

GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA
Y SEGURIDAD

REPO-21

07.87-18

CNEA-NT 17/87

INVESTIGACIONES GEOLOGICAS E HIDROLOGI-
CAS CON PROCESAMIENTO GEOESTADISTICO EN
LA PRESELECCION DEL EMPLAZAMIENTO DE UN
REPOSITORIO SUBTERRANEO PARA LOS RESI-
DUOS RADIOACTIVOS DE ALTA ACTIVIDAD DEL
PROGRAMA NUCLEAR ARGENTINO.

Perucca*, J.C.; Matar*, J.A.; Regairaz*,
C.A.; Wetten**, C.; Sarquis*, M.A. de.

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Dependiente de la Presidencia de la Nación
GERENCIA DE PROTECCION RADIOLOGICA Y SEGURIDAD

REPO-21

07.87A8
CNEA-NT 17/87

INVESTIGACIONES GEOLOGICAS E HIDROLOGICAS CON PROCESAMIENTO GEOESTADISTICO EN LA PRESELECCION DEL EMPLAZAMIENTO DE UN REPOSITORIO SUBTERRANEO PARA LOS RESIDUOS RADIOACTIVOS DE ALTA ACTIVIDAD DEL PROGRAMA NUCLEAR ARGENTINO.

Perucca*, J.C.; Matar*, J.A.; Regairaz*, C.A.; Wetten**, C.; Sarquis*, M.A. de.

Este trabajo fue presentado en el Simposio International sobre "Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes", realizado en Hannover, Rep. Fed. de Alemania, del 3 al 7 de marzo de 1986. (IAEA-SM-289/34).

* Instituto de Investigaciones Mineras, Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

** Centro Regional de Aguas Subterráneas Av. Ignacio de la Roza 125 "E" 3er. Piso, San Juan, Argentina.

BUENOS AIRES
1987

INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

E52.00

GEOLOGY

GROUND WATER

HIGH-LEVEL RADIOACTIVE WASTES

REPOSITORIES (*)

ROCKS

SEISMOLOGY

SITE SELECTION

UNDERGROUND DISPOSAL

(*) Not shown in INIS Thesaurus 1985.

INVESTIGACIONES GEOLOGICAS E HIDROLOGICAS CON PROCESAMIENTO GEOESTADISTICO EN LA PRESELECCION DEL EMPLAZAMIENTO DE UN REPOSITORIO SUBTERRANEO PARA LOS RESIDUOS RADIATIVOS DE ALTA ACTIVIDAD DEL PROGRAMA NUCLEAR ARGENTINO.

Perucca, J.C.; Matar, J.A.; Regairaz, C.A.; Wetten, C. y Sarquis M.A. de

RESUMEN

La Sierra del Medio, en la provincia del Chubut, fue estudiada inicialmente mediante fotografías aéreas verticales a escala 1:40.000, con apoyo y muestreos de campo. Con este método, se seleccionó un sector central cuyas características estructurales y petrográficas evidenciaban una adecuada homogeneidad y condiciones apropiadas para constituir barreras geológicas.

En consecuencia, se realizaron estudios petrográficos, estructurales, hidrologicos, geomorfológicos, geofísicos y geoquímicos, con un buen apoyo topo y cartográfico. Este trabajo presenta algunos de estos temas, entre los cuales se destacan los estudios sobre neotectónica en la región circunvecina a la Sierra, las investigaciones sobre comportamiento hidrológico del macizo central rocoso, y las características geomecánicas de ese mismo sector principal. También se detalla el procesamiento geoestadístico aplicado a las discontinuidades del macizo migmatítico y su preparación para una próxima modelación tectónico tridimensional como base principal del futuro modelo hidráulico general de la Sierra.

1. ASPECTOS GEOLOGICOS.

Para la realización del relevamiento geológico, cartografía y perfiles se siguieron las etapas habituales en este tipo de trabajo, comenzando por la interpretación de fotogramas aéreos a escala 1:40.000 con apoyo de campo, muestreo de las unidades detectadas, restitución planimétrica de toda la región, investigaciones microscópicas de las facies petrográficas, análisis químicos y físicos-químicos (modales).

En la Figura N°1 aparece una síntesis de las características geológicas de la Sierra del Medio. Las rocas más antiguas corresponden a esquistos biotíticos con sillimanita y esquistos anfibólicos producidos por un metamorfismo regional. Su edad es posiblemente precámbrica a paleozoica inferior. De estas rocas solamente quedan reliquias muy reducidos en la Sierra del Medio, ya que un intenso proceso de migmatización las transformó, casi totalmente, en migmatitas tonalitoides. La edad de este proceso es desconocida, pero podría ubicarse en el Pre-Cámbrico o Paleozoico Inferior.

La relación entre paleosoma y neosoma da origen a un ordenamiento que constituye la estructura de la roca. Estas estructuras han sido descritas de acuerdo a la nomenclatura de Mehnert (1969).

Estas migmatitas tonalitoides fueron parcialmente granitizadas y profusamente intruídas por aplitas-pegmatitas, produciendo migmatitas granodioritoides y granitos migmáticos. La edad de este proceso fue considerada pre-cámbrica a paleozoica inferior. Todas las migmatitas y granitos migmáticos han estado sometidos a cataclasis. Con posterioridad, se intruyeron diques de dacitas no afectados por cataclasis cuya edad es paleozoica superior a triásica inferior (datación (K/Ar)).

Después de la intrusión de los diques de dacita mencionados, se originaron fallas de desplazamiento en el rumbo izquierdo, con rumbo NO-SE las que produjeron una cupla que dio origen en su interior a un sistema de fracturas de extensión de rumbo predominante NE-SO, parcialmente rellenas por diques básicos probablemente triásicos.

Durante un tiempo prolongado, la Sierra del Medio estuvo sometida a fuerte erosión, originándose su configuración actual en los procesos fracturantes del Terciario Superior, que la elevan a manera de "horst" en medio de la gran fosa o graben de Gastre.

2. ESTRUCTURAS REGIONALES.

Se realizaron estudios estructurales regionales mediante el análisis de alineamientos obtenidos a partir de imágenes Landsat, para definir los esfuerzos actuantes en la región, sus efectos tectónicos y sus edades relativas. La interpretación visual de las imágenes Landsat estuvo apoyada por relevamientos y estudios geomorfológicos de toda el área de influencia vecina a la Sierra del Medio.

Se elaboró una carta regional de alineamientos, en el área entre los paralelos 37°30'S y 44°30'S y los meridianos 62°00'O y 74°00'O, abarcando sectores argentinos entre los ríos Colorado y Senguerr, más parte chilena entre el Río Bío Bío y Pto. Aysen y alcanzando desde el Atlántico hasta el Pacífico.

