

0
X12
V15
IV

38130

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
Dirección de Cooperación Técnica
Area Organización Estatal

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y EVALUACION
GEOMECANICA APLICADOS A OBRAS
ESTRATEGICAS

PROVINCIA DE CORDOBA

INFORME FINAL



Experto Contratado

NESTOR J.L. VENDRAMINI

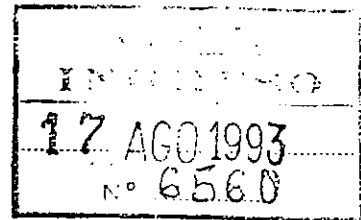
O/X.12
V15
IV

13 de agosto de 1993


T1132
H 1112
H 2226

Córdoba 12 de agosto de 1993

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
San Martín 871
1004-Buenos Aires
Ingeniero Juan José Ciacera
S. / D



Se deja constancia de la entrega de un ejemplar del
cuadruplicado correspondiente al informe técnico final en la
oficina de la representación CFI provincial (Cba).


Néstor J. E. Vendramini
Geólogo Experto
M.P. 453

Recibi copia de un ejemplar
Lic Ana Emilia de
Coord. Interjurisdiccional

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

SECRETARIO GENERAL
Ing. Juan José Ciacera

DIRECCION DE COOPERACION TECNICA
Ing. Susana Bonnefón de Blundi

AREA ORGANIZACION ESTATAL
Ing. Agr. Miguel Angel Basualdo

PROFESIONAL A CARGO DEL ESTUDIO
Ing. Martinez

PROVINCIA DE CORDOBA

GOBERNADOR
Dr. César, Angeloz

MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS
Ing. Julio Rodriguez

DELEGADO PROVINCIAL DEL C.F.I
Ing. Pablo Bracamonte

INFORME FINAL

INDICE TEMATICO

I) Selección de los sitios de estudio.

II) Trabajos realizados en el vertedero y muro de contrafuertes de la presa Cruz del Eje.

II-1) Síntesis de la composición del dique y sus anexos.

- a) Muro Central
- b) Conducción Toma
- c) Descargadores de Fondo
- d) Vertedero y Anexos
- e) Dique de Tierra

II-2) Trabajos a realizar en la fundación de la estructura del vertedero y zonas de compuertas.

II-3) Estudios previstos con ensayos no destructivos en sectores del Muro de Contrafuertes.

II-4) Estudios de estabilidad de taludes en el estribo de margen derecha y acceso carretero al dique San Roque.

III) Presentación de resultados.

III-1) Trabajos en la presa Cruz del Eje.

III-2) Macizo de fundación de la estructura del vertedero y compuertas hidráulicas.

III-21) Introducción.

III-22) Clasificación geomecánica de las diferentes zonas.

- .- Zona geotécnica I
- .- Zona geotécnica II
- .- Zona geotécnica III

III-23) Ensayos de Mecánica de Rocas

- a) Carga Puntual
- b) Resistencia al corte

IV) Procedimientos de ensayos (corte directo).

V) Modelización de Resultados de resistencia al corte roca-roca.

VI) Tratamiento de datos estructurales (macizo rocoso).

- a) Espaciamientos

b) Orientaciones

VII) Relevamientos de fisuras en contrafuertes.

VII-1) Relevamientos y Características.

VII-2) Ultrasonido Estructural.

VIII) Comentarios del cierre de materiales sueltos / terraplén.

IX) Evaluaciones geomecánicas en el estribo de margen derecha del dique San Roque.

IX-1) Descripción geomecánica del macizo rocoso (MD).

X) ANEXOS

Anexo 1 - Dique Cruz del Eje

- . Mecánica de Rocas macizo de fundación vertedero
 - . Carga Puntual
 - . Corte roca-roca gneis esquistoso
 - . Corte roca-roca gneis masivo
 - . Corte roca-roca junta cierra
 - . Corte hormigón-roca

Anexo 2 - Dique Cruz del Eje

- . Modelización de resultados de ensayos de corte

Anexo 3 - Dique Cruz del Eje

- . Relevamientos de discontinuidades
 - . Líneas de Muestreo
 - . Orientaciones

Anexo 4 - Presa San Roque

- . Ensayos de Carga Puntual

Anexo 5 - Presa San Roque

- . Tratamiento de datos estructurales

Anexo 6 - Metodologías

Anexo 7 - Presa Cruz del Eje

- . Planos y documentación técnica
 - . Imagen satelital
 - . Carta geotécnica macizo vertedero
 - . Corte y planta contrafuerte tipo
 - . Fotos muros de contrafuertes y macizo rocoso

Anexo 8 - Presa San Roque

- . Ubicación
- . Fotos aéreas E 1:20000
- . Fotointerpretación Regional
- . Fotointerpretación local
- . Plano de proyecto original(1928)

INFORME FINAL

INDICE TEMATICO

I) Selección de los sitios de estudio.

II) Trabajos realizados en el vertedero y muro de contrafuertes de la presa Cruz del Eje.

II-1) Síntesis de la composición del dique y sus anexos.

- a) Muro Central
- b) Conducción Toma
- c) Descargadores de Fondo
- d) Vertedero y Anexos
- e) Dique de Tierra

II-2) Trabajos a realizar en la fundación de la estructura del vertedero y zonas de compuertas.

II-3) Estudios previstos con ensayos no destructivos en sectores del Muro de Contrafuertes.

II-4) Estudios de estabilidad de taludes en el estribo de margen derecha y acceso carretero al dique San Roque.

III) Presentación de resultados.

III-1) Trabajos en la presa Cruz del Eje.

III-2) Macizo de fundación de la estructura del vertedero y compuertas hidráulicas.

III-21) Introducción.

III-22) Clasificación geomecánica de las diferentes zonas.

- .- Zona geotécnica I
- .- Zona geotécnica II
- .- Zona geotécnica III

III-23) Ensayos de Mecánica de Rocas

- a) Carga Puntual
- b) Resistencia al corte

IV) Procedimientos de ensayos (corte directo).

V) Modelización de Resultados de resistencia al corte roca-roca.

VI) Tratamiento de datos estructurales (macizo rocoso).

- a) Espaciamientos

b) Orientaciones

VII) Relevamientos de fisuras en contrafuertes.

VII-1) Relevamientos y Características.

VII-2) Ultrasonido Estructural.

VIII) Comentarios del cierre de materiales sueltos / terraplén.

IX) Evaluaciones geomecánicas en el estribo de margen derecha del dique San Roque.

IX-1) Descripción geomecánica del macizo rocoso (MD).

X) ANEXOS

Anexo 1 - Dique Cruz del Eje

- . Mecánica de Rocas macizo de fundación vertedero
 - . Carga Puntual
 - . Corte roca-roca gneis esquistoso
 - . Corte roca-roca gneis masivo
 - . Corte roca-roca junta cierra
 - . Corte hormigón-roca

Anexo 2 - Dique Cruz del Eje

- . Modelización de resultados de ensayos de corte

Anexo 3 - Dique Cruz del Eje

- . Relevamientos de discontinuidades
 - . Líneas de Muestreo
 - . Orientaciones

Anexo 4 - Presa San Roque

- . Ensayos de Carga Puntual

Anexo 5 - Presa San Roque

- . Tratamiento de datos estructurales

Anexo 6 - Metodologías

Anexo 7 - Presa Cruz del Eje

- . Planos y documentación técnica
 - . Imagen satelital
 - . Carta geotécnica macizo vertedero
 - . Corte y planta contrafuerte tipo
 - . Fotos muros de contrafuertes y macizo rocoso

Anexo 8 - Presa San Roque

- . Ubicación
- . Fotos aéreas E 1:20000
- . Fotointerpretación Regional
- . Fotointerpretación local
- . Plano de proyecto original(1928)

CONTRATO DE OBRA
EXPEDIENTE N° : 2433
PROVINCIA : CORDOBA
TITULO : " USO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y MODELIZACION
GEOMECANICA".
EXPERTO: GEOLOGO NESTOR JOSE LUIS VENDRAMINI

INFORME FINAL.

I) SELECCION DE LOS SITIOS DE ESTUDIO : De acuerdo con las unidades temáticas de investigación propuestas en el plan de trabajos, se han determinado los siguientes:

1.- Relevamiento geológico - geotécnico del macizo rocoso de fundación del Vertedero y Estructura de Compuertas de la Presa Cruz del Eje (Córdoba), incluyendo su Clasificación Geomecánica y Parametrización.

2.- Evaluación del fisuramiento y las condiciones estructurales del Hormigón de las Cabezas de los Contrafuertes (tipo Noetzli - Muro Central Presa Cruz del Eje) se elegirán Contrafuertes testigos de un total de 86 existentes, en el sector de presa de Hormigón Aligerado (contrafuertes).

3.- Determinación de las condiciones de estabilidad, definiendo factores de seguridad, con un modelo estadístico-probabilístico del Macizo Rcoso que conforma el Talud del acceso y Estribo de margen derecha, del Dique San Roque (Córdoba).

Estos estudios con carácter preliminar tienen como finalidad principal desarrollar, ajustar y aplicar metodologías específicas para evaluaciones de seguridad de obras de envergadura, tales como Obras Hidro - Energéticas, Vías de Comunicación, Centrales Nucleares etc.

En este informe se realiza una presentación metodológica, de modelos para la evaluación geomecánica de macizos rocosos, de propio desarrollo, las que han sido ajustadas, para aplicaciones específicas en los sitios de estudios propuestos, ya mencionados, incluyendo la puesta a punto de los softwares de cálculo.

II) TRABAJOS REALIZADOS EN LA ESTRUCTURA DE VERTEDERO, COMPUERTAS Y MURO DE CONTRAFUERTE DE LA PRESA CRUZ DEL EJE.

II-1) SINTESIS DE LA COMPOSICION DEL DIQUE Y SUS ANEXOS

El dique se emplaza en el sitio donde capta íntegramente las afluencias del río Cruz del Eje (zona de unión de los ríos Quilpo, Candelaria y San Marcos) donde, los estudios realizados en su época (anterior a 1940) evidenciaron que con el mínimo se masa de fundaciones y elevación, para cerrar la garganta, arrojaba el reservorio de capacidad máxima.

Su longitud total de 3080 metros, esta integrada por siete tramos rectos con ángulos muy abiertos, ligados por curvas suaves, formando así la alineación que resulto de coste mínimo.

Se compone de los siguientes órganos solidarios entre sí, según se muestra en planta y perfil:

a) Muro Central - Con 860 m. de longitud y alturas entre 17 m. y 40 m. de Hormigón a contrafuertes de cabeza redonda, tipo Noetzli, con 86 unidades distanciadas entre sí 10 m. o sea el ancho de cada cabeza contra el agua. La cresta, con su parapeto al agua y su baranda de hierro sirve de andén en los 860 m. con ancho mínimo de 2 m. (criteriosamente se evaluará el fisuramiento de algunas de estas estructuras).

b) Dos conductos de toma - Unidos de reja y casilla común con válvulas de descarga tipo aguja, y sistema preparado para conectar con los 2 caños de presión \varnothing 1.10 m.

c) Dos descargadores de fondo - Construidos de caños de fundición \varnothing 0.60 m. Tienen boca común de entrada con sendas compuertas de emergencia seguida con válvulas esclusa de salida vertiendo al río.

d) Vertedero y anexos - Con 59 m. de longitud, en muro de hormigón, unido de dos escotaduras de 27 m. * 8 m. c/u. que sierran por compuertas de accionamiento hidráulico permitiendo evacuar $2000 \text{ m}^3 / \text{s}$, vertiendo en una pileta de amortiguamiento, seguida de un canal de salida al río de 60 m de ancho por 200 m de largo (sector de evaluación geomecánica del presente trabajo).

e) Dique auxiliar de tierra - con longitud de 2000 m. y altura máxima de 20 m. ligado al muro principal con un cabecero dentado de hormigón que lleva consigo media cabeza redonda, el terraplén está hecho con tierras prolijamente compactadas y su cara de agua, lleva diente, pantalla y parapeto de hormigón armado, la de aguas abajo va protegida por una cáscara de delgada de hormigón pobre, formando mosaico, su cresta forma calzada de doble vía hasta el contacto con el muro principal, donde hay un Rond-point, seguido de otra calzada descendente hasta llegar al terreno natural. Varios dispositivos drenantes e interceptores completan el dique de tierra.

II-2) Trabajos a realizados en la fundación de la estructura del vertedero y zona de compuertas.

A partir de los afloramientos de roca, existentes en el macizo de fundación de toda "la estructura de hormigón compuertas / vertederos" y por ser esta una parte vital en el comportamiento de servicio de la obra, se considero la evaluación, clasificación y parametrización de este macizo (mecánica de rocas), incluyendo:

- Relevamiento planialtimétrico del afloramiento (base topográfica), escala 1 : 250 presentándose en este informe el plano preliminar y el cálculo taquimétrico.

- Evaluación litológica y estructural, apoyada sobre la base anterior, (mapa geológico).

- Relevamiento del fracturamiento (diaclasas) con criterio de medición general por zonas de muestreo y según escanlines. Tratamiento con un modelo estadístico - probabilístico (MEP) a los datos de orientación, definiendo el número de familias, sus coordenadas representativas y parámetros estadísticos (elipses de dispersión), se anexan los aspectos principales de este modelo.

- Los datos de espaciamiento de fracturas, obtenidos luego de realizada una zonificación del afloramiento, se procesaron con el modelo que se adjunta, obteniéndose estadísticamente los valores característicos como así también la función de distribución. Con estos valores se calcularon los RQD (Rock Quality Designation) parámetro importante para las clasificaciones geomecánicas a realizar posteriormente.

- Obtenidos los datos de entrada, el macizo o las zonas de macizo determinadas se clasificaron utilizando La Clasificación Geotécnica de Beniaowski (CSIR) definiéndose los rating correspondientes.

.- La parametrización que resultante de la secuencia de estudios explicitada se mejoró con la realización de ensayos de mecánica de rocas en muestras de pequeña sección, corte directo y point load (métodos en los que el subscripto ha trabajado extensamente - ver curriculum vitae).

.- Finalmente se obtuvo un documento actualizado de la roca de emplazamiento de esta importante estructura, esto a partir de investigaciones de superficie, pudiendo de acuerdo a requerimientos específicos, sugerirse una investigación de subsuelo. Además se realiza una presentación metodológica de evaluación que es de interés aplicar en otras obras hidráulicas de la provincia (ver documentación fotográfica).

II-3) ESTUDIOS CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DE SECTORES DEL MURO DE CONTRAFUERTE

De acuerdo a la experiencia reunida actualmente, a través de competentes trabajos de aplicación práctica y líneas de investigación es consistente suponer que la aplicación de los ensayos no destructivos (END) para predecir y/o evaluar condiciones físico-mecánicas de estructuras de hormigón u hormigón armado, constituye una técnica eficiente y expeditiva.

Se realizaron evaluaciones (con carácter preliminar) de Ultrasonido en sectores donde las estructuras (contrafuertes) están visiblemente afectadas por fisuramiento (mas de 40 años de servicio) y zonas donde el hormigón no se encuentra en principio degradado.

De acuerdo con las inspecciones in - situ realizadas resultó de interés realizar mediciones del fisuramiento en la parte superior de algunos contrafuertes (cabezas) testigos, lo que incluiría ; Materialización de algunas líneas de muestreo (scan lines), a fin de evaluar y documentar las características físicas de las fisuras como su, espesor, persistencia, relleno y espaciamiento. El problema de este plan de trabajo (para el cual se realizaron gestiones específicas) es el riesgoso acceso a la parte superior de los contrafuertes a fin de realizar las mediciones. En efecto se debe trabajar "colgado" pisando el paramento inclinado y muy próximo a cables de tensión (en este sentido se consiguió el corte de energía en los lapsos de estudio).

II-4) Estudios de Estabilidad de Taludes en el Estribo de Margen Derecha y Acceso Carretero al Dique San Roque

Este trabajo cuya documentación fotográfica se anexa, incluyo la aplicación integral de las herramientas geomecánicas computacionales presentadas, a un importante y estratégico macizo rocoso, tal lo constituye, la parte superior del estribo de margen derecha de la presa San Roque (Cba) y Talud principal de la carretera inmediata de acceso.

La zona elegida a tenido frecuentes deslizamientos de bloques de volúmenes importantes (ya que se han generado taludes de alto ángulo), Años atrás uno de estos, inutilizó por varios días uno de los puentes carreteros incluido dentro de la zona de trabajo. Teniendo en cuenta además las características de macizo "estribo" de la Presa y considerándose esta margen derecha como la de la de menor calidad geomecánica, los estudios a realizados incluyeron las siguientes tareas geológico - geotécnicas:

- .- Relevamientos geológico-estructurales según perfiles transversales a la ruta, en progresivas consideradas de mayor interés de evaluación en cuanto a su estabilidad.

- .- Clasificación geomecánica (Beniaowski - ISRM) de los macizos que conforman los taludes.

- .- Tratamiento de las discontinuidades con el modelo estructural probabilístico (MEP).

- .- Análisis preliminares de estabilidad (Test de Marcland).

- .- Análisis numéricos determinando factores de seguridad por Equilibrio Límite considerando máxima carga de variables, y evaluación Estocástica (Simulación de Montecarlo).

III) PRESENTACION DE RESULTADOS

III-1) TRABAJOS EN PRESA CRUZ DEL EJE

III-2) Macizo de fundación de la estructura del vertedero y compuertas hidráulicas.

III-21) INTRODUCCION : Se exponen los resultados de la zonificación geomecánica y ensayos de mecánica de rocas del macizo rocoso de emplazamiento de la estructura del vertedero y compuertas hidráulicas de la presa Cruz del Eje (Cba).

A partir de la base topográfica realizada a escala 1:250 se confeccionó una carta que incluye una zonificación geotécnica realizada a partir de las características estructurales, litológicas y mecánicas de los tipos de roca existentes en el macizo de fundación de la estructura ya mencionada.

De este modo a partir de relevamientos in - situ se realizaron mapeos, organizando geográficamente los diferentes tipos litoestructurales, y extrayéndose muestras para ensayos de laboratorio, Point Load (carga puntual) y Ensayos de Corte Directo.

Se determinaron cuatro zonas geotécnicas, siendo las tres primeras las que son representativas de la roca de fundación ya que la zona cuatro (ver anexo con el plano) pertenece exclusivamente al canal de descarga aguas abajo, también es importante notar que la roca inmediata al cuerpo derecho de la estructura vertedero (perfil kriger) no se pudo mapear por la presencia de vegetación y bloques que la cubren totalmente.

Se midieron los datos de espaciamientos y orientación de los principales sistemas de discontinuidades, tratándose de relevar los de mayor envergadura geotécnica.

III-22) CLASIFICACION GEOMECANICA DE LAS DIFERENTES ZONAS

Se utilizó la clasificación geomecánica de Beniaowski (1979) en todos los casos determinándose el índice RMR (rock mass rating).

ATRIBUTOS DE LA CLASIFICACION :

ZONA GEOTECNICA I :

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE: 2 (16.97 mpa).
(promedio de ocho ensayos point load).

INDICE DE CALIDAD DE ROCA (RQD): 14 (70 %) .

ESPACIAMIENTO MEDIO : 10 (tres a seis discount por metro).

CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES : 10 (pared débil poco
rugosa).

CONDICION DE AGUA : 7 (agua intersticial)

LITOLOGIA : ROCA APLITICA DE GRANO GRUESO.

RMR ZONA I = 57.97 MACIZO ROCOSO DE BAJA CALIDAD.

$E_m = 15940 \text{ Mpa}$ (Según RMR obtenido).

Es importante notar que esta zona (ver plano) que interesa el extremo izquierdo del vertedero, se encuentra muy meteorizada siendo probable su mejoramiento en el subsuelo, el parámetro que genera mayor limitación geotécnica es "la resistencia de la roca intacta" la cual por sus valores bajos, influye negativamente en el índice RMR obtenido.

ZONA GEOTECNICA II :

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE: 3 (22.25 mpa).
(promedio de nueve ensayos point load).

INDICE DE CALIDAD DE ROCA (RQD): 10 (50 a 70 %) .

ESPACIAMIENTO MEDIO : 8 (cuatro a diez discount por metro):

CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES : 10 (pared débil poco
rugosa).

CONDICION DE AGUA : 7 (agua intersticial)

LITOLOGIA : GNEIS ESQUISTOSO .

RMR ZONA II = 38 MACIZO ROCOSO DE MALA CALIDAD

$E_m < 8800 \text{ Mpa}$ (Según RMR obtenido).

En este caso influye la alta densidad de discontinuidades y la presencia de esquistocidad, generando un macizo rocoso de mala calidad pero que solo interesa la porción distal izquierda del vertedero.

ZONA GEOTECNICA III :

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE: 7 (75.37 mpa).
(promedio de nueve ensayos point load).

INDICE DE CALIDAD DE ROCA (RQD): 20 (90 a 100 %) .

ESPACIAMIENTO MEDIO : 15 (dos a tres discont por metro).

CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES : 20 (pared resistente
poco rugosa).

CONDICION DE AGUA : 7 (agua intersticial)

LITOLOGIA : GNEIS MASIVO.

RMR ZONA III = 69 MACIZO ROCOSO DE BUENA CALIDAD

$E_m = 38000 \text{ Mpa}$ (Según RMR obtenido).

Este tipo de macizo ocupa la parte central del canal de fuga, donde se emplazan las compuertas hidráulicas y podría decirse que volumetricamente sería este el macizo mas representativo como roca de fundación en el vertedero.

III-23) ENSAYOS DE MECÁNICA DE ROCAS

A). Ensayos de Carga Puntual : Como método expeditivo para determinar la resistencia a la compresión simple se realizaron

ensayos de carga puntual sobre muestras de superficie correspondientes a las zonas I, II y III, los resultados se explicitan en el anexo n° 1.

B) ENSAYOS DE RESISTENCIA AL CORTE (anexo)

OBJETO

Los estudios se realizaron mediante Ensayos de Corte Directo en laboratorio, en probetas de roca provenientes del macizo rocoso de emplazamiento del vertedero y compuertas hidráulicas, teniendo en cuenta la zonificación geotécnica realizada.

En particular los ensayos determinaron la Resistencia al Corte sobre discontinuidades (diaclasas), correspondientes al gneis esquistoso (zona geotécnica II) y al gneis masivo de la zona geotécnica III (ver plano adjunto), también se estudiaron y ensayaron superficies hormigón / roca y roca / roca en discontinuidades aserradas, la roca intacta correspondiente a todas las zonas se estudio mediante ensayos Point Load (Carga Puntual).

Para el estudio de corte hormigón roca en laboratorio, se preparó una probeta mixta con un micro hormigón sobre la superficie fresca de roca (gneis masivo), quedando el contacto como plano impuesto en el ensayo de corte. La probeta (de veinte cm2 de sección) se ensayo con una edad de catorce días habiéndose usado acelerante de frague.

Esta última investigación no tiene características de ensayo de diseño, si no de una caracterización preliminar definiendo los parámetros de corte movilizados en una prueba de pequeña escala.

CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS

Las muestras estudiadas consistieron en probetas de roca, extraídas in - situ de manera que incluyeran discontinuidades representativas con secciones entre 20 y 30 cm2.

Las características de las diaclasas, eran de tipo ondulante y poco rugosas, con alteración variable de media a elevada.

EQUIPAMIENTO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS.

a- Aplicación de cargas

Se utilizaron los siguientes elementos:

- Marco de reacción rígido, contruido con perfiles Grey, con luz interior de 50 cm.

- Gatos hidráulicos (2), de 10 toneladas de capacidad c/u, accionados con bomba manual y controlados con manómetros calibrados.

- Sistema de rótulas u rodillos de acero, lubricados, para asegurar el centrado de cargas y deslizamiento sin resistencias parásitas.

- El dispositivo de montaje utilizado, con la fuerza de corte rasante la superficie ensayada, evita la influencia de momentos flectores sobre la misma.

b- Caja de corte

La denominada caja de corte, estaba compuesta por dos cuerpos separados, simétricos, en acero y de geometría tronco-piramidal. La luz interior máxima es de 14 centímetros previstas ex-profeso, para alojar muestras provenientes de testigos de perforación.

El confinamiento de la probeta se consigue con resistencia rígida, materializándose con material descartable, un espacio libre, coincidente con el horizonte a ensayar, de 5mm. de espesor.

c- Registro de los desplazamientos

La medición de los desplazamientos que experimenta la roca durante el ensayo, en direcciones paralela y normal a la sección de corte, se efectuó mediante un sistema de comparadores mecánicos centesimales.

Para los desplazamientos verticales y transductores (2) para el control de movimientos horizontales.

IV) PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

La metodología de los ensayos se adaptaron a las normas sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (I.S.R.M.), Dto. 1/74.

En particular, los estudios abarcados en el presente Informe, comprendieron las siguientes etapas:

a- Resistencia Inicial

En la primera parte del ensayo, se trató de determinar la Tensión Tangencial máxima (τ_m), bajo un estado de Tensión Normal (σ) constante, que resiste la sección, asumiendo que éste es el primer estado tensional que experimenta la misma.

En el transcurso del ensayo, además del registro continuo de las cargas aplicadas, se miden los desplazamientos en la dirección del esfuerzo tangencial (δ_t), y aquellos normales (δ_n) a la sección del ensayo.

En ésta etapa, además del par tensional de "pico", se determinó la Tensión Tangencial mínima o "residual" que admite la sección en estado de rotura.

b- Resistencia Friccional

En cada probeta, una vez alcanzado el estado de rotura, se trató de determinar la Resistencia al Corte que se genera en la superficie de ensayo cuando sometemos la misma a una serie distintos estados tensionales.

Para ello, cada ciclo se identifica con un estado de Tensión Normal constante, mientras la muestra es cargada tangencialmente hasta alcanzar su valor "pico", para posteriormente, una vez conseguida su estabilización en un valor mínimo, registrar la tensión tangencial "residual".

Por razones prácticas, a fin de posibilitar al caracterización de la resistencia, se adoptó el criterio de ejecutar cinco (5) ciclos friccionales, cuyos resultados permitieron calcular la Resistencia al Corte en términos de la ecuación de Coulomb.

c- CALCULOS Y REPRESENTACIONES GRAFICAS

Para cada una de las muestras ensayadas, con los datos experimentales obtenidos, se realizaron las siguientes determinaciones:

d- Planillas de Cálculo

Los distintos estados en que se desarrollaron las pruebas, fueron registradas en Planillas específicas. Así, la Resistencia Inicial (Planilla No. 1) y los ciclos friccionales (Planillas Nos. 2 a 6), además de la Tabla Resumen (Planilla No.7) y de Cálculo del Método de Regresión (Planilla No. 8).

e- Determinación de la Resistencia al Corte

El cálculo de la Resistencia al Corte en la superficie de rotura, se efectuó en términos de la ecuación de Coulomb:

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

siendo: τ : Resistencia al Corte
 σ : Tensión Normal Actuante
C: Cohesión
 ϕ : Angulo de Fricción

Para el tratamiento de los datos experimentales (pares de rotura), se utilizó el Método de Ajuste por Regresión Lineal, donde el valor R^2 indica su grado de ajuste.

El cálculo de las tensiones actuantes es permanentemente corregido en función de las modificaciones (reducción) que experimenta el área de ensayo, en virtud de los sucesivos desplazamientos a que es sometida la muestra.

f- Gráficos

Los gráficos generados son los siguientes:

- Para Resistencia Inicial

Tensión Tangencial (MPa) vs Desplazamientos
Tangenciales (mm)

Tensión Tangencial (MPa) vs Desplazamientos
Normales (mm)

Los valores negativos de δn representan ascensos (dilatancia).

- Para Resistencia Friccional

Tensión Tangencial (MPa) vs Desplazamientos
Tangenciales (mm)

Tensión Tangencial (MPa) vs Desplazamientos
Normales (mm)

Se representan cada uno de los cinco estados friccio-
nales, caracterizadas por la correspondiente Tensión Normal
Constante.

- Para Resistencia al Corte

Tensión Tangencial (MPa) vs Tensión Normal (MPa)

Constituído por los pares de "pico" para la Resistencia
al Corte máxima, y por los pares "residuales" para la Resistencia
al Corte mínima.

g- RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados generales obtenidos, tales como Planillas de
Cálculo y Representaciones Gráficas se anexan al presente
informe, ANEXO N° 2 (ENSAYOS ROCA-ROCA) Y N°3 (ENSAYOS HORMIGON -
-ROCA).

Las planillas número 7 y 8 de cada ensayo, incluyen los
pares $\sigma - \tau$ de cálculo elegidos de los gráficos, junto con el
análisis estadístico y finalmente las Ecuaciones de Coulomb para
valores picos y residuales (ver memoria técnica).

V)- MODELIZACION DE RESULTADOS DE RESISTENCIA AL CORTE ROCA-ROCA
(anexo)

Los resultados de los ensayos roca-roca, fueron modelizados
usando el criterio de "Barton", ya que en general las caracterís-
ticas de las diaclasas es de "ondulante y rugosa" constituyendo
de esa manera superficies no Coulombianas.

El ajuste no lineal realizado (método simplex), permite
obtener como salida; las tablas numéricas donde se explicitan los
coeficientes de ajuste JRC (número de rugosidad) y JCS (compre-
sión simple en la vecindad de la discontinuidad), el gráfico del
plano sigma (σ) - tau (τ) y los gráficos de variación del ángulo
de fricción instantáneo (tangente) y activo (secante).

De acuerdo con esto se obtuvo:

Gneis esquistoso:

Valores picos

$$\tau_p = \sigma_n * \tan [24.62 * \log_{10} (4.29 / \sigma_n) + \phi_r]$$

Valores residuales

$$\phi_r = 34^\circ$$

$$\tau_r = \sigma_n * \tan [14.39 * \log_{10} (4.39 / \sigma_n) + \phi_r]$$

Gneis masivo:

Valores picos

$$\tau_p = \sigma_n * \tan [22.58 * \log_{10} (12.28 / \sigma_n) + \phi_r]$$

Valores residuales

$$\phi_r = 24^\circ$$

$$\tau_r = \sigma_n * \tan [17.74 * \log_{10} (13.09 / \sigma_n) + \phi_r]$$

Resistencia al corte hormigón Roca

Resistencia pico

$$\tau_p = \sigma_n * 0.69 + 0.06$$

$$\tau_n = \sigma_n * 0.68 + 0.00$$

En este caso el criterio de rotura lineal resulta aceptable ya que con el mismo se obtiene un valor de $R^2 = 1$, de esta forma se obtiene:

Estos criterios de rotura, para ser aplicados deberán ser escalados a valores in-situ, para lo cual es necesario determinar las características y volúmenes de macizo involucrado.

VI)- TRATAMIENTO DE LOS DATOS ESTRUCTURALES (anexo)

a) Tratamiento de datos de espaciamientos (frecuencia de discontinuidades).

Se realizaron cuatro líneas de muestreo en las diferentes zonas geotécnicas, determinándose:

Línea N°1 (zona 1)

Dbz = 360°
Ibz = 5°
Espaciamiento medio= 0.33 m
Frecuencia = 3.07 disc./m
Desv Standard = 0.18

Línea N°2 (zona 1)

Dbz = 285°
Ibz = 5°
Espaciamiento medio= 0.31 m
Frecuencia = 3.19 disc./m
Desv Standard = 0.12

Línea N°3 (zona 2)

Dbz = 360°
Ibz = 5°
Espaciamiento medio= 0.23 m
Frecuencia = 4.36 disc./m
Desv Standard = 0.16

Línea N°4 (zona 3)

Dbz = 320°
Ibz = 5°
Espaciamiento medio= 0.91 m
Frecuencia = 1.10 disc./m
Desv Standard = 0.40

Estas cuatro líneas de muestreo se orientaron subnormales a los rumbos de sistemas de discontinuidades de mayor envergadura

tecnológica (persistencia, abertura etc). Se sugiere este criterio metodológico en un eventual estudio de detalle, ya que si se dispone de perforaciones estas pueden procesarse como scanlines y aplicarse el modelo matemático anexo. Ello permite junto a los datos de orientaciones, determinar:

- .- Frecuencias principales.
- .- Direcciones de máxima y mínima frecuencia.
- .- Frecuencias en cualquier dirección o lo que es lo mismo, RQD en cualquier dirección.

b) Tratamiento de datos de orientaciones

Se realizó el tratamiento de datos de orientación y espaciamientos, con los modelos ya presentados determinándose:

- . Estereodiagrama de polos (proyección esférica de Lambert)
- . Estereodiagrama de densidades
- . Estereodiagrama de estadística (elipses de dispersión)
- . Estereodiagrama de círculos máximos
- . Tabla de valores numéricos (con todos los datos de las familias).
- . Cálculo y graficación (histograma) de las líneas de muestreo.

Se procesaron con este modelo computacional, datos de discontinuidades consideradas representativas de los principales sistemas o familias obteniéndose (ver anexo);

Zonas 1 y 2

Grupo 1 Dbz 91.4 Ibz 58.1

Grupo 2 Dbz 0.1 Ibz 73.8

Zona 3

Grupo 1 Dbz 33.2 Ibz 82.9

Grupo 2 Dbz 66.3 Ibz 43.3

Grupo 3 Dbz 266.3 Ibz 49.0

Las coordenadas esféricas pertenecen a los círculos máximos de los planos medios estadísticos.

VII) RELEVAMIENTO DE FISURAS EN LAS CABEZAS DE CONTRAFUERTE CARACTERISTICAS DEL FISURAMIENTO.

VII-1) RELEVAMIENTOS Y CARACTERISTICAS

Se realizaron relevamientos de fisuras (scanlines) en las estructuras de hormigón (masivo) en las cabezas de los contrafuertes (ver anexo fotos), para lo cual se implementó una escalera suspendida con sogas a fin de posibilitar las líneas de muestreo en los contrafuertes N° 30, 34, 35, 36, y 84.

Los resultados (ver tablas e Histogramas anexos) se procesaron estadísticamente obteniéndose:

CONTRAFUERTE N° 30

Espaciamiento mínimo = 0.18 (m)

Espaciamiento medio = 0.43 (m)

Espaciamiento máximo = 0.71 (m)

Frecuencia = 2.31 disc/m

Desvío estándar = 0.15

CONTRAFUERTE N° 34

Espaciamiento mínimo = 0.35 (m)

Espaciamiento medio = 0.52 (m)

Espaciamiento máximo = 0.68 (m)

Frecuencia = 1.93 disc/m

Desvío standard = 0.12

CONTRAFUERTE N° 35

Espaciamiento mínimo = 0.00 (m)

Espaciamiento medio = 0.46 (m)

Espaciamiento máximo = 1.10 (m)

Frecuencia = 2.20 disc/m

Desvío = 0.32

CONTRAFUERTE N° 36

Espaciamiento mínimo = 0.11 (m)

Espaciamiento medio = 0.52 (m)

Espaciamiento máximo = 0.93 (m)

Frecuencia = 1.93 disc/m

Desvío standard = 0.27

CONTRAFUERTE N° 84

Espaciamiento mínimo = 0.00 (m)

Espaciamiento medio = 0.41 (m)

Espaciamiento máximo = 0.70 (m)

Frecuencia = 0.20 disc/m

En general en todos los casos se trata de fisuras transversales y persistentes en todo el ancho de la estructura en hormigón de alteración media a elevada y con un espesor de 2 a 10 mm, siendo su geometría ondulante y rugosa, estas discontinuidades constituyen vías meteóricas que favorecen el desarrollo de vectores de alteración hacia el interior de la masa.

El patrón de fisuramiento en estos sectores superiores de los contrafuertes tienen génesis térmico fundamentalmente y

características activas al igual que otros patrones observados en la parte inferior de los mismos, en estos últimos se observa la prolongación de fisuras según juntas constructivas.

Es importante considerar que el salto térmico en la presa considerando el paramento soleado y el de umbría llega al orden de 25°.

Otro aspecto necesario de notar respecto al fisuramiento existente es el de las eflorescencias salinas observadas sobre todo en los elementos próximos al vertedero, esto confirma la acción lixiviante del agua sobre las combinaciones calizas del hormigón, dado que en este caso los agregados no son de origen calcáreo, toda la carbonatación provendría de la dilución del calcio del aglomerante, que es transportado por soluciones hacia el exterior donde cristaliza (esto constituye un síntoma patológico por la existencia de sales solubles en la masa del hormigón).

VII-2) ULTRASONIDO ESTRUCTURAL

Este ensayo no destructivo tiene su campo de aplicación aquí sugiriéndose su aplicación en planes de trabajo integrales sobre las condiciones estructurales de la presa. Las aplicaciones del método posibilitan identificar áreas sospechadas de anomalías, midiendo alguna propiedad física o mecánica del hormigón, en términos de velocidades ultrasónicas a través de la masa de la estructura.

Se realizó una prueba del método en la base del contrafuerte 84 siguiendo los lineamientos de ASTM C-597, BS 4408/Parte 5; ASTM C-129; BS 6089/81. Se utilizaron palpadores de 32 KHZ, para lo que se marcaron y prepararon superficies.

Las velocidades medidas corresponderían a hormigón de calidad mala a pobre (se trata de medidas superficiales);

MEDICION	VELOCIDAD	CALIDAD
1	2630 m/seg	Pobre
2	2900 m/seg	Pobre
3	2300 m/seg	Pobre
4	1864 m/seg	Malo

Este método en una evaluación específica e integrada como ya se ha mencionado debería ser complementado con la extracción

de testigos de los contrafuertes a fin de realizar resistencia y deformabilidad (usando strain gauges), además de propiedades físicas (densidad, absorción etc) y descripción de láminas delgadas en microscopio (petrografía).

De esta forma se podrían luego zonificar calidades confiando parámetros a sectores de las estructuras de la presa.

Finalmente sobre los contrafuertes se entiende, que sería muy importante realizar por lo menos dos perforaciones en la fundación de los elementos próximos al vertedero de aproximadamente 20 metros de profundidad, orientadas de acuerdo al arreglo estructural del macizo rocoso. Estos sondeos permitirían los siguientes estudios

- .- Extracción de testigos (Fí = 54 mm NX).
- .- Realización de ensayos Lugeon en las progresivas de interés.
- .- Elaboración del perfil geológico estructural del sondeo.
- .- Realización de ensayos de mecánica de rocas (resistencia y deformabilidad).
- .- Estudios de resistencia al corte sobre discontinuidades incluyendo su caracterización geométrica y litológica.
- .- Zonificación geomecánica de la fundación.

VIII) COMENTARIOS SOBRE EL CIERRE DE MATERIALES SUELTOS / TERRAPLEN.

