

Santiago, 8 - 12 Agosto de 1988

Departamento de Geología y Geofísica
Universidad de Chile

APORTES GEOLOGICOS PARA EL MODELO HIDRAULICO DE UN MACIZO
ROCOSO EN LA PROVINCIA DEL CHUBUT - REPUBLICA ARGENTINA

Autores: Lic. José I. Grassi - Lic. Leonor I. Salinas - Lic.
María Matar de Sarquís - Ing. Juan C. Perucca

Afiliación: Instituto de Investigaciones Mineras, Universi-
dad Nacional de San Juan. Argentina.

RESUMEN.

En este trabajo se esquematizan los estudios geoló-
gicos superficiales y de profundidad realizados en Sierra
del Medio, Prov. Chubut, de los que se extrajeron datos pa-
ra utilizar en un modelo hidráulico básico.

Los parámetros analizados con métodos estadísticos
y geoestadísticos permitieron delimitar áreas con distinta
calidad de roca, que fueron utilizadas para definir las dis-
tintas unidades hidrogeológicas.

INTRODUCCION.

Se han realizado estudios geológicos, hidrológicos y estructurales, analizando primero la región y luego el bloque de la Sierra del Medio, como posible emplazamiento del repositorio para desechos radiactivos argentinos.

La Sierra del Medio está ubicada en el departamento Cushamen de la provincia de Chubut (Figura N°1). Los estudios realizados, superficiales y subterráneos tuvieron por finalidad caracterizar, de acuerdo a parámetros obtenidos con métodos directos e indirectos, el macizo rocoso y sus propiedades mecánicas y petrográficas.

1. GEOLOGIA REGIONAL.

Las rocas más antiguas de la región están representadas por metamorfitas atribuidas al Precámbrico, las que pueden observarse en reducidas áreas del sector suroccidental de la sierra.

Caracterizan al Paleozoico rocas de composición tonalítica, granodiorítica, granítica y facies migmatíticas, intruidas por pórfiros graníticos y riolíticos de amplia distribución, ocupando casi todas las entidades positivas de la comarca.

Corresponde al Mesozoico y Terciario una asociación sedimentaria piroclástica aflorante en una extensa zona al sur y suroeste de la sierra.

Las rocas del Pleistoceno corresponden a un conjunto de sedimentitas y efusiones basálticas que cubren las depresiones existentes. La investigación realizada en el área arrojó como conclusión que la Sierra del Medio forma parte de un conjunto de bloques ascendidos situados en el sector centro noroeste de una cuenca, endorreica.

2. GEOLOGIA LOCAL.

La Sierra del Medio, unidad morfoestructural ubica-

da en el sector noroeste de la provincia de Chubut, es un bloque alargado con dirección noroeste-sureste, limitado por megafallas. Su composición es variada siendo posible observar en su superficie esquistos biotíticos y anfibólico-biotíticos en forma aislada en un ambiente de rocas migmatíticas. La composición de estas es variable entre facies tonalíticas, granodiorítica y graníticas, representando estas últimas rocas el mayor porcentaje aflorante en la sierra.

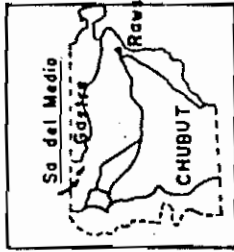
Internamente en el macizo predominan fallas menores de desplazamiento de rumbo, con dirección paralela al eje mayor de la sierra, aparece también un sistema secundario de fracturas de tensión.

Es importante mencionar además que en superficie el macizo está afectado por la presencia de varios sistemas de diaclasas, cuya densidad es variable para los diferentes sectores de la sierra. También están presentes diques ácidos, mesosilícicos y básicos rellenando fracturas de la migmatita.

Las sedimentitas presentes en bajos y depresiones varían en granulometría desde "maicillo", con diámetro algo mayor que la arena, hasta arcillas húmicas que constituyen suelos en las proximidades de las vegas y mallines.