Estructuralmente, constituye ésta una amplia región de comportamiento heterogéneo con fenómenos tectónicos de variada magnitud y jerarquía geológica. Las edades de los distintos terrenos aflorantes van desde el Pre-Cámbrico hasta el actual.

La interpretación visual de las imágenes satelitarias se basó en criterios geológicos y geomorfológicos, y la información fue procesada estadísticamente. El trabajo se inició con un relevamiento detallado de las fallas, fracturas y fotoalineamientos detectados en las imágenes Landsat. Especial atención merecieron las formaciones terciarias y cuaternarias, buscando evidencias que pudieran asignarse a la exteriorización de fenómenos de neotectónica.

El esquema estructural en la región vecina a la Sierra del Medio puede resumirse, en términos generales, a una "tectónica de basamento" (formaciones pre-cámbricas hasta paleozoica superior) con materiales rigidificados, y a una "tectónica de cobertera" (formación mesozoicas y cenozoicas) asociadas a materiales sedimentarios y de comportamiento plástico. A la primera la caracteriza una tectónica fracturante posterior y a la segunda una tectónica plegante, sobrevenida como consecuencia de los movimientos orogénicos del post-Paleozoico (Figura N°2).

Sobre el área ocupada por el graben de Gastre y sus macizos montañosos circundantes, se pone en evidencia un sistema de fallas antiguas, asociadas a fases del ciclo orogénico Hercínico (fallas recurrentes, con rumbo dominante NO-SE más fallas de alivio de rumbo NE-SO) y un sistema de fa

llas más modernas, con rumbo N-S y E-W, vinculadas a distintas fases del ciclo orogénico andino. (Figura N°3)

Tanto la Sierra del Medio, más el área del macizo páleozoico rigidificado y toda la cuenca sedimentaria jurásico-cretácica, muestran claras evidencias geomorfológicas de movimientos ascensionales de tipo epirogénico. Estas improntas, detectadas sobre todas las áreas montañosas, están asociadas a etapas de equilibrio y desequilibrio de la corteza y se manifiestan, en la región, como procesos recurrentes de planización y de incisión. Dichos movimientos epirogénicos están íntimamente vinculados a ciclos ocurridos durante el Terciario y el Cuaternario inclusive.

Con relación a las edades de las formas del relieve esculpidas sobre rocas de distinta litología y edad, se señala la presencia de "formas pre-cuaternarias" (penillanuras, monadnocks) y "formas del Cuaternario" (conos, terrazas).

Las formas del Pre-Cuaternario corresponden a aquellas elaboradas durante el Mesozoico y Cenozoico Inferior, mientras que las formas del Cuaternario se refieren a las elaboradas durante el Pleistoceno (pedimentos, glaciares, abanicos, conos aluviales, terrazas) y al Holoceno (salinas, barrerales, terrazas, conos y coladas basálticas).

Con referencias a la presencia de fallas dentro de las unidades estratigráficas y geomorfológicas del Cuaternario, en la región del graben de Gastre no se han encontrado evidencias de su existencia. Aparecen sí en el área varios aparatos volcánicos asociados a efusiones de basalto, que estarían demostrando la presencia de esfuerzos de tracción en la región de la fosa. En la actualidad se están desarrollando investigaciones tendientes a datar tales coladas y también a definir su paleomagnetismo.

Interesa destacar, por último, que en la Sierra del Medio no existen condiciones favorables para que se produzcan fenómenos de remoción en masa. Las pendientes existentes y el escurrimiento asociado de las aguas pluviales y nivales, excluyen este tipo de fenómeno. También se ha determinado la cota 1000 como nivel de equilibrio para la erosión, en las condiciones orogénicas actuales.

3. SISMOLOGIA.

Los estudios regionales sobre estructuras y tectonismo sirvieron de apoyo al análisis sismológico de la Sierra del Medio y sus vecindades. Se analizaron los distintos antecedentes relativos a la acción sísmica, evaluándose los probables terremotos que afectarán al sitio del repositorio nuclear, definiéndose la acción sísmica por medio de espectros de proyecto y por acelerogramas representativos del movimiento sísmico.

La estimación de los niveles de intensidad sísmica que pueden afectar a un sitio, con riesgo de ocurrencia de 10^{-3} a 10^{-4} anuales, requiere la evaluación de la actividad sísmica desarrollada en los alrededores del emplazamiento en un intervalo no menor de 10.000 años y preferiblemente aún mayor.

Esta evaluación de basa en informaciones:

- a) que suministran los instrumentos de estaciones sismológicas
- b) provenientes de relatos históricos de las poblaciones vecinas;

c) resultantes de estudios geológicos y tectónicos regionales.

La zona estudiada en nuestro caso se distingue por lo inhóspita, de modo que para el análisis sísmológico solamente se obtuvieron datos del tipo c).

4. PERFORACIONES A DIAMANTINA.

El conocimiento directo del interior del macizo migmatítico se logró mediante la realización de perforaciones con corona sacatestigos, agrupadas en dos series según sus objetivos y longitud.

Un primer grupo fue denominado "Perforaciones Intermedias". Ellas estuvieron destinadas a definir las características estructurales y petrográficas de todo el macizo rocoso, investigándose los juegos de fracturas principales y sus posibles fajas de alteración, milonitización o brechamiento, propiedades físicas de las rocas, composición química, facies petrográficas y mineralogía. Se ubicaron estos pozos según las conclusiones iniciales de los estudios geológicos de superficie, de la fotointerpretación estructural y de los perfiles geofísicos (sísmica de refracción y resistividad), tomándose en cuenta:

- a) los sitios donde las características superficiales mostraron anomalías significativas;
- b) los lugares donde existen fenómenos tectónicos o petrográficos con afloramientos de calidad muy mala;
- c) los lugares donde la roca mostró en superficie calidad excelente.

Las perforaciones intermedias fueron nueve en total, integrando 2.002 metros verticales y una recuperación media del 90%.

El segundo grupo fue llamado "Perforaciones Profundas". Se ejecutaron cuatro perforaciones en un sector pre-seleccionado de la Sierra, las que aportaron datos básicos para el Anteproyecto de Ingeniería. Para el emplazamiento de cada perforación se tuvieron en cuenta criterios geológicos sumados a los resultados del cálculo geoestadístico que definieron el sector de menor fracturación bi-dimensional.

De estas investigaciones surgió la existencia de un sitio de 24 km² donde las características estructurales y petrográficas aparecen en principio como las mejores de toda la Sierra. Se perforaron aquí en total 2.272 m. lineales, en tres pozos verticales y uno inclinado.