Si bien este primer trabajo no está orientado a la evaluación de esta estructura,

IX) EVALUACIONES GEOMECANICAS EN EL ESTRIBO DE MARGEN DERECHA DEL DIQUE SAN-ROQUE.

Se realizaron estudios de fotointerpretación a escalas 1:20000 y 1:5000 a partir de pares estereoscópicos mapeando las mega y meso trazas (fallas) y los elementos geomorfológicos del emplazamiento con detalle regional y local (ver anexo). Paralelamente se relevó el estribo de margen derecha para su modelado geométrico y mecánico.

Tres líneas de muestreo de discontinuidades y relevamientos aleatorios a distinta cota se concretaron, tratándose los datos con el modelo estructural probabilístico (MEP) elaborado, el procesamiento incluyó, los datos de orientación y espaciamiento y la determinación de resistencias de los diferentes tipos de roca involucrada, mediante el ensayo de carga puntual (point


load), Los valores obtenidos se explicitan en tablas y anexos correspondientes, pretendiéndose aportar una base de métodos de abordaje y parámetros del macizo, los que deberían ser ampliados a los otros sectores de la presa en un trabajo de mayor alcance.

IX-1) DESCRIPCION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO - TALUD (MD)

La roca predominante en el macizo es gneis esquistoso biotítico que se encuentra en la zona de fractura de la megatraya de las cierras chicas.

Se encuentra fracturado en tres familias predominantes de diaclasas, inyectado por diques pegmatíticos y aplíticos, en el afloramiento se reconocen tres zonas con características particulares, una zona pegmatítica, otra de gneis predominante y dentro de la última una fracción altamente fracturada y otra masiva. De estos primeros estudios resulta como aspecto importante la protección y algún sostenimiento estructural de la parte superior del estribo analizado.

En efecto se generan sistemas inestables para la orientación y ángulo del talud existente, recomendándose aplicación de shotcrete (hormigón proyectado) y bulonaje localizado. Se anexa un cálculo de estabilidad que muestra factores de seguridad menores que uno que explica el desplazamiento y deslizamiento de bloques.


Geólogo Néstor J.L. Vendramini
Experto

ANEXO 1

ZONA GEOTECNICA 1
LITOLOGIA: ROCA APLITICA DE GRANO GRUESO
ALTERACION: MEDIA / ALTA

ENSAYOS POINT LOAD

ENSAYO	LADOS DE DE CARGA CM2	AREA DE CARGA CM2	De	CARGA DE ROTURA KN	INDICE DE CARGA PUNTUAL	COMPRESION UNIAXIAL MPA	MUESTRAS
1	4.700 9.000	42.300	53.858	3.000	5.570	13.368	PRISMATICA ASERRADA
2	5.000 7.000	35.000	44.563	2.000	4.488	10.771	PRISMATICA ASERRADA
3	8.500 6.500	55.250	70.346	3.500	4.975	11.941	PRISMATICA ASERRADA
4	8.000 9.000	72.000	91.673	2.600	2.836	6.807	PRISMATICA ASERRADA
5	4.000 9.000	36.000	45.837	2.400	5.236	12.566	PRISMATICA ASERRADA
6	6.000 7.000	42.000	53.476	2.850	5.329	12.791	PRISMATICA ASERRADA
7	6.000 8.000	48.000	61.115	4.000	6.545	15.708	PRISMATICA ASERRADA
8	5.000	19.635	6.250	1.350	21.600	51.840	PRISMATICA ASERRADA

ZONA GEOTECNICA II
LITOLOGIA: GNEIS RSQUISTOSO
ALTERACION: MEDIA

ENSAYOS POINT LOAD

ENSAYO	LADOS DE DE CARGA CM2	AREA DE CARGA CM2	De	CARGA DE ROTURA KN	INDICE DE CARGA PUNTUAL	COMPRESION UNIAXIAL MPA	MUESTRAS
1	5.000 10.000	50.000	63.662	5.000	7.854	18.850	PRISMATICA ASERRADA
2	8.000 13.000	104.000	132.417	12.000	9.062	21.749	PRISMATICA ASERRADA
3	13.000 14.000	182.000	231.730	23.000	9.925	23.821	PRISMATICA ASERRADA
4	15.000 11.000	165.000	210.085	28.000	13.328	31.987	PRISMATICA ASERRADA
5	17.000 12.000	204.000	259.741	33.000	12.705	30.492	PRISMATICA ASERRADA
6	8.000 7.000	56.000	71.301	12.000	16.830	40.392	PRISMATICA ASERRADA
7	14.000 12.000	168.000	213.904	31.000	14.492	34.782	PRISMATICA ASERRADA
8	16.000 15.000	256.000	325.949	28.000	8.590	20.617	PRISMATICA ASERRADA
9	14.000 16.000	224.000	285.206	27.000	9.467	22.720	PRISMATICA ASERRADA

ZONA GEOTECNICA III
LITOLOGIA: GNEIS ESQUISTOSO
ALTERACION: MEDIA

ENSAYOS POINT LOAD

ENSAYO	LADOS DE DE CARGA CM2	AREA DE CARGA CM2	De	CARGA DE ROTURA KN	INDICE DE CARGA PUNTUAL	COMPRESION UNIAIAL MPA	MUESTRAS
1	14.000 10.000	140.000	178.254	45.000	25.245	60.588	PRISMATICA ASERRADA
2	15.000 14.000	210.000	267.380	75.000	28.050	67.320	PRISMATICA ASERRADA
3	18.000 21.000	378.000	481.285	150.000	31.167	74.800	PRISMATICA ASERRADA
4	22.000 14.000	308.000	392.158	115.000	29.325	70.380	PRISMATICA ASERRADA
5	15.000 11.000	165.000	210.085	84.000	39.984	95.961	PRISMATICA ASERRADA
6	18.000 15.000	270.000	343.775	98.000	28.507	68.417	PRISMATICA ASERRADA
7	19.000 16.000	304.000	387.065	118.000	30.486	73.166	PRISMATICA ASERRADA
8	21.000 16.000	336.000	427.808	145.000	33.894	81.345	PRISMATICA ASERRADA
9	12.000 17.000	204.000	259.741	27.000	36.000	86.400	PRISMATICA ASERRADA

ANEXO N° 2

ENSAYOS DE CORTE DIRECTO ROCA-ROCA

* ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE EN DISCONTINUIDADES								Pag.1	
* FUNDACION VERTEDERO								PLANILLA DE RESISTENCIA INICIAL	

* OBRA: CRUZ DEL RE				Diam: 0.06500 [m]		Fecha: ABRIL 1993			
* LITOLOGIA: GNEISS ESQUISTOSO				Junta: DIACLASA		Hues. #: 1			
* Area : [m2]				0.00332		FCT: 0.79		Fuerza Normal [Knt] 1.57	

* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		* Desplaz. Tangenciales		* Tensiones	
* 1 2 3 4				* MANOMETRO		* 5 6		* N T	
* [mm]				* [Knt]		* [mm]		* [KPa] [KPa]	

* 0.0 0.0		0.000		* 0.00 0.00		* 0.0 0.0		0.000 * 47.244 0.000	
* 0.2 0.2		0.002		* 1.00 0.79		* 2.0 2.0		0.020 * 47.263 23.631	
* 1.0 1.0		0.010		* 1.50 1.18		* 3.0 3.0		0.030 * 47.272 35.454	
* 1.0 1.0		0.010		* 2.00 1.57		* 5.0 5.0		0.050 * 47.291 47.291	
* 1.0 1.0		0.010		* 2.10 1.65		* 12.0 12.0		0.120 * 47.356 49.724	
* 1.0 1.0		0.010		* 2.20 1.73		* 20.0 20.0		0.200 * 47.431 52.174	
* 1.0 1.0		0.010		* 1.80 1.41		* 40.0 40.0		0.400 * 47.620 42.858	

* OBRA: CRUZ DBL RJR	Diam: 0.06460 [m]	Pecha: ABRIL, 1993	*
----------------------	-------------------	--------------------	---

LITOFLOGIA: GNBISS BSQUISTOSO Junta: DIACLASA Nues. 1:1 *

* Area : [m2]	0.00328	CMT:	0.79	Fuerza Normal [Knt]	3.14 *
---------------	---------	------	------	---------------------	--------

 * Designation: Harmonics * Designation: Harmonics * Designation: Harmonics * Designation: Harmonics * Designation: Harmonics

* Desplazamientos Normales	* Fuerza Tang.	*Desplaz.Tangenciales	* Tensiones	*
----------------------------	----------------	-----------------------	-------------	---

* 1	2	3	4	Prod	* Manom	* 5	6	Prod	* N	T	*
-----	---	---	---	------	---------	-----	---	------	-----	---	---

..... [mm] * [Knt] * [mm] * [KPa] [KPa] *

* 00 00 0000 * 1 80 1 41 * 00 00 0000 * 85 662 63 048 *

†	0.0	0.0	0.000 *	1.80	1.41 *	0.0	0.0	0.000 *	93.662	43.048 *
†	0.0	0.0	0.000 *	2.80	2.20 *	10.0	10.0	0.100 *	95.852	67.097 *

* 0.0	0.0	0.000	* 3.00	2.36 *	20.0	20.0	0.200 *	96.043	72.032 *
-------	-----	-------	--------	--------	------	------	---------	--------	----------

†	0.0	0.0	0.000 *	3.20	2.51 *	30.0	30.0	0.300 *	96.235	76.988 *
---	-----	-----	---------	------	--------	------	------	---------	--------	----------

* 0.0	0.0	0.000	* 2.80	2.20	* 40.0	40.0	0.400	* 96.427	67.499	*
-------	-----	-------	--------	------	--------	------	-------	----------	--------	---

0.0	0.0	0.000	2.80	2.20	45.0	45.0	0.450	96.524	67.567
-----	-----	-------	------	------	------	------	-------	--------	--------

	1	2	3	4	5
1	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	1	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	1	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	1	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5


1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

†













1	2	3	4	5
6	7	8	9	10

0 00

1	0.00		
2		0.65	

*****0.45*****

0.00				CORDOBA				Pag.5			
* 0.00				PLANILLA DE RESISTENCIA RESIDUAL							

OBRA: CRUZ DEL BJB				Diam: 0.06255 [m]				Fecha: ABRIL 1993			
LITOLOGIA: GNEISS ESQUISTOSO				Junta: DIACLASA				Mues. #: 1			
Area : [m2]				0.00307 CMT: 0.79				Fuerza Normal [Knt]			
								7.85			

Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		* Desplaz. Tangenciales		* Tensiones			
* 1 2 3 4				* 5 6		* 7 8		* 9 10			
Prom				Manom		Prom		N T			
[mm]				{Knt}		{mm}		{KPa} {KPa}			

* 0.0 0.0				* 0.000 * 4.30 3.38		* 0.0 0.0 0.000		* 2550.886 1096.881			
* 0.2 0.2				* 0.002 * 5.20 4.08		* 4.0 4.0 0.040		* 2552.978 1327.549			
* 0.2 0.2				* 0.002 * 5.50 4.32		* 16.0 16.0 0.160		* 2559.275 1407.601			
* 0.2 0.2				* 0.002 * 5.30 4.16		* 30.0 30.0 0.300		* 2566.661 1360.330			
* 0.2 0.2				* 0.002 * 5.30 4.16		* 60.0 60.0 0.600		* 2582.630 1368.794			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			
*****				*****		*****		*****			


```

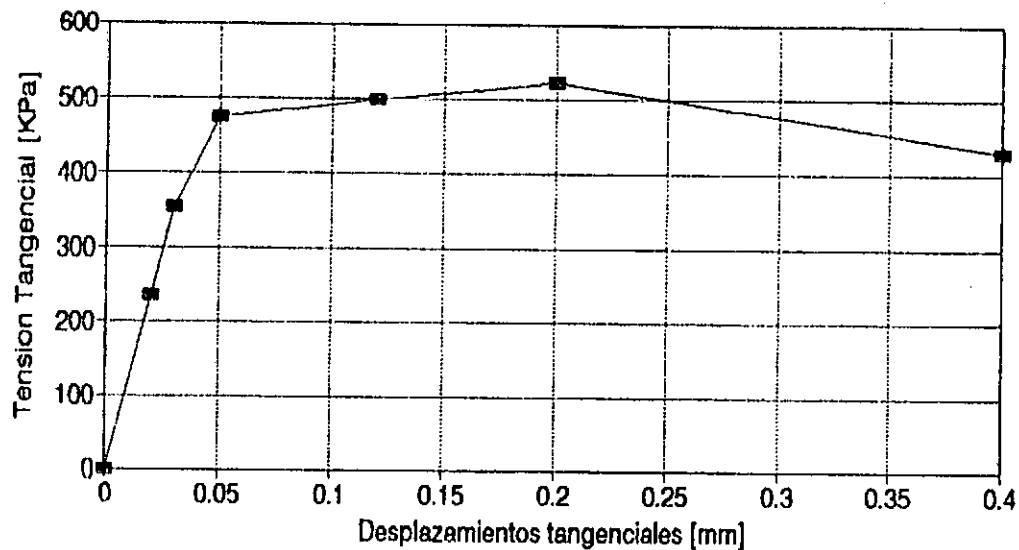
*****
*          0.00          CORDOBA          Pag. 7  *
* 0.00          PLANILLA DE RESULTADOS FINALES  *
*-----*
* OBRA: CRUZ DEL RJO          Diam: 0.06500 [m]  *
* LITOLOGIA: GNEISS BASALTOIDAL          Junta: DIACLASA  *
* Area : [m2] 0.00332          CNT: 0.00  *
*****
* RESISTENCIA INICIAL  *
* AL PICO  *
*-----*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Despl. Tangencial  *
* [KPa]              [KPa]              [mm]  *
* 474.3130          521.7440          0.2000  *
* RESIDUAL  *
*-----*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Despl. Tangencial  *
* [KPa]              [KPa]              [mm]  *
* 476.1980          428.5780          0.4000  *
*-----*
* RESISTENCIA FRICCIONAL  *
* AL PICO  *
*-----*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Despl. Tangencial  *
* [KPa]              [KPa]              [mm]  *
* 962.35          769.88          0.3000  *
* 1468.33          978.89          0.4500  *
* 1988.80          1193.28          0.4500  *
* 2566.66          1360.33          0.3000  *
* 3153.26          1708.01          0.5000  *
* RESIDUAL  *
*-----*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Despl. Tangencial  *
* [KPa]              [KPa]              [mm]  *
* 964.27          674.99          0.4000  *
* 1469.82          832.90          0.5000  *
* 2015.41          1083.28          1.1000  *
* 1468.33          1368.79          1.1400  *
* 3198.70          1546.04          1.1800  *
*****

```

*****				*****			
LABORATORIO CENTRAL				Pag.8			
0.00				PLANILLA DE RESULTADOS FINALES			
*****				*****			
OBRA:CRUZ DBL BJR		Diam:		0.06500 [m]			
LITOLOGIA: GNBISS ESQUISTOSO		Junta:		DIACLASA			
Area : [m2]		0.00332		CHT:		0.00	
*****				*****			
VALORES FRICCIONALES							
PICO				RESIDUAL			
*Tension Normal		Tension Tangencial		Tension Normal		Tension Tangencial	
[KPa]		[KPa]		[KPa]		[KPa]	
* 962.35		769.88		964.27		674.99	
* 1468.33		978.89		1469.82		832.90	
* 1988.80		1193.28		2015.41		1083.28	
* 2566.66		1407.60		2582.63		1368.79	
* 3153.26		1708.01		3198.70		1546.04	
*****				*****			
VALORES ESTADISTICOS							
PICO				RESIDUAL			
Salida de Regresion:				Salida de Regresion:			
*Constante		357.79		Constante		258.31	
*Err Std de Y Est		22.52		Err Std de Y Est		36.46	
*R al Cuadrado		1.00		R al Cuadrado		0.99	
*N: de Observaciones		5.00		N: de Observaciones		5.00	
*Grados de Libertad		3.00		Grados de Libertad		3.00	
*****				*****			
*Coeficiente(s) X		0.42		Coeficiente(s) X		0.42	
*Err Std de Coef.		0.01		Err Std de Coef.		0.02	
*****				*****			
*Re.Pico: Tao =		0.42 * Sigma+		357.79		C [KPa]= 357.79 Fi = 22.83	
*Re.Res.: Tao =		0.42 * Sigma+		258.31		C [KPa]= 258.31 Fi = 22.57	
*****				*****			

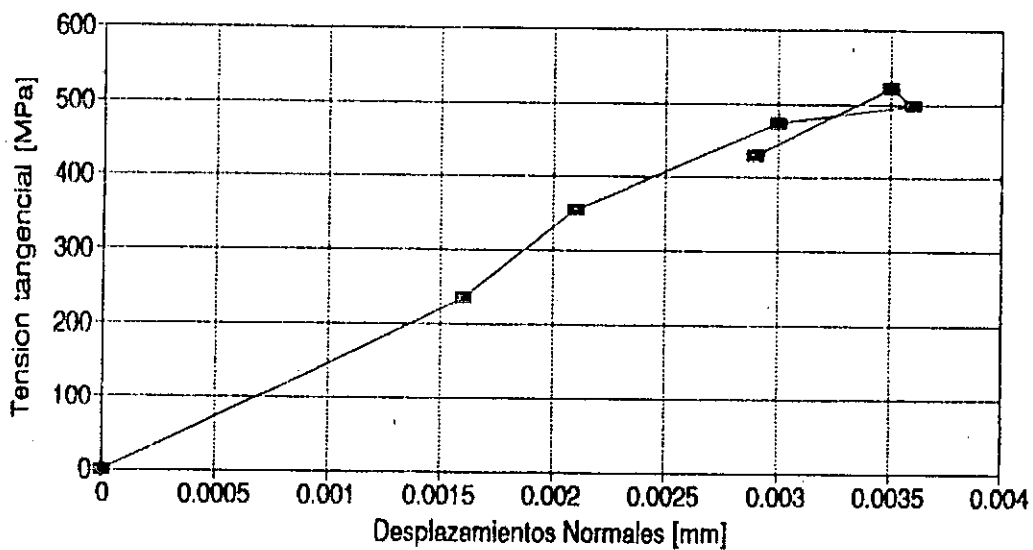
CORTE DIRECTO - DIACLASAS

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO-ZONA II



CORTE DIRECTO - DIACLASA

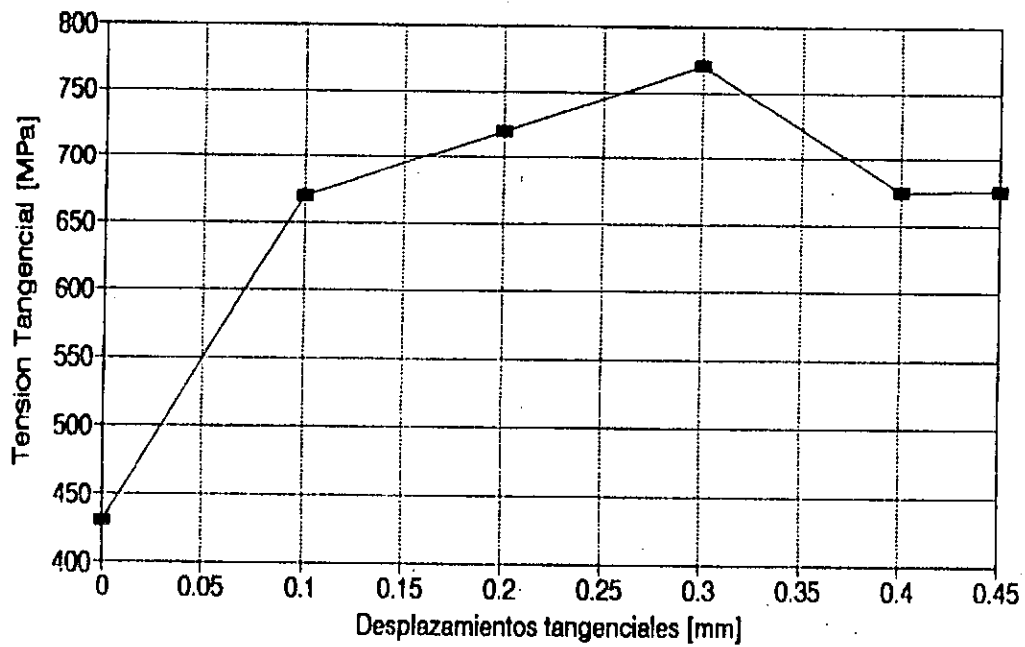
Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO-ZONA II



—■— RESISTENCIA INICIAL

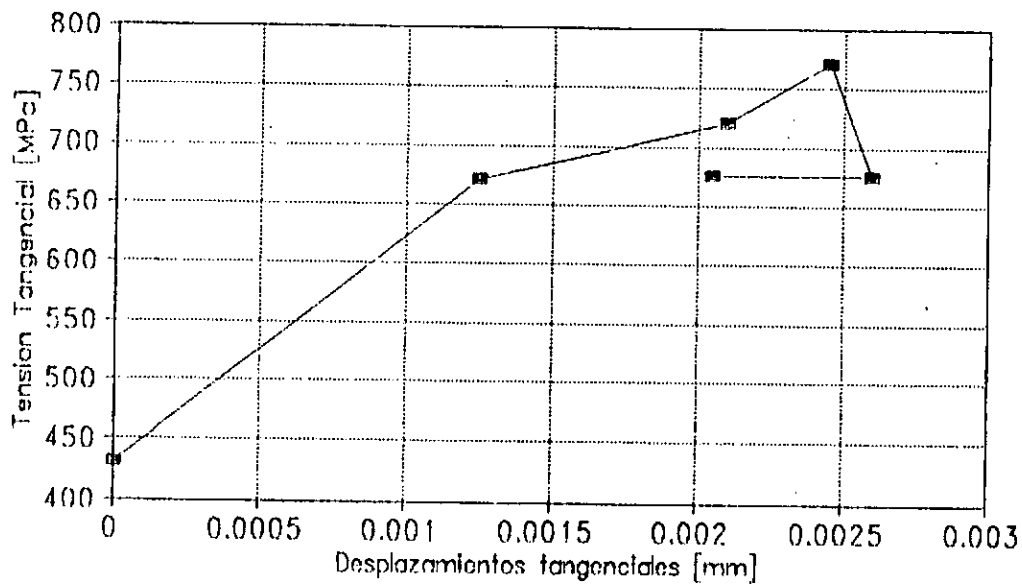
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



CORTE DIRECTO - DIACLASA

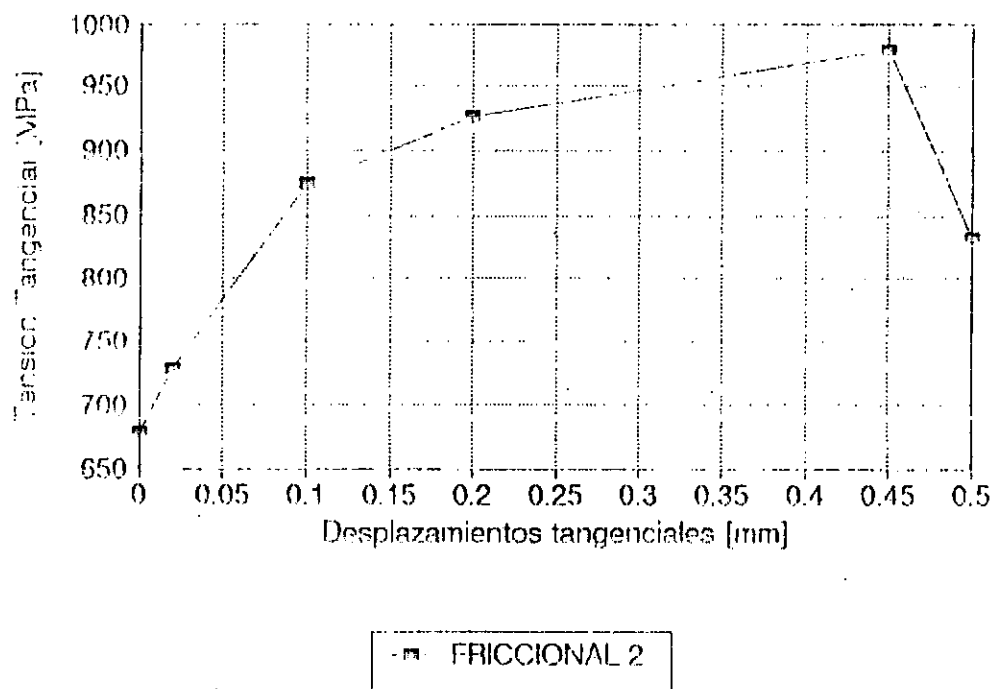
Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



—■— friccional1

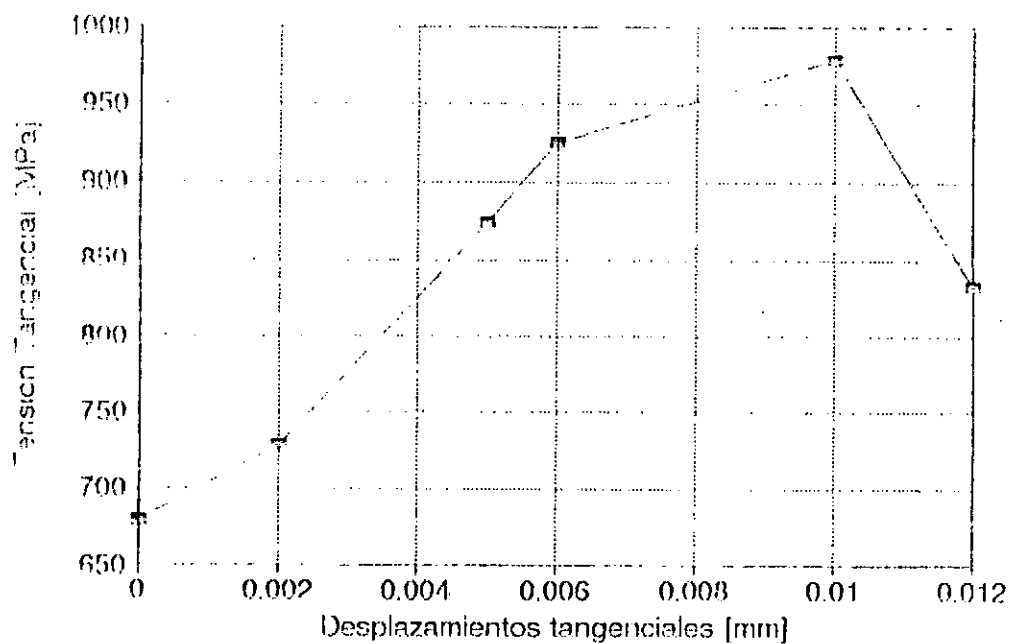
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS - ESQUISTOSO



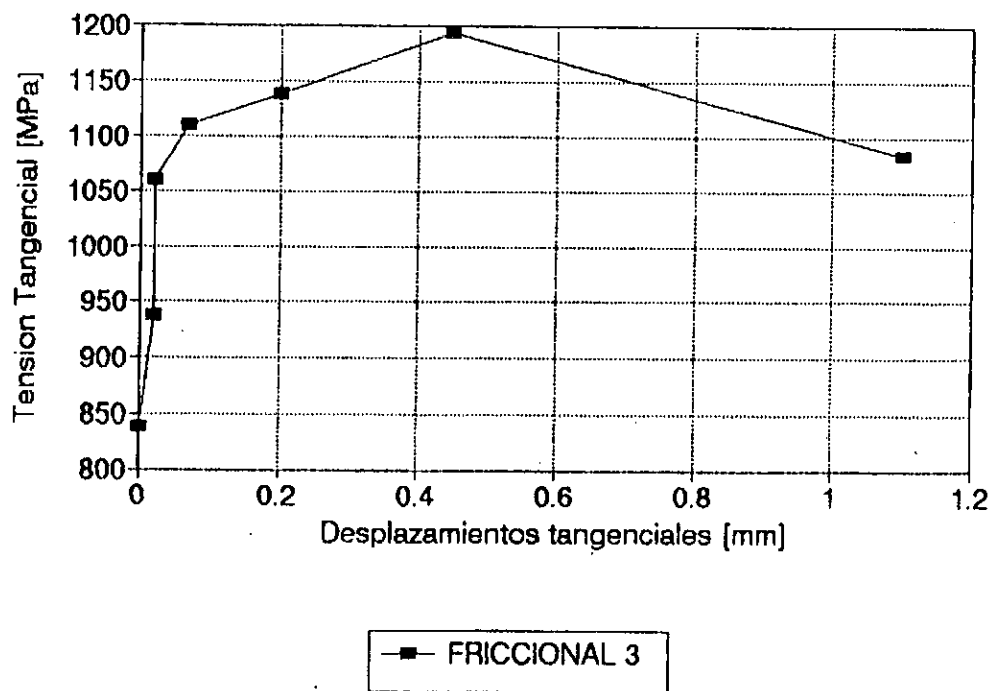
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS - ESQUISTOSO



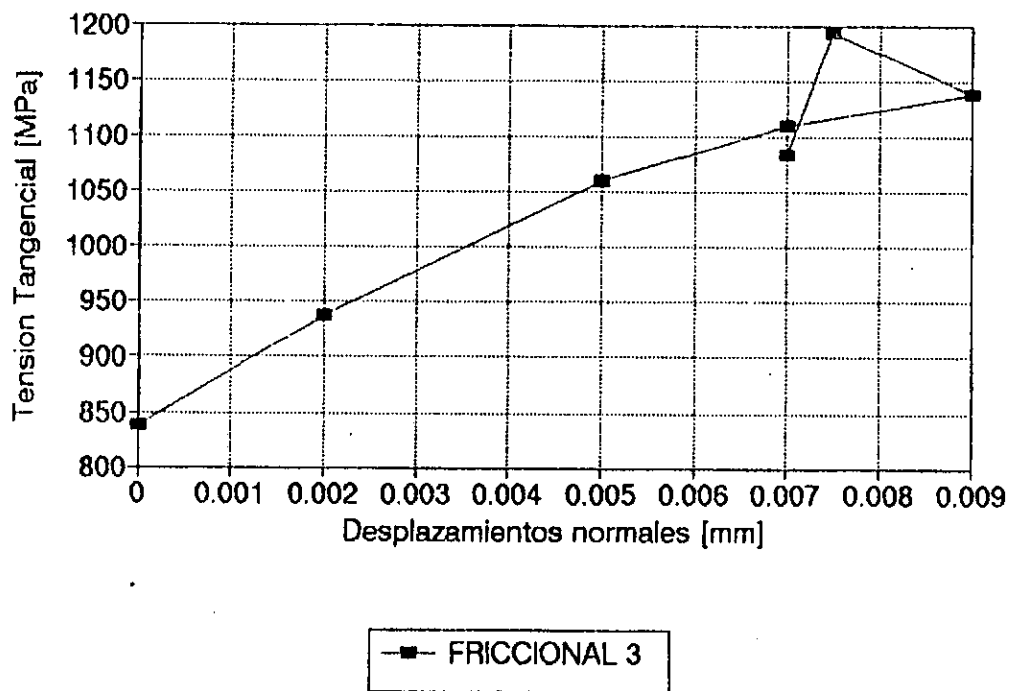
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



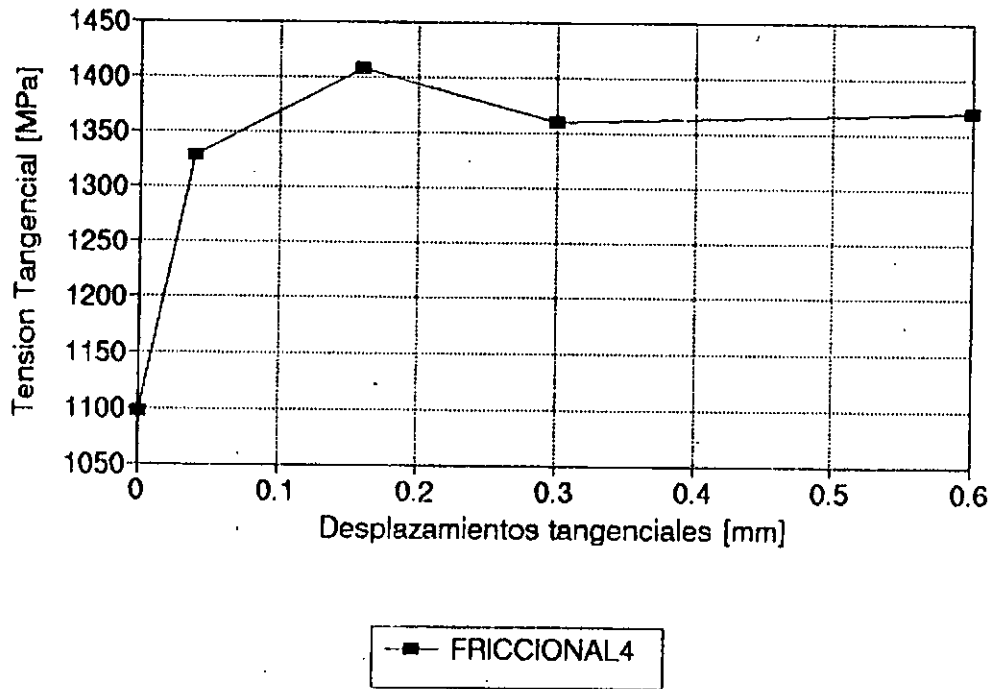
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



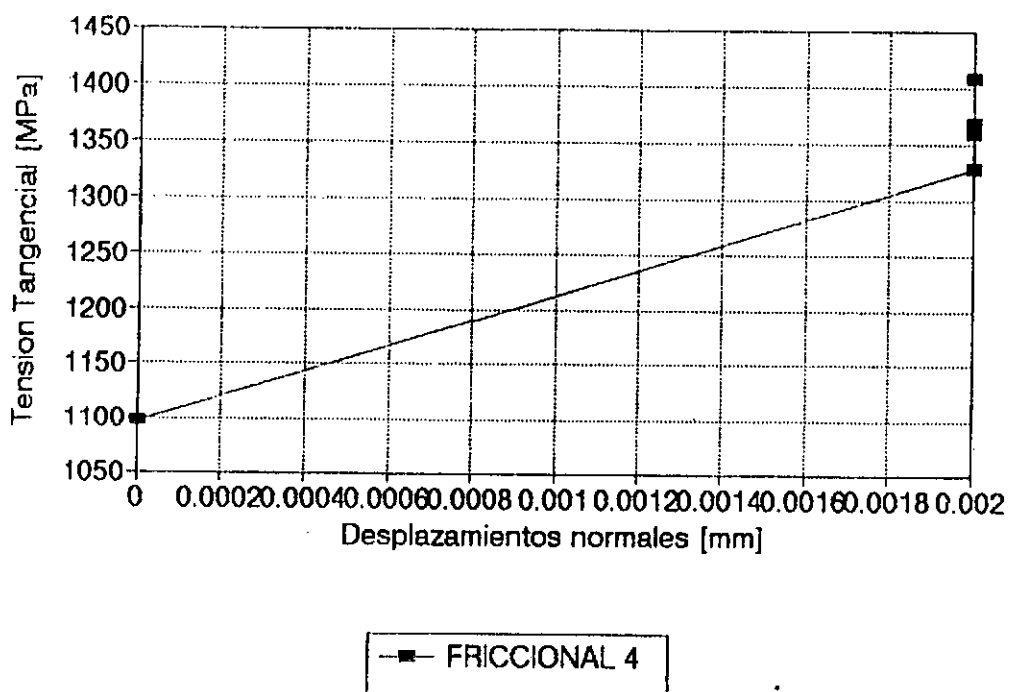
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



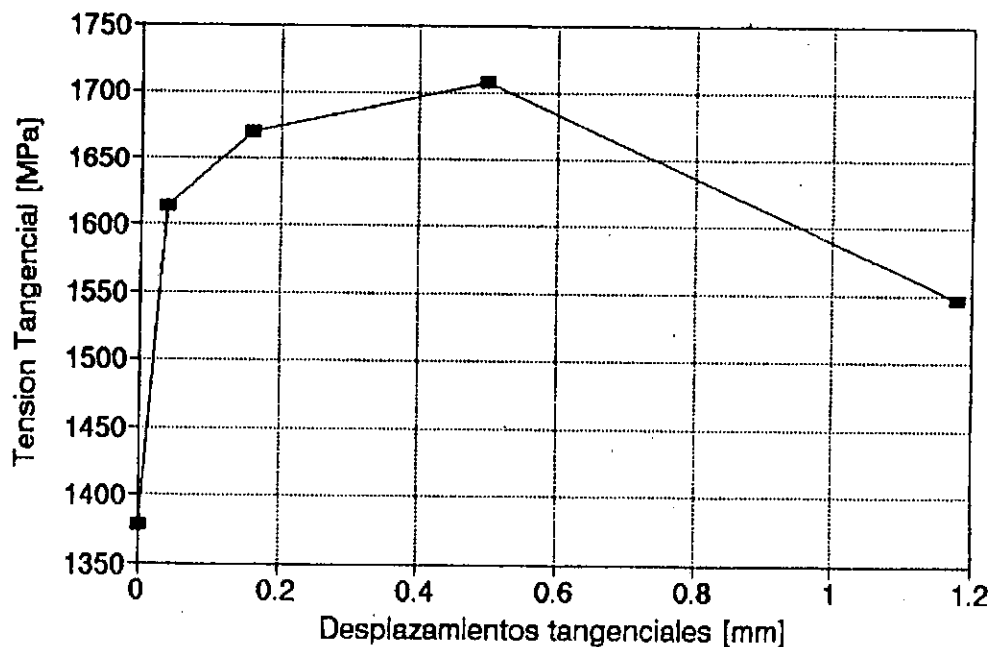
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



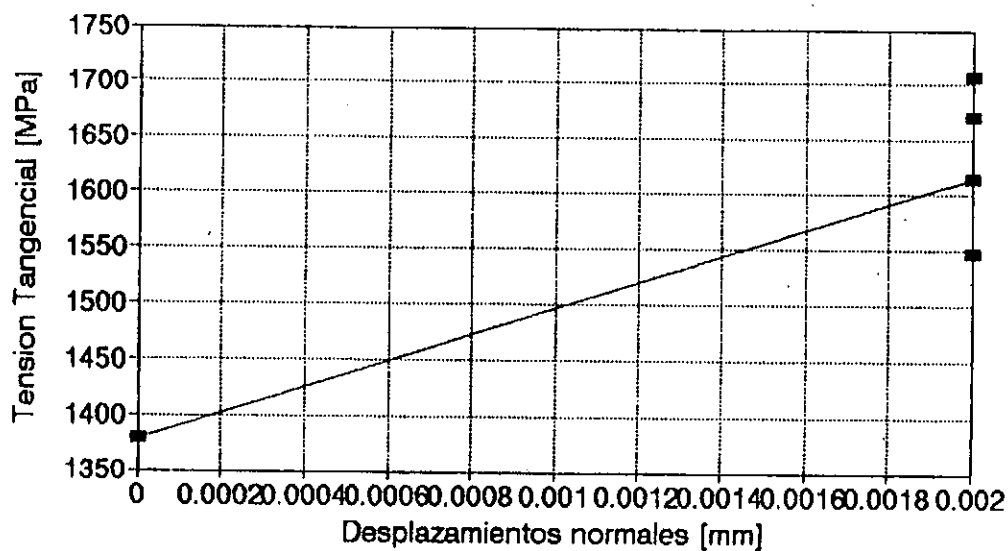
CORTE DIRECTO - DIACLASAS

Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



CORTE DIRECTO - DIACLASA

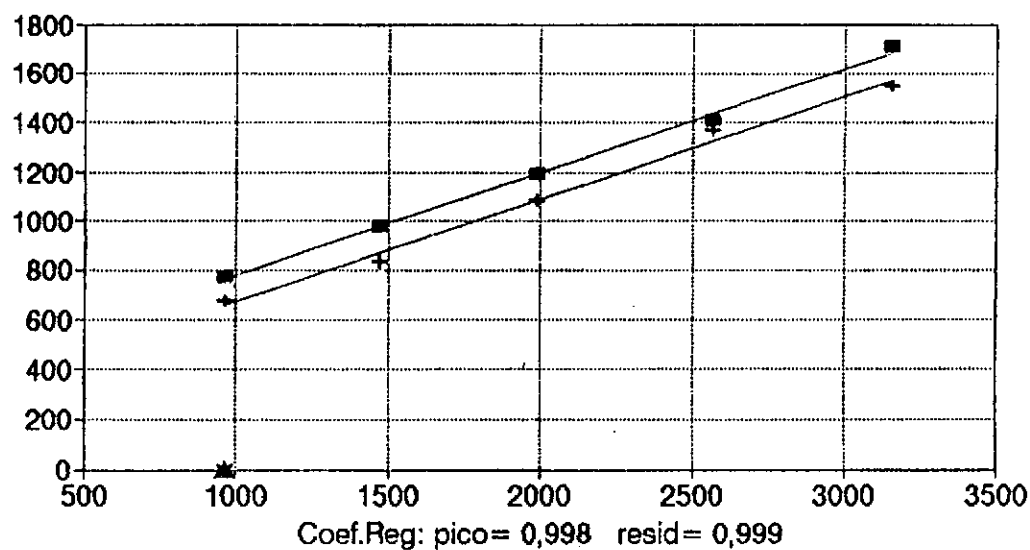
Muestra #: GNEIS ESQUISTOSO



FRICCIONAL 5

CORTE DIRECTO - GNEIS ESQUISTOSO

Tens.Tang [MPa] vs. Tens.Normales [MPa]



■ Pico Exp. + Resid. Exp. — Pico Calc. — Resid. Calc.

* ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE EN DISCONTINUIDADES										Pag. 2		
* FUNDACION VERTEDERO						PLANILLA DE RESISTENCIA RESIDUAL						

* Obra: CRUZ DEL EJB				Diam: 0.06783 [m]		Fecha: ABRIL 93						
* LITOLOGIA: GNEIS MASIVO				Junta: DIACLASA		Hues. #: ZONA III						
* Área : [m2]				0.00361		CNT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]				3.14

* Desplazamientos Normales					* Fuerza Tang.		* Desplaz. Tangenciales			* Tensiones		
* 1	2	3	4	Prom	* Manom	* 5	6	Prom	* N	* T		
				[mm]		[Knt]			[mm]	[KPa]	[KPa]	

* 0.00	0.00			0.000	* 1.80	1.41	* 0.0	0.0	0.000	* 867.742	390.484	
* 1.20	1.30			0.013	* 2.80	2.20	* 8.0	8.8	0.084	* 869.118	608.382	
* 2.10	3.00			0.026	* 3.00	2.36	* 16.0	18.5	0.172	* 870.576	652.932	
* 2.50	5.20			0.039	* 5.10	4.00	* 27.5	28.6	0.281	* 872.366	1112.266	
* 3.50	6.80			0.052	* 4.20	3.30	* 37.0	38.0	0.375	* 873.934	917.631	
* 4.20	6.50			0.054	* 4.10	3.22	* 42.0	41.0	0.415	* 874.600	896.465	

*****												Pag.4	*	
*ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE EN DISCONTINUIDADES													*	
*FUNDACION VERTEDERO												PLANILLA DE RESISTENCIA RESIDUAL		*
-----														*
* Obra: CRUZ DEL RJO		Diam: 0.06696 [m]		Fecha: ABRIL 93								*		
* LITOLOGIA: GRANIS MASIVO		Junta:DIACLASA		Mues. #:ZONA III								*		
* Area : [m2]		0.00352		CMT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]		6.28				*		
*****														*
* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales		* Tensiones				*		
* 1	* 2	* 3	* 4	Prom	*Manom	* 5	* 6	Prom	* N	* T	*			
				[mm]	* [Knt]	* [mm]		* [KPa]	[KPa]			*		
*****														*
* 0.00	* 0.00			0.000	* 3.40	2.67	* 0.0	0.0	0.000	*1780.978	756.916	*		
* 2.10	* 2.22			0.022	* 3.80	2.98	* 3.0	3.2	0.031	*1782.035	846.467	*		
* 5.20	* 5.26			0.052	* 4.30	3.38	* 3.8	3.9	0.039	*1782.291	957.982	*		
* 7.10	* 7.48			0.073	* 4.50	3.53	* 6.5	7.1	0.068	*1783.291	1003.101	*		
* 9.00	* 9.53			0.093	* 4.60	3.61	* 17.6	18.3	0.179	*1787.103	1027.584	*		
* 8.00	* 9.42			0.087	* 7.20	5.65	* 44.5	43.1	0.438	*1796.041	1616.437	*		
* 7.00	* 9.20			0.081	* 6.42	5.04	* 91.2	90.0	0.906	*1812.391	1454.444	*		
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*				*	
				*		*			*					

*****				*****	
*	ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE EN DISCONTINUIDADES			Pag. 7	
*	FUNDACION VEREDERO			PLANILLA DE RESULTADOS FINALES	

*	Obra: CRUZ DEL EJE		Diam:		0.06820 [m]
*	LITOLOGIA: GNEIS MASIVO		ZONA III		Junta: DIACLASA
*	Area : [m2]		0.00365		CMT: 0.00

*	RESISTENCIA INICIAL				
*	AL PICO				

*	Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial		
*	[KPa]	[KPa]	[mm]		
*	430.6490	645.9730	0.1860		

*	RESIDUAL				

*	Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial		
*	[KPa]	[KPa]	[mm]		
*	432.1310	561.8220	0.3720		

*	RESISTENCIA FRICCIONAL				
*	AL PICO				

*	Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial		
*	[KPa]	[KPa]	[mm]		
*	875.90	1113.59	0.2810		
*	1332.82	1353.74	0.4170		
*	1825.09	1621.95	0.4380		
*	2335.94	1910.57	0.2800		
*	2888.64	2315.33	0.4450		

*	RESIDUAL				

*	Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial		
*	[KPa]	[KPa]	[mm]		
*	875.90	897.80	897.80		
*	1332.82	1110.69	1110.69		
*	1825.09	1464.64	1464.64		
*	2335.94	1812.69	1812.69		
*	2888.64	2077.41	2077.41		

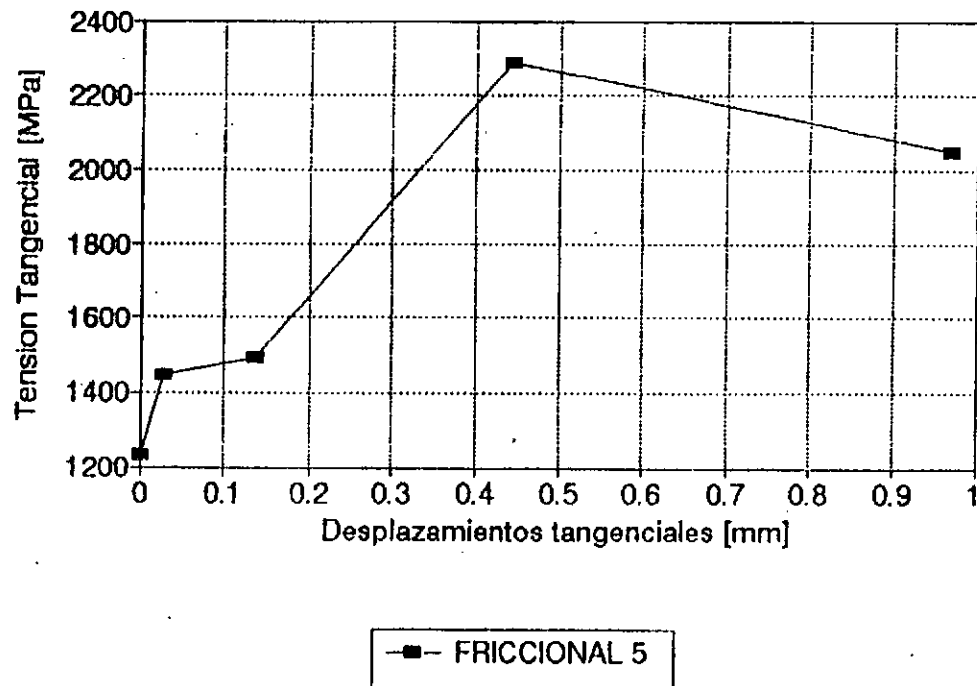
```

*****
* ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE EN DISCONTINUIDADES                      Pag. 8 *
* FUNDACION VBRIBERO                      PLANILLA DE RESULTADOS FINALES *
*-----*
* Obra: CRUZ DEL RJB                      Diam: 0.06820 [m] *
* LITOLOGIA: GNBIS MASIVO ZONA III          Junta: DIACLASA *
* Area : [m2]                      0.00365          CNT: 0.00 *
*****
*
* VALORES FRICCIONALES *
*
*
* PICO                      RESIDUAL *
*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Tension Normal      Tension Tangencial *
* [KPa]              [KPa]              [KPa]              [KPa] *
* 430.67              646.75              432.18              562.12 *
* 873.41              1113.59             875.90              897.80 *
* 1331.55             1353.74             1332.82             1110.69 *
* 1802.17             1621.95             1825.09             1464.64 *
* 2315.85             1910.57             2335.94             1812.69 *
* 2849.64             2315.33             2888.64             2077.41 *
*-----*
* VALORES ESTADISTICOS *
* PICO                      RESIDUAL *
* Regression Output:      Regression Output: *
* Constant                452.61          Constant                316.85 *
* Std Err of Y Est        70.14          Std Err of Y Est        40.01 *
* R Squared                0.99          R Squared                1.00 *
* No. of Observations      6.00          No. of Observations      6.00 *
* Degrees of Freedom       4.00          Degrees of Freedom       4.00 *
*
* X Coefficient(s)          X Coefficient(s)      0.62 *
* Std Err of Coef.      0.03          Std Err of Coef.      0.02 *
*
*-----*
* Re.Pico:  Tao = 0.65 * Sigma+ 452.61          C [KPa]= 452.61  Fi = 33.04 *
*
* Re.Res.:  Tao = 0.62 * Sigma+ 316.85          C [KPa]= 316.85  Fi = 31.87 *
*
*-----*
*****

```

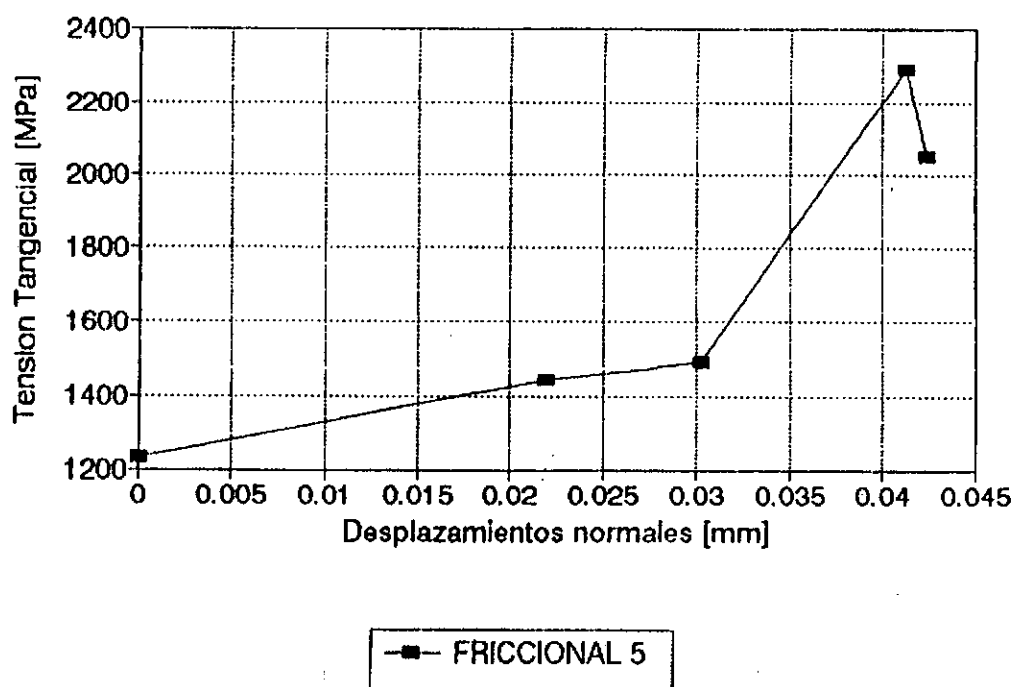
CORTE DIRECTO - DIACLASAS

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



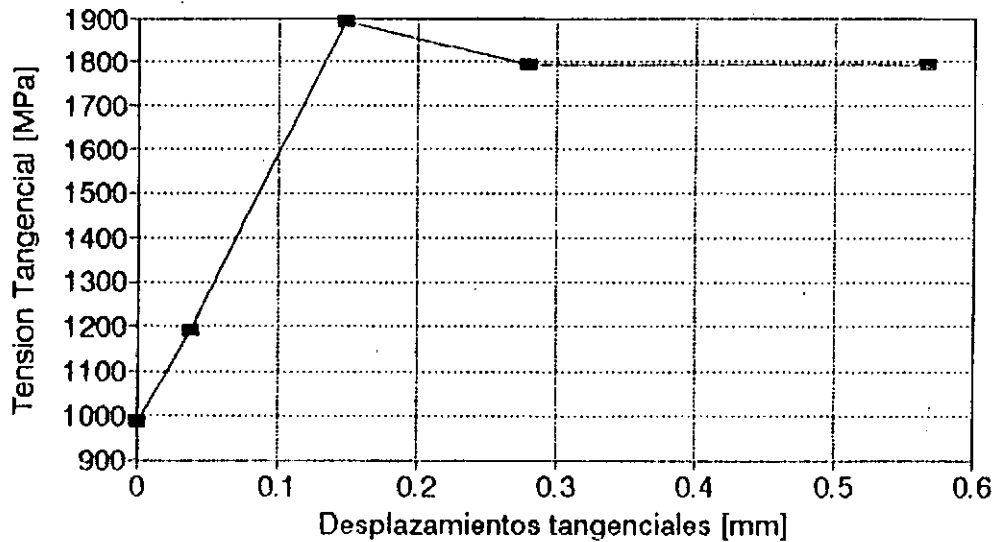
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



CORTE DIRECTO - DIACLASA

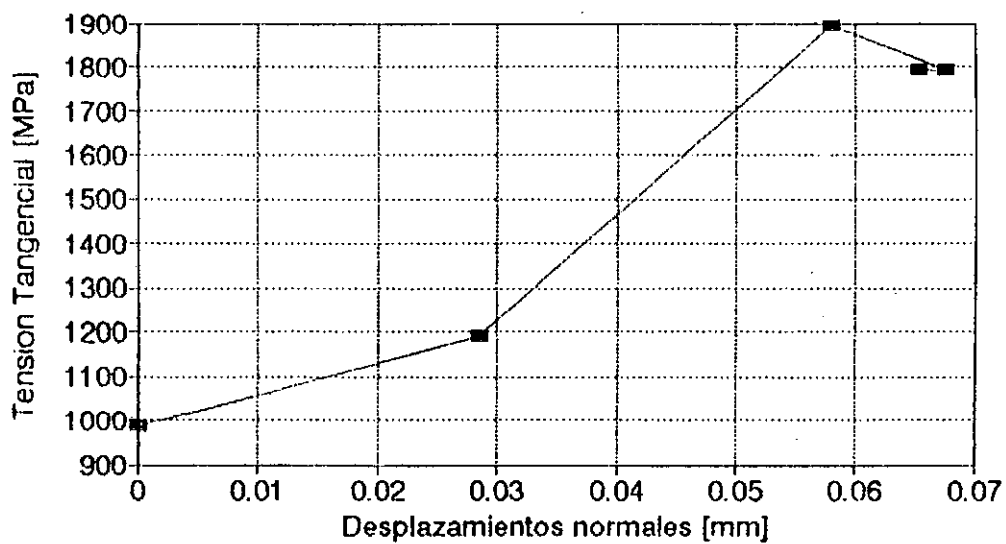
Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



FRICCIONAL 4

CORTE DIRECTO - DIACLASA

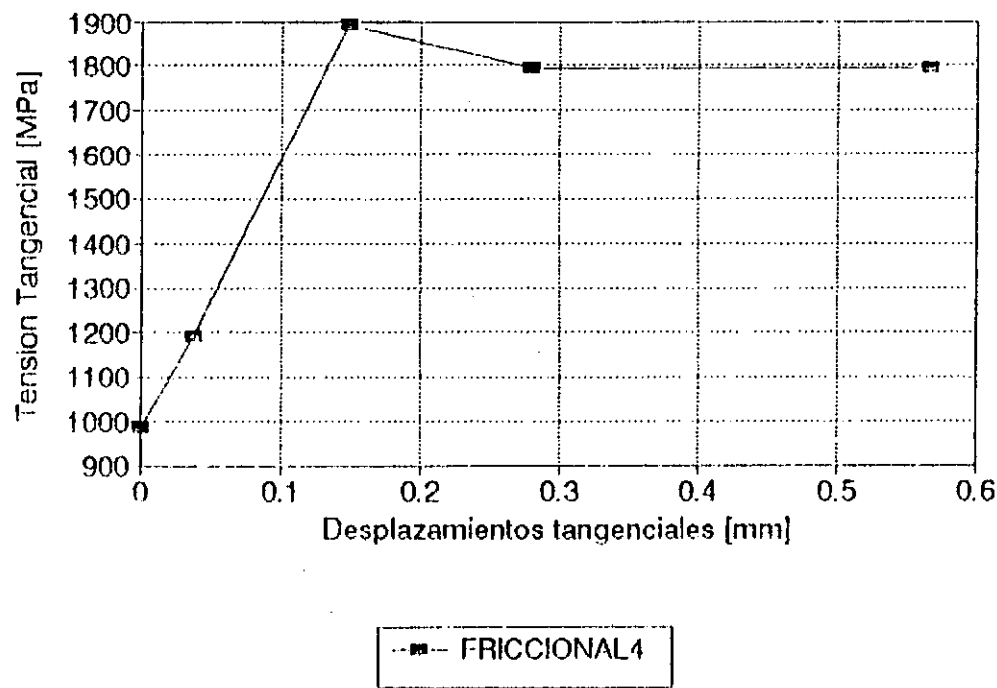
Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



FRICCIONAL 4

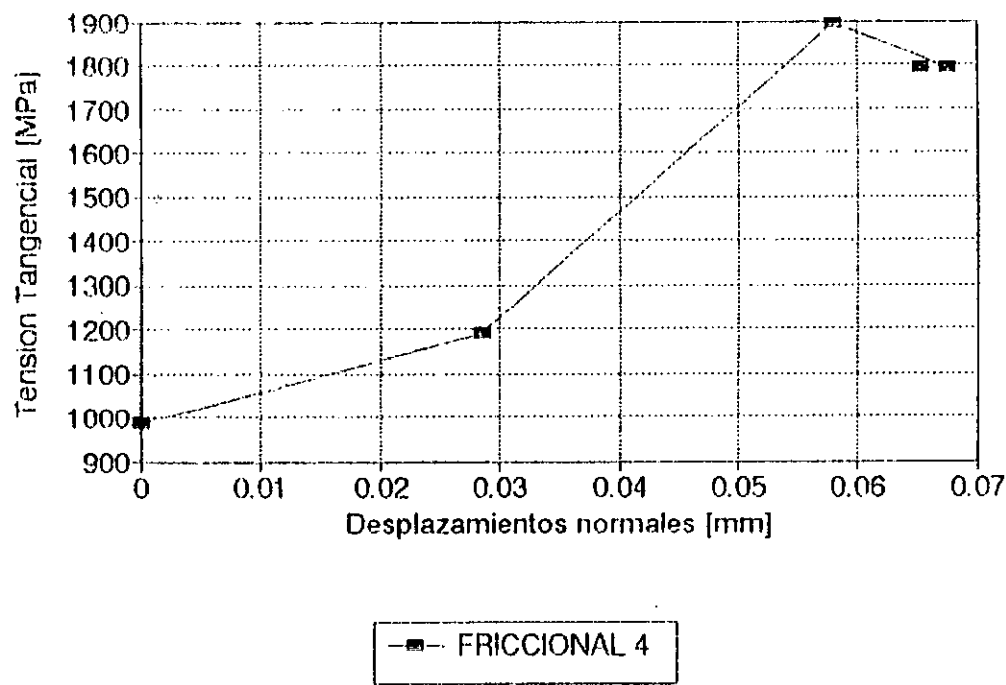
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



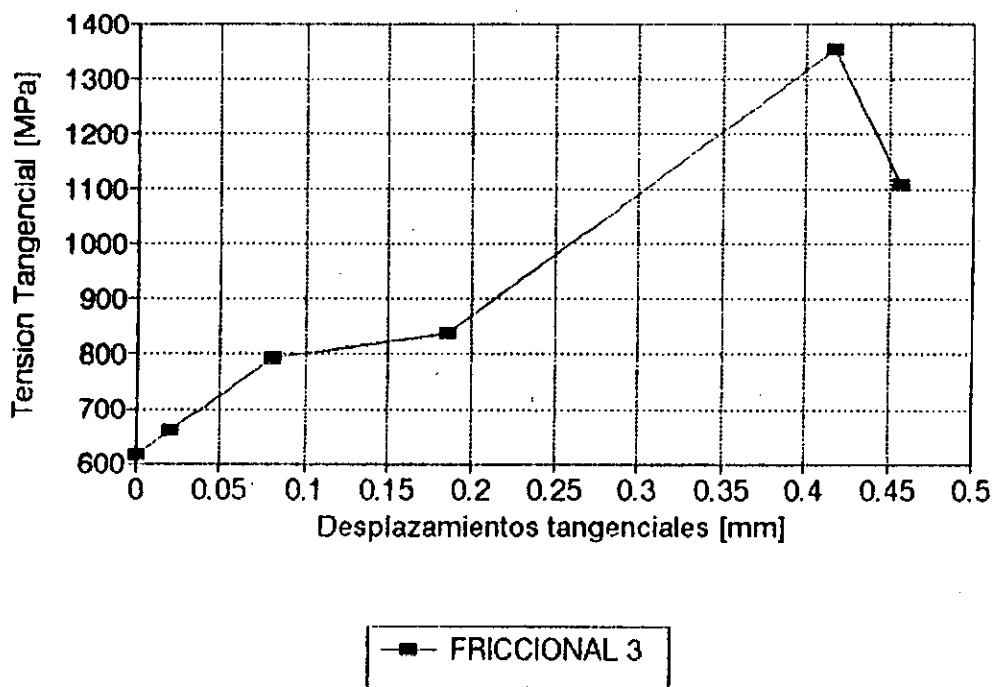
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



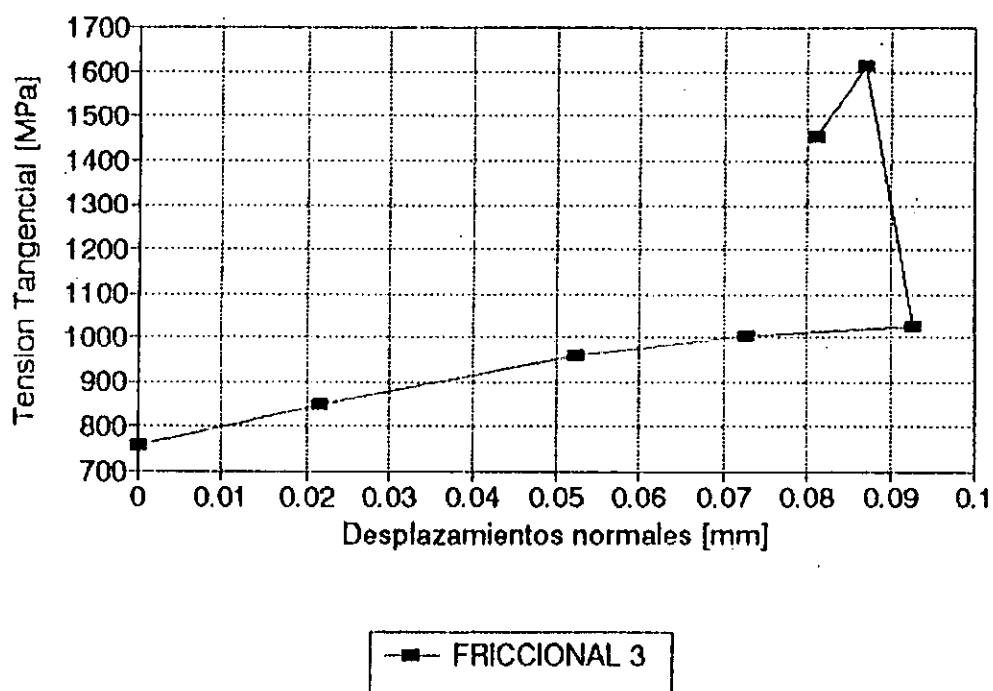
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



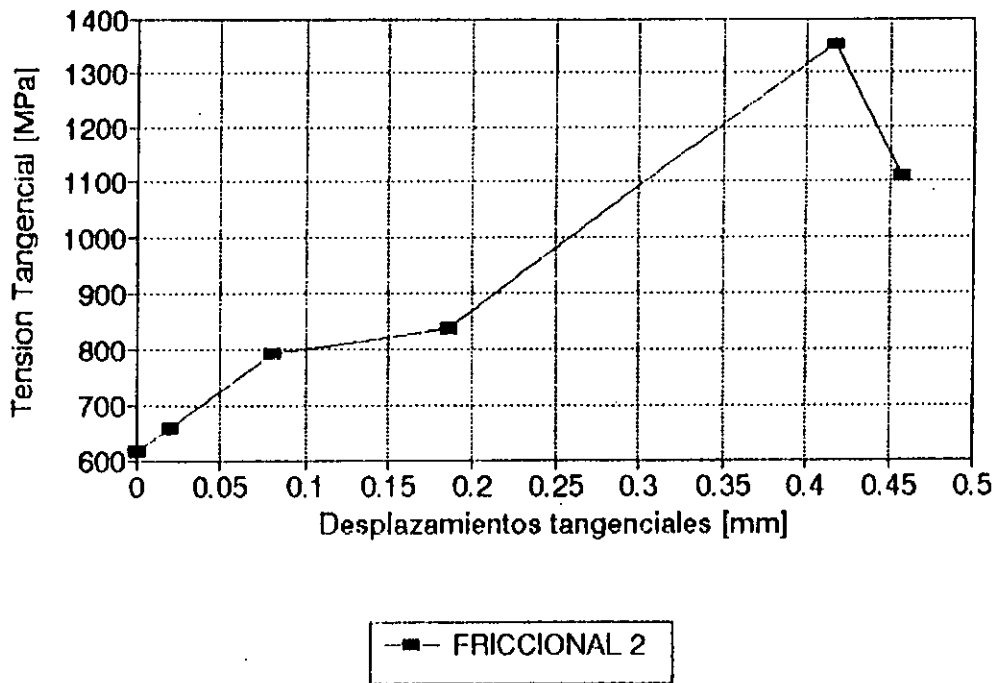
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



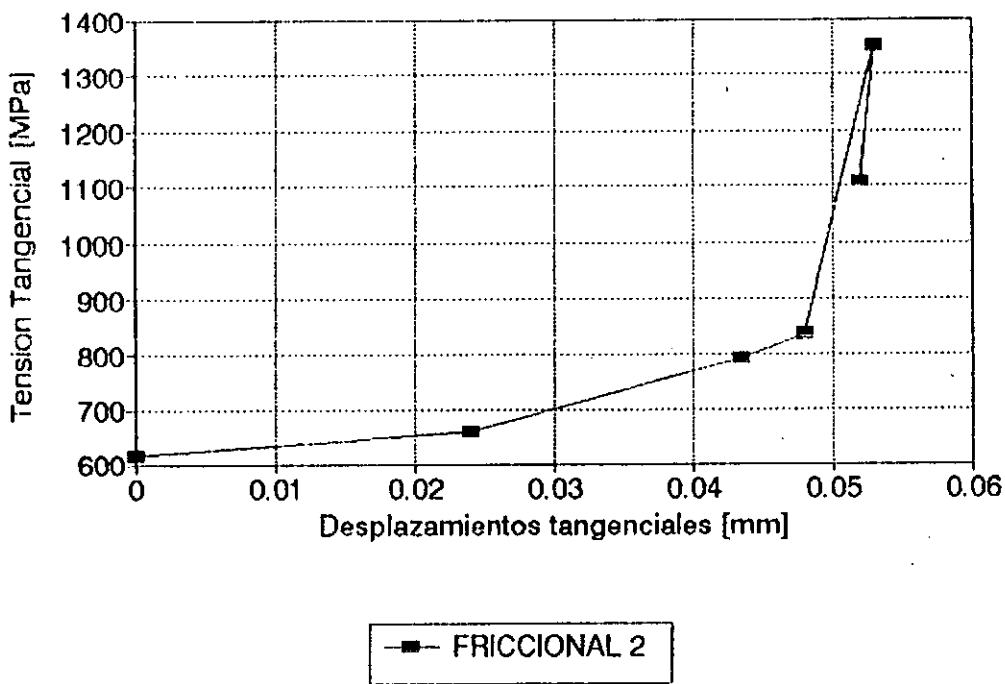
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



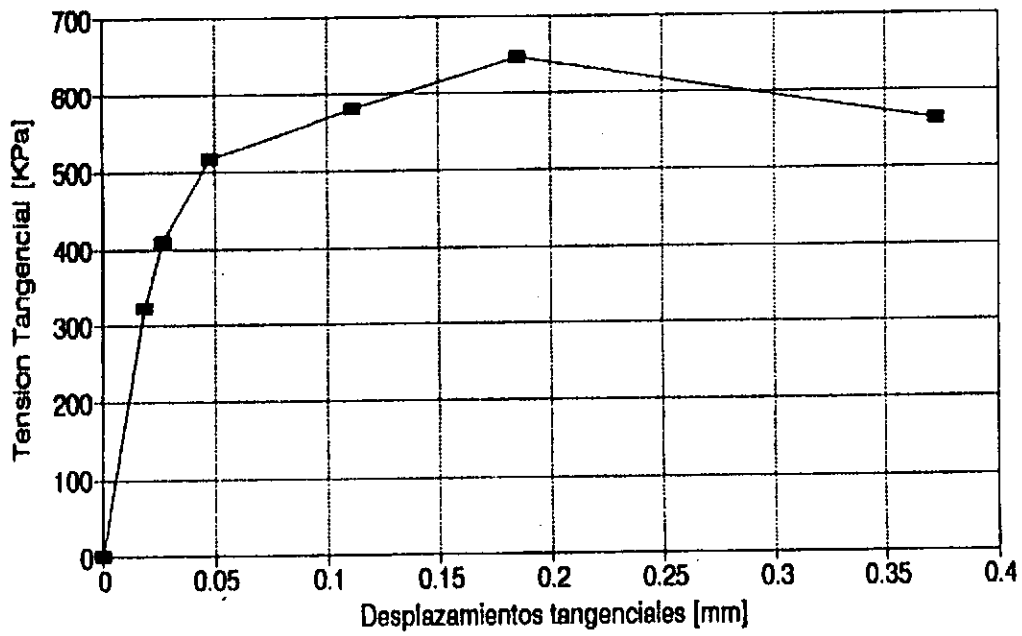
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS - ESQUISTOSO



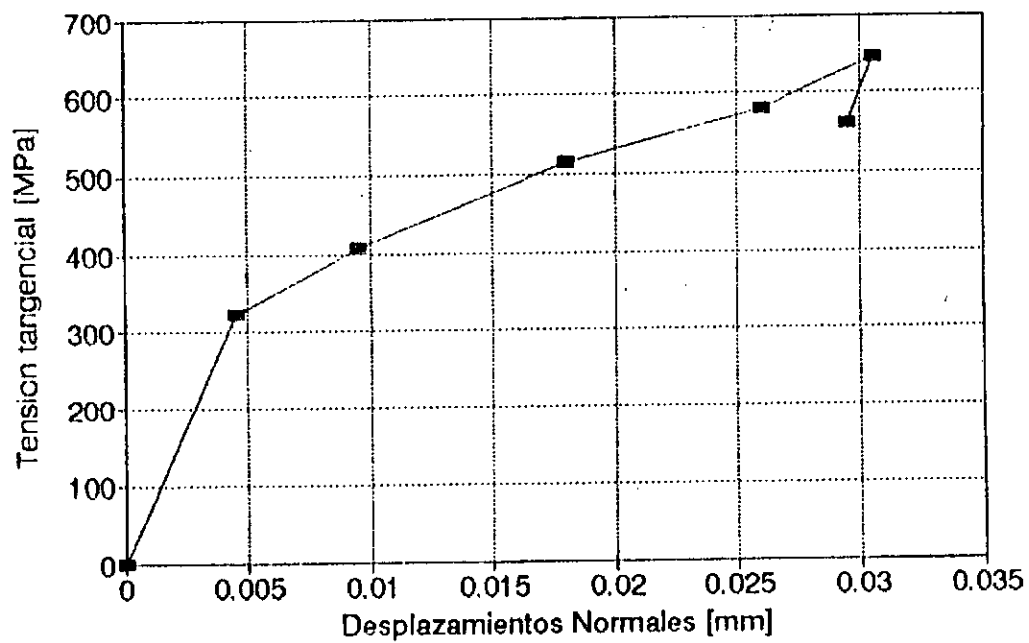
CORTE DIRECTO - DIACLASAS

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



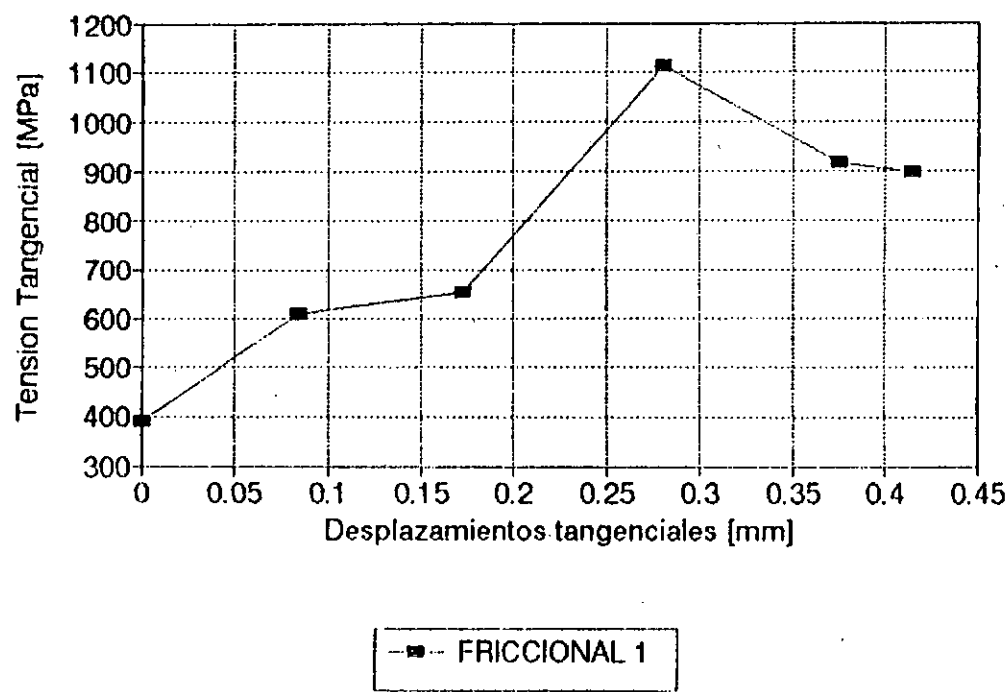
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



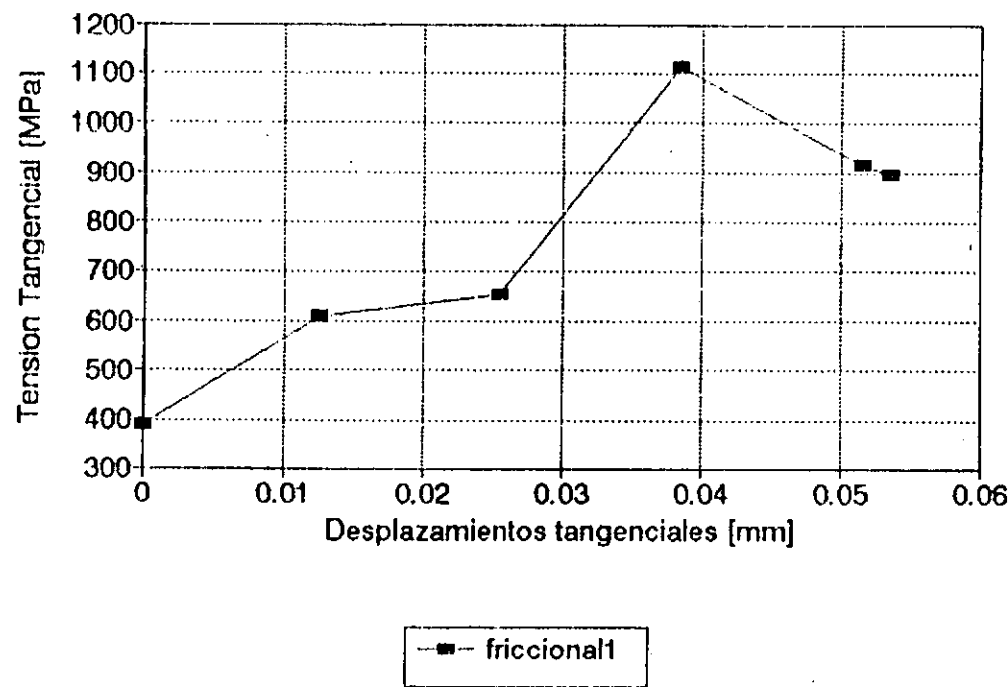
CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