La geología de superficie induce a pensar que no es probable encontrar cambios importantes en el comportamiento de las estructuras del bloque central de la Sierra del Medio, por lo menos hasta 1.000 metros de profundidad. Desde el punto de vista litológico, si bien las migmatitas tiene variaciones composicionales, dicha variación es repetitiva, lo cual configura un conjunto de carácter globalmente homogéneo. En las perforaciones verticales efectuadas a 220 - 280 y 750 metros, no se observan variaciones texturales ni composicionales de las rocas. En relación con los sistemas de fracturación, tampoco se observaron indicios que anticipen modificaciones. Los planos de las fallas reconocidos son verticales a subverticales y siendo de desplazamiento de rumbo no hay motivo para esperar variaciones significativas en su inclinación por lo menos hasta las profundidades consideradas.

De las perforaciones profundas (800 m) se concluyó.



REFERENCIAS

FALLAS:

- Principal
- Secundaria
- - - - Inferida

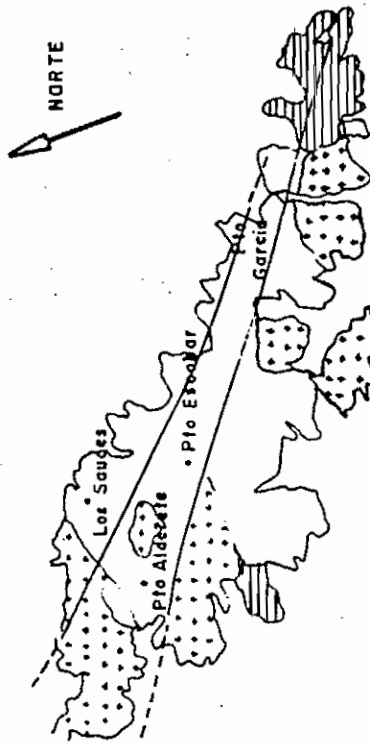
Granodiorita o granito
Migmatitas

Tonalita o granodiorita
Migmatitas

Iniferenciada
Migmatitas

pre-Cámbrica

Paleozoico
inferido.



0 3 km.

AUTORES: LLambias E. et. al. 1982

FIGURA Nº: 1

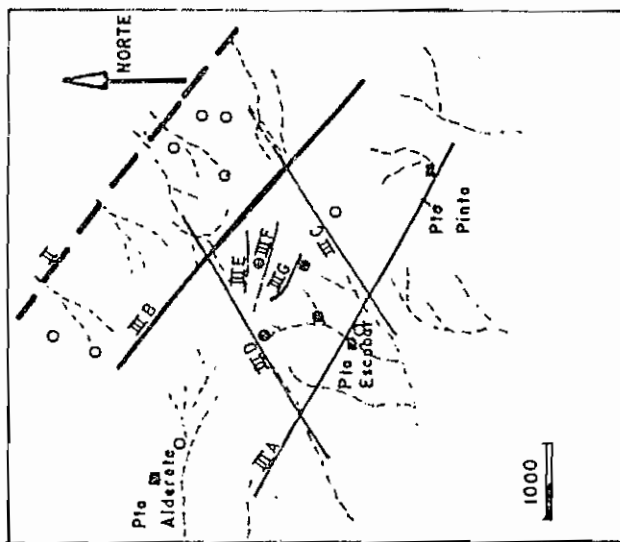
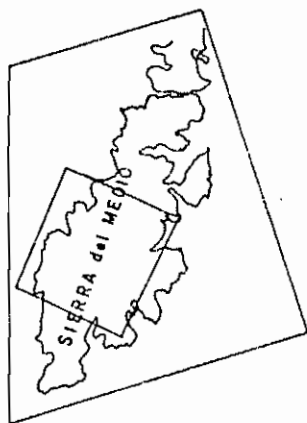
que:

- la alteración meteórica alcanzó su máximo desarrollo en los bordes de la sierra y sus efectos fueron observados en algunas perforaciones hasta los 160 metros de profundidad.
- las facies litológicas observadas en profundidad se corresponden con las de superficie, corroborándose ello mediante el análisis modal y cortes petrográficos.
- las fallas reconocidas en superficie tienen en profundidad sus planos en posición subvertical.
- el comportamiento mecánico del macizo rocoso en las distintas facies migmatíticas no presenta diferencias.