5. GEOESTADISTICA ESTRUCTURAL DEL SITIO.

El estudio del volumen rocoso menos fracturado para emplazamiento del repositorio, en el sector central preseleccionado de la Sierra del Medio, se realizó usando los métodos que brinda la geología tradicional, apoyados en el procesamiento geoestadístico de los datos. La geoestadística aplicada al estudio tectónico permitió estimar en forma óptima las características de variabilidad de la densidad de fracturación, como así también el error cometido en las estimaciones.

Se analizaron varios parámetros representativos de las propiedades de fracturación, utilizándose como variable regionalizada la "densidad de diaclasamiento" (N/L), que es la más sensible al comportamiento de las discontinuidades. En la primera etapa del trabajo se modelizó el compor

tamiento del parámetro (N/L) en superficie, a partir de la densidad de fracturación medida sobre una grilla de estaciones de muestreo, de 500 x 175 m. Con el fin de obtener el modelo de fracturación en superficie se asignó, aplicando krigeage ordinario, el valor medio de la densidad de fracturación a áreas unitarias de 150 x 50 m.

Debido a que se observaron manifestaciones de deriva de la variable regionalizada, según ciertas direcciones de su campo de definición, también se aplicó una metodología geoestadística que permite la inclusión de una covarianza generalizada para distintos valores de K.

El patrón de distribución al que se pudo ajustar el muestreo de la densidad de fracturación resultó ser de tipo lognormal, utilizándose esta información en la selección de la semivariografía empleada en las estimaciones del operador de krigeage.

El esquema de transición o modelo de variabilidad, para obtener la representación geoestadística de la variable analizada N/L, se ajustó a partir de la correspondiente semivariografía experimental. Para el estudio de las figuras de anisotropía, se consideraron las direcciones que resultaron de dividir el plano en 32 ángulos iguales. Se adoptó este criterio para lograr figuras detalladas que permitieron detectar eventuales influencias de las familias principales de rumbos. La figura N°5 muestra la semivariografía obtenida; cabe destacar la influencias de las principales familias de rumbos.

La aplicación de krigeage universal con el modelo de covarianza general seleccionado, permitió obtener los valores medios de N/L y sus correspondientes desviaciones típicas de krigeage. En la Figura N°6 aparecen las curvas de isovalores de 4 y 5 diaclasas por metro, calculadas con un error máximo de 30%. Se llega así a una buena correspondencia entre el modelo de N/L calculado y la geología de detalle relevada sobre el terreno.

Empleando el modelo de semivariografía de superficie se obtuvieron tres configuraciones, de las cuales resultó asociada a la menor desviación típica de krigeage la elongada según dirección E-0, con una relación de lados 5/3.

5.1 MODELO TRI-DIMENSIONAL DE FRACTURACION.

Para el modelo tri-dimensional se calcularon los valores medios de N/L, correspondientes a los soportes que resultan de la intersección de los pozos mencionados con el modelo de bancos horizontales generado a partir de la cota máxima de la Sierra.

La metodología que condujo a la selección del sitio de menor fracturación, utilizó espesores de 25 m como soporte de los valores medios de N/L hallados en las perforaciones. Esta altura permitió que se excluyeran del cálculo de las estimaciones de krigeage los parámetros de los esquemas de transición correspondientes a los semivariogramas experimentales, que resultaron de la fracturación de los testigos de las perforaciones.

Geológicamente se consideró la hipótesis de que el modelo de fracturación en superficie pudiese ser trasladado en profundidad (a la tercera dimensión). De esta manera, si una zona está poco fracturada en superficie, una perforación vertical en ese lugar mostraría, en sus valores medios, el mismo grado de fracturación, sin considerar los eventuales segmentos de la perforación que intersecten fallas, diques, etc.

Finalmente, de la complementación de los resultados geoestadísticos con los estudios geológicos, surgió el modelo tridimensional semejante al que aparecen en la Figura N°7.

Fueron planificados para etapas futuras estudios de permeabilidad en los pozos perforados verticales, y con los datos que se logren se confeccionará un modelo de permeabilidad geoestadístico. Este nuevo modelo, en conjunto con el de fracturación ya discutido, constituirán los datos básicos para la investigación del flujo hidráulico, que se llevará a cabo empleando un modelo tridimensional en base a elementos finitos.

6. HIDROLOGIA.

Se realizaron investigaciones hidrológicas regionales y locales en la Sierra propiamente dicha. En el ámbito regional se verificó que la cuenca hidrográfica y la de agua subterránea pertenecen a un sistema cerrado, debido a que tanto el escurrimiento superficial como el flujo subterráneo están regidos por un sistema centrípeto dirigido hacia un grupo de depresiones o salinas. En ellas se evapora el agua superficial y evapotranspiraría el agua subterránea, incorporándose así a la atmósfera.

Dentro de la cuenca cuaternaria cumplen un papel muy importante en el ciclo hidrológico sedimentos sueltos y otros más antiguos y compactos, cuyos espesores no superan los 180 metros. Estas unidades participan de las áreas de recarga y acumulación del agua subterránea en toda la cuenca investigada.

La descarga de las capas subterráneas se produce en las salinas citadas, agregándose otras expresiones del paisaje conocidas como "mallines", que son pastizales muy compactos de pastos duros, de un tipo similar a las turberas.

Las rocas pre-cuaternarias que, como la Sierra del Medio, poseen permeabilidad secundaria, alojarían dos sistemas de flujo principales: uno sub-superficial y otro profundo. Este segundo sistema es el de mayor interés para investigar.

Se realizaron mediciones piezométricas en las perforaciones ejecutadas en la Sierra del Medio, dos veces al año durante tres años consecutivos. Por el momento la conclusión es que sus niveles dependen directamente de las precipitaciones pluvio-nivales y estarían además indicando un sistema de drenaje subterráneo morfológicamente similar a la topografía de la Sierra.

La presencia de agua a gran presión en una de las perforaciones, a unos 600 m de profundidad, con datación del orden de los 10.000 años, aparecen por el momento como un fenómeno que sugiere una acumulación de agua fósil, sin conexión demostrada, por ahora, con las restantes perforaciones del macizo.

Los numerosos manantiales que afloran con caudales muy pequeños, en diversos sitios de la Sierra, serían solamente la expresión del agua circulante en los niveles superiores o subsuperficiales, dentro del espesor meteorizado de la roca, cuya profundidades no superan en general los 25 a 40 metros.

Se efectuaron cálculos que indican una precipitación media anual de 150 mm., oscilando entre 80 mm. para años muy secos hasta 290 mm. en años muy húmedos. De la información analizada estadísticamente se infiere que en

un período de 100 años ocurrirán aproximadamente 30 años secos, 20 años húmedos y otros 50 años con pluviometría intermedia.