CORTE DIRECTO - DIACLASA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



ANEXO 1-3

ENSAYO DE CORTE GNEIS MASIVO

*****											Pag.1	*****
CORTE DIRECTO				PLANILLA DE RESISTENCIA INICIAL							*****	
-----											*****	
*OBRA: CRUZ DEL EJE				Diam: 0.06180 [m]		Fecha: MAYO 93					*****	
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO				Junta:sierra		Muestra: FUNDACION VERTEDERO					*****	
* Area : [m2]				0.00300 FCT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]					0.78	*****
*****											*****	
* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales			* Tensiones			*****
* 1	* 2	* 3	* 4	Prom	*MANOMETRO	* 5	* 6	Prom	* N	* T	*****	
				[mm]	[Knt]			[mm]	[MPa]	[MPa]	*****	
*****											*****	
* 0.0	* 0.0			0.000	* 0.00	0.00	* 0.0	0.0	0.000	* 0.260	0.000	*****
* 3.5	* 3.5			0.035	* 0.70	0.55	* 5.5	5.5	0.055	* 0.260	0.183	*****
* 6.5	* 6.5			0.065	* 1.30	1.02	* 18.5	18.5	0.185	* 0.261	0.341	*****
* 7.0	* 7.0			0.070	* 1.40	1.10	* 30.0	30.0	0.300	* 0.261	0.368	*****
* 7.8	* 7.8			0.078	* 1.40	1.10	* 43.0	43.0	0.430	* 0.262	0.369	*****
* 10.0	* 10.0			0.100	* 1.45	1.14	* 84.0	84.0	0.840	* 0.264	0.386	*****
* 11.0	* 11.0			0.110	* 1.40	1.10	* 114.0	114.0	1.140	* 0.266	0.375	*****
* 12.0	* 12.0			0.120	* 1.30	1.02	* 133.0	133.0	1.330	* 0.267	0.349	*****
* 14.0	* 14.0			0.140	* 1.20	0.94	* 161.4	161.4	1.614	* 0.269	0.324	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*		*			*		*	*****
				*</								

										Pag. 2
CORTE DIRECTO					PLANILLA DE RESISTENCIA FRICCIONAL					

*OBRA: CRUZ DEL EJE				Diam: 0.06019 [m]			Fecha: MAYO 93			
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO				Junta:sierra			Muestra: FUNDACION VERTEDERO			
* Area : [m2]				0.00284	CMT:	0.79	Fuerza Normal [Knt]			1.57

* Desplazamientos Normales					* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales		* Tensiones	
				Prom	*Manom			Prom	* N	T
* 1 2 3 4				[mm]	*	[Knt]	*	[mm]	* [MPa]	[MPa]

* 0.0 0.0				0.000	* 1.30	1.02	* 0.0 0.0	0.000	* 0.551	0.358
* -0.4 -0.4				-0.004	* 1.50	1.18	* 0.7 0.7	0.007	* 0.551	0.413
* 1.0 1.0				0.010	* 1.80	1.41	* 2.5 2.5	0.025	* 0.551	0.435
* 1.0 1.0				0.010	* 1.90	1.49	* 13.0 13.0	0.130	* 0.553	0.478
* -0.5 -0.5				-0.005	* 2.00	1.57	* 32.0 32.0	0.320	* 0.555	0.490
* 1.0 1.0				0.010	* 2.00	1.57	* 65.0 65.0	0.650	* 0.559	0.500
* 3.0 3.0				0.030	* 1.90	1.49	* 87.0 87.0	0.870	* 0.561	0.495
* 4.5 4.5				0.045	* 1.80	1.41	* 116.0 116.0	1.160	* 0.565	0.468
* 6.0 6.0				0.060	* 1.70	1.33	* 143.0 143.0	1.430	* 0.568	0.450
* 7.0 7.0				0.070	* 1.70	1.33	* 168.8 168.8	1.688	* 0.572	0.440

CORTE DIRECTO

PLANILLA DE RESISTENCIA FRICCIONAL

*OBRA: CRUZ DEL EJE	Diam: 0.05850 [m]	Fecha: MAYO 93	*
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO	Junta:sierra	Muestra: FUNDACION VERTEDERO	*
* Area : [m2]	0.00269 CMT: 0.79	Fuerza Normal [KNT]	2.36 *

[illegible]

*****											Pag.4	*****
* CORTE DIRECTO					* PLANILLA DE RESISTENCIA FRICCIONAL							*****
*****											*****	*****
*OBRA: CRUZ DEL EJE					Diam: 0.05687 [m]		Fecha: MAYO 93					*****
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO					Junta:sierra		Muestra: FUNDACION VERTEDERO					*****
* Area : [m2]					0.00254	CMT:	0.79	Fuerza Normal [Knt]			3.15	*****
*****											*****	*****
* Desplazamientos Normales					* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales		* Tensiones			*****
* 1	2	3	4	Prom	*Manom	* 5	6	Prom	* N	T	*****	
				[mm]	* [Knt]			[mm]	* [MPa]	[MPa]	*****	
*****											*****	*****
* 0.0	0.0			0.000	* 2.25	1.77	* 0.0	0.0	0.000	* 1.238	0.694	*****
* 0.0	0.0			0.000	* 2.50	1.96	* 0.2	0.2	0.002	* 1.238	0.772	*****
* 0.2	0.2			0.002	* 2.90	2.28	* 1.2	1.2	0.012	* 1.239	0.800	*****
* 0.5	0.5			0.005	* 3.00	2.36	* 6.0	6.0	0.060	* 1.240	0.888	*****
* 1.5	1.5			0.015	* 3.10	2.43	* 12.5	12.5	0.125	* 1.242	0.895	*****
* 3.0	3.0			0.030	* 3.15	2.47	* 41.0	41.0	0.410	* 1.250	0.900	*****
* 4.5	4.5			0.045	* 3.15	2.47	* 63.0	63.0	0.630	* 1.256	0.910	*****
* 5.8	5.8			0.058	* 3.00	2.36	* 84.0	84.0	0.840	* 1.262	0.905	*****
* 8.8	8.8			0.088	* 2.90	2.28	* 122.0	122.0	1.220	* 1.273	0.889	*****
* 11.8	11.8			0.118	* 2.80	2.20	* 156.4	156.4	1.564	* 1.284	0.811	*****

										</		

*****											Pag.5	*
CORTE DIRECTO				PLANILLA DE RESISTENCIA FRICCIONAL								*
*****											*	
*OBRA: CRUZ DEL EJE				Diam: 0.05530 [m]		Fecha: MAYO 93					*	
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO				Junta: 0.00		Muestra: FUNDACION VERTEDERO					*	
* Area : [m2]				0.00240		CMT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]			3.94	*
*****											*	
* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales		* Tensiones			*	
* 1	* 2	* 3	* 4	Prom	*Manom	* 5	* 6	Prom	* N	* T	*	
				[mm]	[Knt]			[mm]	[MPa]	[MPa]	*	
*****											*	
* 0.0	* 0.0			0.000	* 2.8	2.20	* 0.0	0.0	0.000	* 1.638	0.888	*
* 0.0	* 0.0			0.000	* 3.3	2.59	* 0.5	0.5	0.005	* 1.638	0.992	*
* 0.0	* 0.0			0.000	* 3.5	2.75	* 1.3	1.0	0.012	* 1.638	0.990	*
* 0.0	* 0.0			0.000	* 3.6	2.83	* 11.0	10.0	0.105	* 1.642	1.000	*
* 0.5	* 0.5			0.005	* 3.8	2.98	* 14.0	24.0	0.190	* 1.645	1.040	*
* 1.8	* 1.8			0.018	* 8.0	6.28	* 43.0	40.0	0.415	* 1.654	0.990	*
* 3.0	* 3.0			0.030	* 3.7	2.90	* 72.0	70.0	0.710	* 1.665	0.990	*
* 4.2	* 4.2			0.042	* 3.6	2.83	* 100.0	98.0	0.990	* 1.676	0.998	*
* 6.5	* 6.5			0.065	* 3.4	2.67	* 132.0	125.0	1.265	* 1.688	0.998	*
*****											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	
											*	

*****												Pag.6	*****
*****												PLANILLA DE RESISTENCIA FRICCIONAL	*****
*****													*****
*OBRA: CRUZ DEL EJE				Diam: 0.05402 [m]				Fecha: MAYO 93				*****	
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO				Junta:DIACLASA				Muestra: FUNDACION VERTEDERO				*****	
* Area : [m2]				0.00229 CMT: 0.79				Fuerza Normal [Knt]				4.73 *****	
*****													*****
* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.				*Desplaz.tangenciales				* Tensiones	*****
* 1	* 2	* 3	* 4	Prom	*Manom	* 5	* 6	Prom	* H	* T	*****		
				[mm]	[Knt]					[mm]	[MPa]	[MPa]	*****
*****													*****
* 0.0	* 0.0			0.000	* 3.4	2.67	* 0.0	0.0	0.000	* 1.966	0.996	*****	
* 0.0	* 0.0			0.000	* 3.9	3.06	* 1.0	0.0	0.005	* 1.966	0.990	*****	
* 0.0	* 0.0			0.000	* 4.3	3.38	* 10.0	0.5	0.053	* 1.969	1.010	*****	
* 0.5	* 0.5			0.005	* 4.4	3.45	* 27.0	22.0	0.245	* 1.977	1.050	*****	
* 1.0	* 1.0			0.010	* 4.4	3.45	* 39.0	36.0	0.375	* 1.983	1.110	*****	
* 2.0	* 2.0			0.020	* 4.4	3.45	* 48.0	50.0	0.490	* 1.989	1.100	*****	
* 3.8	* 3.8			0.038	* 4.3	3.38	* 88.0	84.0	0.860	* 2.006	1.040	*****	
* 5.0	* 5.0			0.050	* 4.2	3.30	* 114.0	110.0	1.120	* 2.019	1.030	*****	
* 7.6	* 7.6			0.076	* 4.0	3.14	* 151.5	145.0	1.483	* 2.036	1.025	*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****												*****	
*****							</						

```

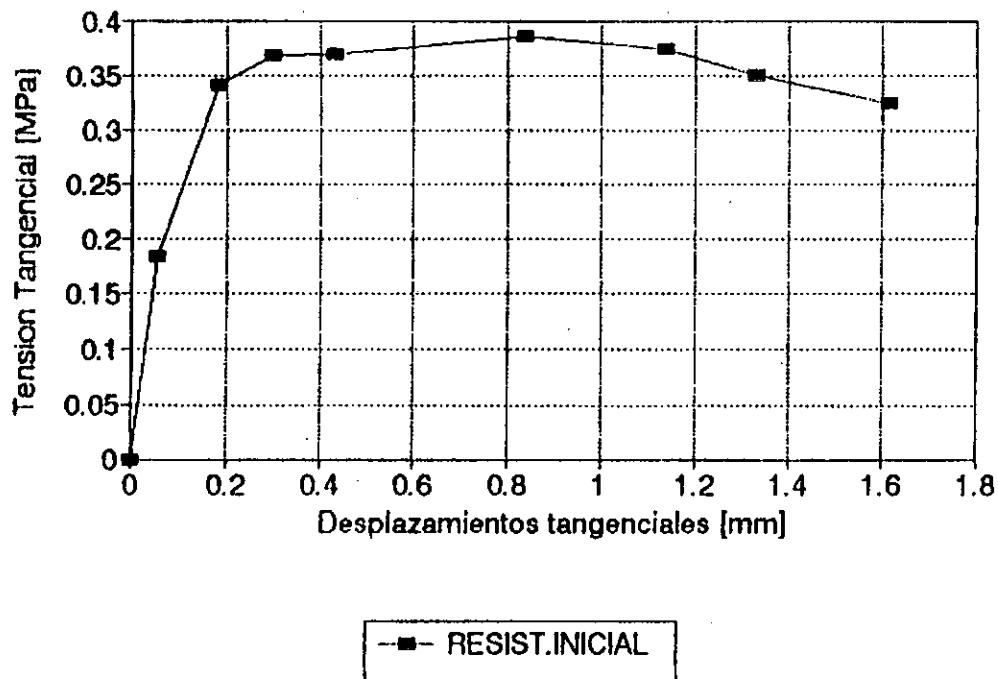
*****
* 0.00                               Pag.8 *
* 0.00                               PLANILLA DE RESULTADOS FINALES *
*-----*
* OBRA: CRUZ DEL EJE      Muestra: FUNDACION VERTEDERO *
* LITOLOGIA: GNEIS MASIVO                               Junta: sierra *
* Area : [m2]      0.00300                               Tension Normal: 0,260 MPa *
*****
*
* VALORES FRICCIONALES
*
*
*
*
* PICO                                RESIDUAL
*
* Tension Normal      Tension Tangencial      Tension Normal      Tension Tangencial
* [MPa]              [MPa]              [MPa]              [MPa]
* 0.5590              0.5000              0.5720              0.4400
* 0.8880              0.6900              0.9090              0.6120
* 1.2560              0.9100              1.2840              0.8110
* 1.6450              1.0400              1.6808              0.9880
* 1.9890              1.1500              2.0360              1.0250
*
* VALORES ESTADISTICOS
* PICO                                RESIDUAL
* Regression Output:                  Regression Output:
* Constant              0.28          Constant              0.23
* Std Err of Y Est      0.04          Std Err of Y Est      0.05
* R Squared             0.98          R Squared             0.96
* No. of Observations   5.00          No. of Observations   5.00
* Degrees of Freedom    3.00          Degrees of Freedom    3.00
*
* X Coefficient(s)      0.46          X Coefficient(s)      0.42
* Std Err of Coef.      0.04          Std Err of Coef.      0.05
*
*-----*
* Ec.Pico:  Tao =      0.46 * Signat      0.28          C [MPa]=      0.28      Fi =      24.48 *
*
* Ec.Res.:  Tao =      0.42 * Signat      0.23          C [MPa]=      0.23      Fi =      22.67 *
*
*****

```

			Pag. 7
PLANILLA DE RESULTADOS FINALES			
*OBRA: CRUZ DEL EJEMuestra: FUNDACION VERTEDERO			
*LITOLOGIA: GNEIS MASIVO			Junta: sierra
* Area : [m2] 0.00300			Tension Normal: 0.260 MPa
RESISTENCIA INICIAL (Material intacto)			
AL PICO			
Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial	
[MPa]	[MPa]	[mm]	
0.2640	0.3860	0.8400	
RESIDUAL			
Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial	
[MPa]	[MPa]	[mm]	
0.2690	0.3240	1.6140	
RESISTENCIA FRICCIONAL			
AL PICO			
Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial	
[MPa]	[MPa]	[mm]	
0.5590	0.5720	0.4400	
0.8880	0.9090	0.6120	
1.2560	1.2840	0.8110	
1.6450	1.6808	0.9880	
1.9890	2.0360	1.0250	
RESIDUAL			
Tension Normal	Tension Tangencial	Despl. Tangencial	
[MPa]	[MPa]	[mm]	
0.5720	1.4860	1.6880	
0.9090	0.6810	1.6300	
1.2840	0.8960	1.5640	
1.6808	1.1430	1.2850	
2.0360	1.3520	1.4830	

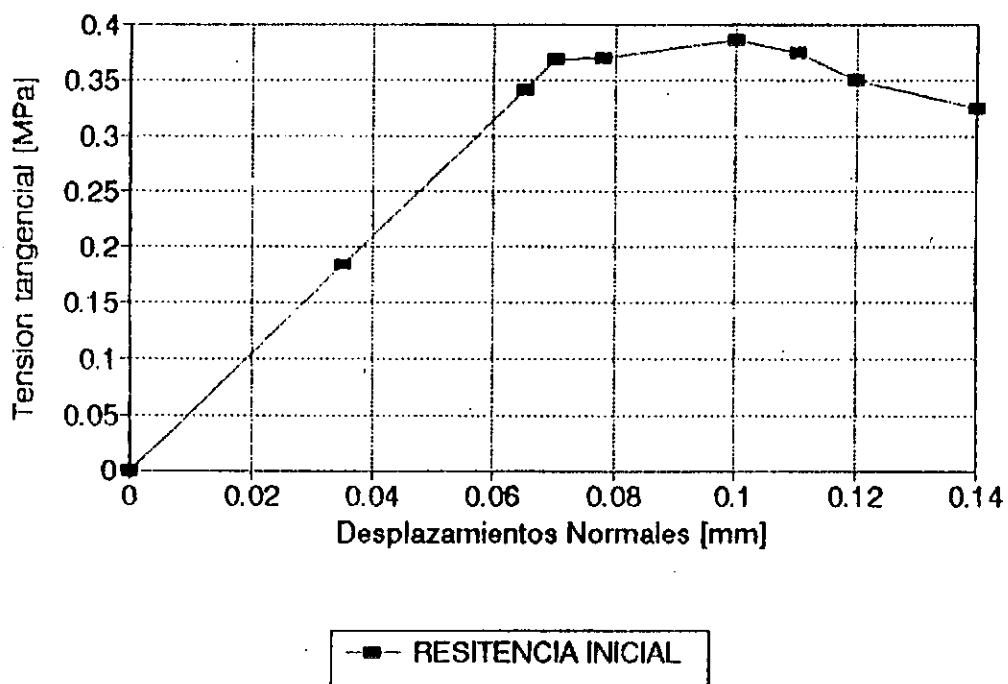
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



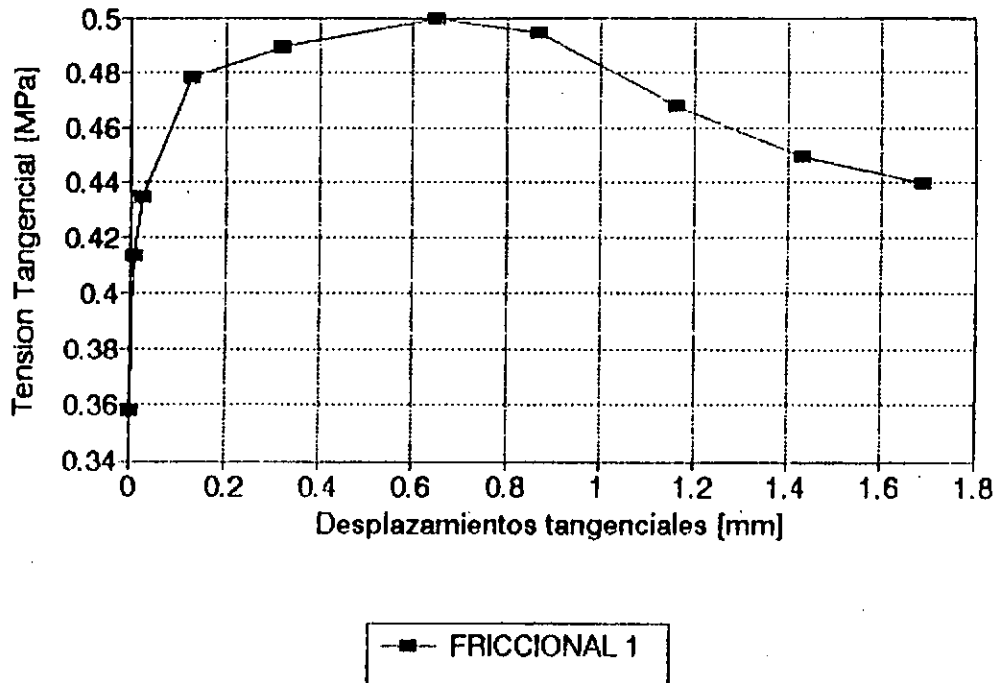
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



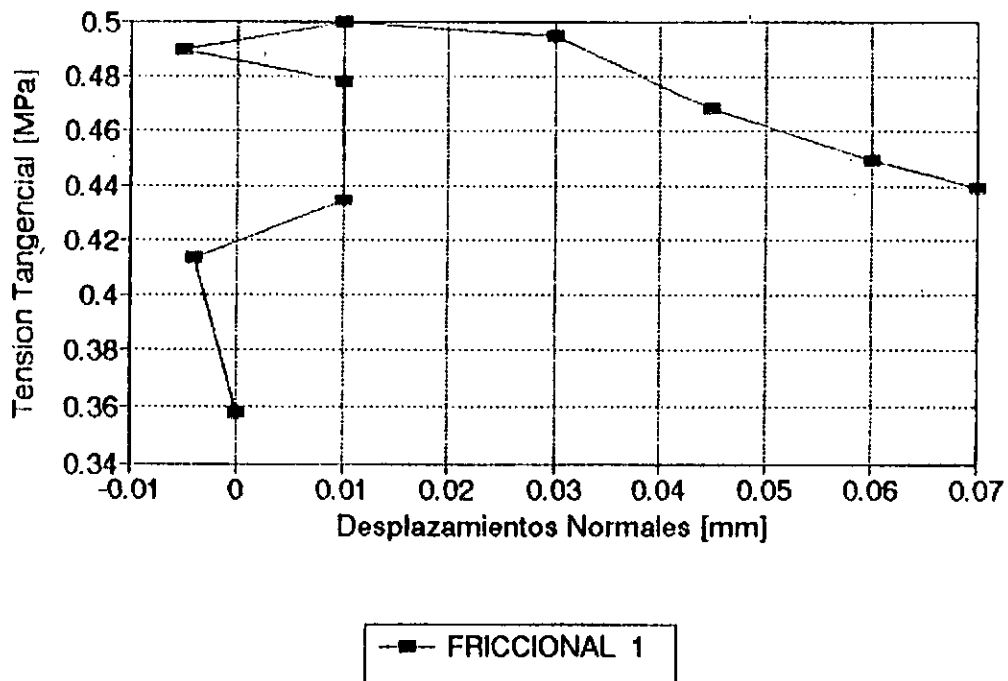
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

MUESTRA : VERTEDERO



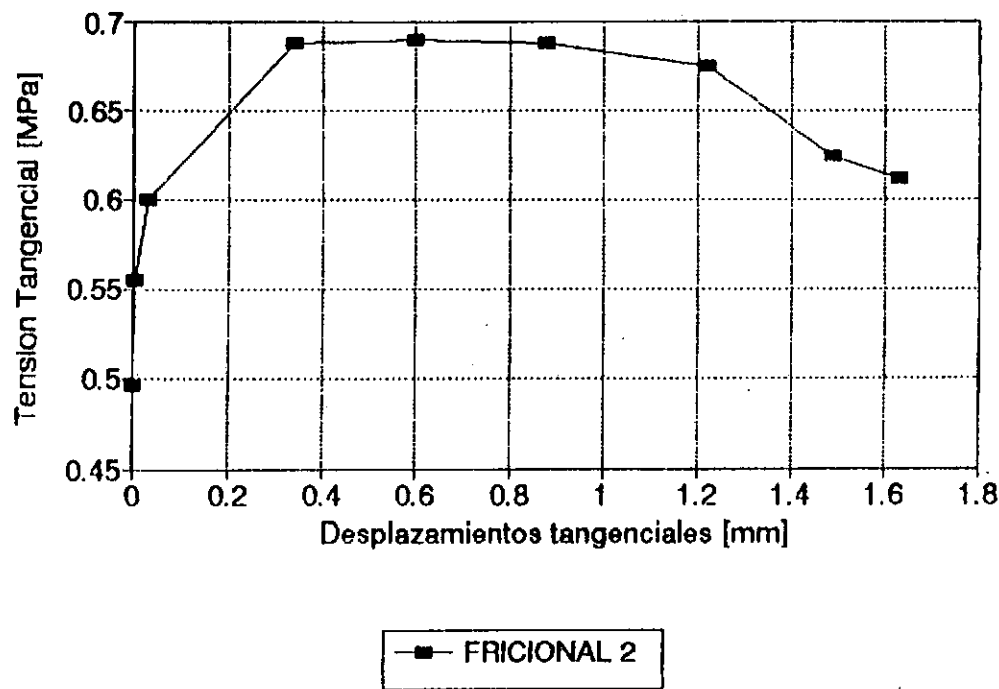
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



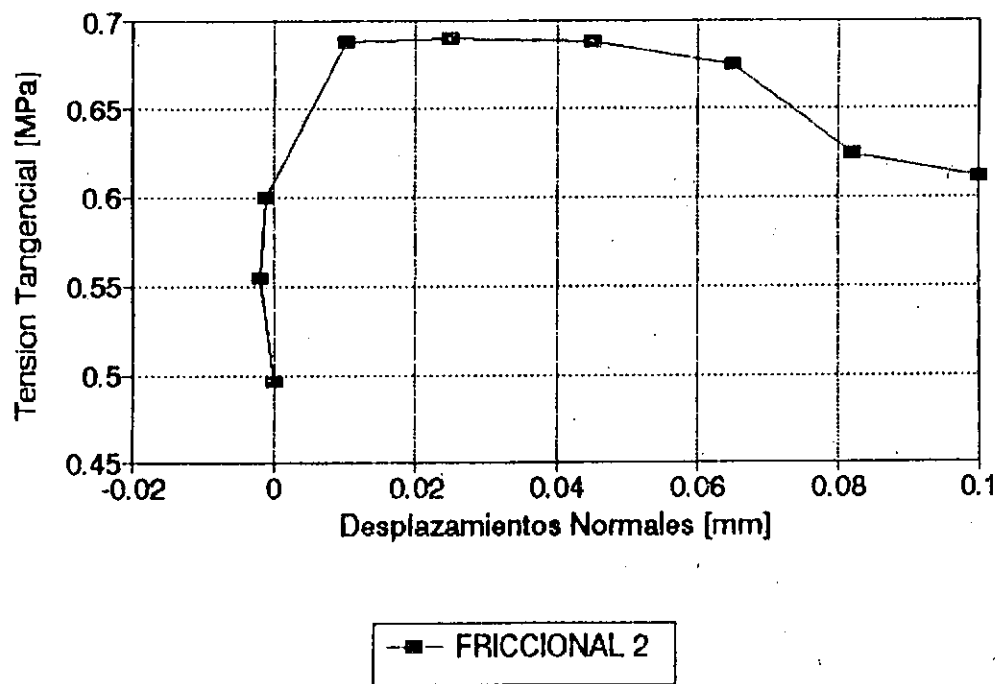
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



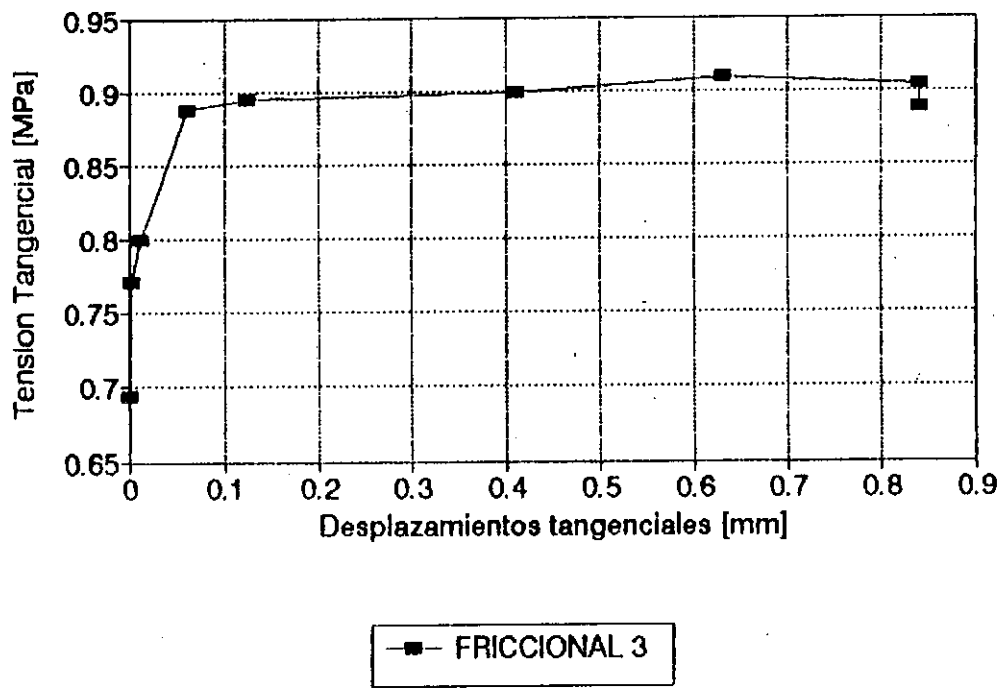
CORTE DIRECTO -SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



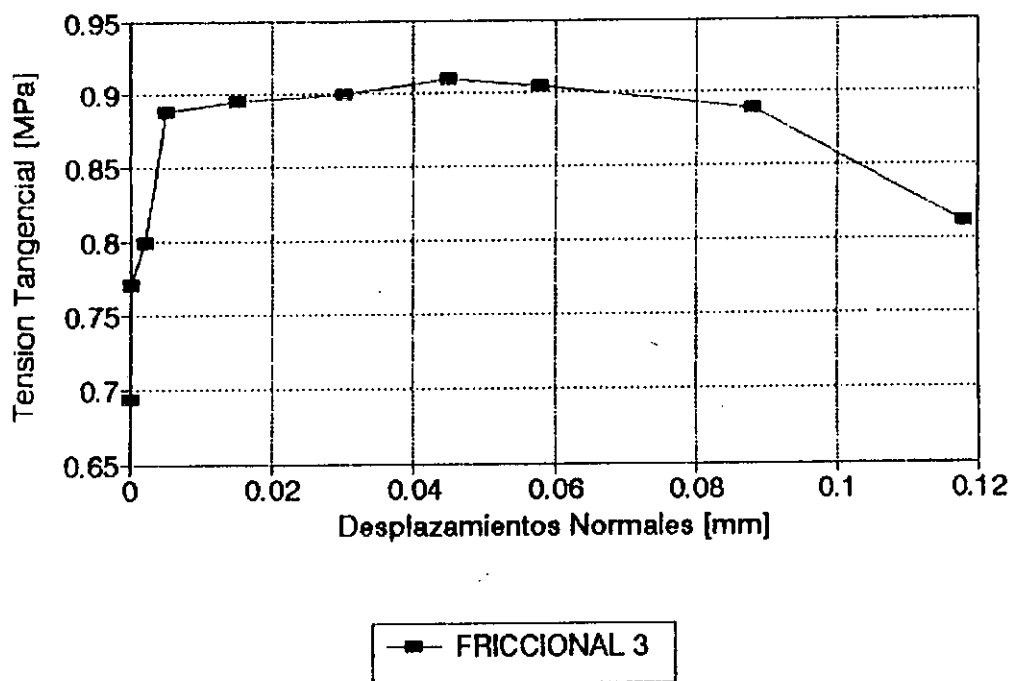
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

MUESTRA : VERTEDERO



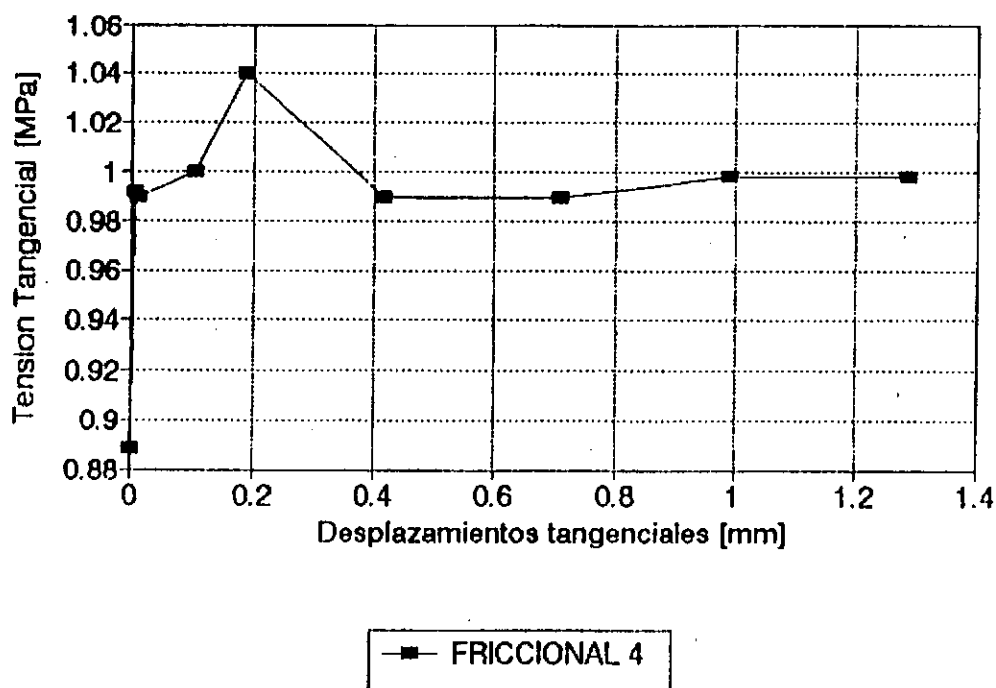
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



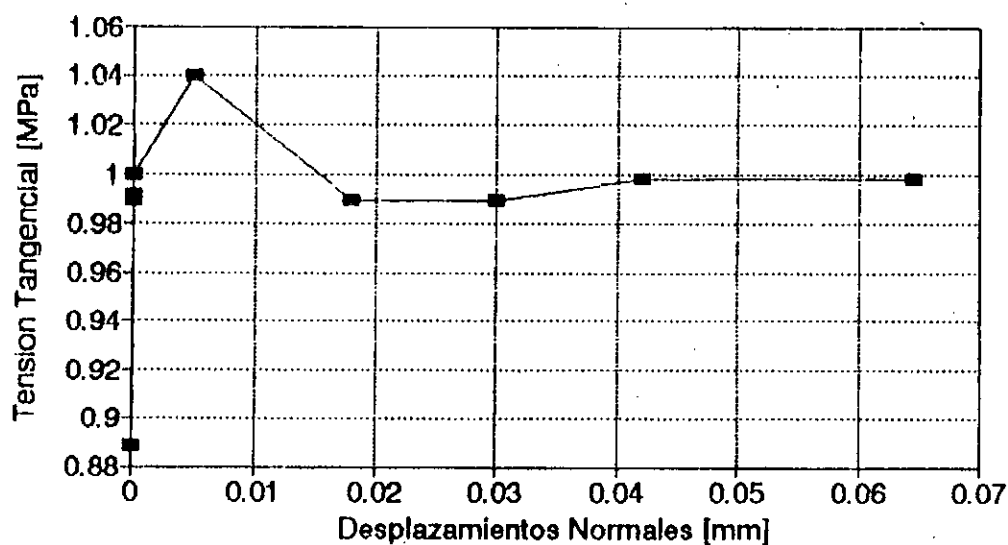
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



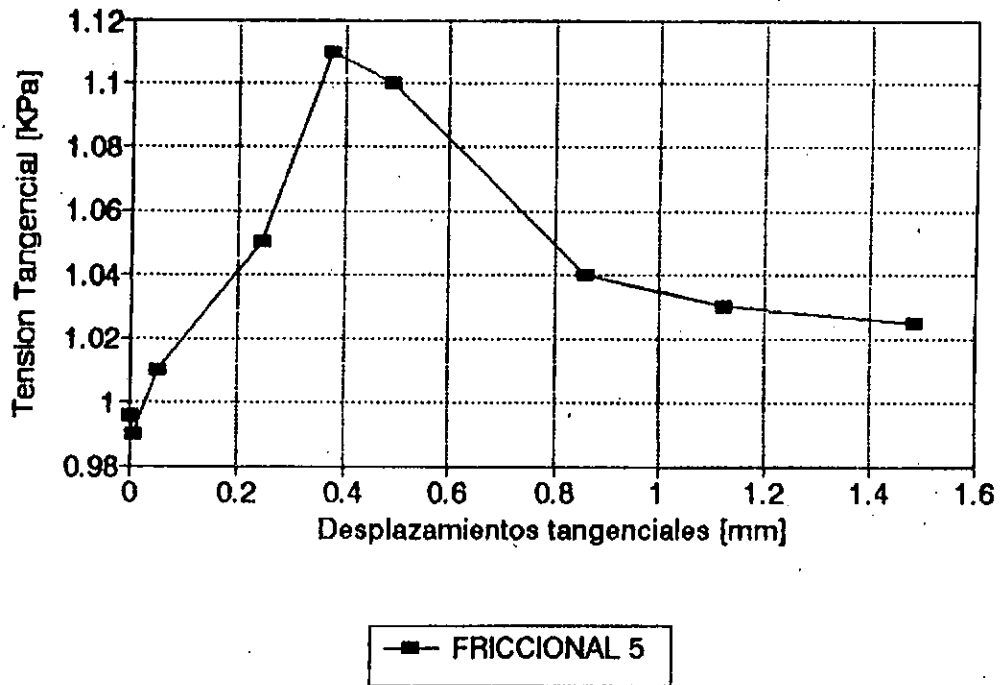
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



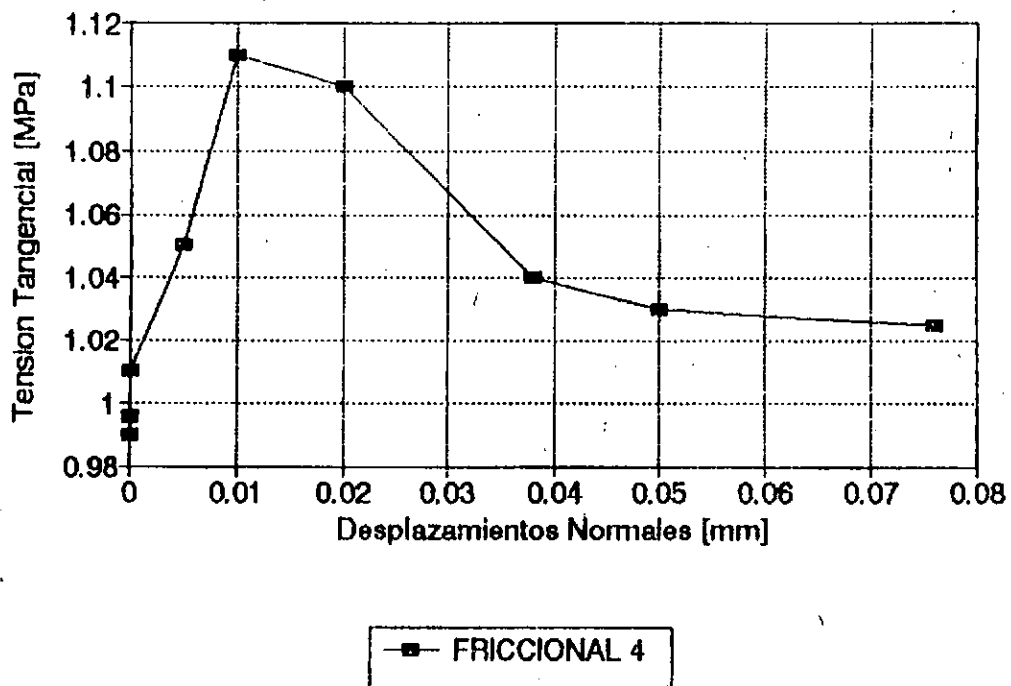
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



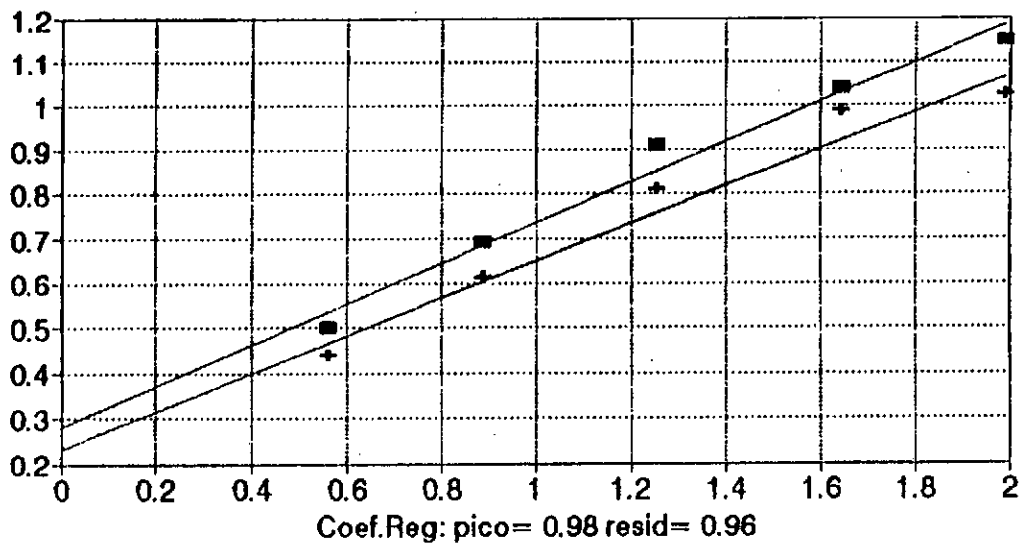
CORTE DIRECTO - SUPERF/ASERRADA

Muestra #: VERTEDERO



CORTE DIRECTO -VERTEDERO

Tens.Tang [MPa] vs. Tens.Normales [MPa]



■ Pico Exp. + Resid.Exp. — Pico Calc. — Resid.Calc.