3. GEOFISICA.

Las investigaciones realizadas en la Sierra del Medio y sus zonas aledañas con métodos geofísicos de superficie, fueron desarrolladas según dos o metodologías convencionales: a) sondeos eléctricos verticales (SEV) obteniendo curvas de resistividad; b) sísmicos de refracción. Los primeros se efectuaron en todos los lugares donde se sospechaba la presencia de acuíferos cuyo comportamiento era importante de definir; en el segundo caso, las pruebas sísmicas se dividieron en dos etapas, para reconocer en primer lugar las alas del macizo rocoso según penetran por debajo de la cubierta moderna y luego, para determinar la calidad de la roca dentro del mismo macizo de la Sierra del Medio.

Como ejemplo, para definir la calidad de la roca, en las pruebas sísmicas efectuadas entre los Puestos Guzmán y El Alamo, la franja de alteración con bajas velocidades de onda evidencia un espesor de 150 metros, profundidad a partir de la cual las velocidades aumentan notablemente superando los 5.000 m/s (roca dura muy fresca).



REFERENCIAS

- - - - - Fallo Regional
- ==== Fallos Locales
- ▣ Puesto
- Perforaciones Profunda
- Perforaciones Intermedias
- Curso Seco

FIGURA N° 2

4. HIDROLOGIA DE LA SIERRA.

La información necesaria para llegar a un modelo hidrogeológico comienza por una evaluación de los volúmenes de agua aportados al sector. Luego, se debe analizar el macizo separándolo en unidades con comportamiento presuntamente similar y, finalmente, en base a la investigación de las discontinuidades presentes se debe llegar a definir un modelo estructural que acote con la mayor precisión posible los parámetros de los fluidos que circulan real o potencialmente dentro del macizo.

A partir de allí, deben medirse mediante ensayos de permeabilidad realizados tramo a tramo en las perforaciones, los valores reales que permiten calcular la conductividad hidráulica del bloque rocoso preseleccionado. Esta conductividad hidráulica es la resultante de una permeabilidad propia de la roca sumada al comportamiento hidrológico de las discontinuidades presentes, el que va variando con la profundidad y las características de tales planos (diaclasas, fallas, contactos, etc.).

La geología contribuye a estos cálculos con los parámetros fundamentales sin los cuales sería imposible enmarcar el posterior procesamiento matemático de la información.

5. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS DE LA SIERRA.

Como consecuencia de los estudios estructurales tanto de superficie como profundos (-750 m), se han diferenciado distintas zonas o sectores que pueden asimilarse a unidades hidrogeológicas preliminares para su investigación individual. En ellas se concentraran los futuros estudios destinados a definir la permeabilidad y la conductividad hidráulica de cada una (Figura N°2 - Tabla N°1).

Unidad I.

Está integrada principalmente por roca migmatítica. La masa presenta diaclasamiento y fracturación que

UNIDADES DE Investigación Hidrológica	ESTRUCTURA	ESESOR (m)	LONGITUD (km)	TIPO de FRACTURA	
I	Masa Rocosa				
II	Fallas Regionales (Bordes de la Sierra)	+ 300	+ 50		
III	FALLAS LOCALES	Escobar A	140 - 230	Desplazamiento de Rumbo	
		El Alamo B	240 - 310	" " "	
		Portezuelo del Angelito C	120 - 240	8	Tensión
		Qda Larga D	85 - 110	8	"
		La Tapera E	60 - 80	8	—
		Chivas Norte F	40 - 90	5	Desplazamiento de Rumbo
		Chivas Sur G	35	3	" " "
		El Tornillo H	5 - 10	0,250	—
		Zona con Cizalla I			Cizalla
		Zona Fracturas das diaclasas J		Observadas en perforaciones	—
IV	Diques	2	0,60	Tensión	
V	Sedimentos y Suelos Cuaternarios			— TABLA N°1	

constituyen vías potenciales de circulación del agua filtrada.