De acuerdo a lo expresado, para el total de la cuenca hidrográfica de 8.870 km^2 , los volúmenes medios precipitados serían de 1.300 hm^3 . En base a consideraciones hidrogeológicas se estima que los volúmenes medios escurridos hacia la cuenca sedimentaria cuaternaria son de aproximadamente 50 hm^3 . La variación de almacenamiento en la cuenca subterránea sería muy pequeña frente a los volúmenes precipitados y evapotranspirados, estimándose en 5 hm^3 para el período febrero-octubre 1982.

Los estudios de permeabilidad en la zona central del macizo rocoso de la Sierra del Medio han sido programados para el período 1987-89.

REFERENCIA

- (1) Perucca, J.C. y Cebrelli, E. "Las investigaciones geológicas y geofísicas de la Sierra del Medio". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul, 2-4, 1984.
- (2) Matar de Sarquis, M.A. y Girardi, J.P. "Investigaciones geoestadísticas en el sector central de la Sierra del Medio". 2do. NATO ASI "GEOSAT-TAHOE". Standford, California, Standford Univerty, sep. 1983.
- (3) Matar, José A. et al. "Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina". Seminar on the site investigation techniques and assessment methods for underground disposal of radioactive waste. Sofia, Bulgaria, feb. 6-10, 1984. IAEA-SR-104/17p.
- (4) Regairaz, C.A. et al. "Geomorfología de la región Gastre (Chubut)". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul. 2-4, 1984.
- (5) Wetten, Cristian et al. "Hidrología e hidroquímica del agua subterránea en la cuenca endorreica de Gastre (Chubut)". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul. 2-4, 1984.
- (6) Puigdomenech, H.H.; Llambias, E y Castro, C.E. "Petrografía y geología de detalle en la Sierra del Medio (Chubut)". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul. 2-4, 1984.
- (7) Matar de Sarquis, M.A. y Tabbia, G.H. "Neotectónica en la región Gastre". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul. 2-4, 1984.
- (8) Grassi, J.I. y Salinas, L.I. "Las perforaciones profundas en el macizo de Sierra dle Medio". Seminario Nacional sobre el Proyecto Gastre. San Juan, Argentina, jul. 2-4, 1984.

LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Petrografía de la formación Mamil Choique en la Sierra del Medio - Departamento Cuchamen - Pcia del Chubut.
- Fig. 2 Características estructurales y megatrazas de la región norpatagónica.
- Fig. 3 Diagrama de las provincias estructurales de la región norpatagónica.
- Fig. 4 Tiempos medios de ocurrencia de intensidades sísmicas en Gastre. comparación con otras ubicaciones.
- Fig. 5 Semi-variografía obtenida en forma experimental para el sector preseleccionado de la Sierra del Medio.
- Fig. 6 Banco N° 18 del modelo de facturación (para áreas de 50 x 50 m). También se muestra la fracturación de superficie correspondiente.
- Fig. 7 Área de mínima fracturación en Sierra del Medio.