*****												Pag.3	*
*ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE Hx ROCA						PLANILLA DE RESISTENCIA RESIDUAL							*
*****													*
* Obra: CRUZ DEL BJB		Diam: 0.19780 [m]		Fecha: ABRIL 93									*
* LITOLOGIA: GNEIS MASIVO		Junta:Hx/ROCA		Hues.1:ZONA III									*
* Area : [m2]		0.03073		CMT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]		39.00					*
*****													*
* Desplazamientos Normales				* Fuerza Tang.		*Desplaz.Tangenciales		* Tensiones				*	
* 1	2	3	4	Prom	*Manom	* 5	6	Prom	* N	T	*		
				[mm]	[Knt]			[mm]	[MPa]	[MPa]	*		
*****													*
* 0.00	0.00			0.000	* 24.0	18.84	* 0.0	0.0	0.000	* 1.267	0.612	*	
* 2.00	2.80			0.024	* 28.0	21.98	* 20.0	25.0	0.225	* 1.269	0.715	*	
* 5.20	3.50			0.044	* 32.0	25.12	* 42.0	49.0	0.455	* 1.271	0.819	*	
* 12.00	6.50			0.093	* 36.0	28.26	* 66.0	76.0	0.710	* 1.273	0.923	*	
* 15.00	9.60			0.123	* 37.0	29.05	* 82.0	94.0	0.880	* 1.275	0.949	*	
* 14.00	10.00			0.120	* 35.0	27.48	* 106.0	110.0	1.080	* 1.276	0.899	*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*			*	
					*	*			*				

*****										Pag.5		*****	
ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE Hx ROCA										PLANILLA DE RESISTENCIA RESIDUAL			
FUNDACION VERTEDERO													
-----										-----			
Obra: CRUZ DEL EJE		Diam: 0.19567 [m]		Fecha: ABRIL 93									
LITOLOGIA: GHBIS MASIVO		Junta:Hx/ROCA		Nues. #:ZONA III									
Area : [m2]		0.03007		CMT: 0.79		Fuerza Normal [Knt]		75.00					
*****										*****			
Desplazamientos Normales				Fuerza Tang.		Desplaz.Tangenciales		Tensiones					
1	2	3	4	Prom	Manom	5	6	Prom	N	T			
				[mm]	[Knt]			[mm]	[MPa]	[MPa]			
*****										*****			
0.00	0.00			0.000	39.00	30.62	0.0	0.0	0.000	2.491	1.017		
2.50	3.20			0.029	45.00	35.33	20.0	19.0	0.195	2.494	1.175		
6.95	4.66			0.058	52.00	40.82	39.0	37.0	0.380	2.497	1.359		
7.56	5.95			0.068	68.00	53.38	75.0	72.0	0.735	2.503	1.781		
7.10	5.95			0.065	65.00	51.03	100.0	96.0	0.980	2.507	1.705		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*		
				*		*			*		*</		


```

*****
*          ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE Hx ROCA          Pag. 7  *
*          FUNDACION VRETEDEBO          PLANILLA DE RESULTADOS FINALES  *
*-----*
*          Obra: CRUZ DEL BJE          Diam: 0.20000 [m]          *
*          LITOLOGIA: GRANIS MASIVO  ZONA III          Junta: Hx/ROCA          *
*          Area : [m2]          0.03142          *
*****
*          RESISTENCIA INICIAL          *
*          AL PICO          *
*          *          *
* Tension Normal  Tension Tangencial  Despl. Tangencial          *
* [MPa]          [MPa]          [mm]          *
* 0.6420          0.4890          0.6700          *
*          *          *
*          RESIDUAL          *
*          *          *
* Tension Normal  Tension Tangencial  Despl. Tangencial          *
* [MPa]          [MPa]          [mm]          *
* 0.6440          0.4270          1.1600          *
*          *          *
*-----*
*          RESISTENCIA FRICCIONAL          *
*          AL PICO          *
*          *          *
* Tension Normal  Tension Tangencial  Despl. Tangencial          *
* [MPa]          [MPa]          [mm]          *
* 0.960          0.723          0.815          *
* 1.275          0.949          0.880          *
* 1.551          1.166          0.675          *
* 2.503          1.781          0.735          *
* 2.628          1.875          0.685          *
*          *          *
*          RESIDUAL          *
*          *          *
* Tension Normal  Tension Tangencial  Despl. Tangencial          *
* [MPa]          [MPa]          [mm]          *
* 0.962          0.635          1.000          *
* 1.276          0.899          1.080          *
* 1.555          1.039          1.045          *
* 2.507          1.705          0.980          *
* 2.633          1.802          0.986          *
*****

```

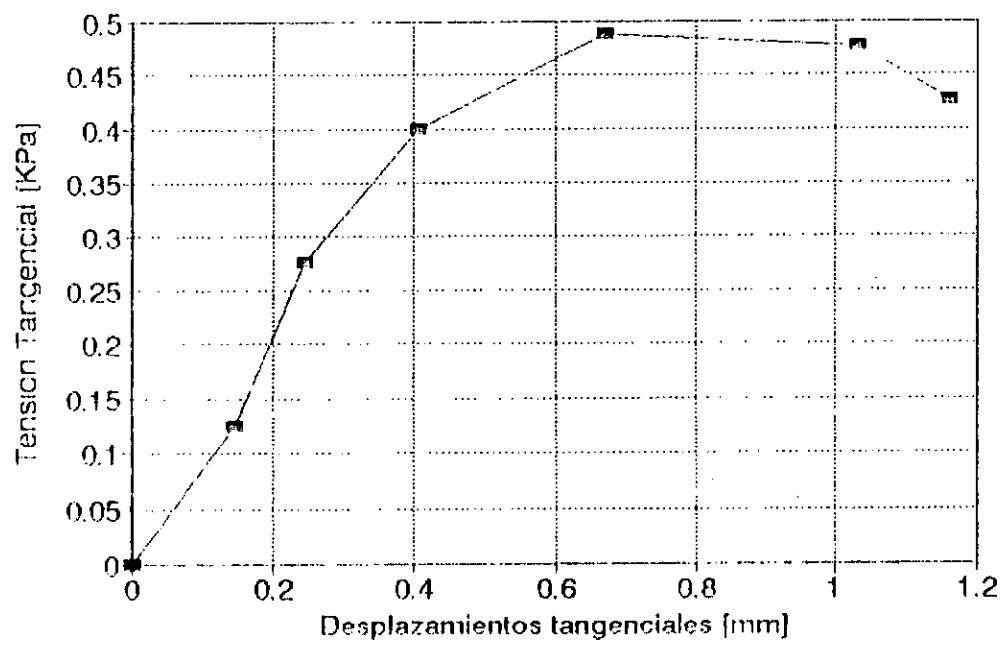
```

*****
* ESTUDIO DE RESISTENCIA AL CORTE Hx ROCA                               Pag.8 *
* FUNDACION VERTEDERO                                PLANILLA DE RESULTADOS FINALES *
*-----*
* Obra: CRUZ DEL RJB                      Diam: 0.20000 [m] *
* LITOLOGIA: GNEIS MASIVO      ZONA III      Junta: Hx/ROCA *
* Area : [m2]                    0.03142 *
*****
*
* VALORES FRICCIONALES *
*
*
* PICO                                RESIDUAL *
*
*Tension Normal      Tension Tangencial      Tension Normal      Tension Tangencial *
* [MPa]              [MPa]                  [MPa]              [MPa] *
* 0.642              0.489                  0.644              0.450 *
* 0.960              0.723                  0.962              0.635 *
* 1.275              0.949                  1.276              0.899 *
* 1.551              1.166                  1.555              1.039 *
* 2.503              1.781                  2.507              1.705 *
* 2.628              1.875                  2.633              1.802 *
*-----*
* VALORES ESTADISTICOS *
* PICO                                RESIDUAL *
* Regression Output:                  Regression Output: *
*Constant              0.06          Constant              0.00 *
*Std Err of Y Est      0.02          Std Err of Y Est      0.02 *
*R Squared              1.00          R Squared              1.00 *
*No. of Observations    6.00          No. of Observations    6.00 *
*Degrees of Freedom     4.00          Degrees of Freedom     4.00 *
*
*I Coefficient(s)      0.69          I Coefficient(s)      0.68 *
*Std Err of Coef.     0.01          Std Err of Coef.     0.01 *
*
*-----*
*Ec.Pico:  Tao = 0.69 * Sigma+ 0.06      C [KPa]= 0.06      Fi = 34.66 *
*
*Ec.Res.:  Tao = 0.68 * Sigma+ 0.00      C [KPa]= 0.00      Fi = 34.26 *
*
*****

```

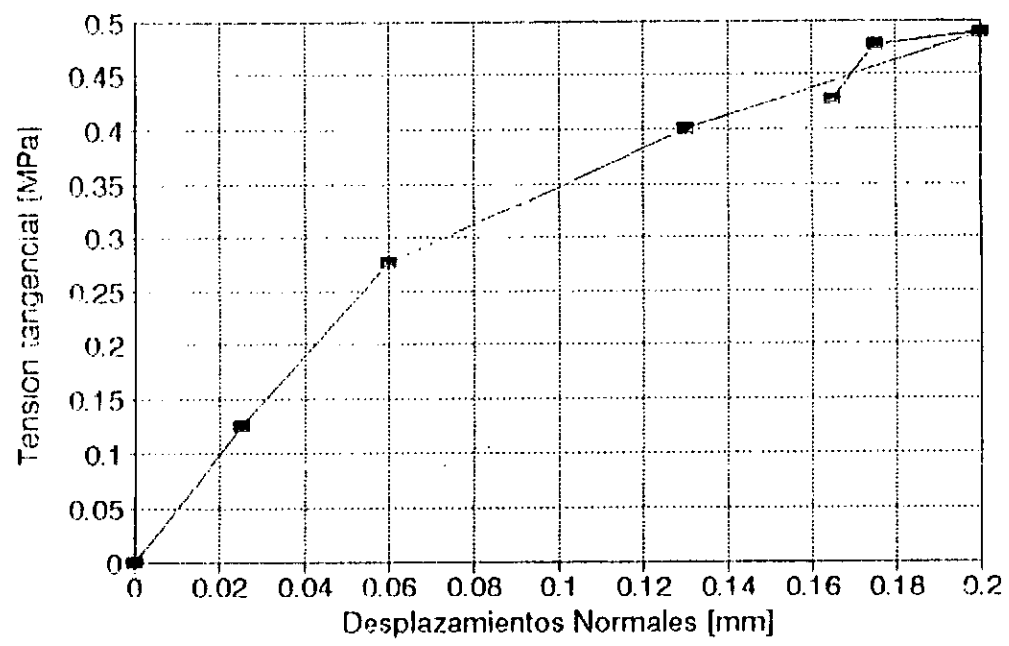
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #:GNEIS MASIVO-ZONA III



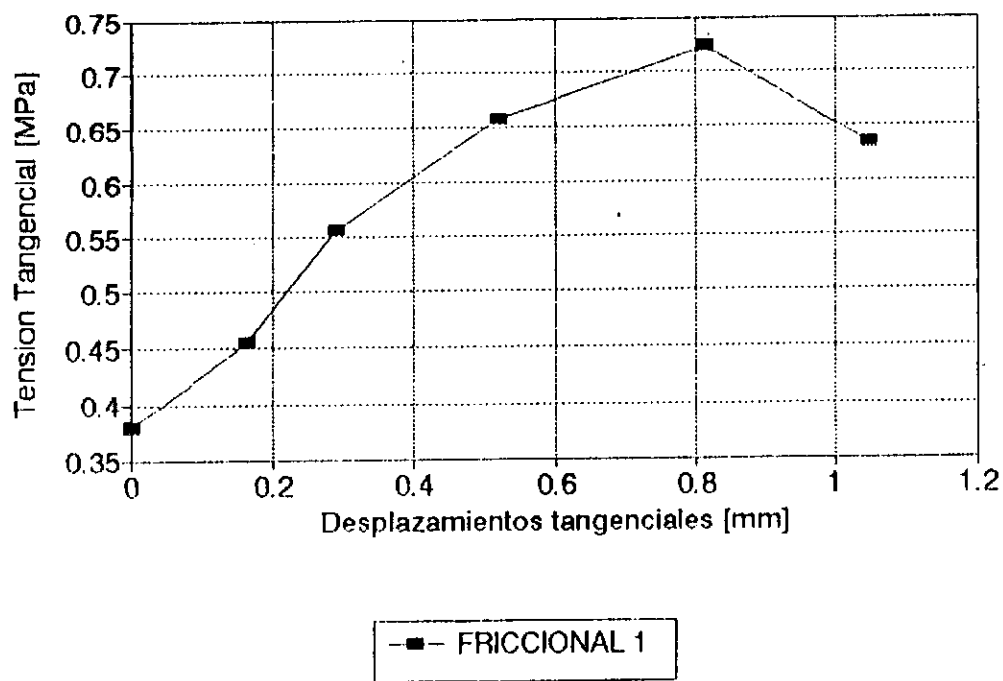
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #:GNEIS MASIVO ZONA III



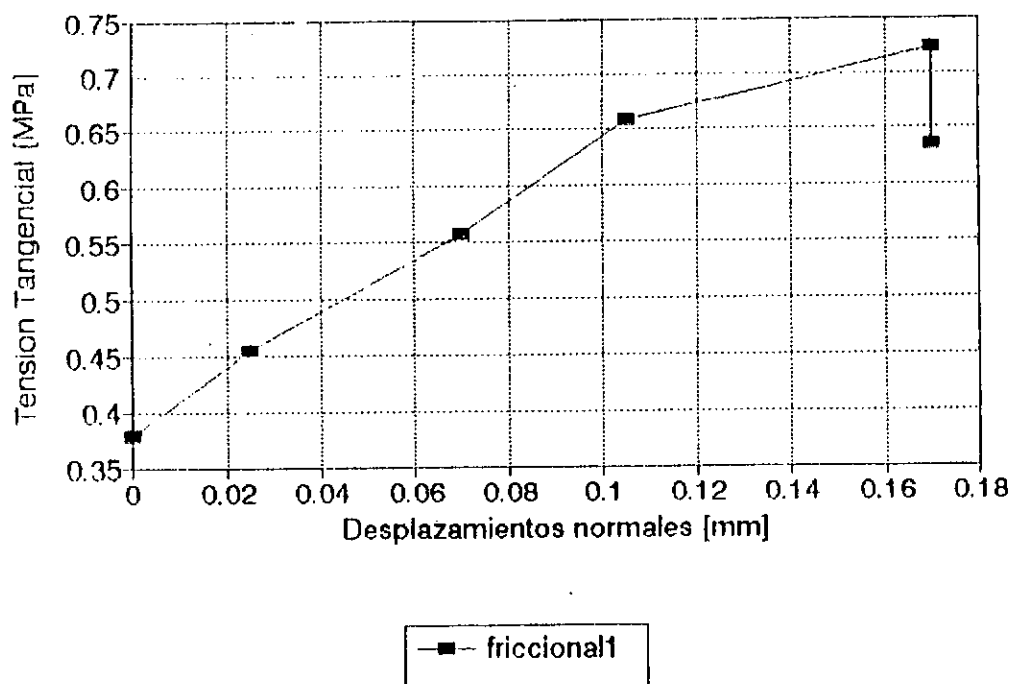
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



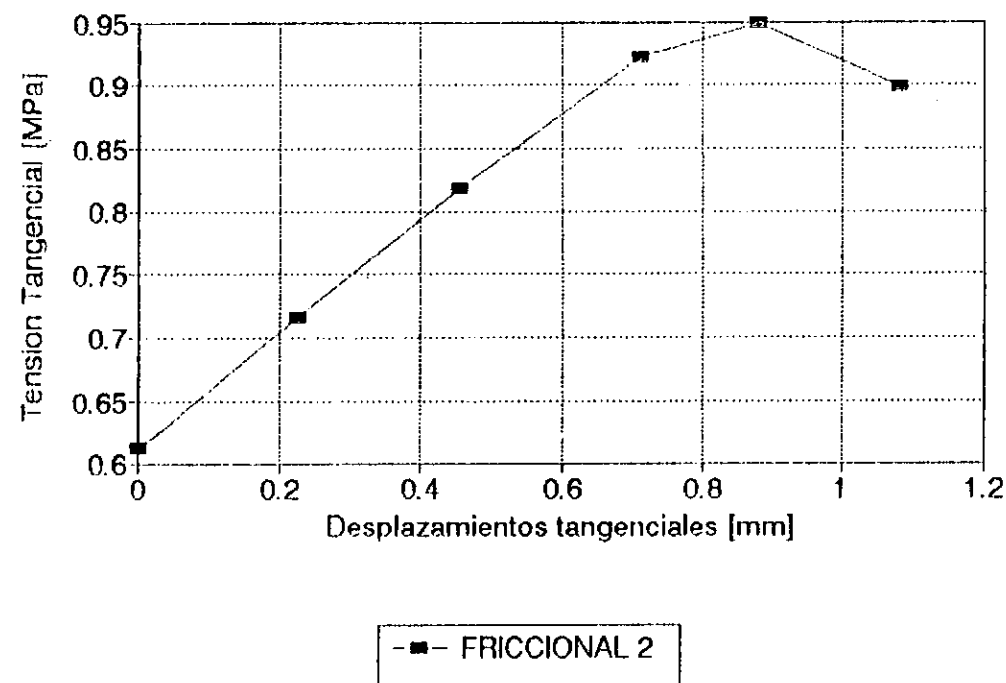
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



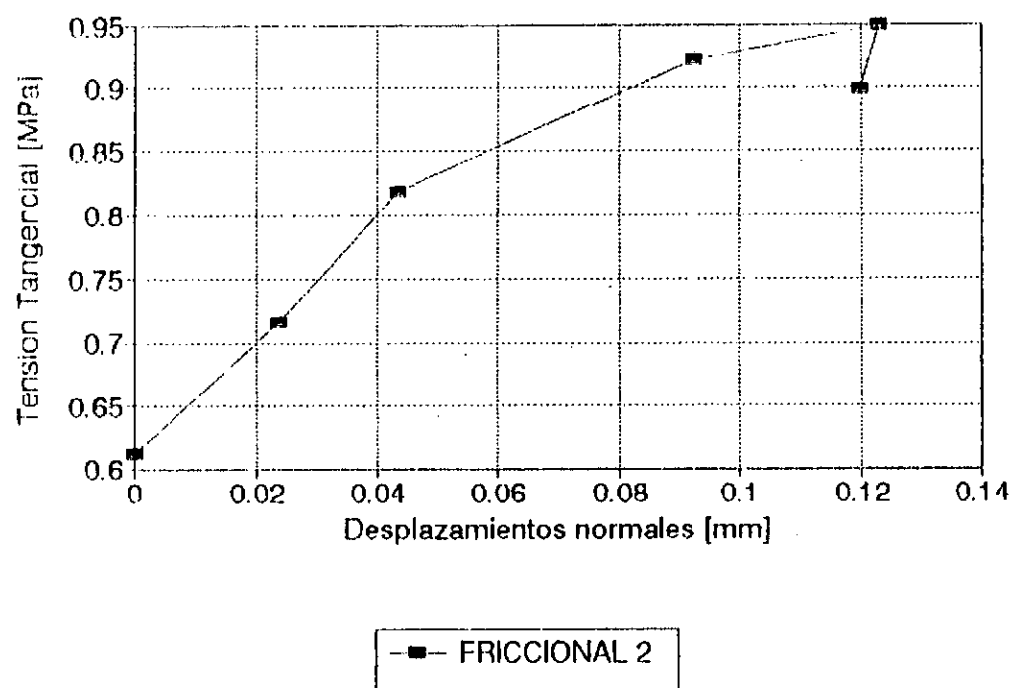
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



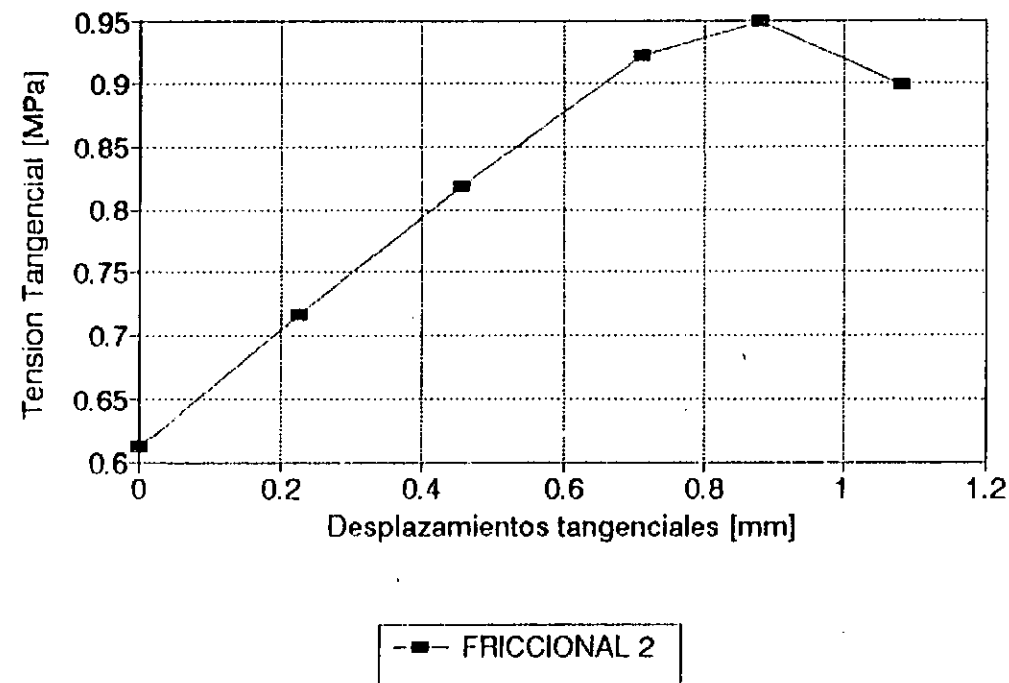
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS - ESQUISTOSO



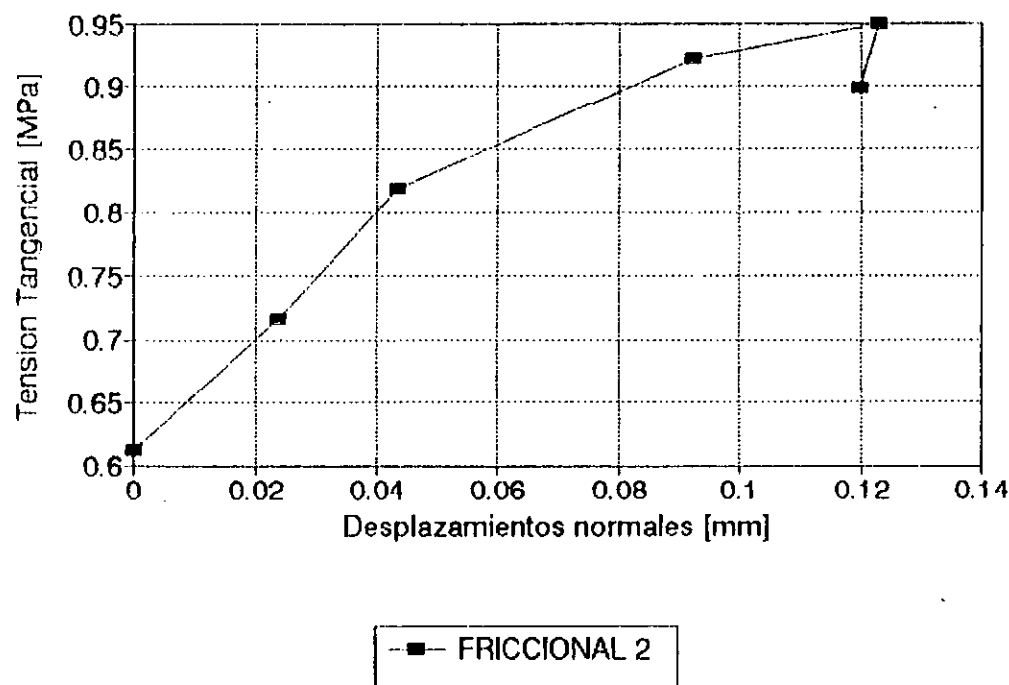
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



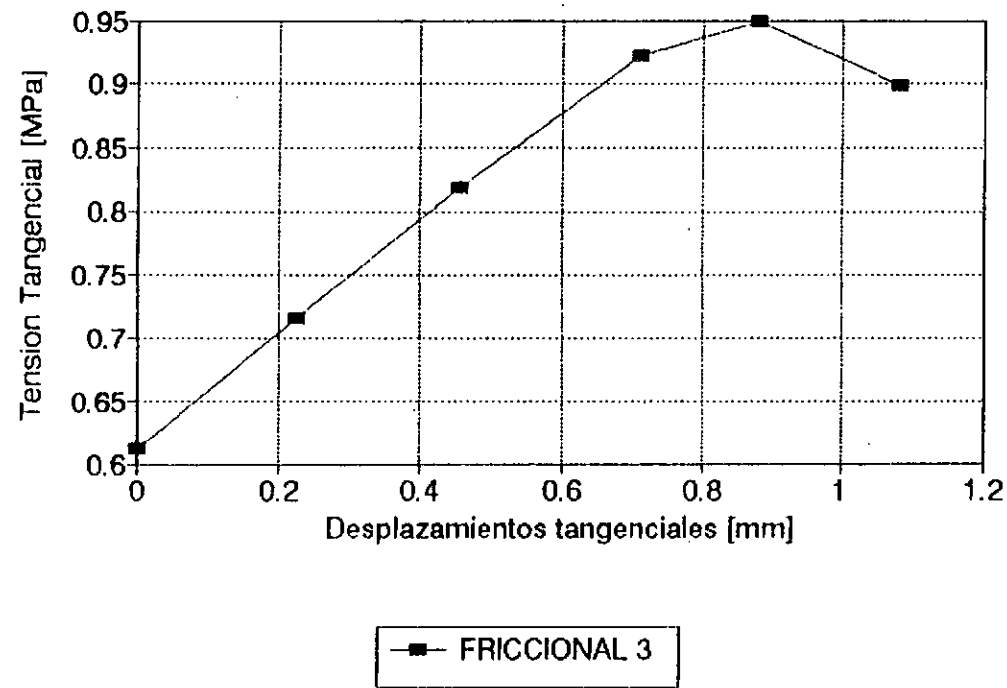
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS - ESQUISTOSO



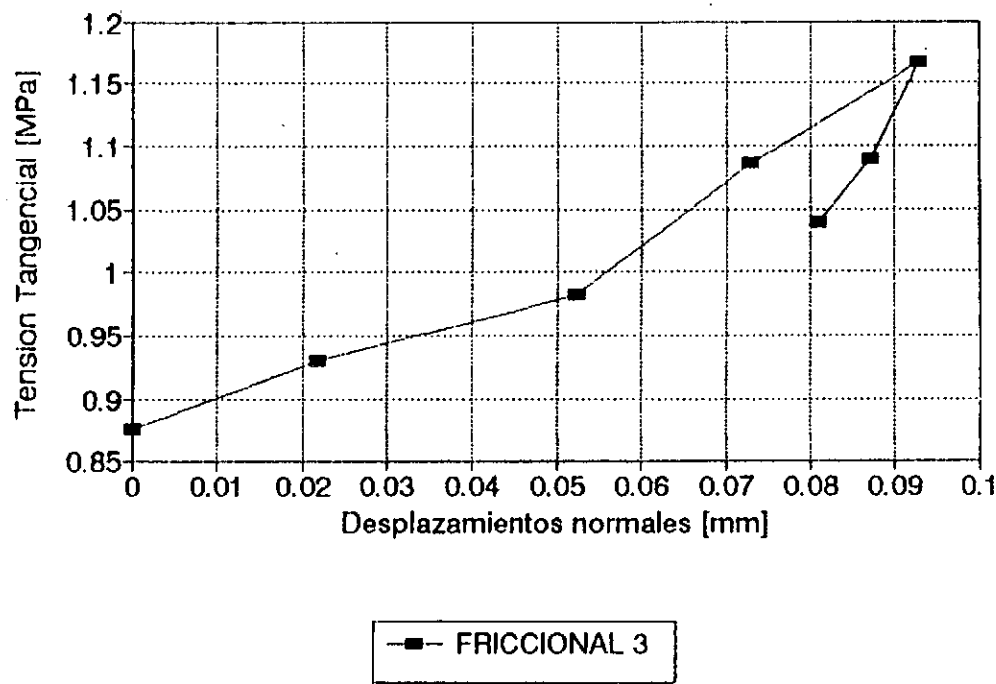
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



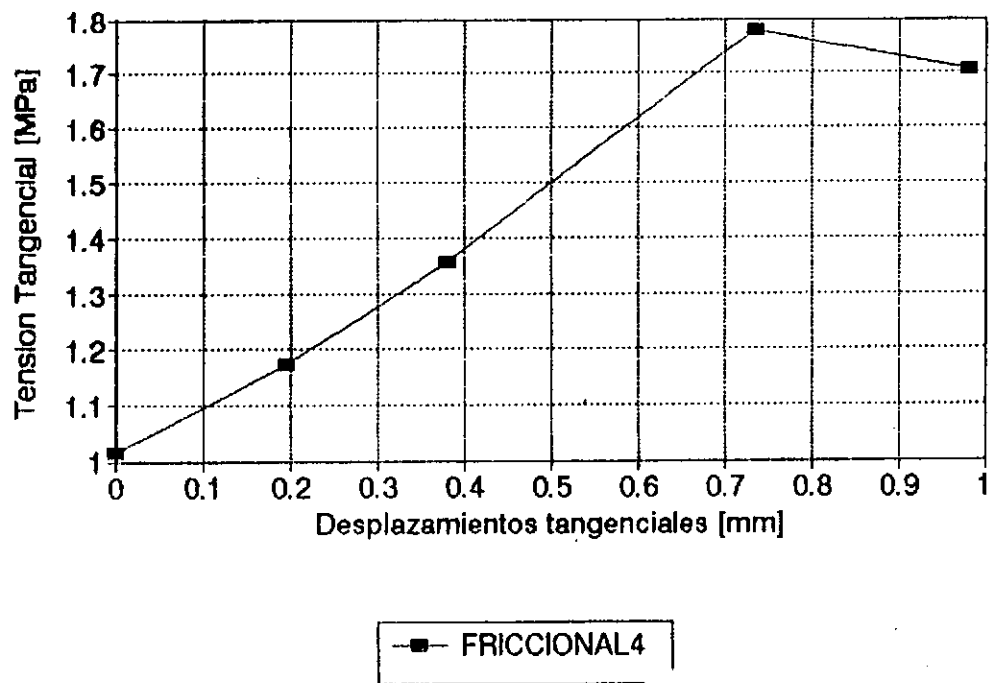
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO-ZONA III



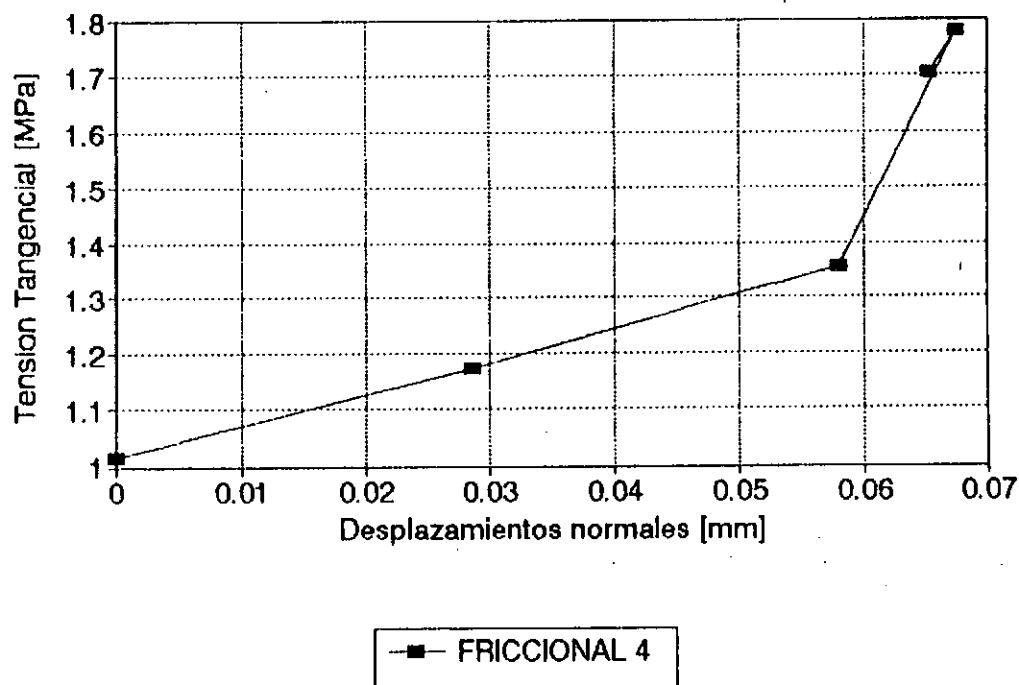
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



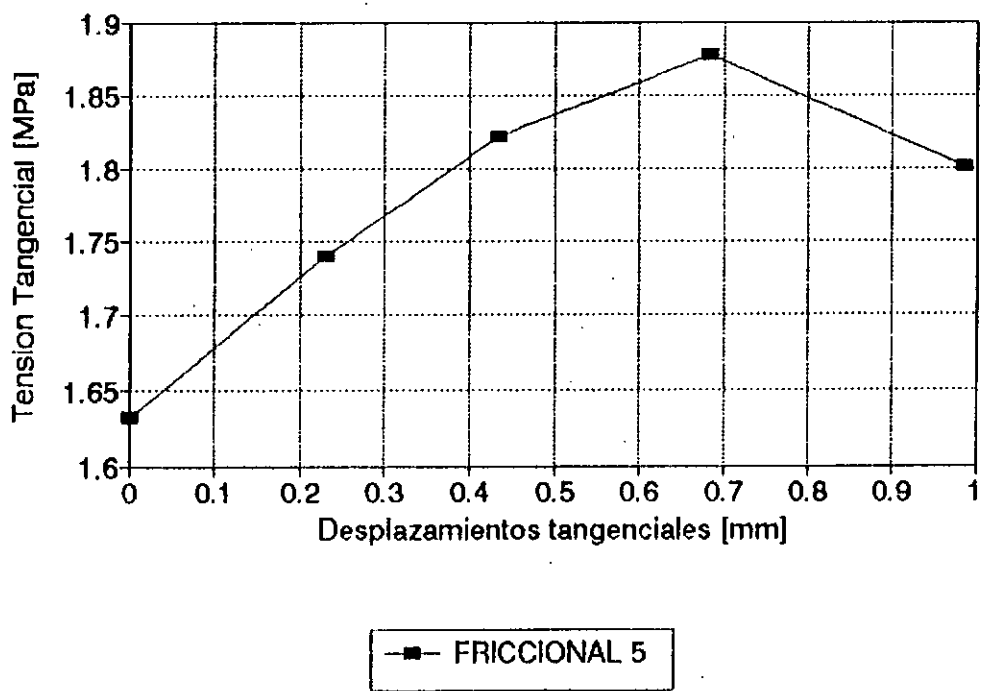
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