Unidad 2.

Comprende fallas de carácter regional que afectan la sierra. En ellas los niveles freáticos se encuentran muy deprimidos. Las perforaciones realizadas en sus inmediaciones han sufrido importantes pérdidas de inyección. La importancia de estas fallas radica en que presentan gran permeabilidad y son el vínculo hidrológico entre el macizo rocoso y los sedimentos que bordean la sierra; rellenando la cuenca de Gastre.

Unidad III.

Dentro de este grupo consideramos a las fallas locales que presentarían menor permeabilidad que las anteriores, y cuya menor longitud y espesor pueden apreciarse en los fotogramas aéreos.

Según su comportamiento hidrológico, es posible separar dos grupos. En uno de ellos el potencial de circulación es muy pequeño por presentar entre las fracturas rellenos por silicificación. Esto ha obligado a un ascenso del nivel freático y a la aparición de manantiales. El segundo grupo tiene una capacidad de circulación mayor y constituyen una importante vía de circulación de agua y en las cuales el nivel freático está muy deprimido.

Unidad IV.

Está formada por diques que constituyen discontinuidades que operan hidráulicamente como fracturas o diaclasas abiertas, especialmente los de carácter básico. En ellos la pared entre roca de caja y la roca huésped no están soldadas y por ellas circularían agua subterránea, tal como ha podido apreciarse en perfilajes térmicos.

Unidad V.

La conforman los suelos modernos regolíticos, sedimentos que rellenan las depresiones presentes en la sierra. Son elementos importantes en el ciclo hidrológico local ya que realizan la recepción y transferencia del escurrimiento superficial y subterráneo, facilitada por su elevada porosidad y permeabilidad, con una capacidad de infiltración de 100 a 200 mm/h según método de Muntz.

6. ELECCION DEL VOLUMEN DE MENOR FRACTURACION.

El método geoestadístico aplicado al análisis de la distribución de fracturas en el macizo rocoso (unidad I) permitió estimar en forma óptima las características de variabilidad de la densidad de fracturación en un volumen ubicado en el sector central de la sierra. En una primera etapa se obtuvo un modelo de la distribución de densidades de fracturación en superficie. El parámetro utilizado para la construcción del mismo fue el número de diaclasas por metro (N/L), obtenido a partir de una grilla de muestreo de 122 estaciones. El diseño rectangular de 500 m x 175 m entre estaciones y el rumbo norte-sur se obtuvo optimizando una grilla preliminar de 22 estaciones.