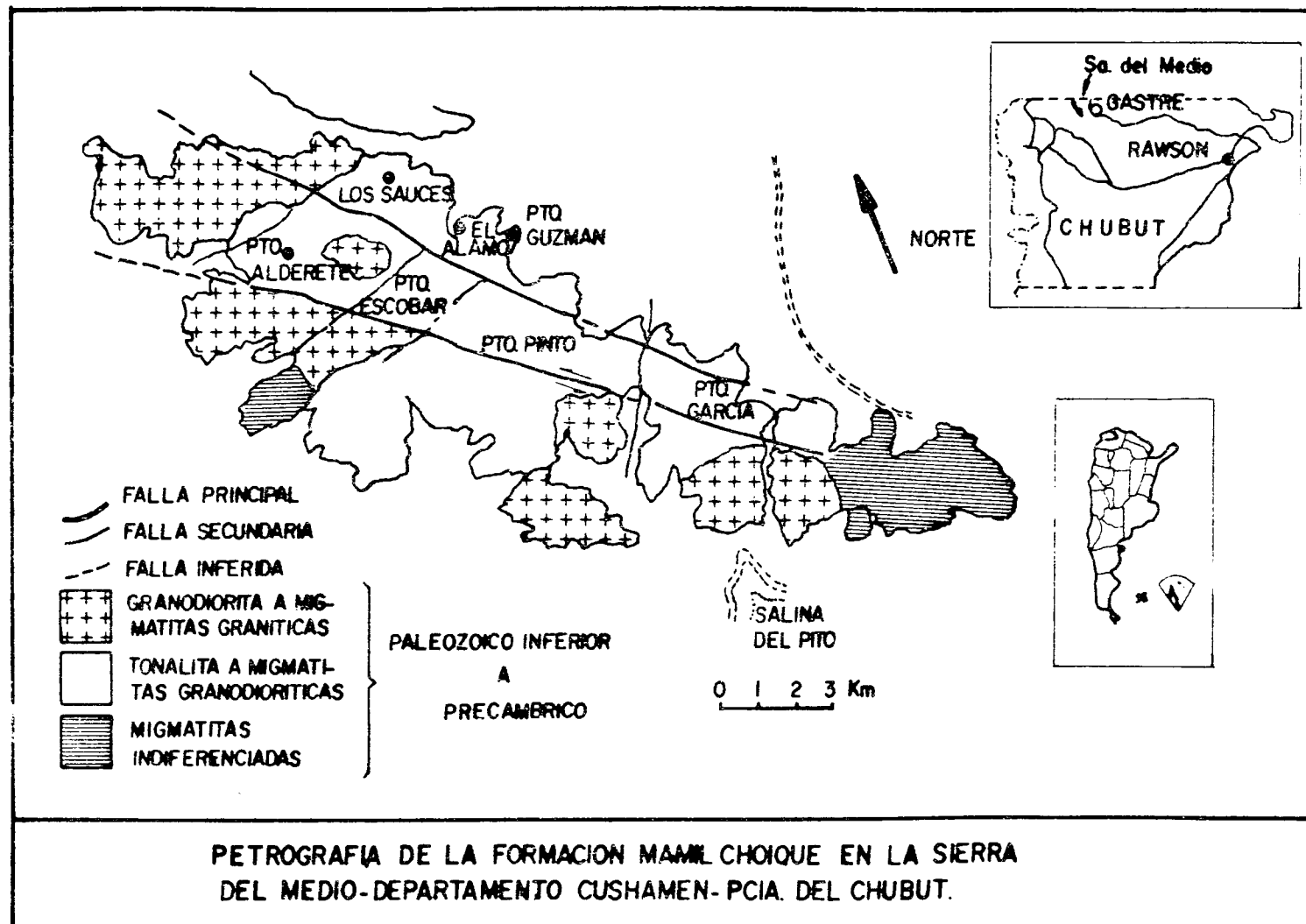


FIGURA N°1

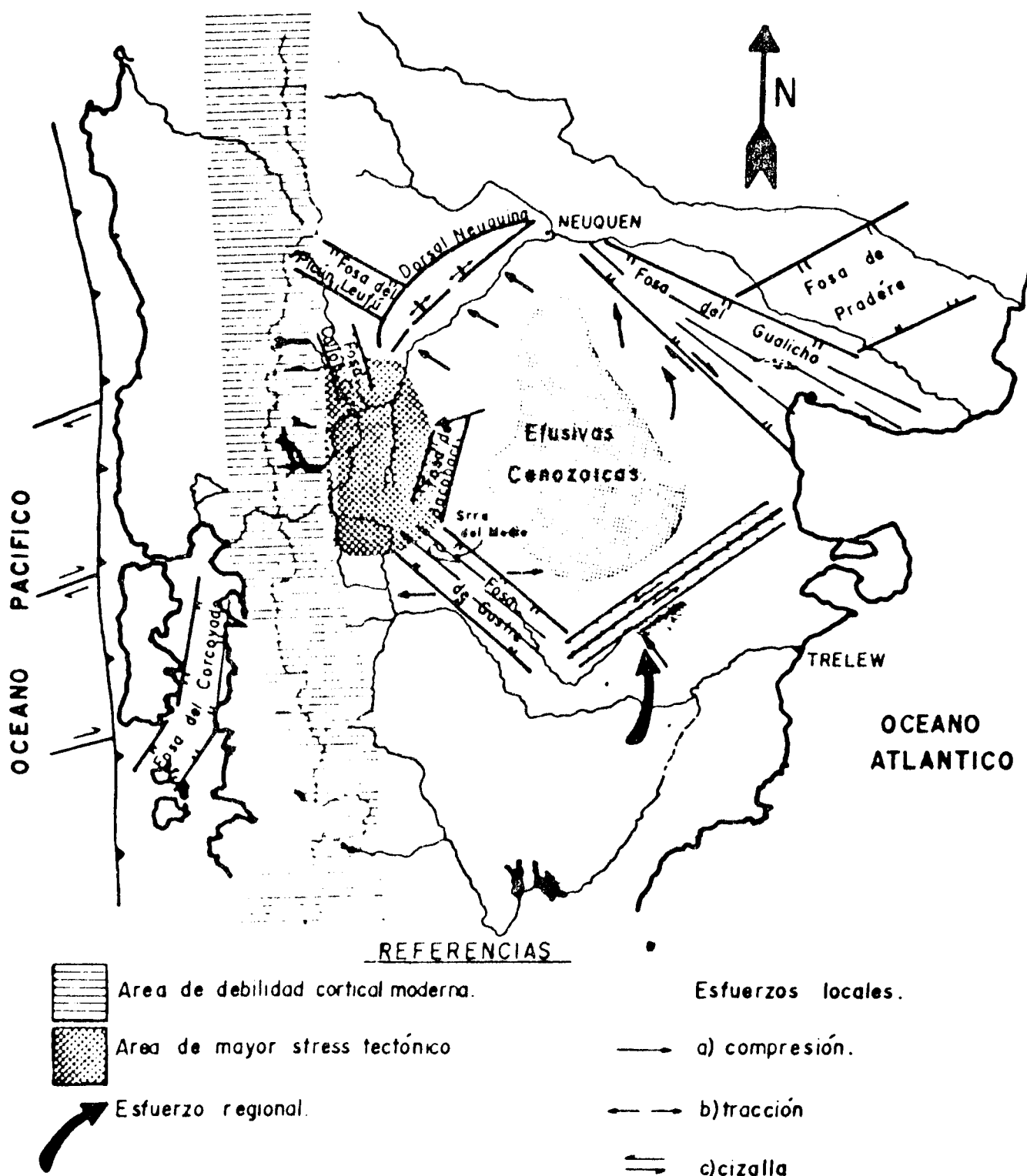
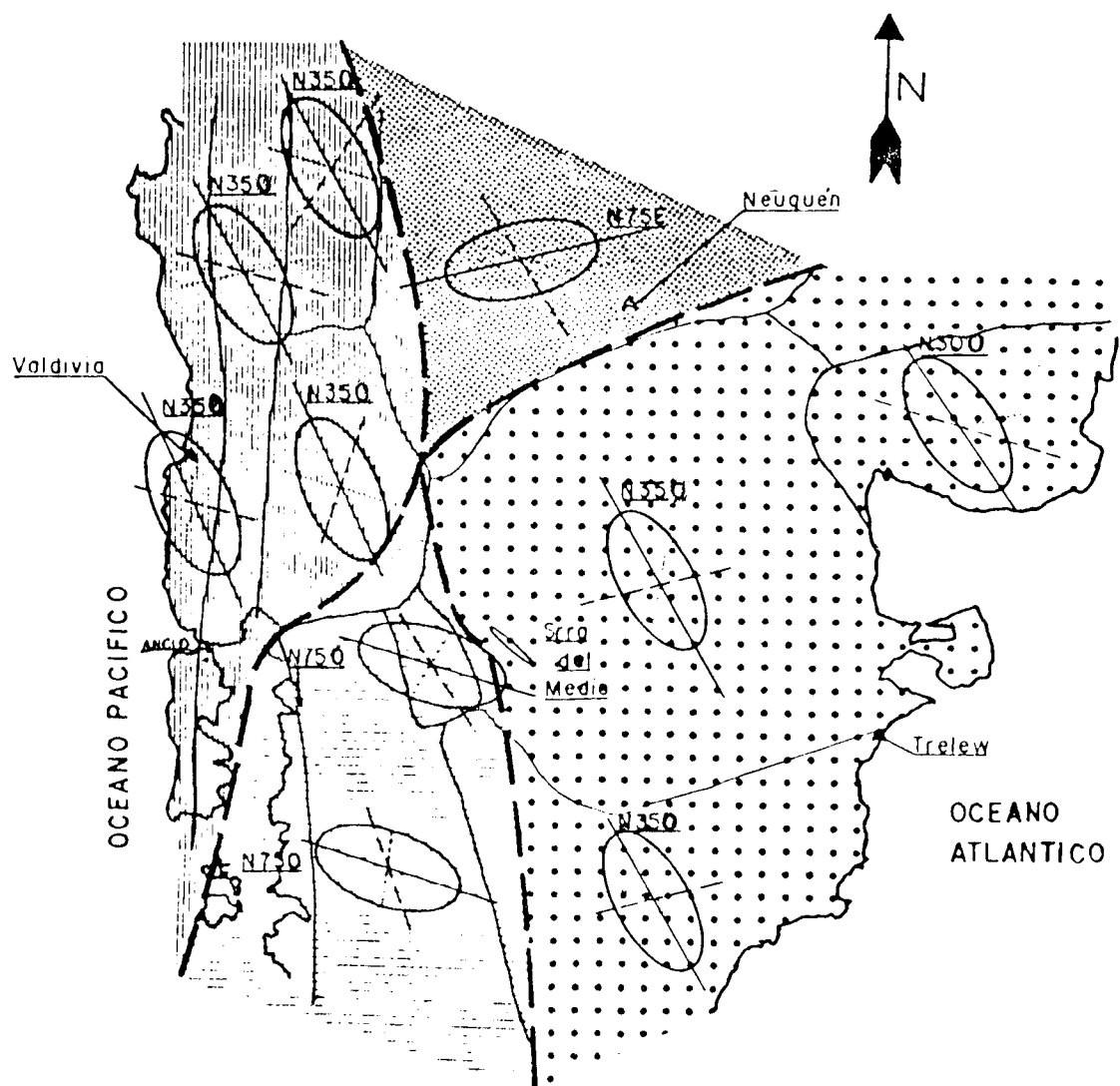


