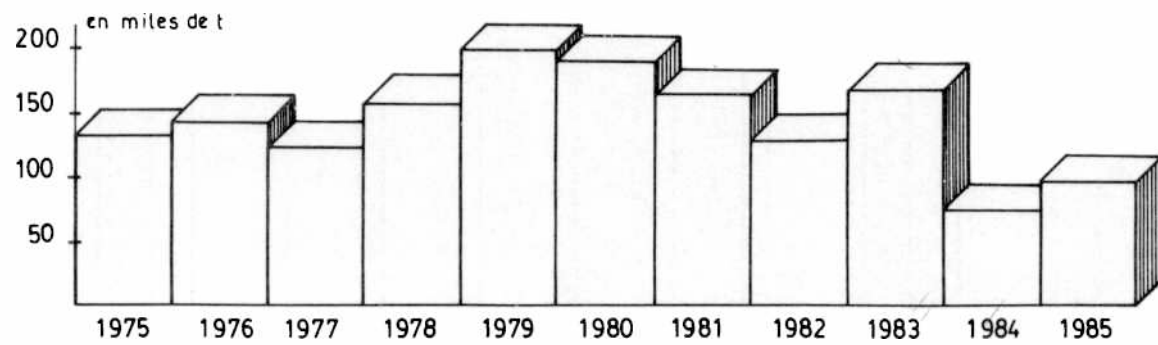
## EL PEREGRINO



## NOVOBRA



## MARENGO



SIERRAS DEL AZUL.

segun: VILLAR FABRE (1955) y GONZALEZ BONORINO et al (1956) (modificado).

HOJA 32p

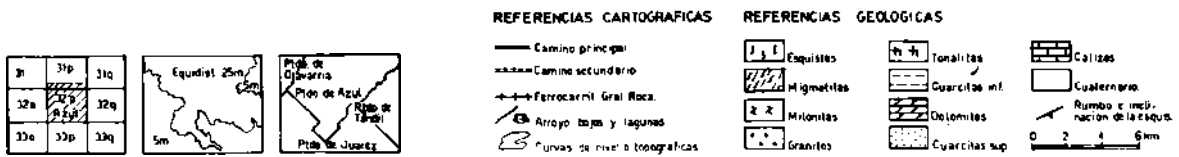
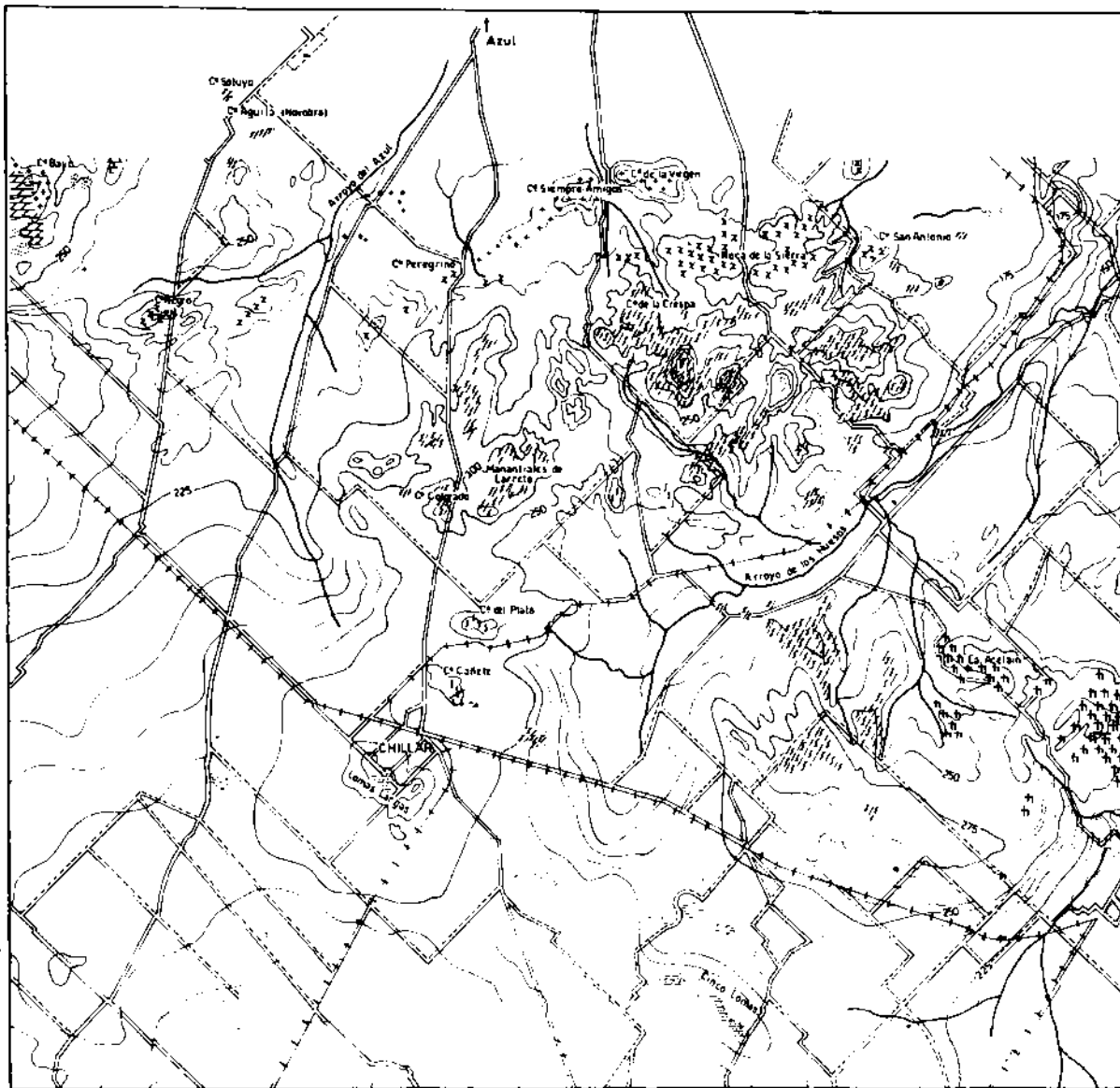