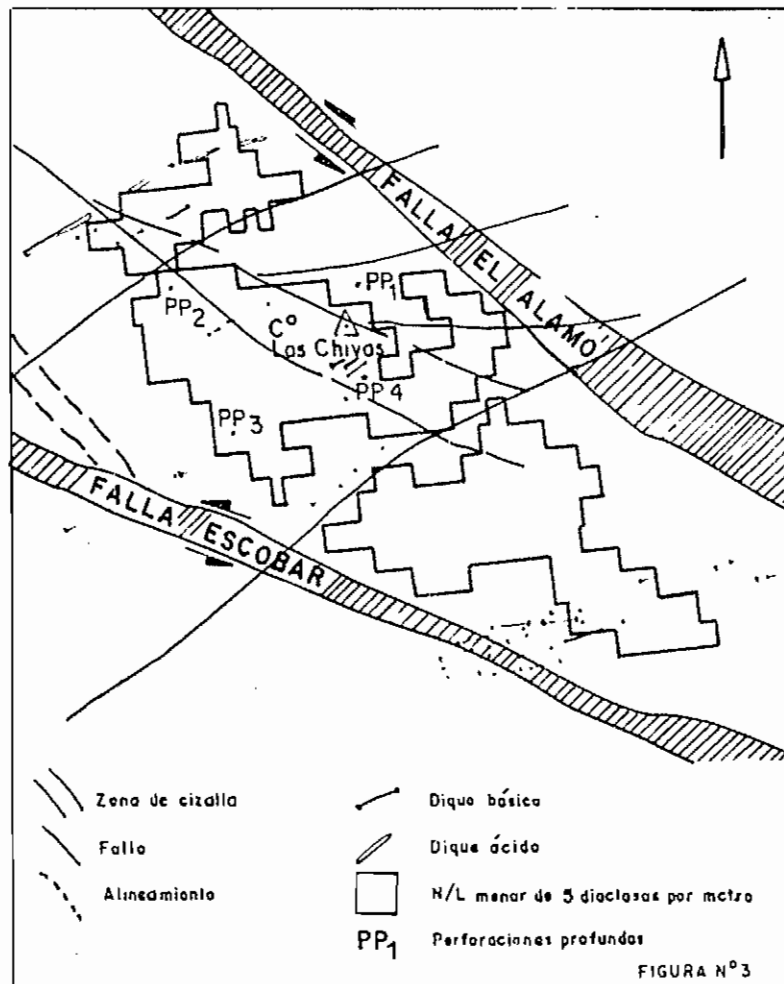
Para obtener el modelo de fracturación en superficie se aplicó krigeage ordinario, asignando el valor medio de la densidad de fracturación a áreas limitarias de 150 m x 50 m.

La figura 3 muestra las curvas de isovalores de 4 y 5 diaclasas por metro calculadas con un error máximo de 30%. Puede también observarse la muy buena correspondencia entre el modelo geoestadístico de fracturación y las estructuras reveladas por la geología de detalle.

Empleando el modelo de semivariografía obtenido para superficie se obtuvo la configuración para ubicar las perforaciones profundas que proveyeron la mayor información para realizar el modelo tridimensional (Figura N°4 y N°5).

Para este modelo tridimensional se generó la hipóte

sis geológica de continuidad en profundidad de los valores de fracturación, basándose en la verticalidad de las estructuras mayores y la distribución de la densidad de fracturas en los logs de perforación. Se calcularon los valores medios de N/L correspondiente a soporte de 25 metros de espesor, resultantes de la intersección de los pozos con bancos horizontales generados a partir de la cota máxima de la sierra, la complementación de los resultados geoestadísticos y geológicos permitieron construir el modelo tridimensional del cual la figura 6 representa el volumen menos diaclasado de roca (5 diaclasas por metro).