Figura N°2

CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES Y MEGATRAZAS
DE LA REGION NORPATAGONICA



REFERENCIAS:

-  Elipsoides de Deformación
-  Dominio Andino
-  Dominio Austral
-  Dominio Extraandino
-  Dominio Neuquino

FIGURA N°3

DIAGRAMA DE LAS PROVINCIAS ESTRUCTURALES
DE LA REGION NORPATAGONICA

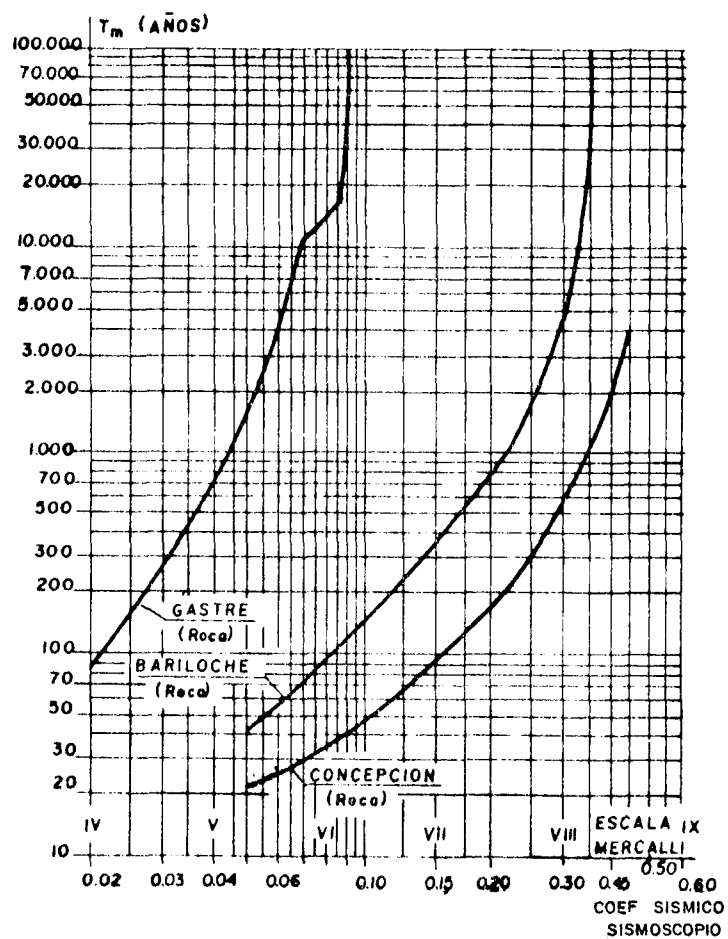


FIGURA N°4

TIEMPOS MEDIOS DE OCURRENCIA DE INTENSIDADES SISMICAS EN
GASTRE COMPARACION CON OTRAS UBICACIONES

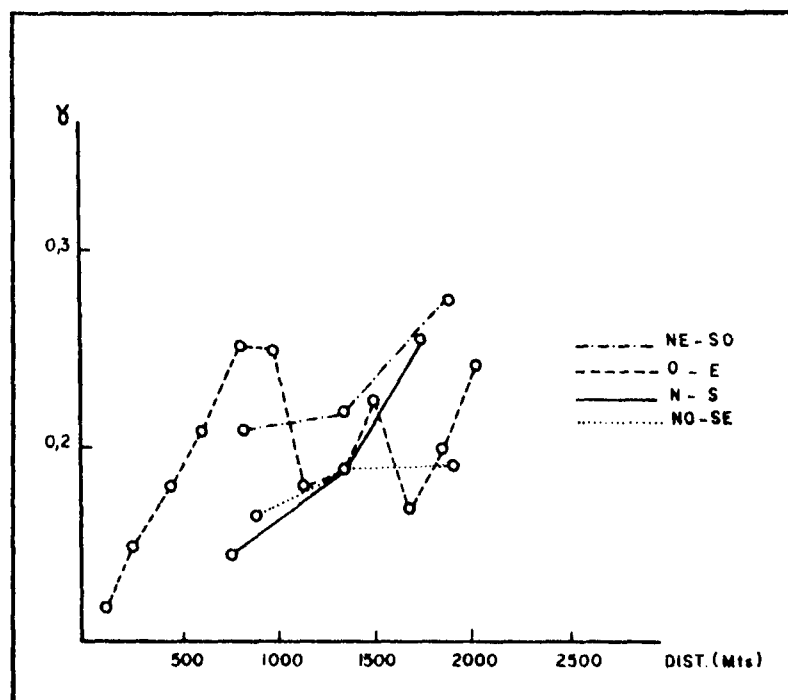


FIGURA N° 5