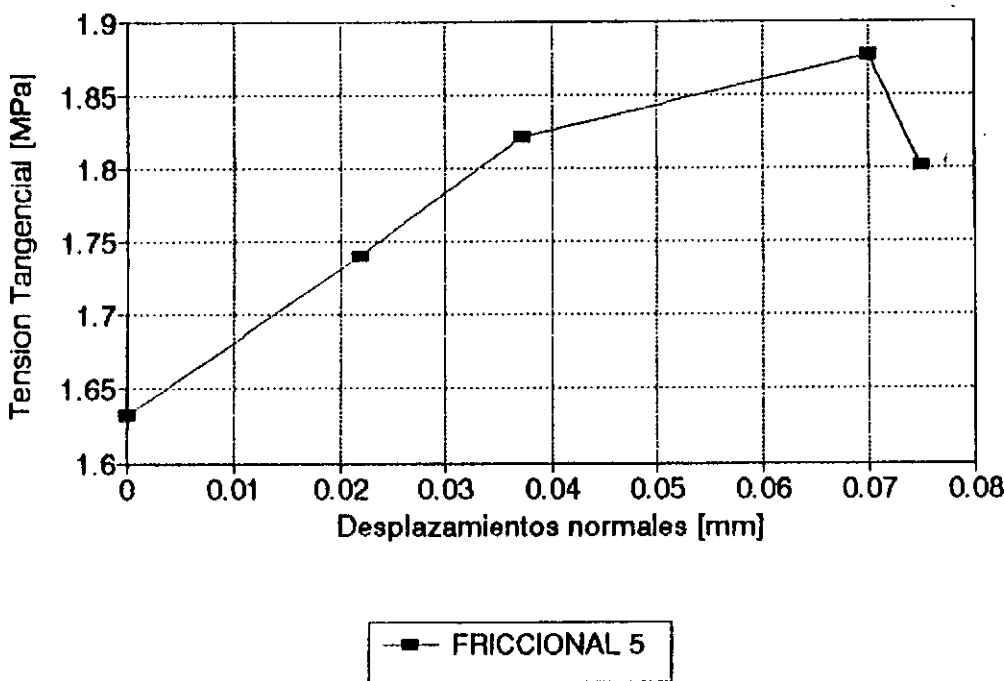
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



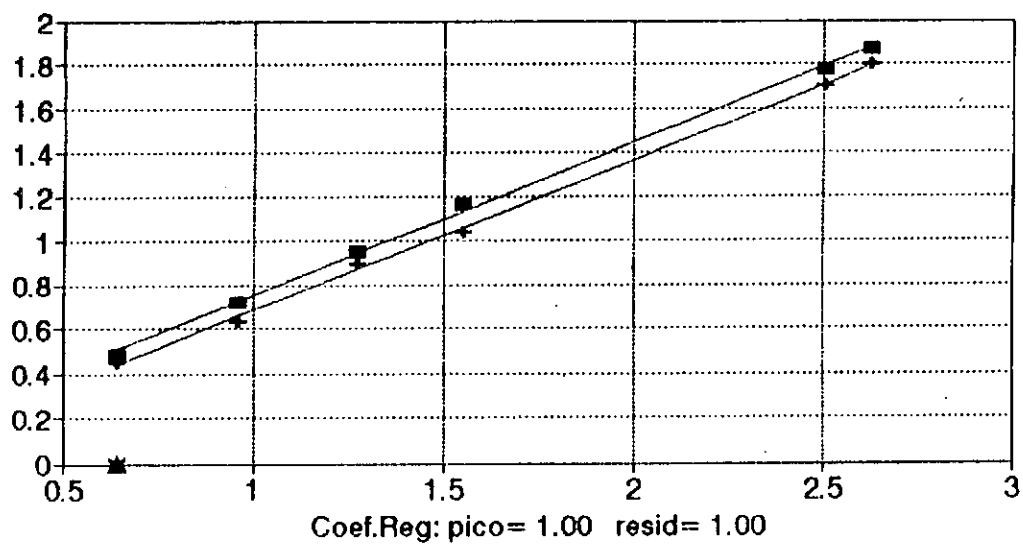
CORTE DIRECTO - HORMIGON ROCA

Muestra #: GNEIS MASIVO ZONA III



CORTE DIRECTO - HORMIGON/ROCA

Tens.Tang [MPa] vs. Tens.Normales [MPa]

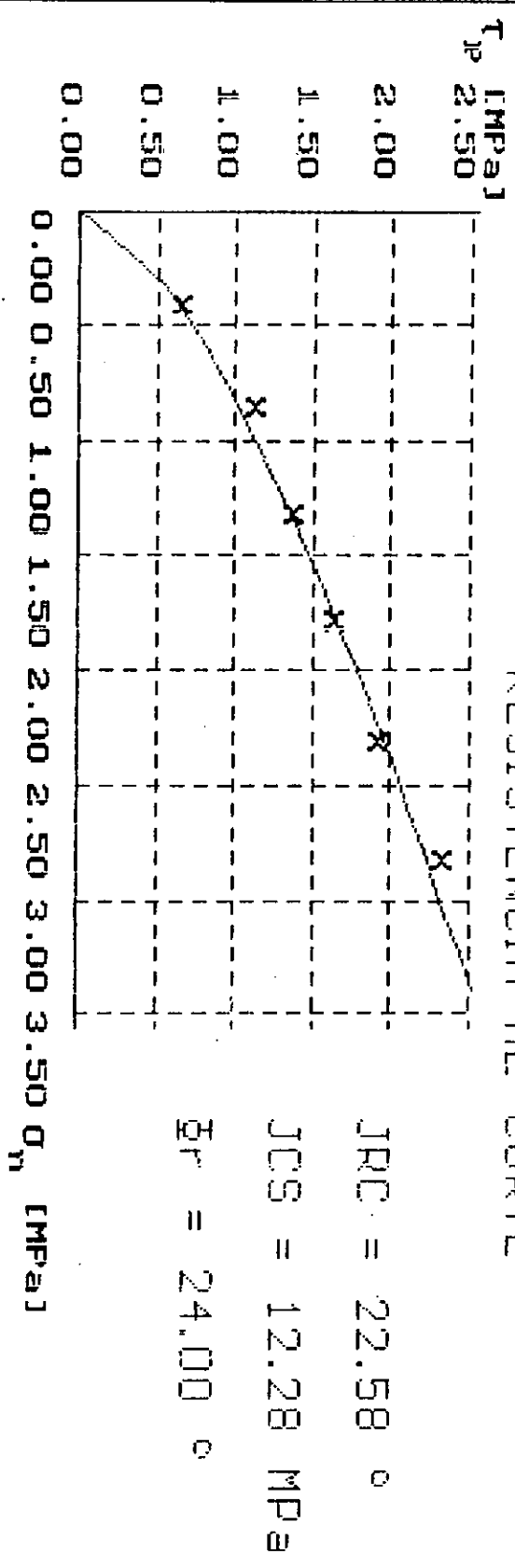


■ Pico Exp. + Resid.Exp. — Pico Calc. — Resid.Calc.

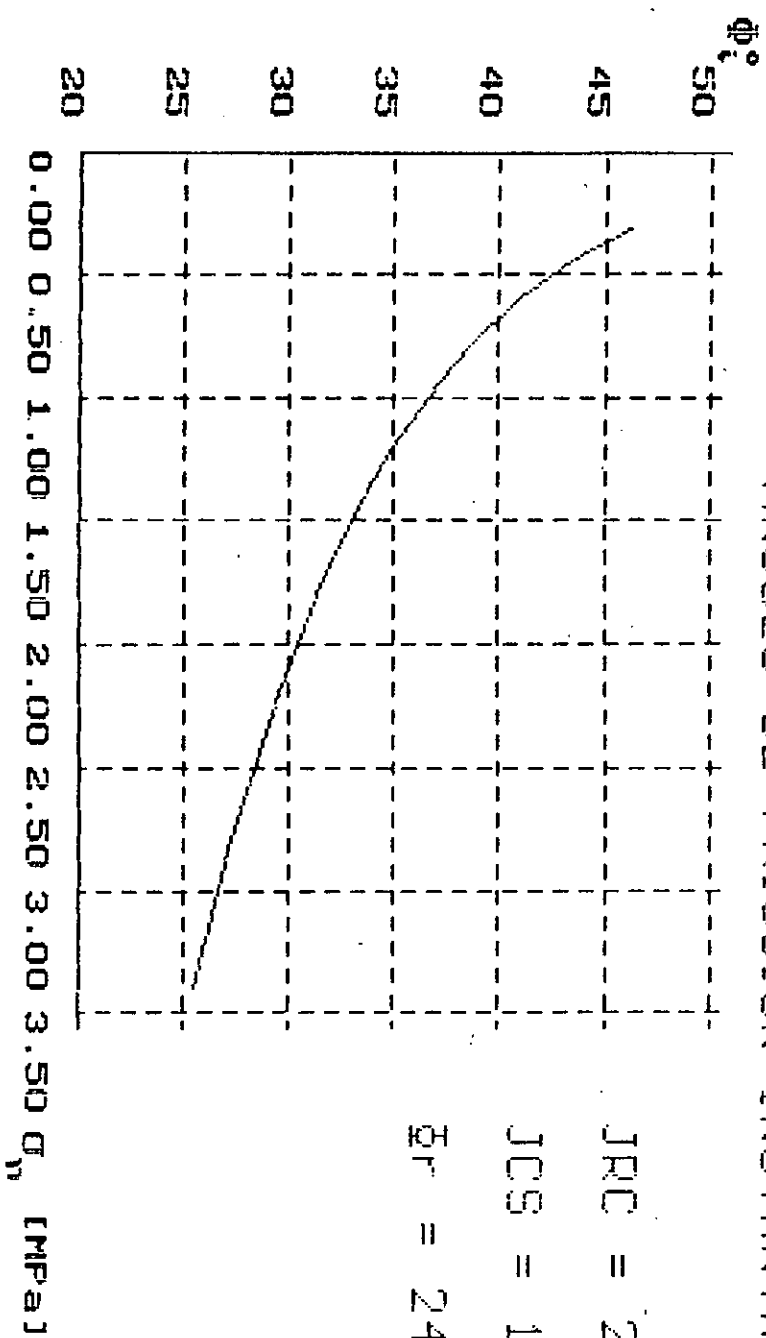
ANEXO 2

Proyecto: Cruz del Eje / Gneis Esquistoso (R.Picos)

RESISTENCIA AL CORTE



ANGULO DE FRICCION INSTANTANEO



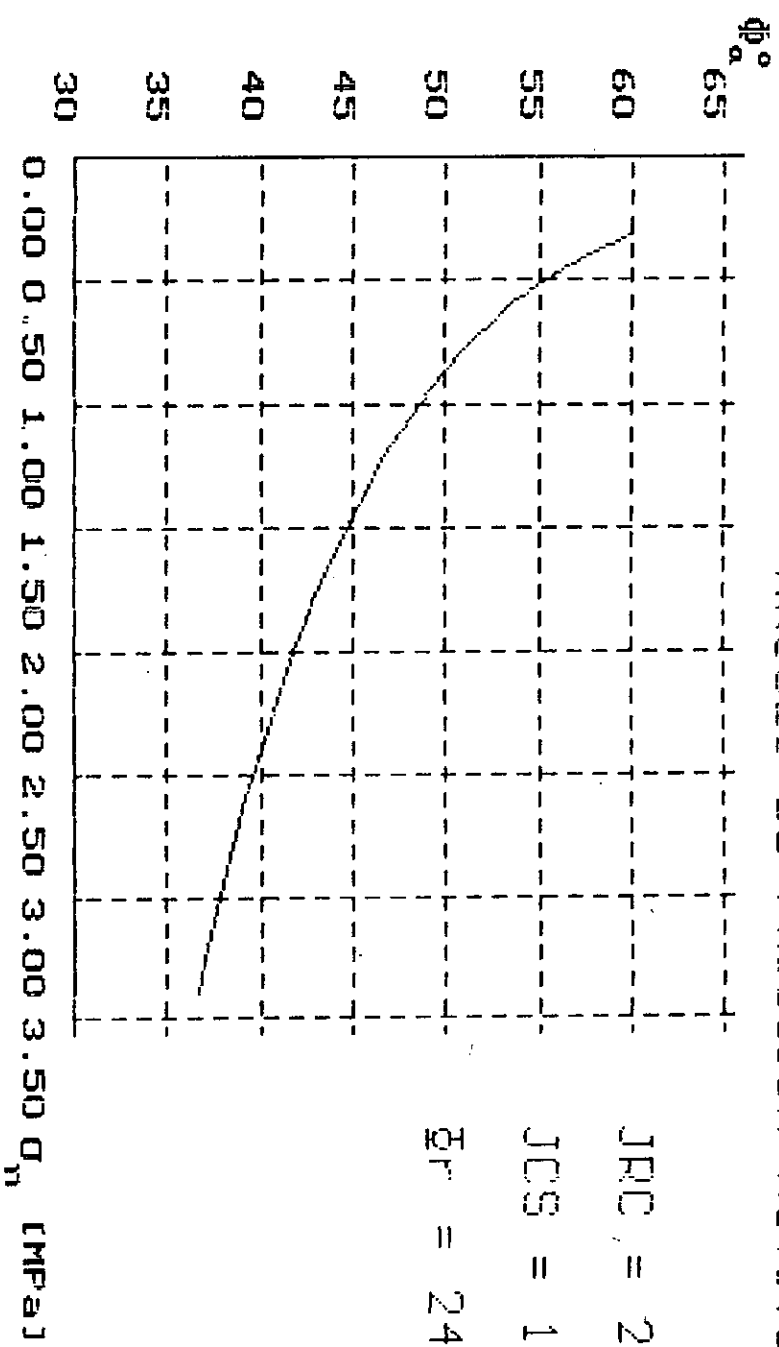
JRC = 22.58 °

JCS = 12.28 MPa

$\phi_r = 24.00^\circ$

Proyecto: Cruz del Eje / Gneis Esquistoso (R.Picos)

ANGULO DE FRICCION ACTIVO



JRC = 22.58 °

JCS = 12.28 MPa

$\bar{\sigma}_r = 24.00$ °

Proyecto: Cruz del Eje - Gneis Esquistoso (R.Residual)

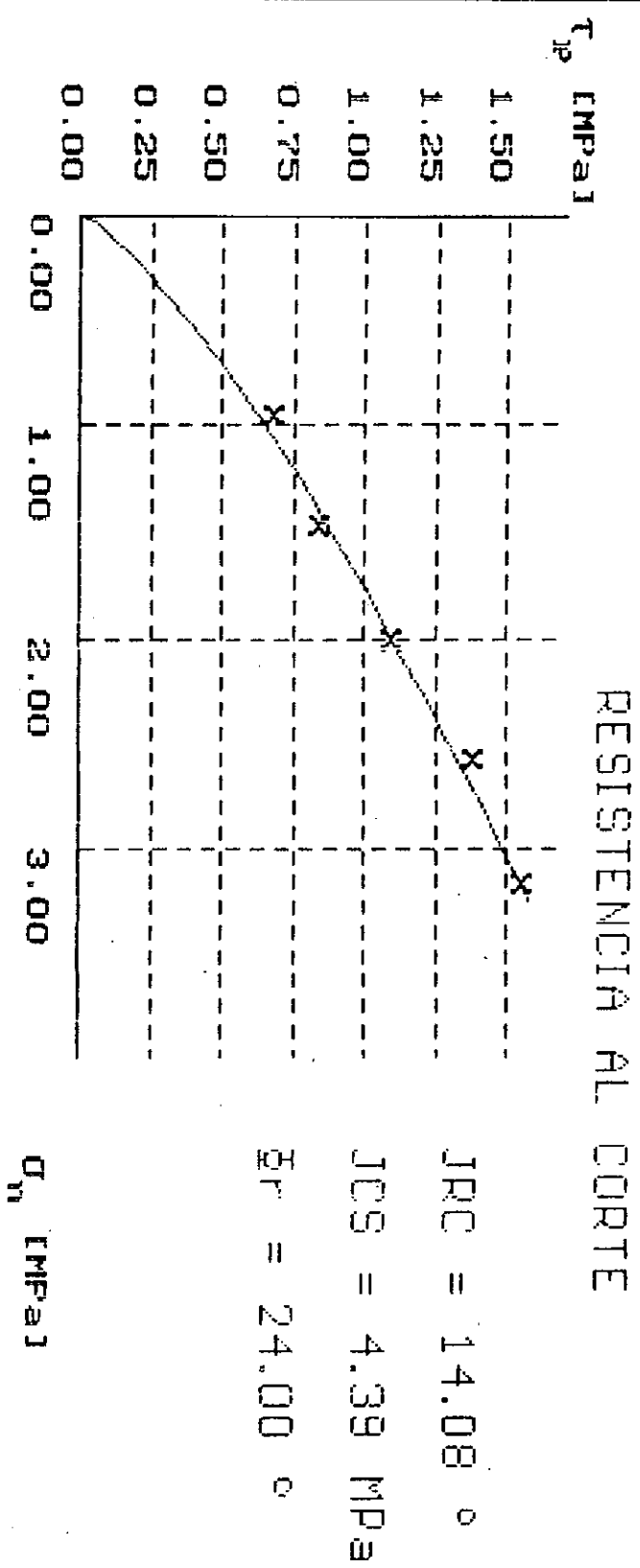
5 datos leídos ; 5 datos procesados

$$r_p = on * \tan[14.08 * \log_{10}(4.39 / on) + \#r] \quad \#r = 24.00 '$$

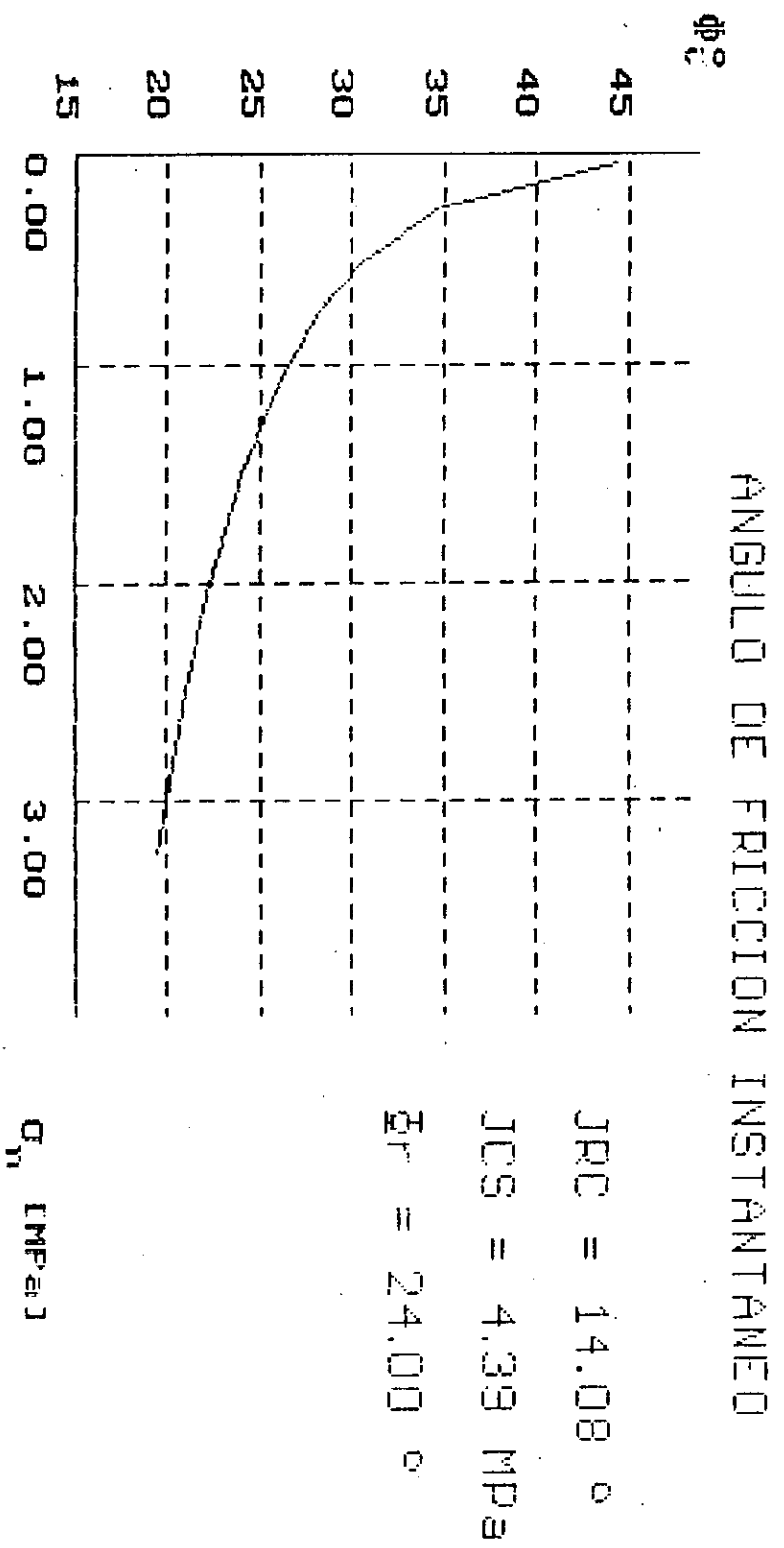
Suma de cuadrados: 0.006
Error medio cuadrático: 0.044

	on	TP	#i	#a
0	0.050	0.063	44.34	51.36
1	0.250	0.221	34.80	41.52
2	0.500	0.381	30.65	37.28
3	0.750	0.521	28.22	34.80
4	1.000	0.650	26.50	33.04
5	1.250	0.771	25.16	31.68
6	1.500	0.886	24.06	30.56
7	1.750	0.995	23.14	29.62
8	2.000	1.100	22.33	28.80
9	2.250	1.200	21.62	28.08
10	2.500	1.298	20.99	27.44
11	2.750	1.392	20.42	26.85
12	3.000	1.484	19.89	26.32
13	3.250	1.573	19.41	25.83
14	3.500	1.660	18.96	25.38

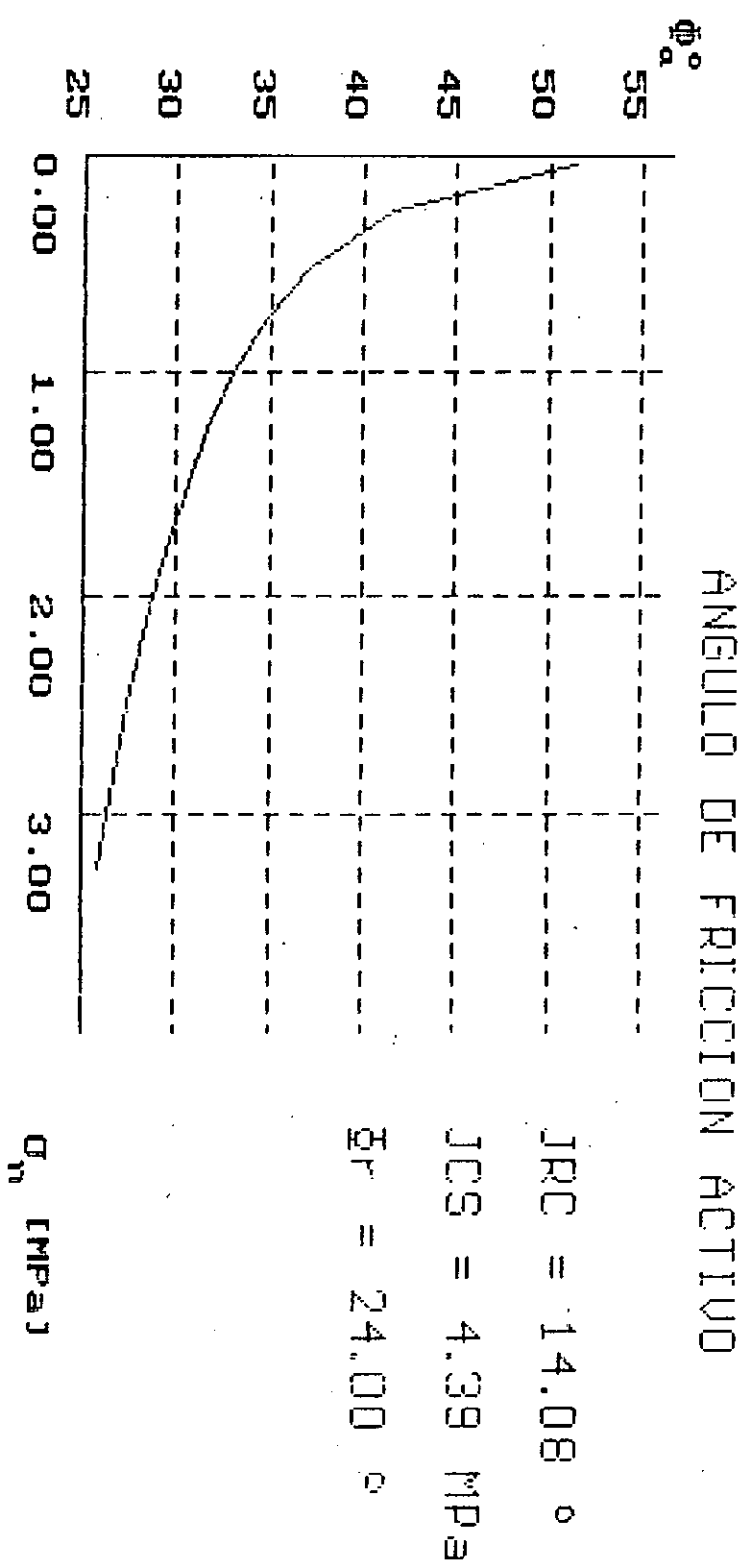
Proyecto: Cruz del Eje - Gneis Esquistoso (R. Residual)



Proyecto: Cruz del Eje - Gneis Esquistoso (R. Residual)



Proyecto: Cruz del Eje - Gneis Esquistoso (R Residual)



Proyecto: Cruz del Eje - gneis masivo (R.pico)

6 datos leidos ; 6 datos procesados

$$r_p = c_n * \tan[22.58 * \log_{10}(12.28 / c_n) + \bar{r}] \quad \bar{r} = 24.00 ^\circ$$

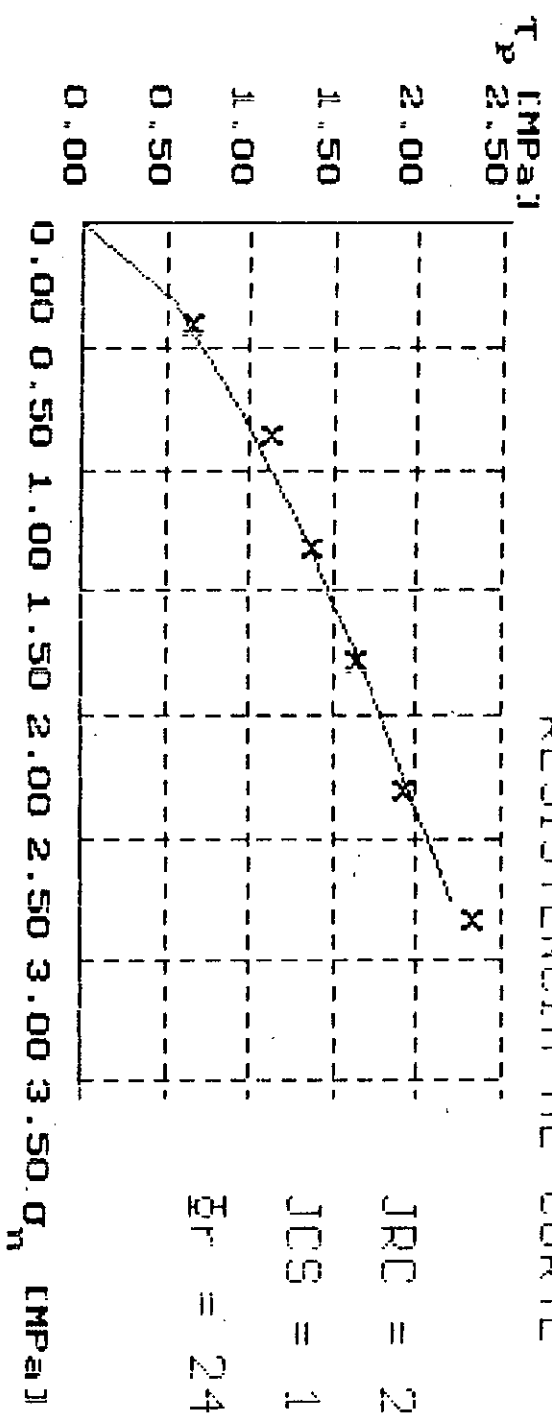
Suma de cuadrados: 0.016

Error medio cuadrático: 0.063

	on	rp	ti	ta
0	0.312	0.541	46.33	60.00
1	0.500	0.724	42.57	55.39
2	0.750	0.940	39.12	51.41
3	1.000	1.134	36.60	48.59
4	1.250	1.313	34.62	46.40
5	1.500	1.480	32.98	44.61
6	1.750	1.638	31.58	43.10
7	2.000	1.788	30.37	41.79
8	2.250	1.931	29.29	40.64
9	2.500	2.069	28.33	39.61
10	2.750	2.201	27.45	38.67
11	3.000	2.328	26.65	37.82

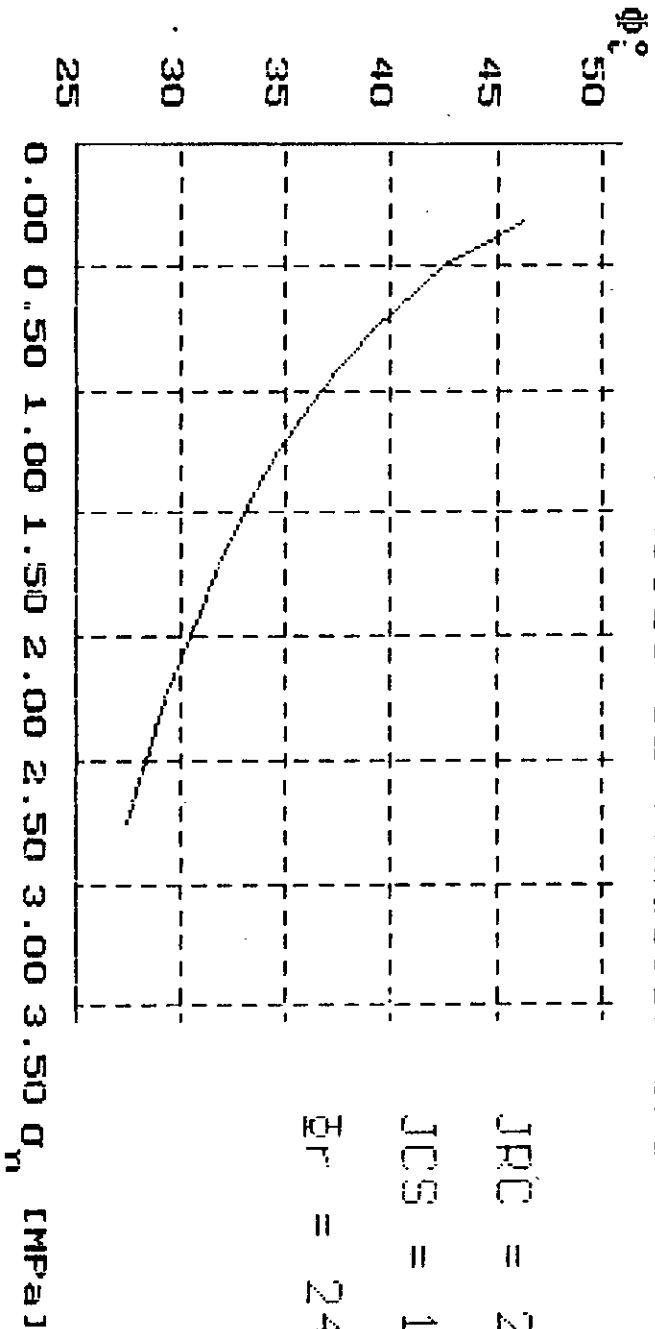
Proyecto: Cruz del Eje - gneis masivo (R.pico)

RESISTENCIA AL CORTE



Proyecto: Cruz del Eje -- gneis masivo (R.pico)

ANGULO DE FRICCION INSTANTANEO

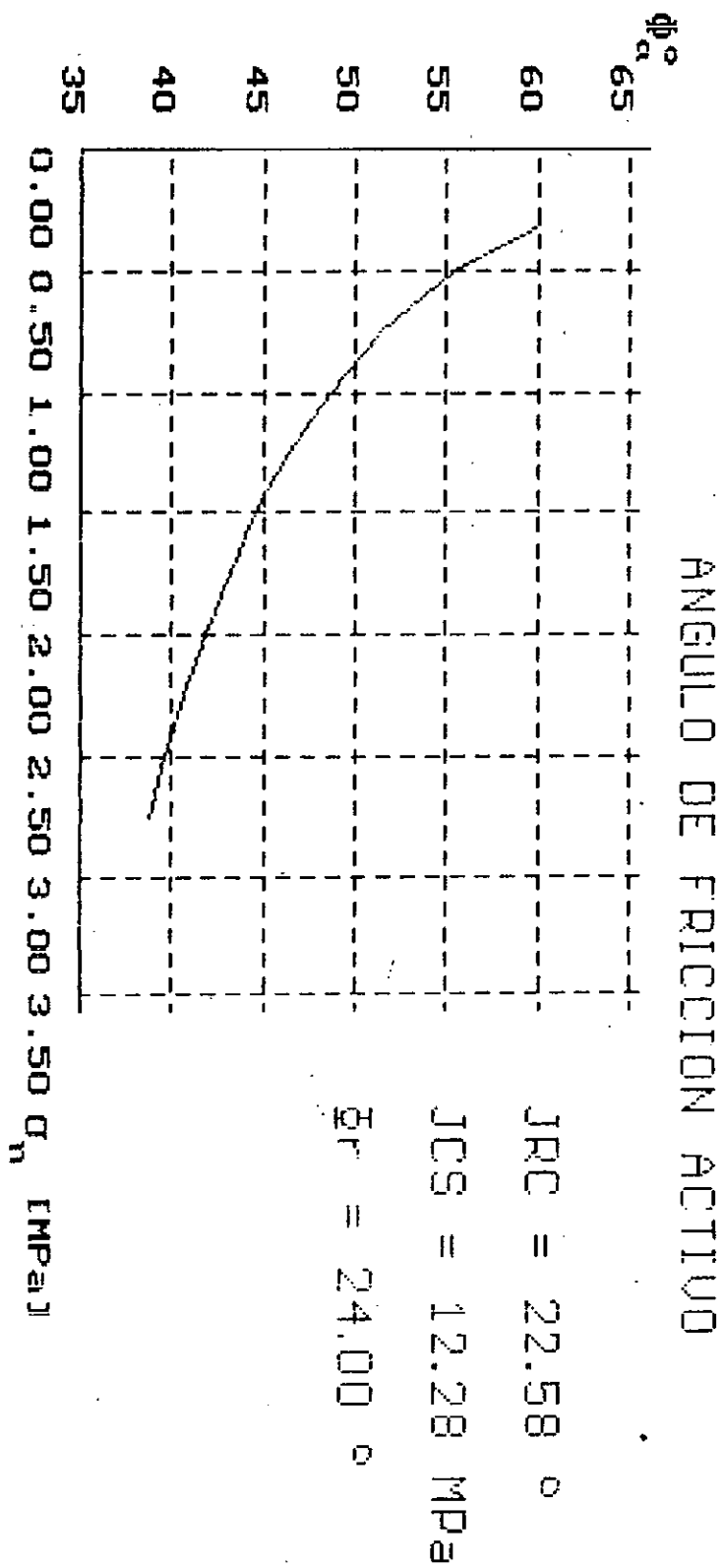


JRC = 22.58 °

JCS = 12.28 MPa

$\bar{\sigma}_r = 24.00$ °

Proyecto: Cruz del Eje - gneis masivo (R.pico)



Proyecto: Cruz del Eje - Gneis masivo (R.residual)

6 datos leídos ; 6 datos procesados

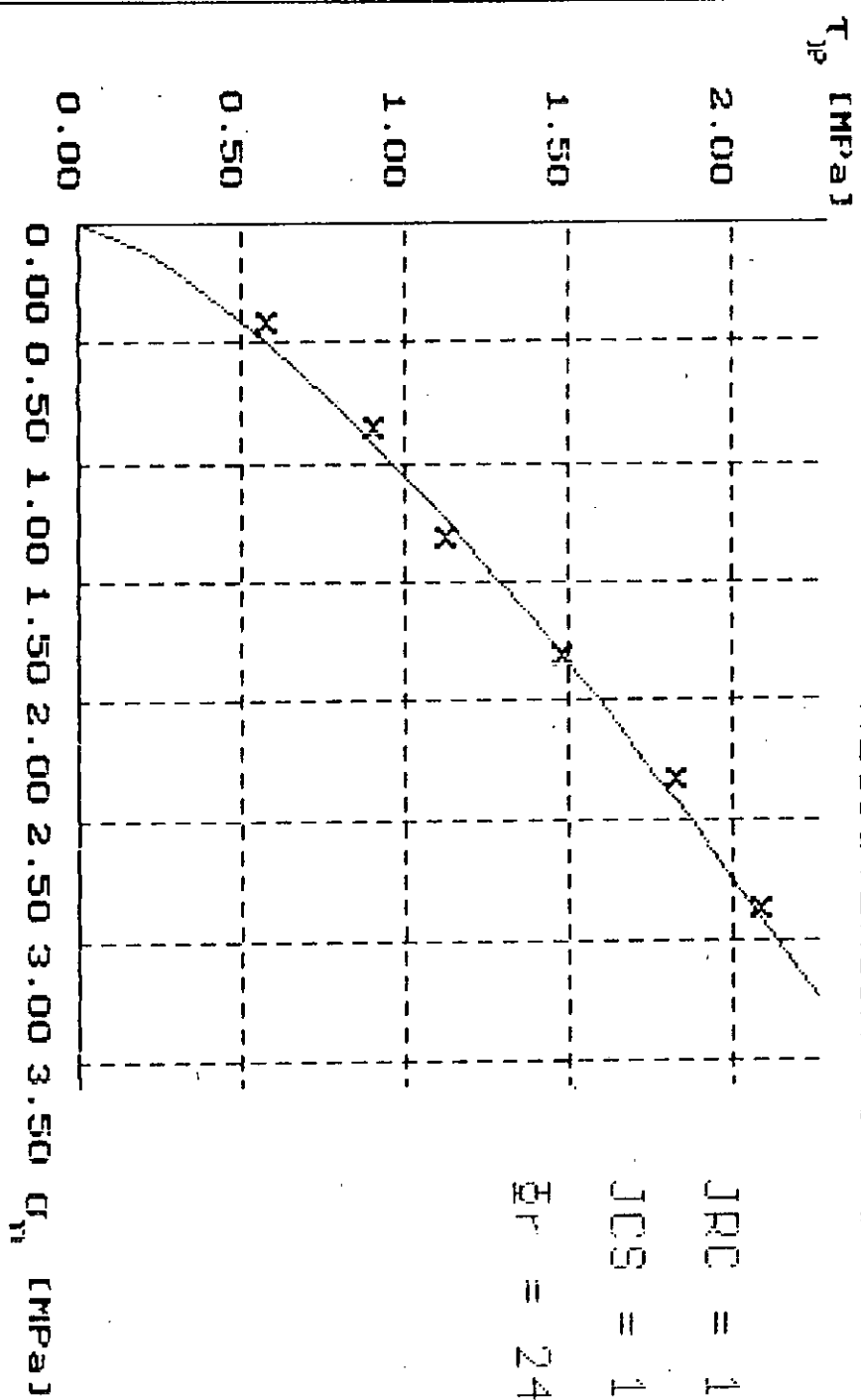
$$r_p = c_n * \tan[17.74 * \log_{10}(13.09 / c_n) + \theta_r] \quad \theta_r = 24.00^\circ$$