FIG.1

**PLANO GEOLOGICO-TOPOGRAFICO DEL CERRO PEREGRINO Y DE LA CANTERA HOMONIMA. Ptdo. DE AZUL  
(Prov. DE BUENOS AIRES).**

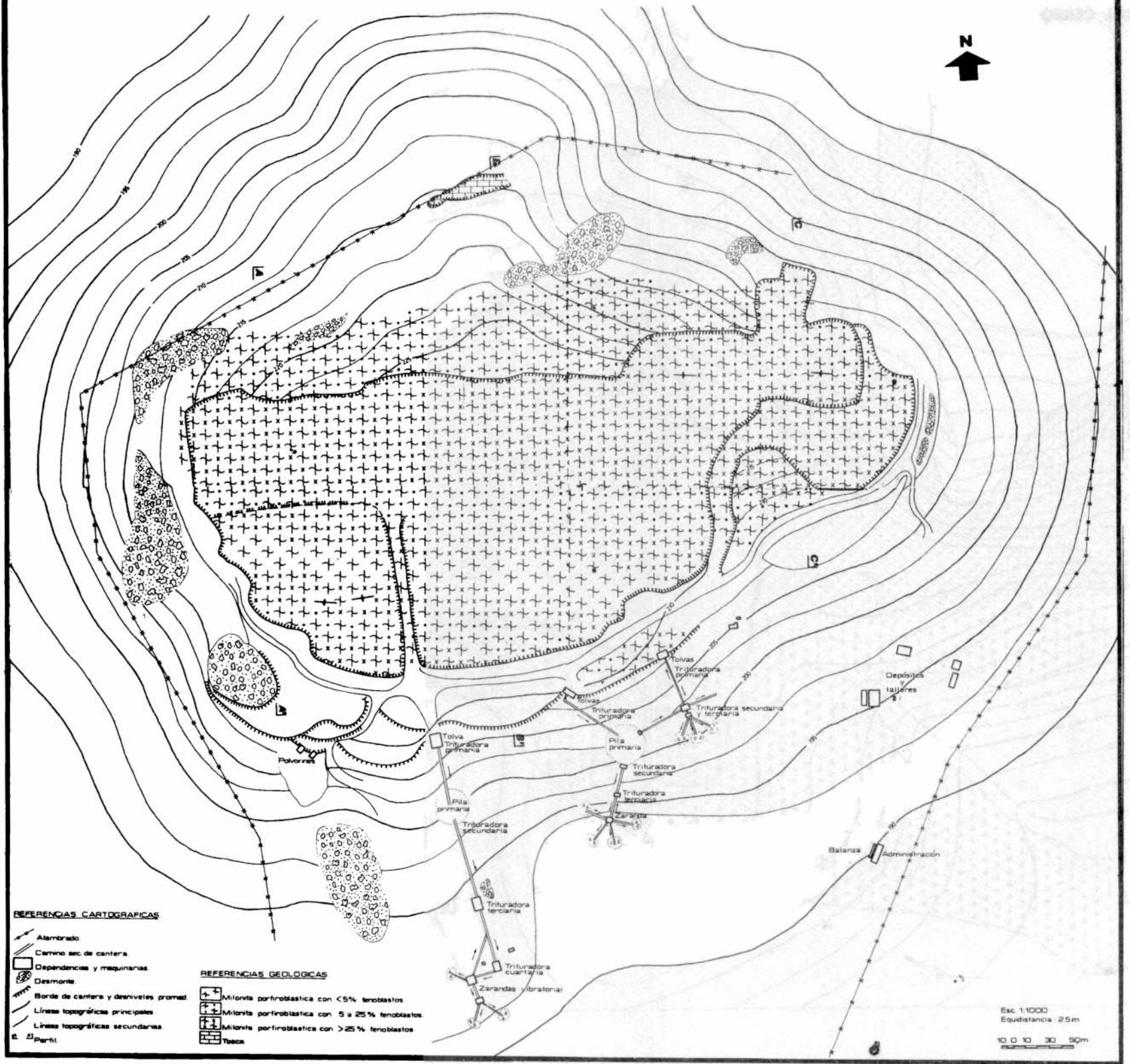
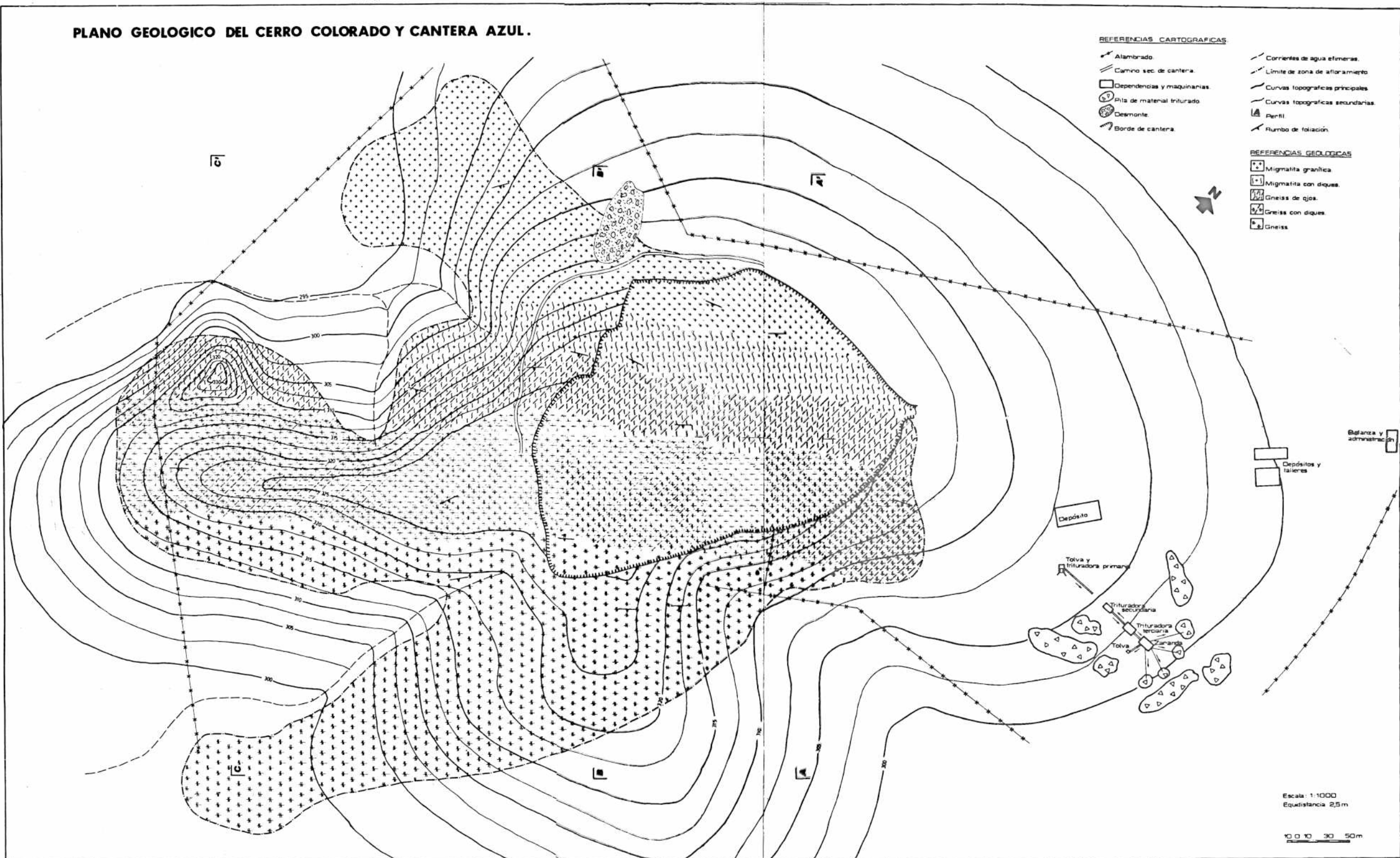


FIG.2

PLANO GEOLOGICO DEL CERRO COLORADO Y CANTERA AZUL.



REFERENCIAS CARTOGRAFICAS

- Alambrado
- Camino sec. de cantera
- Dependencias y maquinarias
- Pila de material triturado
- Desmonte
- Borde de cantera
- Corrientes de agua efmeras
- Límite de zona de afloramiento
- Curvas topograficas principales
- Curvas topograficas secundarias
- Perfil
- Rumbo de foliación

REFERENCIAS GEOLOGICAS

- Migmatita granítica
- Migmatita con diques
- Gneiss de ojos
- Gneiss con diques
- Gneiss

Escala: 1:1000  
Equidistancia 2,5 m

10 0 10 30 50 m



Ministerio de Gobierno - D.I.E.B.O.