SEMI VARIOGRAFIA OBTENIDA EN FORMA EXPERIMENTAL PARA
EL SECTOR PRESELECCIONADO DE LA SIERRA DEL MEDIO

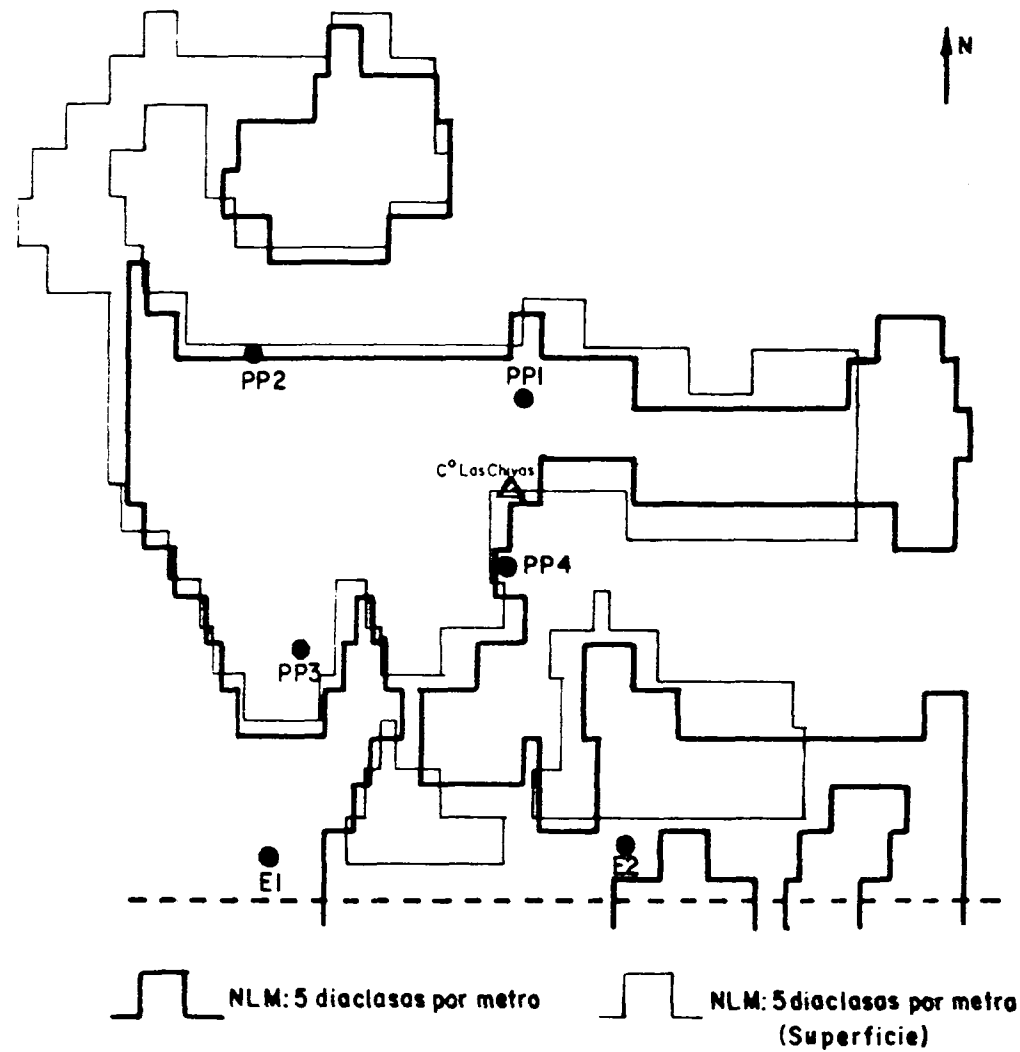


FIGURA N°6

BANCO N°18 DEL MODELO DE FACTURACION (PARA AREAS DE 50x50 m)
TAMBIEN SE MUESTRA LA FRACTURACION DE SUPERFICIE CORRESPONDIENTE

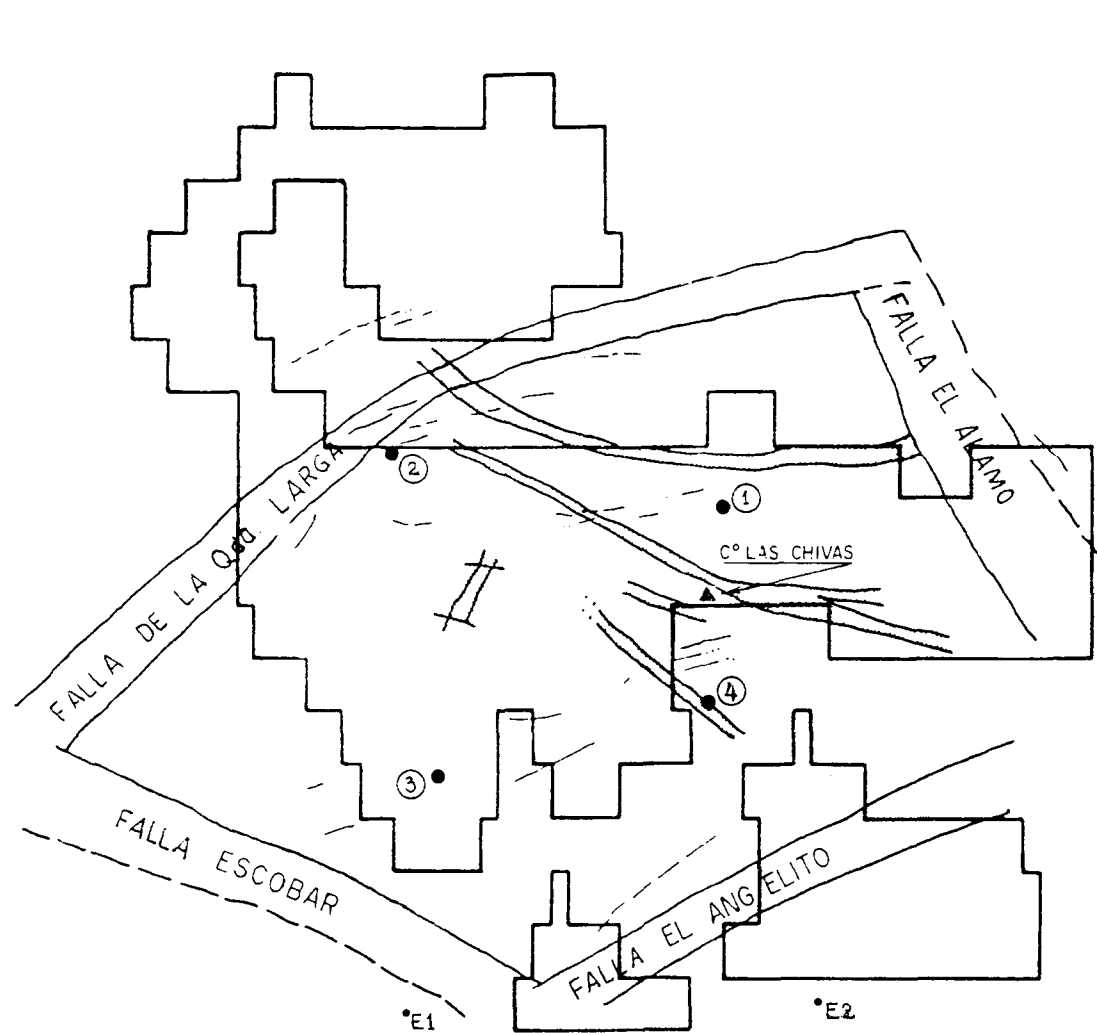


FIGURA N°7

AREA DE MINIMA FRACTURACION EN SIERRA DEL MEDIO

REFERENCIAS

-  Falla Principal
-  Falla Secundaria
-  Diques
-  Perforaciones Profundas
-  Perforaciones Intermedias
-  NLM 5 Fracturaciones por mt