Suma de cuadrados: 0.010
Error medio cuadrático: 0.049

	on	TP	θ_i	θ_a
0	0.122	0.212	50.06	60.00
1	0.250	0.350	45.09	54.50
2	0.500	0.578	40.11	49.16
3	0.750	0.778	37.15	46.03
4	1.000	0.959	35.04	43.82
5	1.250	1.129	33.39	42.10
6	1.500	1.290	32.04	40.69
7	1.750	1.443	30.90	39.50
8	2.000	1.589	29.91	38.47
9	2.250	1.731	29.04	37.57
10	2.500	1.867	28.25	36.75
11	2.750	1.999	27.54	36.02
12	3.000	2.128	26.89	35.35
13	3.250	2.253	26.30	34.73
14	3.500	2.375	25.74	34.16

Proyecto: Cruz del Eje – Gneis masivo (Fr. residual)

RESISTENCIA AL CORTE



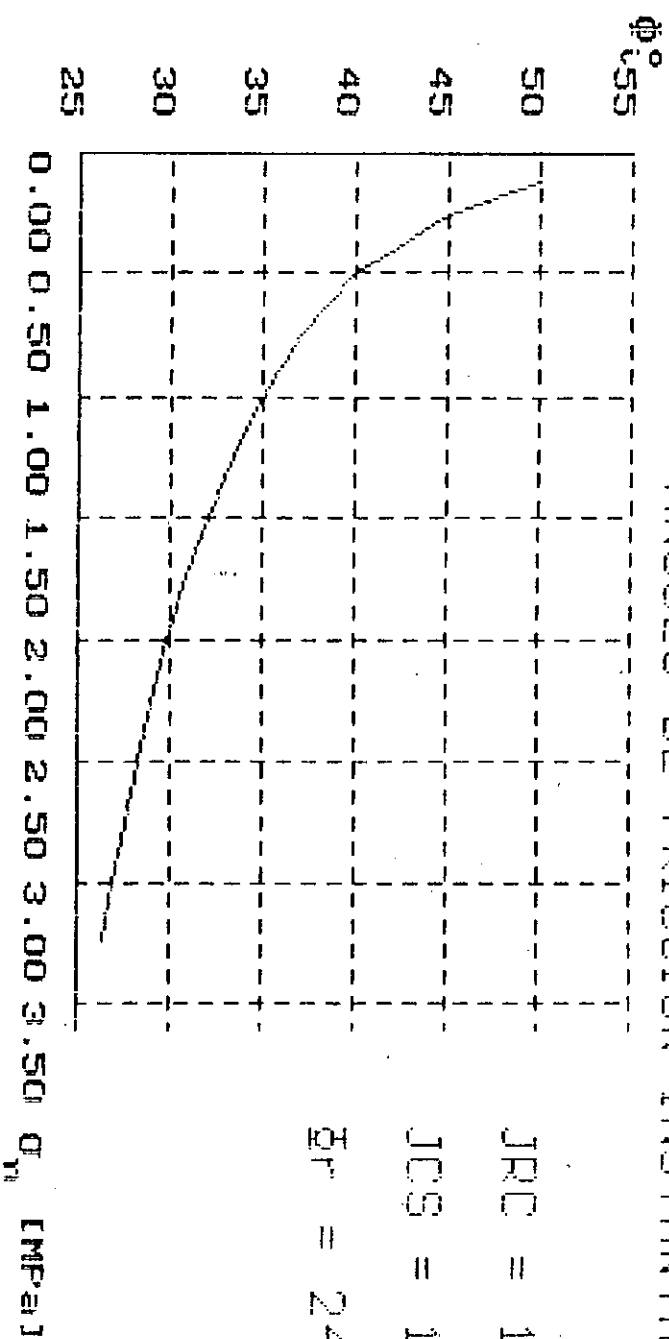
JRC = 17.74 °

JCS = 13.09 MPa

$\phi_r = 24.00$ °

Proyector Cruz del Eje - Gneis masivo (R.residual)

ANGULO DE FRICCION INSTANTANEO

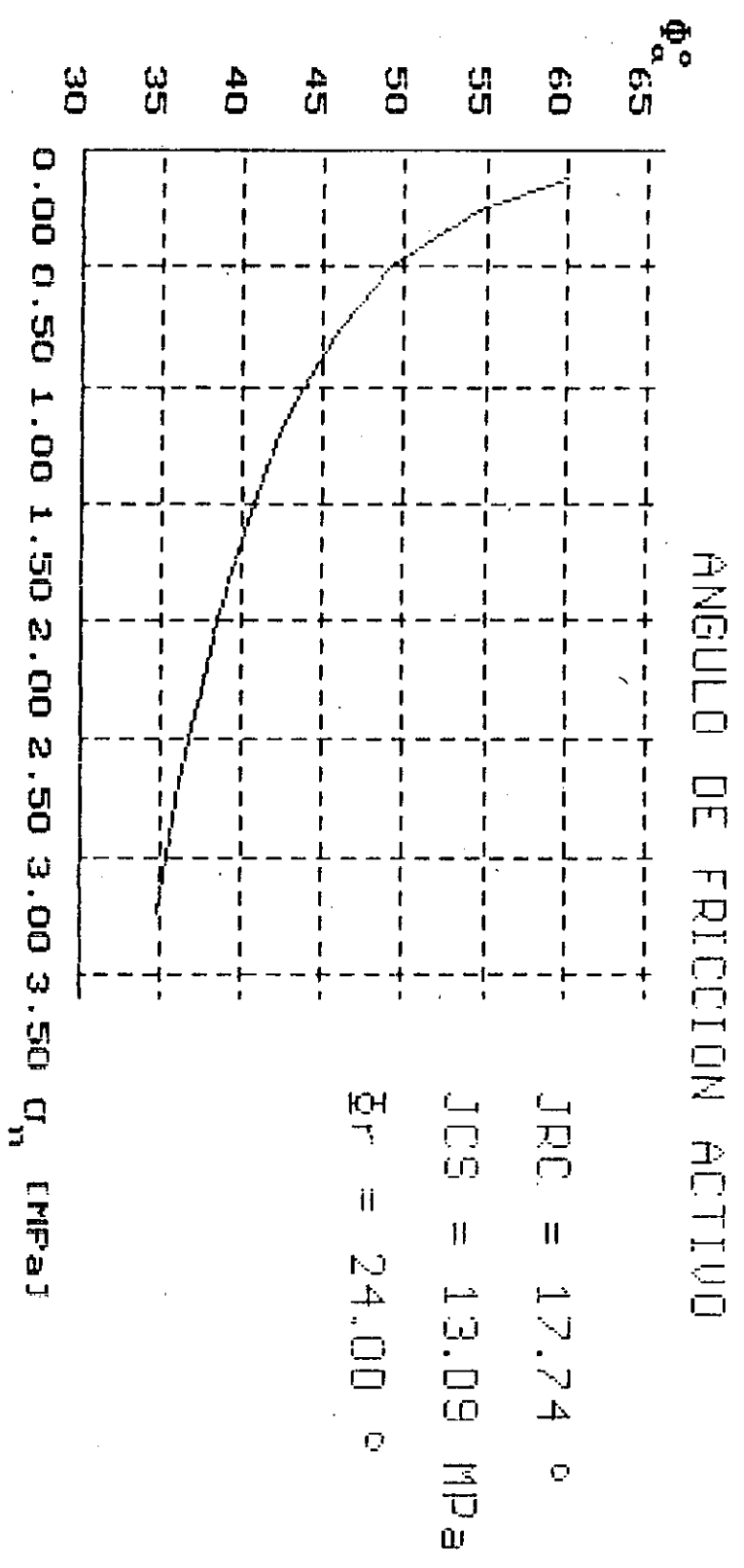


JRC = 17.74 °

JCS = 13.09 MPa

$\bar{\sigma}_r = 24.00$ °

Proyecto: Cruz del Eje - Gneis masivo (R.residual)



ANEXO 3

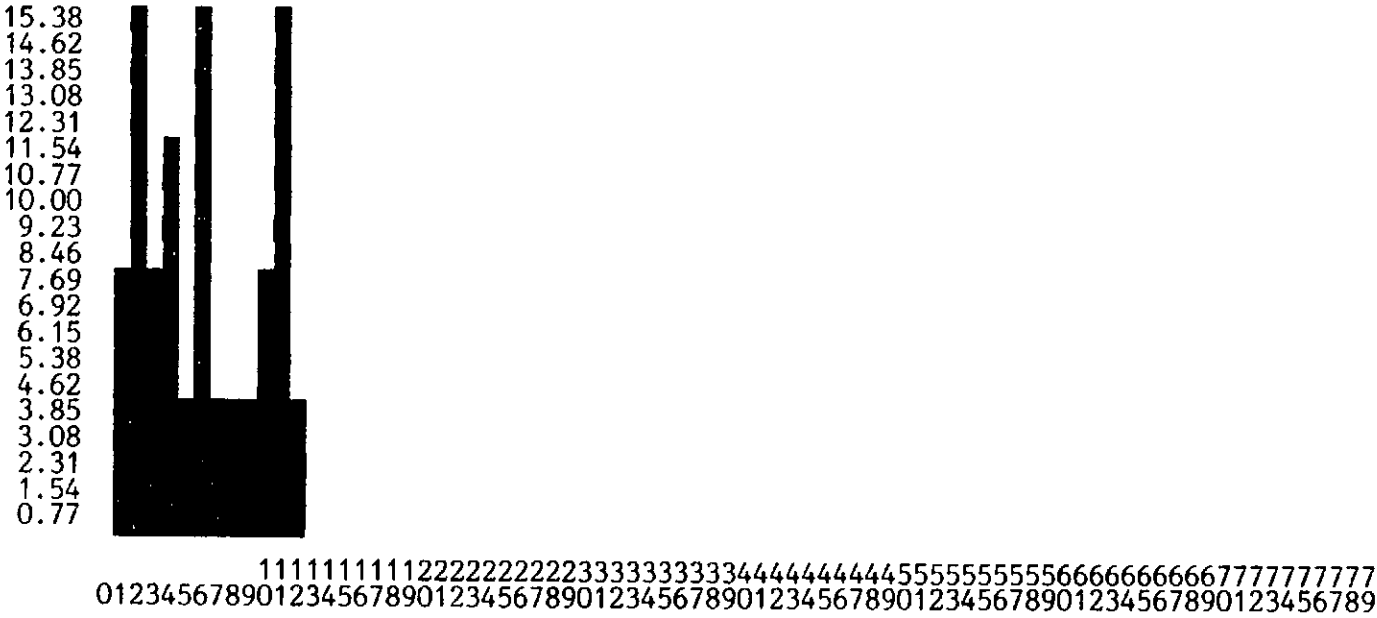
RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

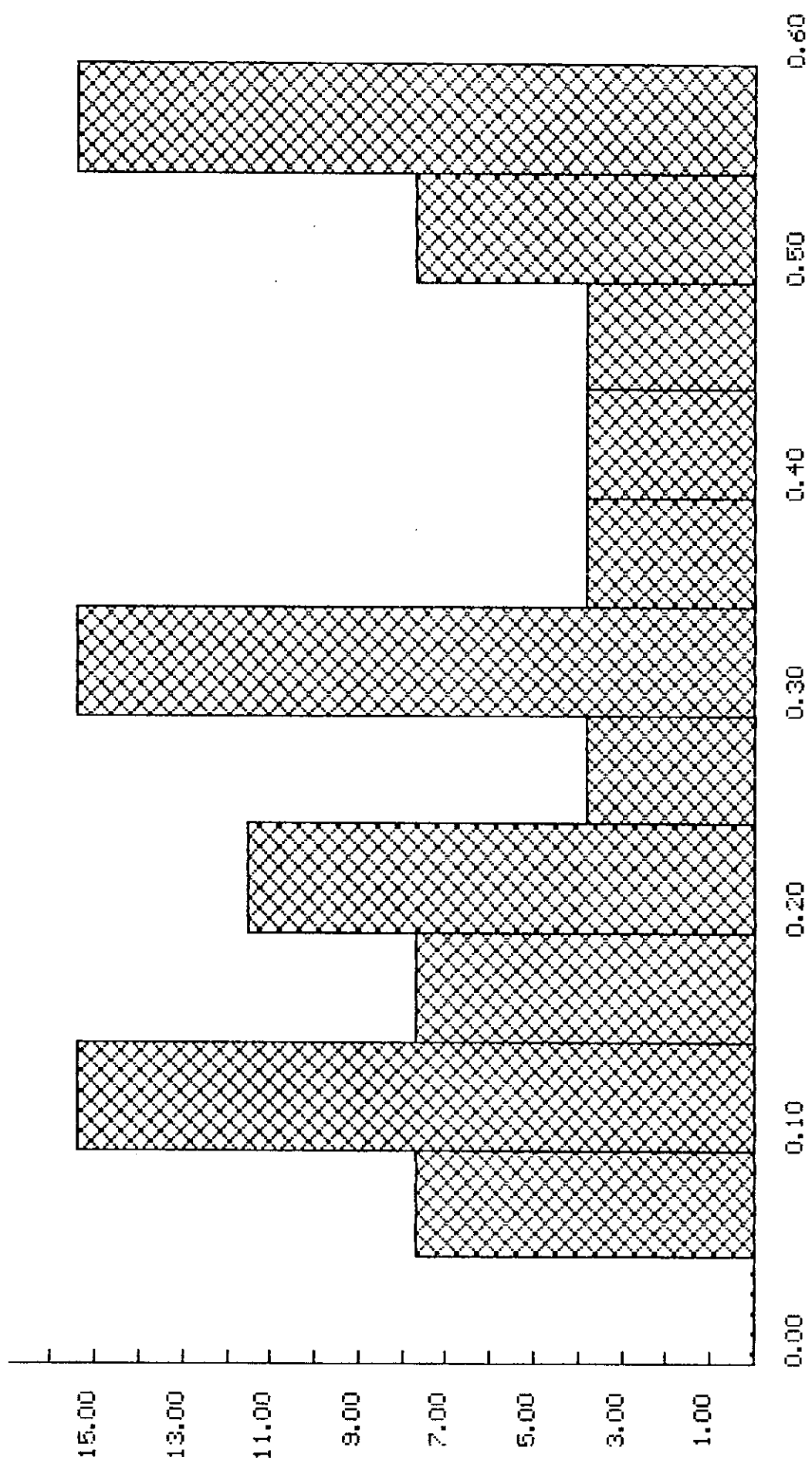
Archivo: B:LCRUZ1.SC1

Cantidad de muestras : 27
Dirección de la línea : 360.00
Inclinación de la línea : 5.00
Espaciamentos [m]:
 Mínimo: 0.08
 Promedio: 0.33
 Máximo: 0.60
Frecuencia: 3.07 disc./m
Desviación Standard : 0.18
Rango del 95% : [0.26 , 0.40]

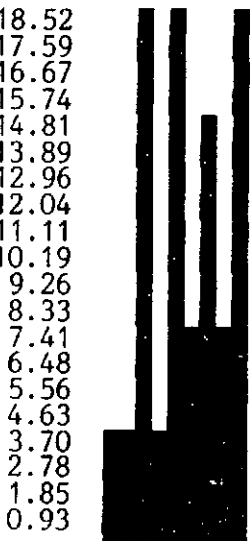
Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.08
2	0.08	0.10
3	0.18	0.40
4	0.58	0.30
5	0.88	0.35
6	1.23	0.20
7	1.43	0.10
8	1.53	0.35
9	1.88	0.20
10	2.08	0.60
11	2.68	0.50
12	3.18	0.12
13	3.30	0.15
14	3.45	0.10
15	3.55	0.22
16	3.77	0.50
17	4.27	0.60
18	4.87	0.12
19	4.99	0.60
20	5.59	0.59
21	6.18	0.58
22	6.76	0.55
23	7.31	0.15
24	7.46	0.39
25	7.85	0.34
26	8.19	0.29
27	8.48	

Datos para el Histograma			
Intervalo		%	
Intervalo		%	
[0.00, 0.05)	0.00	[0.35, 0.40)	3.85
[0.05, 0.10)	7.69	[0.40, 0.45)	3.85
[0.10, 0.15)	15.38	[0.45, 0.50)	3.85
[0.15, 0.20)	7.69	[0.50, 0.55)	7.69
[0.20, 0.25)	11.54	[0.55, 0.60)	15.38
[0.25, 0.30)	3.85	[0.60, 0.60]	3.85
[0.30, 0.35)	15.38		





Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	0.00	[0.25, 0.30)	18.52
[0.05, 0.10)	3.70	[0.30, 0.35)	7.41
[0.10, 0.15)	3.70	[0.35, 0.40)	14.81
[0.15, 0.20)	18.52	[0.40, 0.45)	7.41
[0.20, 0.25)	3.70	[0.45, 0.50]	18.52



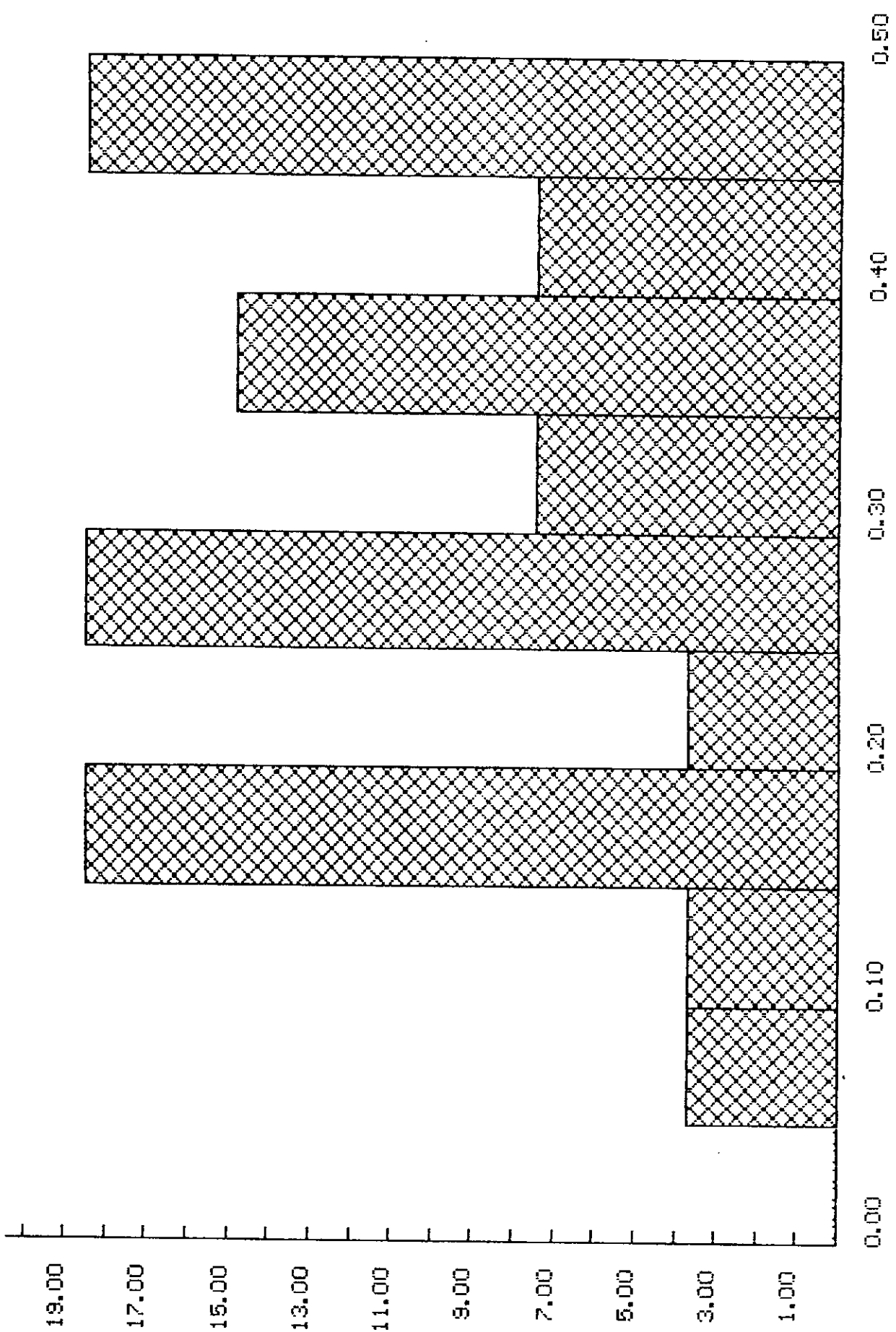
11111111112222222222333333333334444444444555555555566666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: B:LCRUZ1.SC1

Cantidad de muestras : 28
Dirección de la línea : 285.00
Inclinación de la línea : 5.00
Espaciamientos [m]:
 Mínimo: 0.10
 Promedio: 0.31
 Máximo: 0.50
Frecuencia: 3.19 disc./m
Desviación Standard : 0.12
Rango del 95% : [0.27 , 0.36]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.40
2	0.40	0.25
3	0.65	0.15
4	0.80	0.36
5	1.16	0.25
6	1.41	0.45
7	1.86	0.45
8	2.31	0.41
9	2.72	0.29
10	3.01	0.39
11	3.40	0.28
12	3.68	0.49
13	4.17	0.30
14	4.47	0.50
15	4.97	0.28
16	5.25	0.37
17	5.62	0.40
18	6.02	0.30
19	6.32	0.20
20	6.52	0.28
21	6.80	0.48
22	7.28	0.48
23	7.76	0.15
24	7.91	0.10
25	8.01	0.12
26	8.13	0.18
27	8.31	0.16
28	8.47	



2

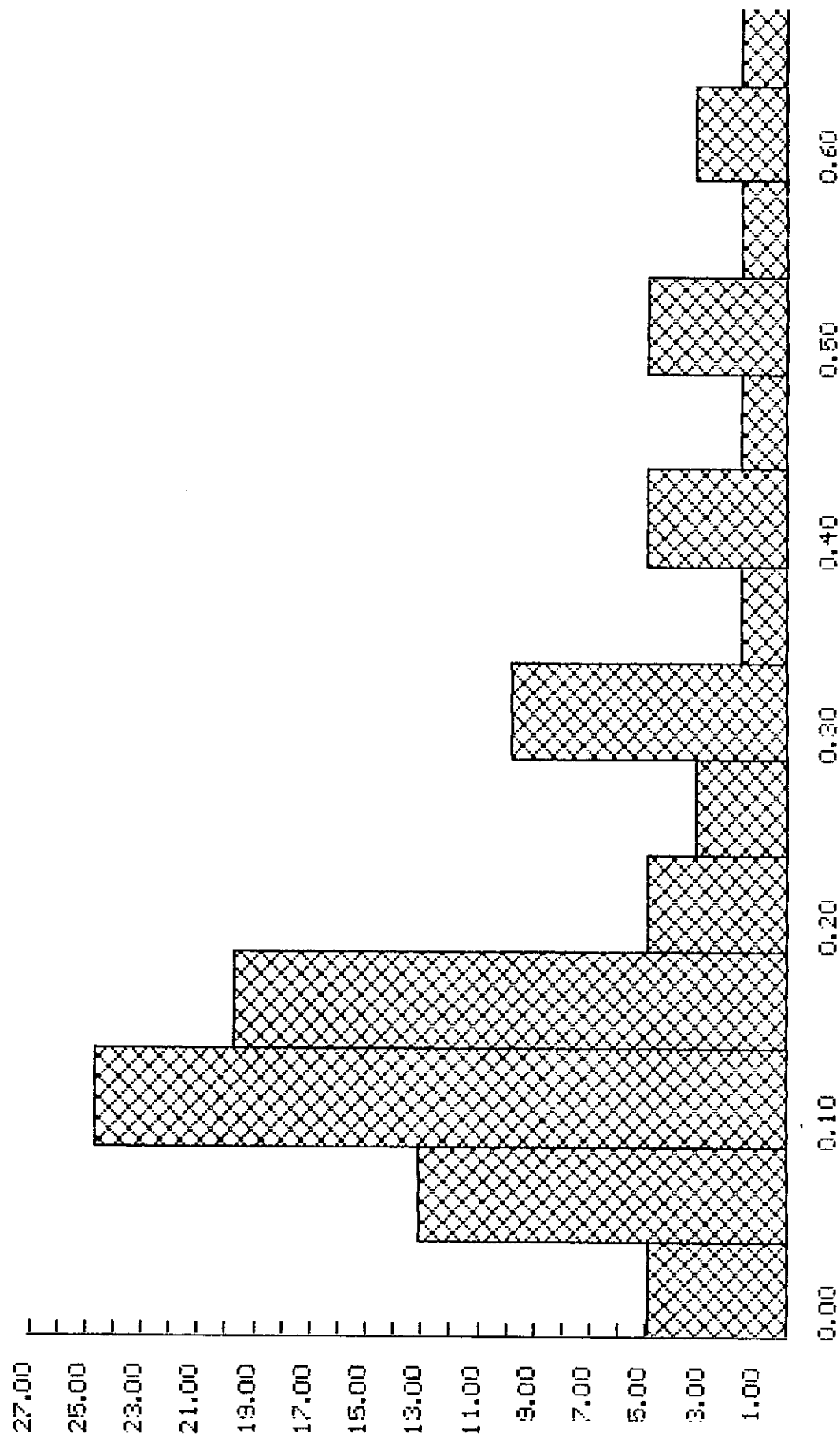
RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: B:LCRUZ1.SC1

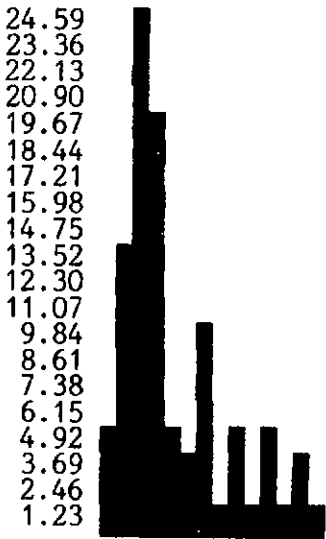
Cantidad de muestras : 62
Dirección de la línea : 360.00
Inclinación de la línea : 5.00
Espaciamientos [m]:
 Mínimo: 0.04
 Promedio: 0.23
 Máximo: 0.69
Frecuencia: 4.36 disc./m
Desviación Standard : 0.16
Rango del 95% : [0.19 , 0.27]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.20
2	0.20	0.04
3	0.24	0.04
4	0.28	0.06
5	0.34	0.10
6	0.44	0.13
7	0.57	0.09
8	0.66	0.30
9	0.96	0.31
10	1.27	0.05
11	1.32	0.07
12	1.39	0.10
13	1.49	0.10
14	1.59	0.07
15	1.66	0.15
16	1.81	0.60
17	2.41	0.15
18	2.56	0.60
19	3.16	0.30
20	3.46	0.10
21	3.56	0.12
22	3.68	0.14
23	3.82	0.09
24	3.91	0.10
25	4.01	0.08
26	4.09	0.11
27	4.20	0.10
28	4.30	0.50
29	4.80	0.20
30	5.00	0.20
31	5.20	0.20
32	5.40	0.18
33	5.58	0.25
34	5.83	0.20
35	6.03	0.50
36	6.53	0.45
37	6.98	0.12
38	7.10	0.10
39	7.20	0.12
40	7.32	0.30
41	7.62	0.20
42	7.82	0.22
43	8.04	0.40
44	8.44	0.19
45	8.63	0.50
46	9.13	0.20
47	9.33	0.69
53	10.02	0.11
48	10.13	0.14
49	10.27	0.20
50	10.47	0.10
51	10.57	0.20
52	10.77	0.65
54	11.42	0.30
55	11.72	0.45
56	12.17	0.18
57	12.35	0.20
58	12.55	0.30
59	12.85	0.35
60	13.20	0.40

Histograma de espaciamientos



Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	4.92	[0.35, 0.40)	1.64
[0.05, 0.10)	13.11	[0.40, 0.45)	4.92
[0.10, 0.15)	24.59	[0.45, 0.50)	1.64
[0.15, 0.20)	19.67	[0.50, 0.55)	4.92
[0.20, 0.25)	4.92	[0.55, 0.60)	1.64
[0.25, 0.30)	3.28	[0.60, 0.65)	3.28
[0.30, 0.35)	9.84	[0.65, 0.69]	1.64



11111111112222222222333333333334444444444555555555566666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

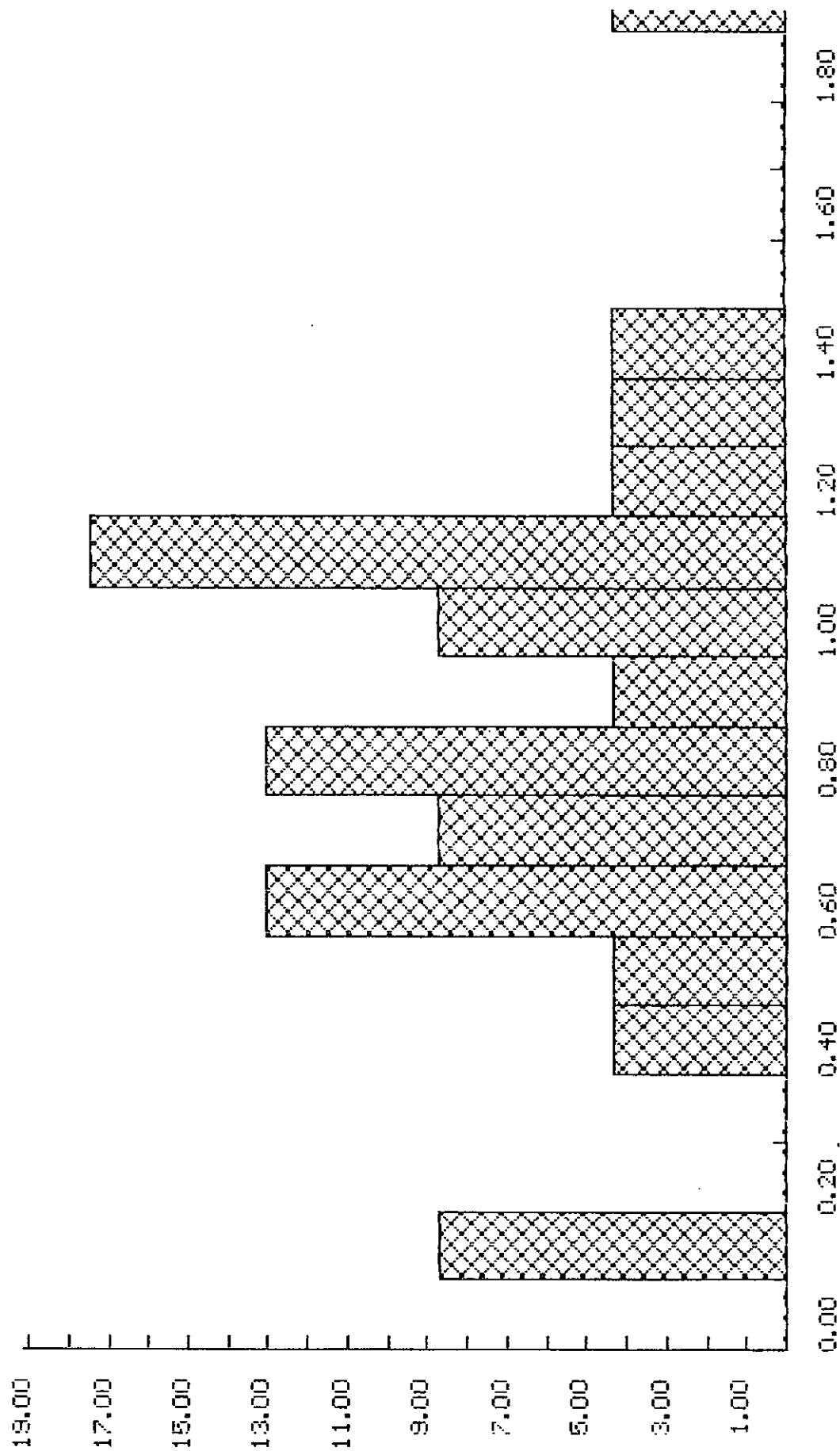
Archivo: B:LCRUZ1.SC1

Cantidad de muestras : 24
Dirección de la línea : 320.00
Inclinación de la línea : 2.00
Espaciamientos [m]:
 Mínimo: 0.13
 Promedio: 0.91
 Máximo: 1.93
Frecuencia: 1.10 disc./m
Desviación Standard : 0.40
Rango del 95% : [0.74 , 1.07]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.77
2	0.77	1.18
3	1.95	1.25
4	3.20	1.03
5	4.23	1.09
6	5.32	0.68
7	6.00	0.80
8	6.80	1.16
9	7.96	0.49
10	8.45	0.51
11	8.96	0.16
12	9.12	0.84
13	9.96	0.93
14	10.89	0.63
15	11.52	0.66
16	12.18	0.83
17	13.01	1.41
18	14.42	1.93
19	16.35	1.37
20	17.72	1.14
21	18.86	0.13
22	18.99	1.11
23	20.10	0.76
24	20.86	

Datos para el Histograma			
Intervalo		%	
			Intervalo
		%	
[0.00, 0.10)	0.00	[1.00, 1.10)	8.70
[0.10, 0.20)	8.70	[1.10, 1.20)	17.39
[0.20, 0.30)	0.00	[1.20, 1.30)	4.35
[0.30, 0.40)	0.00	[1.30, 1.40)	4.35
[0.40, 0.50)	4.35	[1.40, 1.50)	4.35
[0.50, 0.60)	4.35	[1.50, 1.60)	0.00
[0.60, 0.70)	13.04	[1.60, 1.70)	0.00
[0.70, 0.80)	8.70	[1.70, 1.80)	0.00
[0.80, 0.90)	13.04	[1.80, 1.90)	0.00
[0.90, 1.00)	4.35	[1.90, 1.93]	4.35