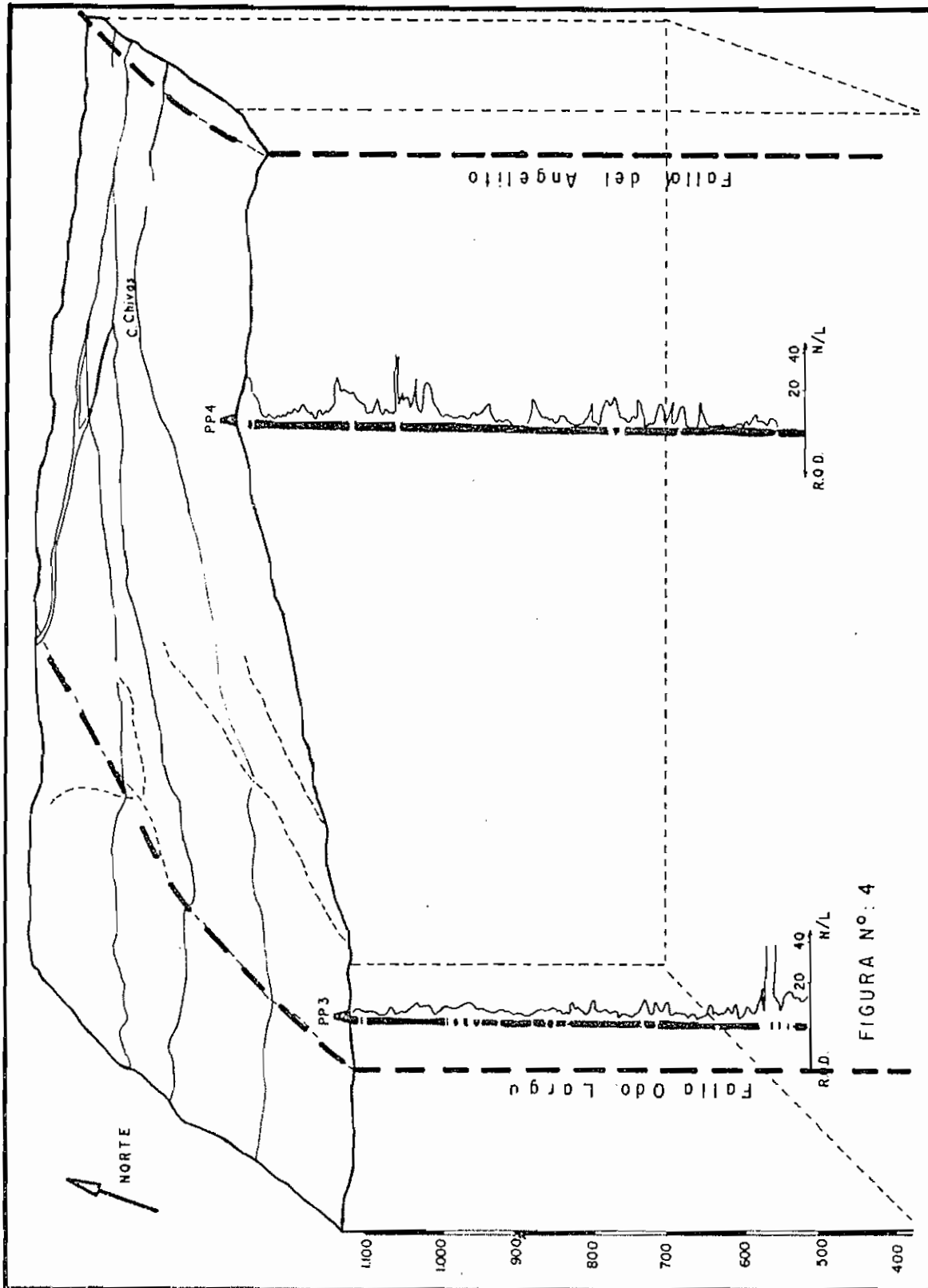


FIGURA Nº: 4

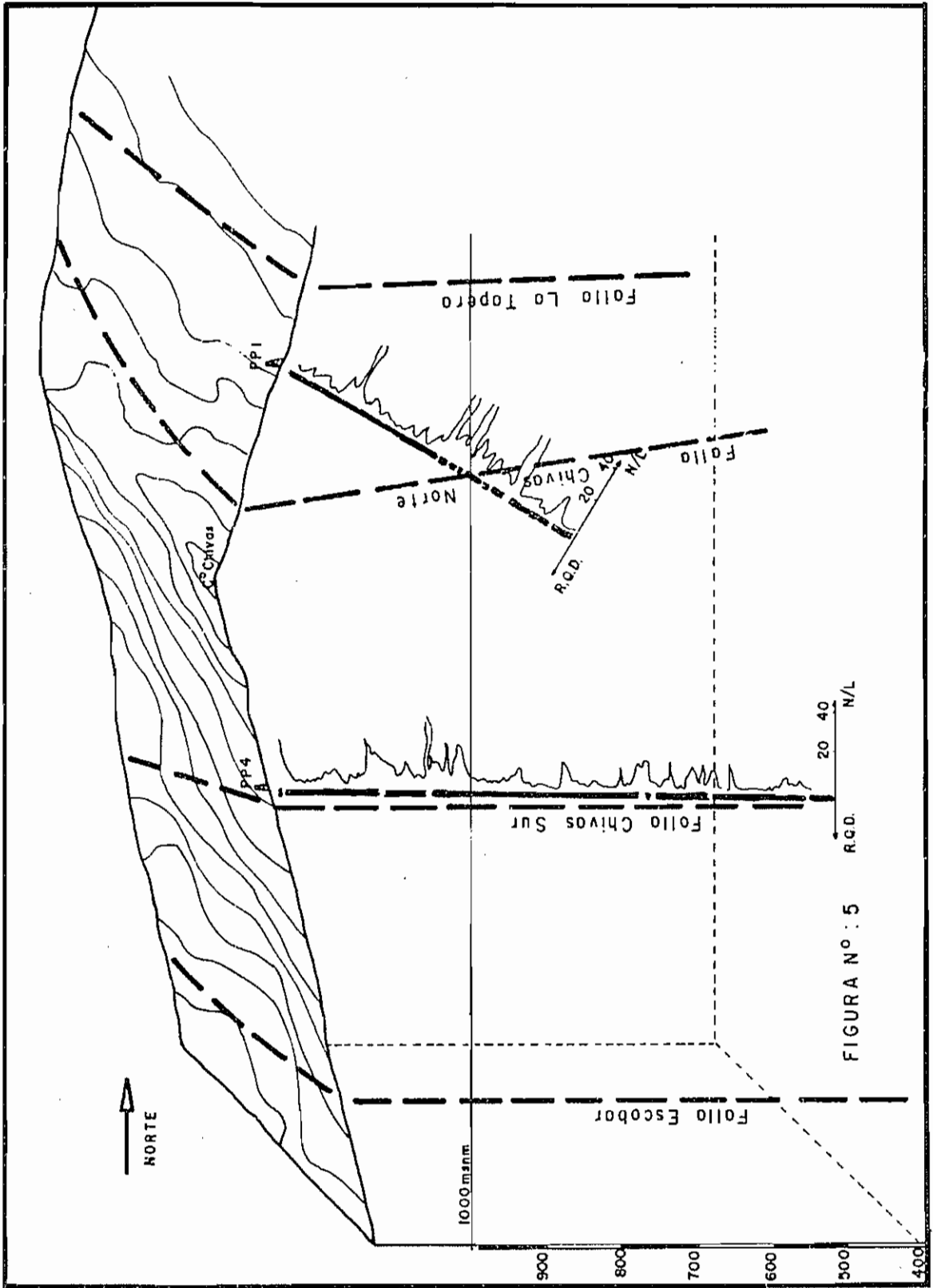
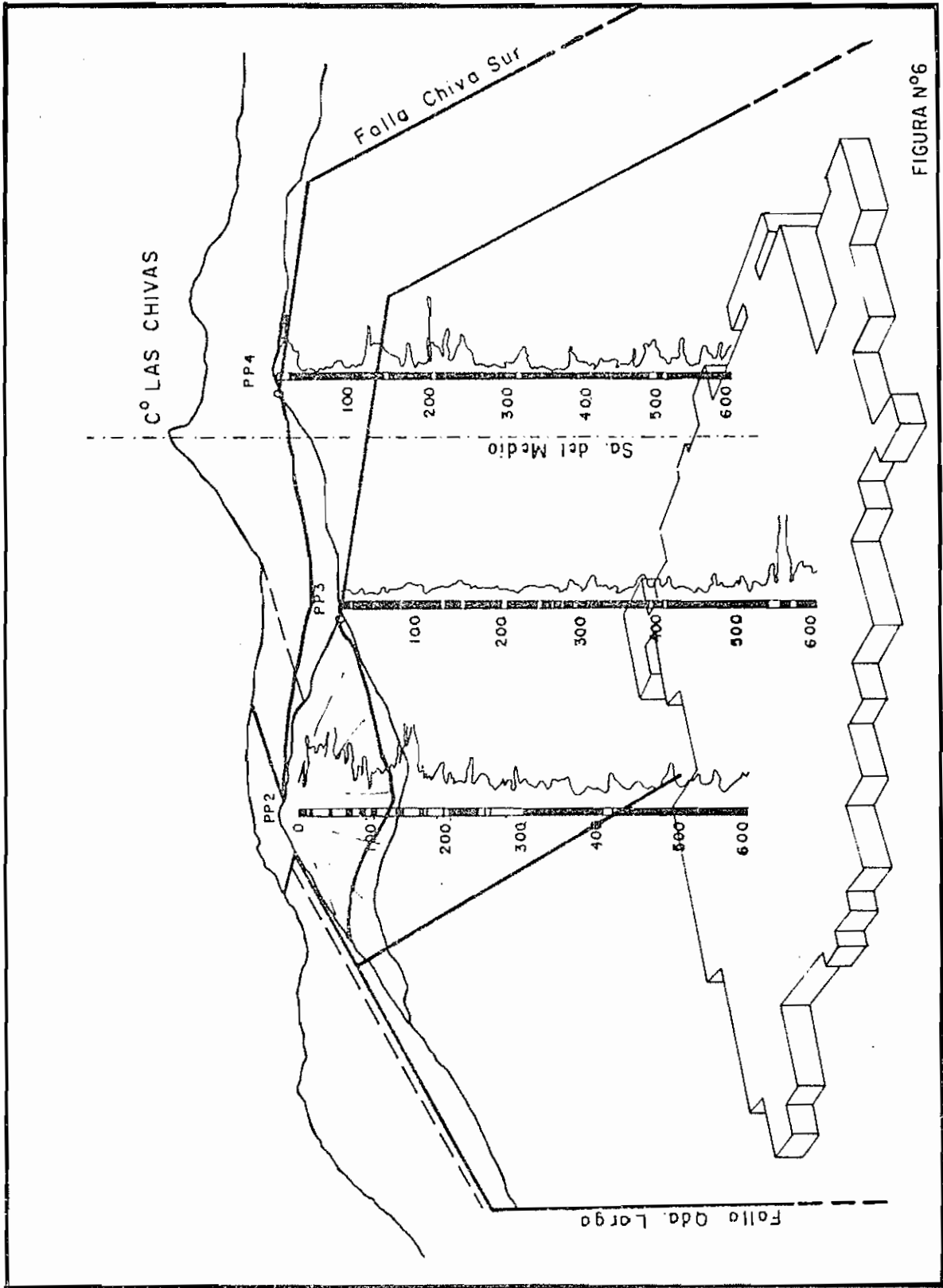


FIGURA N° : 5



REFERENCIAS

- Llambías, E. et al.: "Petrografía de la Formación Mamil Choique. Departamento. Cushamen. Provincia de Chubut. IX Congreso Geológico Argentino. Bariloche. 1985.
- Wetten, C., Grassi, J.I.: "Hydrogeological Features of a rocky massif to be used as a Nuclear Repository. 5to. Congreso Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería. 1986.
- Perucca, J.C.; Matar, J.A.; Regairaz, C.; Wetten, C.; Sarquís, M.A. de: Investigaciones Geológicas e Hidrogeológicas con procesamiento Geoestadístico para un repositorio Nuclear. Simposio Internacional sobre Repositorios Nucleares. Hannover. Rep. Fed. de Alemania. 1986.