PERFORACION PROFUNDA N°	NLM DE LA UNIDAD DE SUP. CORRESP. A LA PERFORACION	VALOR MEDIO DE LA FRACTURACION
2	5,95	5,59
3	2,87	4,06
4	6,43	3,96
E1	9,73	4,85
E2	3,97	3,53

- REPO-01 Beninson, D.; Migliori de Beninson, A.
"Radiological impact of radioactive waste management"
- REPO-02 Lucero Michaut, H.
"Aplicación de la geoestadística a la resolución de problemas estructurales en macizos rocosos homogéneos"
- REPO-03 Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión"
- REPO-04 Ventura, M.; Ferreri, J.C.
"Evolución temporal de un macizo granítico bajo cargas térmicas generadas por productos de fisión (estudio paramétrico)"
- REPO-05 Beninson, D.
"Radioactive emissions and radiation exposures resulting from nuclear power production"
- REPO-06 Beninson, D.; Lindell, B.
"Application of ICRP recommendations to radioactive waste isolation"
- REPO-07 Migliori de Beninson, A.; Cancio, D.
"Impacto radiológico de la gestión de residuos radiactivos del Programa Nuclear Argentino"
- REPO-08 Migliori de Beninson, A.; Palacios, E.
"Política en materia de gestión de desechos y su aplicación en Argentina"
- REPO-09 Palacios, E.; et al.
"Bases conceptuales para la construcción de un repositorio en la Argentina".
- REPO-10 Palacios, E.; et al.
"Estudios para la selección del emplazamiento de un repositorio en Argentina"
- REPO-11 Matar, J.A.; Girardi, J.P.; Matar de Sarquís, M.
"Aplicación de técnicas geoestadísticas al estudio de una formación granítica destinada a la construcción de un repositorio"
- REPO-12 Ferreri, J.C.; VENTURA, M.
"Numerical aspects of the study of the regional thermal impact of a radioactive waste repository"
- REPO-13 Ferreri, J.C.; Caballero, C.H.
"Difusión de calor a partir de una fuente plana rectangular finita"
- REPO-14 Beninson, D.; González, A.J.
"Radiological protection criteria for radioactive waste repositories"
- REPO-15 Palacios, E.; Ferreri, J.C.
"Marco conceptual para el desarrollo de los modelos de predicción de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"

- REPO-16 Ferreri, J.C.; Ventura, M.
"Aspectos numéricos del modelado de los efectos locales de un repositorio de residuos radiactivos de alta actividad"
- REPO-17 Beninson, D.
"Criterios de radioprotección en el caso de eventos disruptivos probabilísticos"
- REPO-18 Ferreri, J.C.; Grandi, G.
"Models for the study of the local effects produced by a high-level radioactive waste repository"
- REPO-19 Beninson, D.J.; et al.
"The argentine radioactive waste repository: basic criteria, preliminary siting and design conceptual basis"
- REPO-20 De Micheli, S.M. de; et al.
"Uso del plomo en contenedores de residuos radiactivos de alta actividad: estudio de resistencia a la corrosión"
- REPO-21 Peruca, J.C.; et al.
"Investigaciones geológicas e hidrológicas con procesamiento geoestadístico en la preselección del emplazamiento de un repositorio subterráneo para los residuos radiactivos de alta actividad del Programa Nuclear Argentino"
- REPO-22 Varani, J.L.; et al.
"Analysis of different vitreous matrices of the borosilicatype"
- REPO-23 Varani, J.L.; Petraitis, E.J.; Vazquez, A.
"Vitrificación de residuos radiactivos líquidos de alta actividad"
- REPO-24 Varani, J.L.; Petraitis, E.J.; Pasquali, R.C.
"Evaluación de matrices vítreas para inclusión de residuos radiactivos"
- REPO-25 Russo, D.; Messi de Bernasconi, N.; Audero, M.
"Fijación de residuos de alta actividad en matriz vítrea sinterizada"
- REPO-26 Wetten, C.; Grassi, J.I.
"Hydrogeological features of a rocky massif to be used as a nuclear repository"
- REPO-27 Girardi, J.P.; Matar de Sarquís, M.
"Selection of a minimum fracturation area by means of geostatic for emplacement of subsurface civil works of a nuclear repository in crystalline rock"
- REPO-28 Matar, J.A.; et al.
"Geostatistical investigations of rock masses. The Sierra del Medio case (Argentina)"
- REPO-29 Perucca, J.C.; et al.
"Geological and geophysical investigations at Sierra del Medio Massif - Argentina"

- REPO-30 Russo, D.O.; Messi de Bernasconi, N.; Audero, M.A.
"Inmovilización de residuos de alta actividad en vidrios sinterizados: 1) Proceso de prensado en caliente"
- REPO-31 Bevilacqua, A.M.; et al.
"Inmovilización de residuos de alta actividad en vidrios sinterizados: II) Proceso de prensado a temperatura ambiente"
- REPO-32 Ventura, M.
"Predicción de la migración de radionucleídos en un medio rocoso. Parte I"
- REPO-33 Ventura, M.
"Predicción en la migración de radionucleídos en un medio rocoso. Parte II-Caso bidimensional"
- REPO-34 Palacios, E.
"Política argentina para la eliminación de residuos radiactivos"
- REPO-35 Pahisa, M.; et al.
"Primeros ensayos vinculados a la vitrificación de residuos líquidos de alta actividad".

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
Gerencia Protección Radiológica y Seguridad

	Domicilio Postal Postal Address	Télex	Facsimil	Teléfono
Sede Central (Main Headquarters)	Av. Libertador 8250 1429 - Buenos Aires Argentina	21388 PREAT AR	701 - 2431 (int. 248) (ext. 248)	701 - 2431
Centro Atómico Ezeiza Ezeiza Atomic Center	Casilla de Correo 40 1802 - Aeropuerto Ezeiza Argentina	23462 CAE PRS AR	620 - 0480	620 - 0160