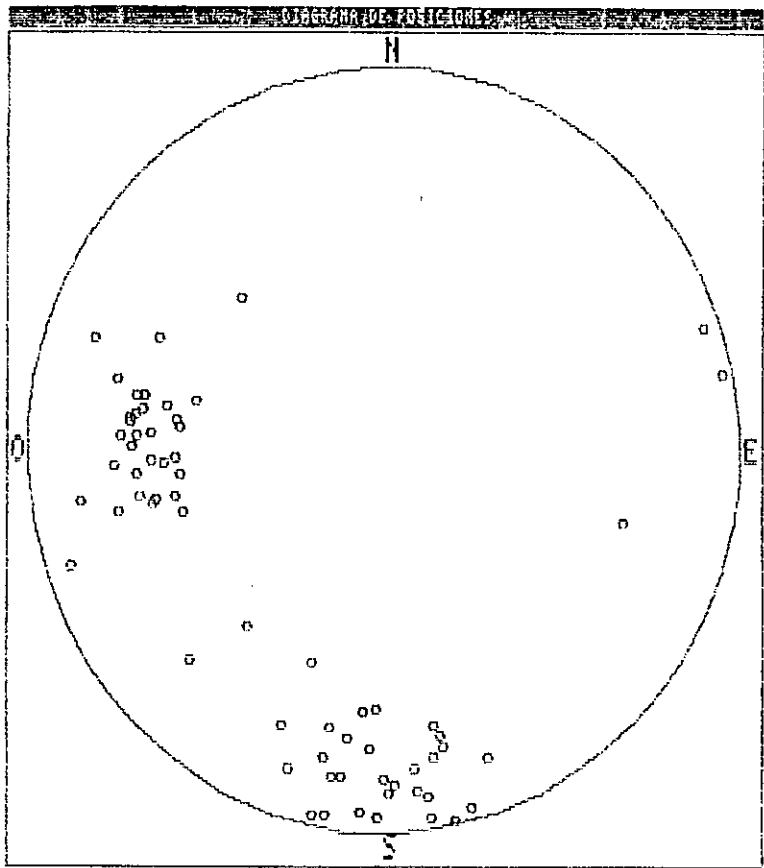
ANEXO N° 5

TRATAMIENTO DE DATOS ESTRUCTURALES

ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES

Archivo: cruz1.dat

Grupo	Polos
1	32
2	28
otros	2
aislados	5
TOTAL =	67

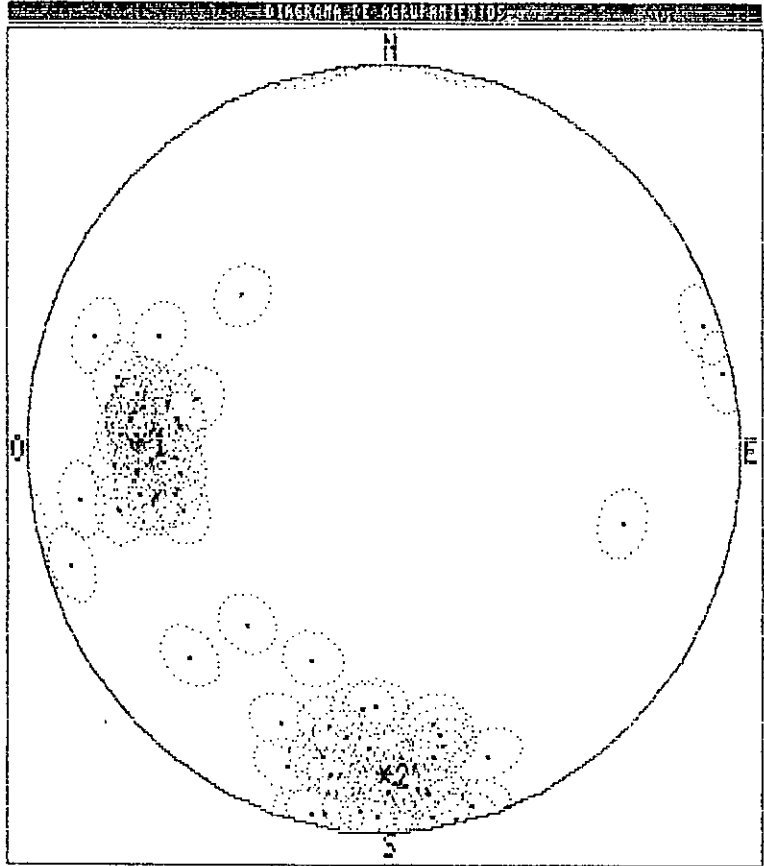


¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

@

Archivo: cruz1.dat

Grupo	Polos
1	32
2	28
otros	2
aislados	5
TOTAL =	67

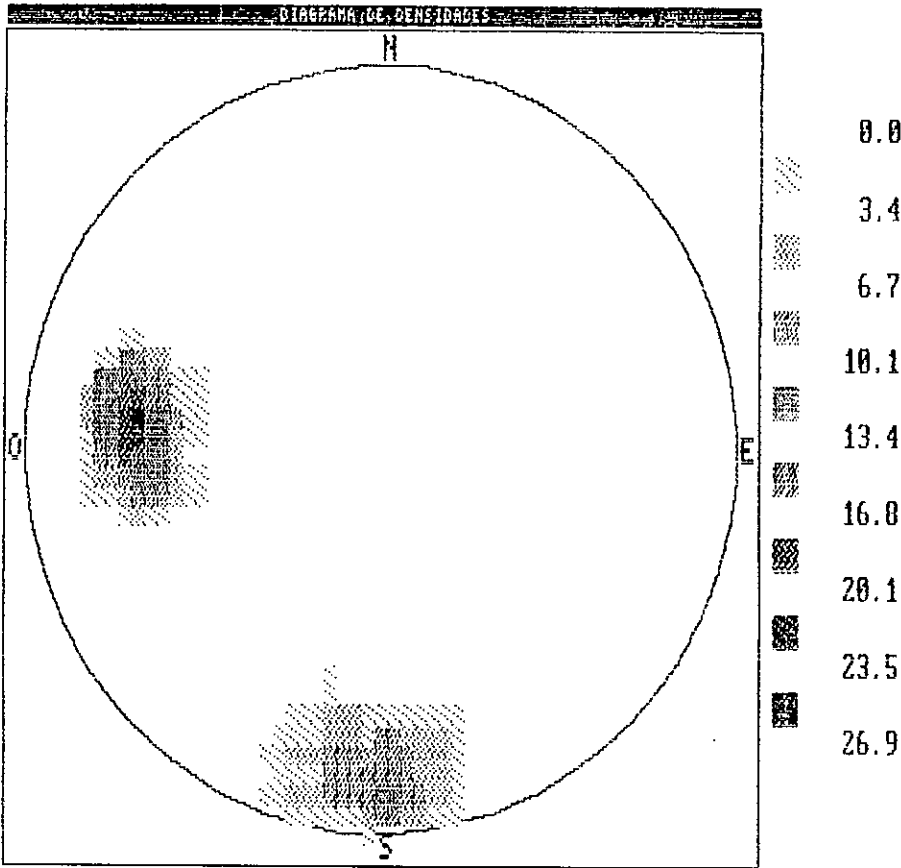


¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

@

Archivo: cruz1.dat

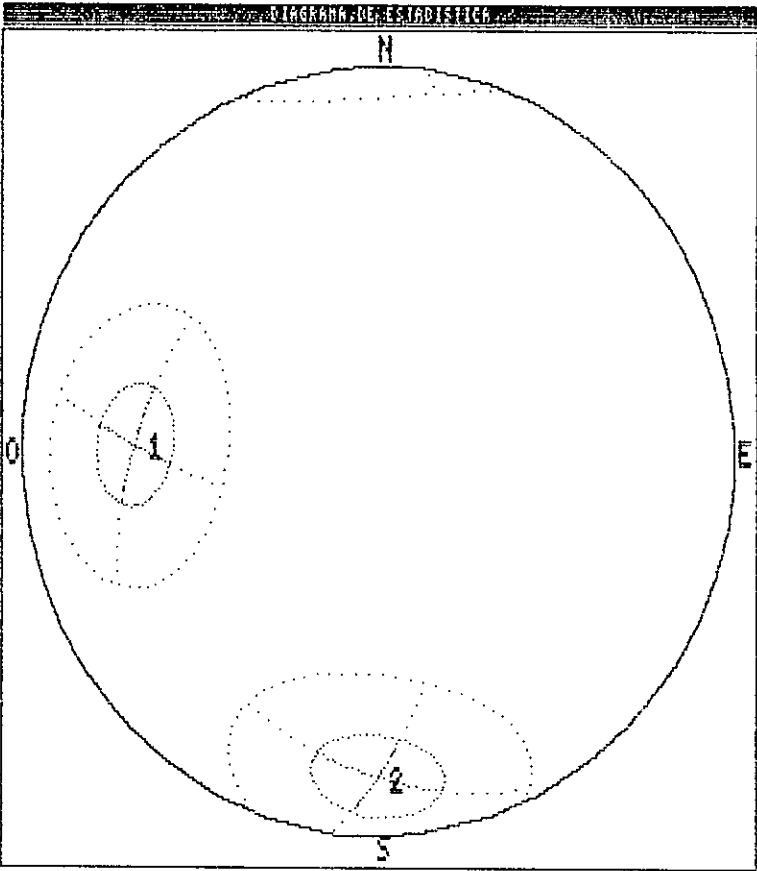
Grupo	Polos
1	32
2	28
otros	2
aislados	5
TOTAL = 67	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: cruz1.dat

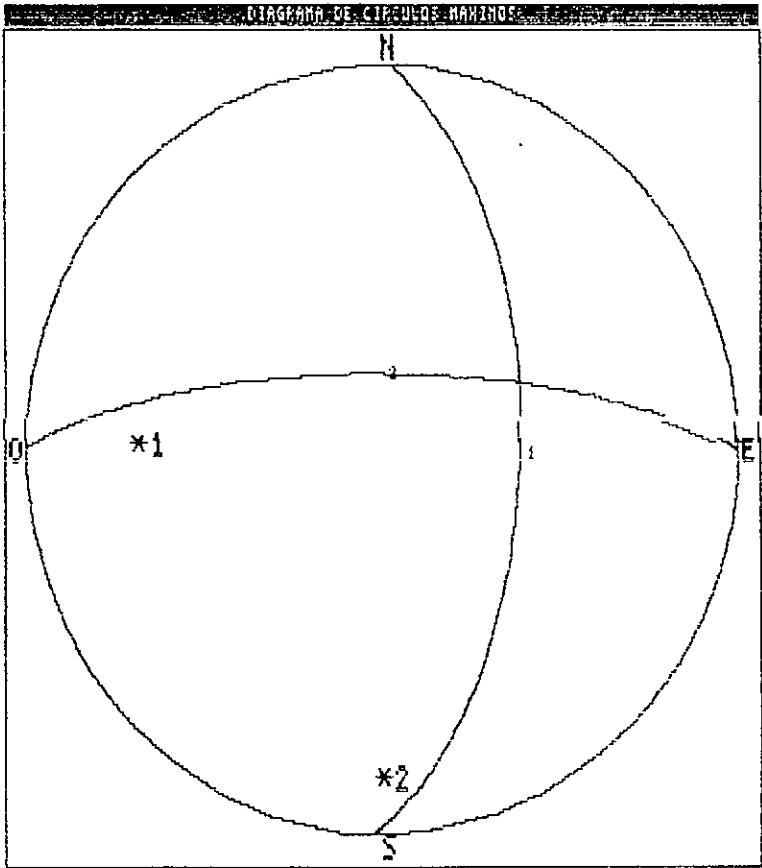
Grupo	Polos
1	32
2	28
otros	2
aislados	5
TOTAL = 67	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: cruz1.dat

Grupo	Polos
1	32
2	28
otros	2
aislados	5
TOTAL = 67	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,V,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: b:cruz1.dat

Grupo	Polos	Centro	σ M	σ M	μ M	Circulo máximo		
1	32	271.4	31.9	0.502	0.424	110.4	91.4	58.1
2	28	180.1	16.2	0.547	0.460	114.7	0.1	73.8
otros	2							
aislados	5							
TOTAL =	67							
		Entorno:	6.43	grados				

¿Comando? LP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,TI.-

ESC muestra el menú

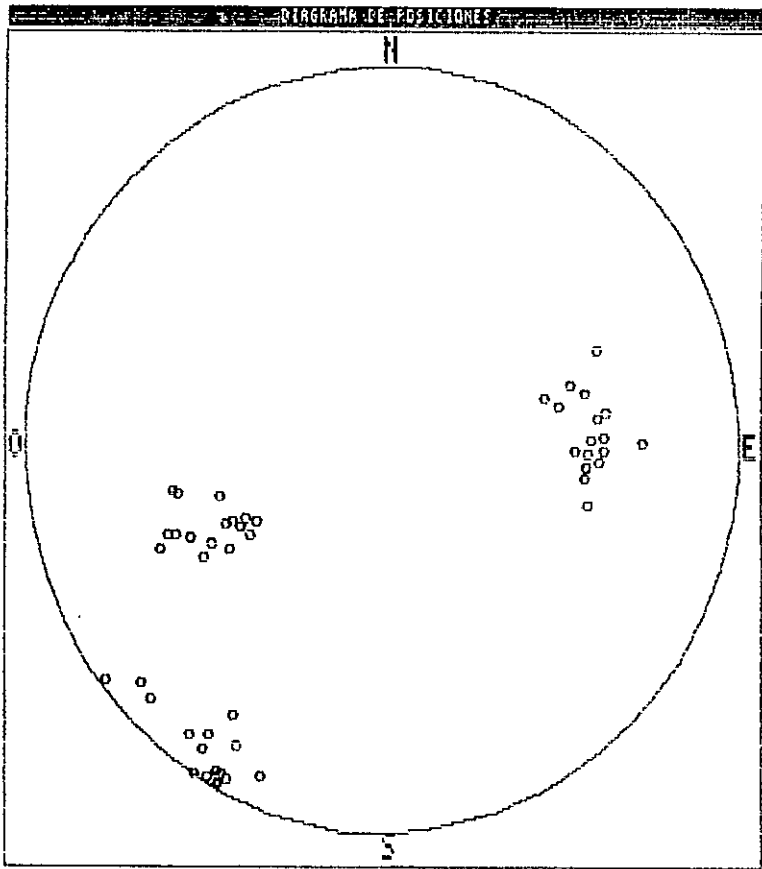
Polo	Círculo	Máximo	Polo	Círculo	Máximo	Polo	Círculo	Máximo
1	91.0	60.0	2	93.0	59.0	3	96.0	48.0
4	88.0	55.0	5	80.0	59.0	6	101.0	52.0
7	102.0	58.0	8	88.0	49.0	9	97.0	61.0
10	185.0	59.0	11	96.0	61.0	12	104.0	45.0
13	78.0	65.0	14	84.0	48.0	16	96.0	61.0
17	102.0	60.0	18	98.0	49.0	19	93.0	63.0
20	99.0	58.0	21	94.0	55.0	22	115.0	59.0
24	87.0	52.0	26	79.0	55.0	27	98.0	60.0
28	104.0	66.0	28	110.0	75.0	29	87.0	65.0
30	74.0	49.0	31	78.0	56.0	32	79.0	50.0
33	71.0	82.0	34	81.0	75.0			

¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Polo	Circulo	máximo	Polo	Circulo	máximo	Polo	Circulo	máximo
29	360.0	75.0	30	358.0	76.0	31	348.0	68.0
32	352.0	80.0	33	359.0	78.0	34	2.0	57.0
35	5.0	58.0	36	8.0	65.0	37	1.0	85.0
38	10.0	75.0	39	12.0	63.0	40	4.0	84.0
41	3.0	67.0	42	350.0	70.0	43	349.0	62.0
44	348.0	88.0	45	352.0	86.0	46	348.0	65.0
47	354.0	72.0	48	12.0	87.0	49	8.0	75.0
50	10.0	86.0	51	12.0	71.0	53	22.0	66.0
54	18.0	76.0	55	354.0	78.0	56	340.0	74.0
57	345.0	86.0						

Archivo: cruz2.dat

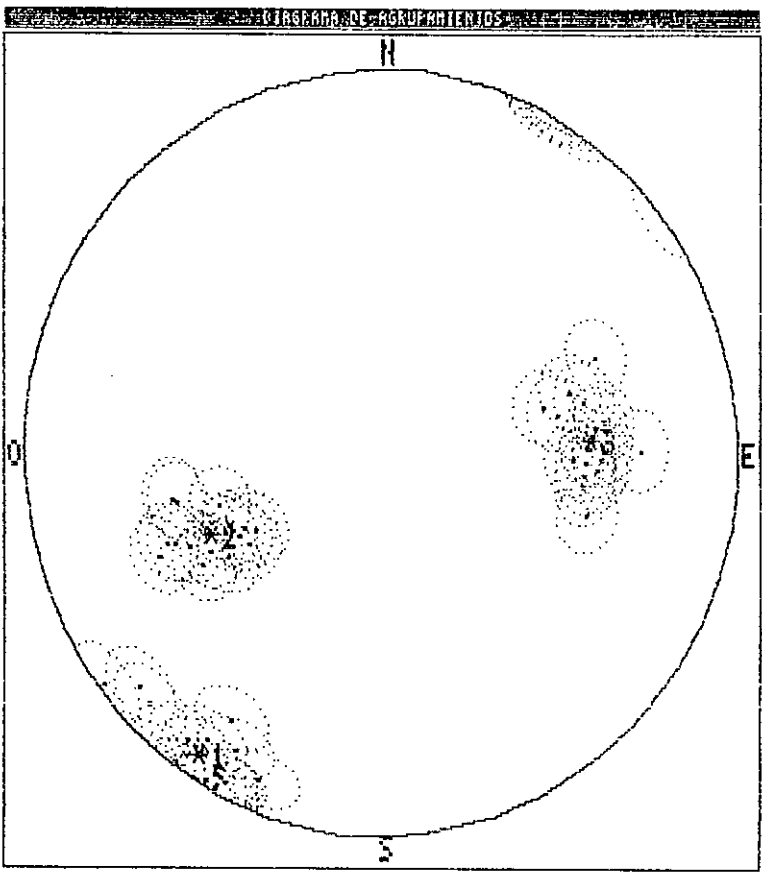
Grupo	Polos
1	16
2	17
3	17
TOTAL = 50	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: cruz2.dat

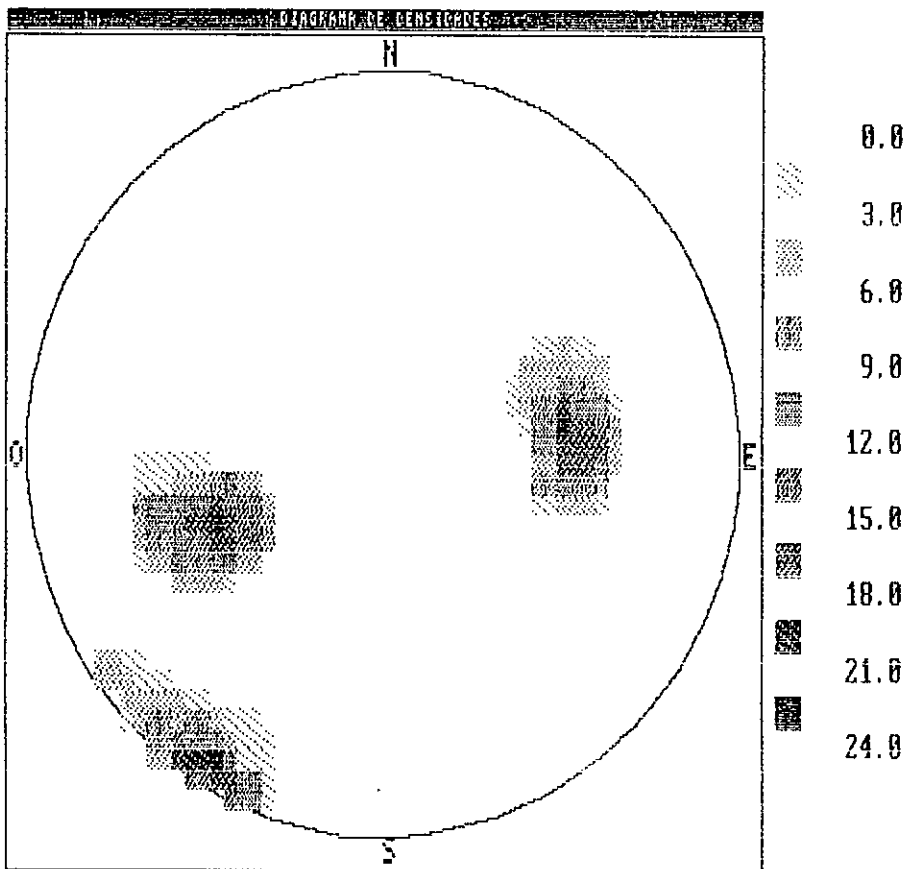
Grupo	Polos
1	16
2	17
3	17
TOTAL = 50	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: cruz2.dat

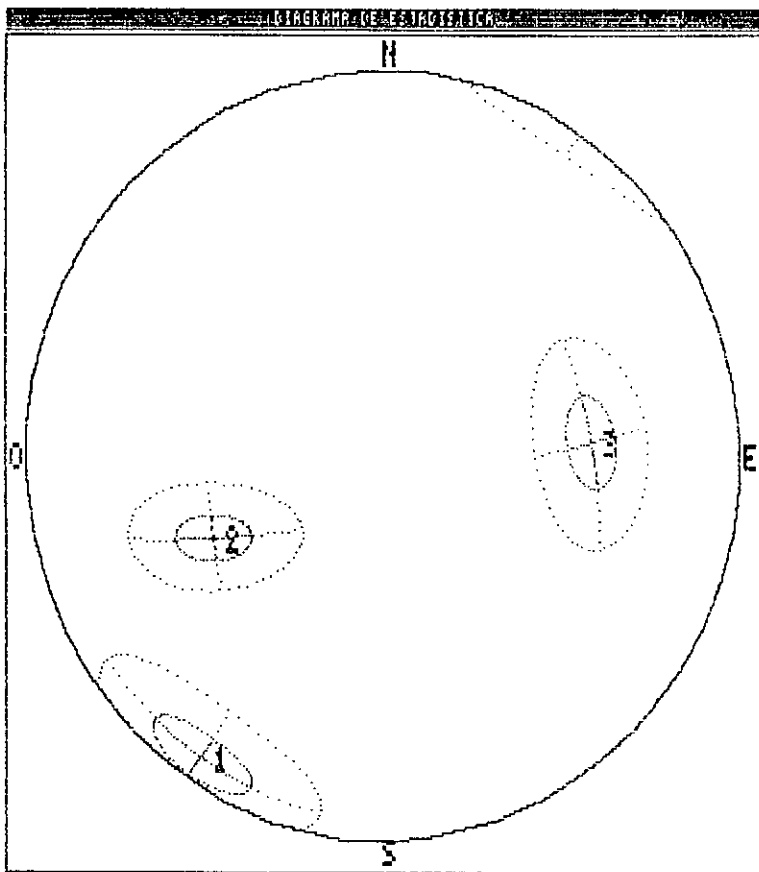
Grupo	Polos
1	16
2	17
3	17
TOTAL = 50	



¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,TI.- ESC muestra el menú

Archivo: cruz2.dat

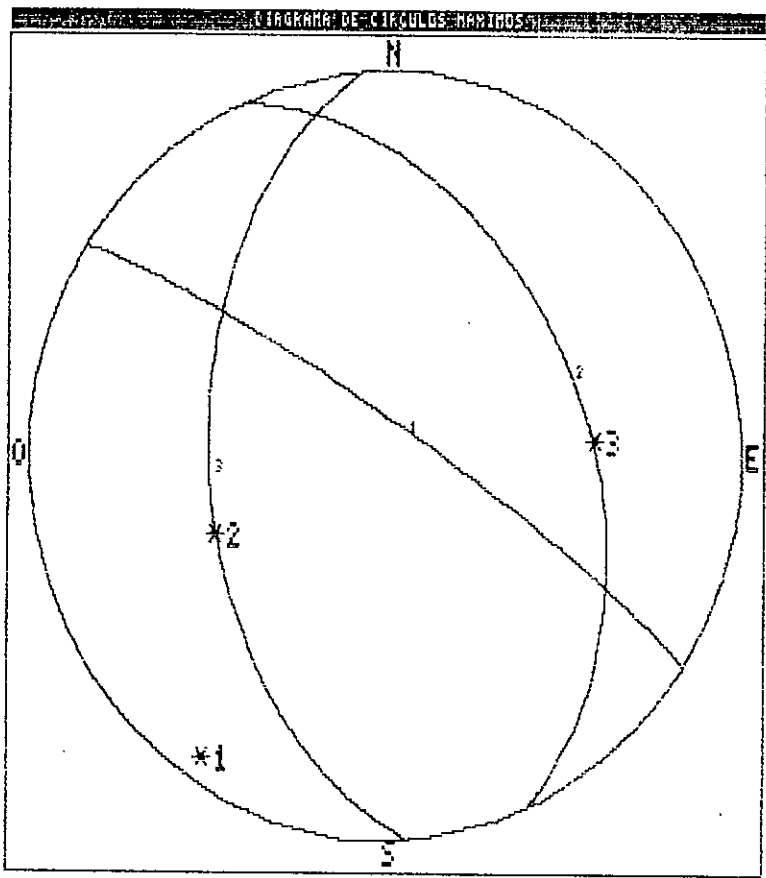
Grupo	Polos
1	16
2	17
3	17
TOTAL = 50	



¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,TI.- ESC muestra el menú

Archivo: cruz2.dat

Grupo	Polos
1	16
2	17
3	17
TOTAL = 58	



¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Archivo: b:cruz2.dat

Grupo	Polos	Centro	σ M	σ m	W M	Circulo máximo
1	16	213.2	7.1	0.410	0.264	91.3
2	17	246.3	46.7	0.385	0.189	33.2
3	17	86.3	41.0	0.375	0.252	66.3
						266.3

TOTAL = 50 Entorno: 7.44 grados

¿Comando? [P,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T].- ESC muestra el menú

Polo	Círculo Máximo	Polo	Círculo Máximo	Polo	Círculo Máximo
1	30.0	2	38.0	3	45.0
4	48.0	5	38.0	6	32.0
7	31.0	8	33.0	9	38.0
10	52.0	11	32.0	12	29.0
13	33.0	14	36.0	15	38.0
19	27.0			18	81.0
				6	89.0
				9	76.0
				12	85.0
				15	88.0

Polo	Circulo	Máximo	Polo	Circulo	Máximo	Polo	Circulo	Máximo
15	60.0	48.0	16	62.0	45.0	17	64.0	35.0
18	65.0	38.0	19	78.0	49.0	20	79.0	50.0
21	58.0	36.0	22	62.0	37.0	23	65.0	40.0
24	68.0	52.0	25	69.0	54.0	26	67.0	57.0
44	61.0	33.0	45	64.0	35.0	46	74.0	39.0
47	58.0	42.0	50	66.0	49.0			

RELEVAMIENTO DE FRACTURAS EN HORMIGON

SCANLINE: CABEZA DE CONTRAFUERTE Nro 30

Coord.X:

Coord.Y:

Coord.Z:

D ln:

I ln:

Long.:

Nº	X CM	Y CM	DBZ	AB mm	Pers n	R.R.	Ag	Esp. cm	Observaciones
1	0	0	HOR/IRR	10	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
2	18	0	HOR/IRR	4/6	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION ALTA
3	48	0	HOR/IRR	3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
4	95	0	HORIZ	4/6	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION ALTA
5	148	0	HOR/IRR	2/3	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
6	188	0	HOR/IRR	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION ALTA
7	220	0	IRREG	3/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
8	280	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
9	351	0	HORIZ	3/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
10	390	0	HORIZ	3/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA

CLAVES DE TEXTO:

X = Progresiva
Y = Distancia vertical a la línea de muestreo
DBZ = Direccion de buzamiento
IBZ = Intensidad de buzamiento
AB = Abertura
PERS = Persistencia
RR = Rugosidad / (ONDRUG = Ondulante rugosa)
Ag = Condicion de Agua
Esp = Espaciamiento

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: RELEVA30.SC1

Cantidad de muestras : 10

Dirección de la línea : 330.00

Inclinación de la línea : 45.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.18

Promedio: 0.43

Máximo: 0.71

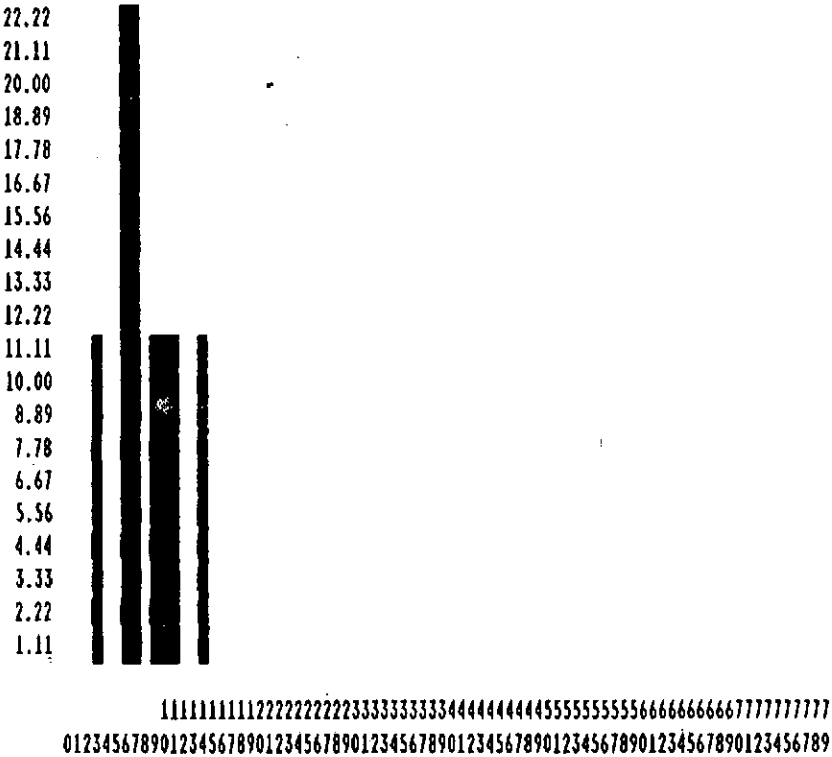
Frecuencia: 2.31 disc./m

Desviación Standard : 0.15

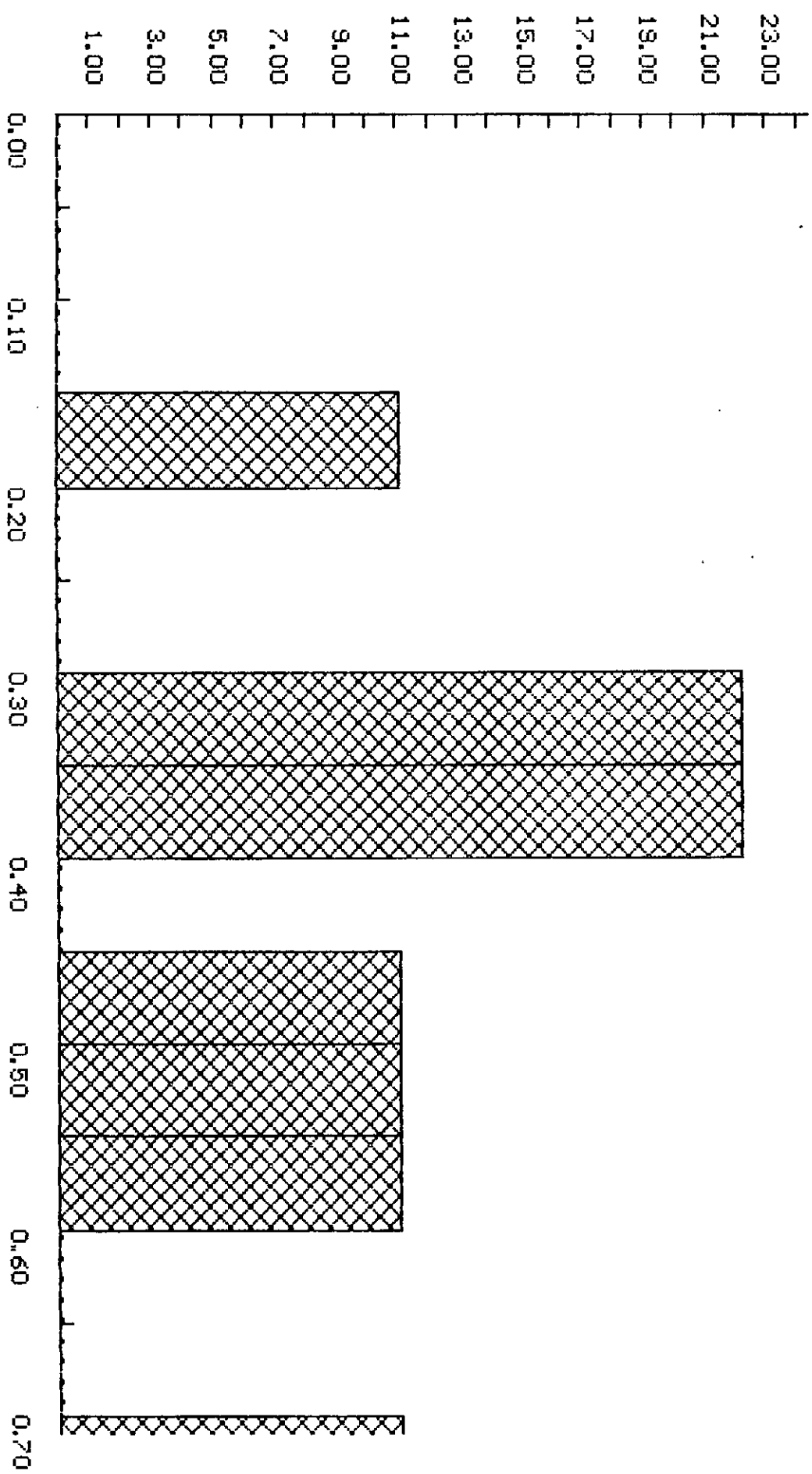
Rango del 95% : [0.33 , 0.53]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.18
2	0.18	0.30
3	0.48	0.47
4	0.95	0.53
5	1.48	0.40
6	1.88	0.32
7	2.20	0.60
8	2.80	0.71
9	3.51	0.39
10	3.90	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	0.00	[0.40, 0.45)	0.00
[0.05, 0.10)	0.00	[0.45, 0.50)	11.11
[0.10, 0.15)	0.00	[0.50, 0.55)	11.11
[0.15, 0.20)	11.11	[0.55, 0.60)	11.11
[0.20, 0.25)	0.00	[0.60, 0.65)	0.00
[0.25, 0.30)	0.00	[0.65, 0.70)	0.00
[0.30, 0.35)	22.22	[0.70, 0.71]	11.11
[0.35, 0.40)	22.22		



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE FRACTURAS EN HORMIGON

SCANLINE: CABEZA DE CONTRAFUERTE Nro 34

Coord.X:

Coord.Y:

Coord.Z:

D ln:

I ln:

Long.:

Nº	X CM	Y CM	DBz	AB mm	Pers m	R.R.	RP.	Esp. CM	Observaciones
1	0	0	HORIZ	2/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
2	66	0	15/20	2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
3	123	0	HORIZ	1/2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
4	191	0	HORIZ	1/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
5	236	0	HORIZ	1/3	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
6	283	0	HORIZ	1/4	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
7	319	0	IRREG	3/6	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
8	354	0	HORIZ	3/6	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
9	414	0	HORIZ	1/2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO

CLAVES DE TEXTO:

X = Progresiva

Y = Distancia vertical a la linea de muestreo

DBZ = Direccion de buzamiento

IBZ = Intensidad de buzamiento

AB = Abertura

PERS = Persistencia

RR = Rugosidad / (ONDRUG =Ondulante rugosa)

Ag = Condicion de Agua

Esp = Espaciamiento

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: RELE34.SC1

Cantidad de muestras : 9
Dirección de la línea : 330.00
Inclinación de la línea : 45.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.35

Promedio: 0.52

Máximo: 0.68

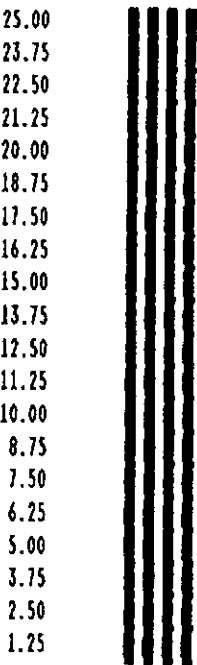
Frecuencia: 1.93 disc./m

Desviación Standard : 0.12

Rango del 95% : [0.43 , 0.60]

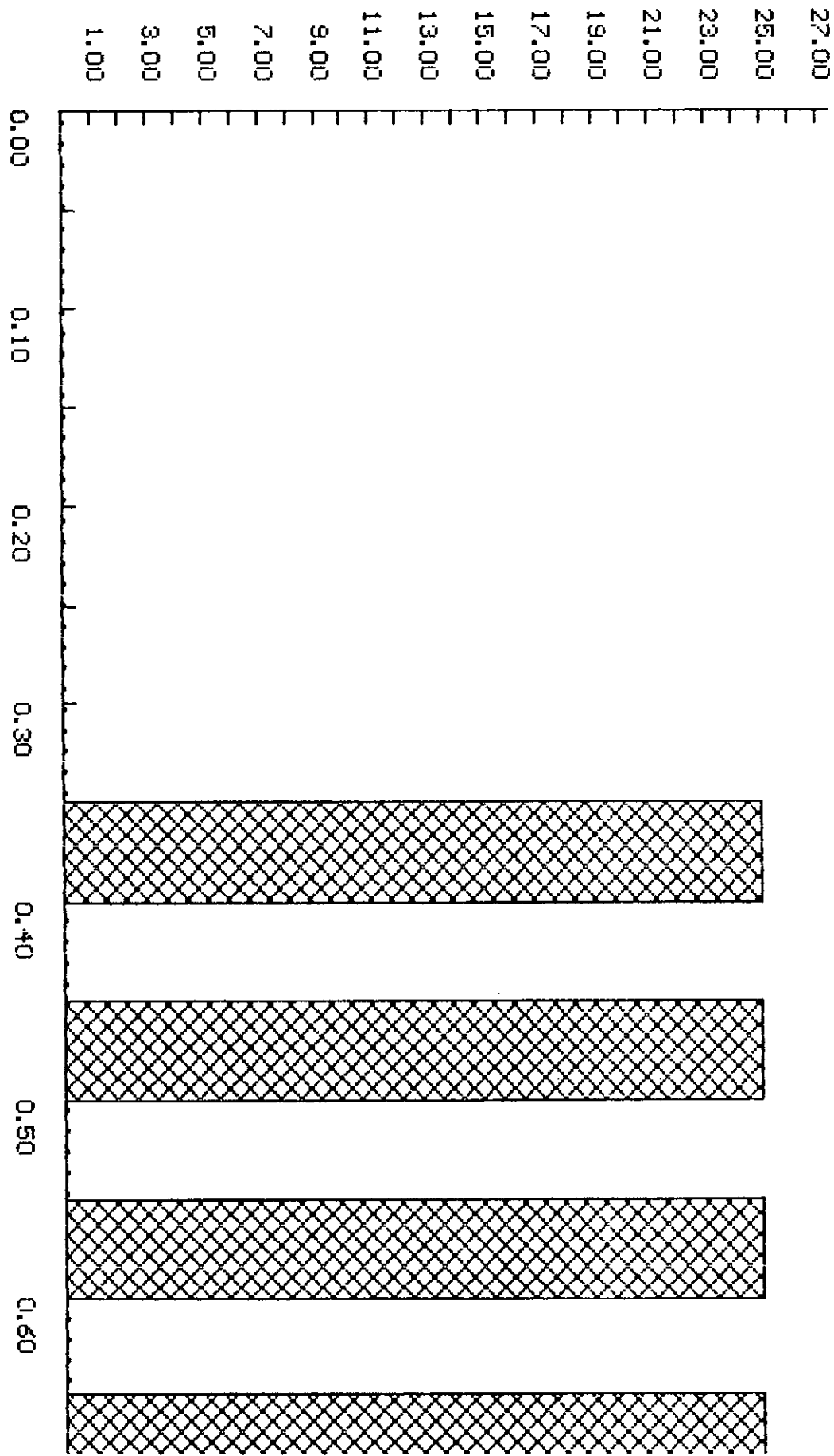
Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.66
2	0.66	0.57
3	1.23	0.68
4	1.91	0.45
5	2.36	0.47
6	2.83	0.36
7	3.19	0.35
8	3.54	0.60
9	4.14	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	0.00	[0.35, 0.40)	25.00
[0.05, 0.10)	0.00	[0.40, 0.45)	0.00
[0.10, 0.15)	0.00	[0.45, 0.50)	25.00
[0.15, 0.20)	0.00	[0.50, 0.55)	0.00
[0.20, 0.25)	0.00	[0.55, 0.60)	25.00
[0.25, 0.30)	0.00	[0.60, 0.65)	0.00
[0.30, 0.35)	0.00	[0.65, 0.68]	25.00



11111111112222222222333333333344444444455555555556666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE FRACTURAS EN HORMIGON

SCANLINE: CABEZA DE CONTRAFUERTE Nro 35

Coord.X:

Coord.Y:

Coord.Z:

D ln:

I ln:

Long.:

Nº	X cm	Y cm	DBz	AB mm	Pers m	R.R.	RP.	Esp. cm	Observaciones
1	0	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
2	22	0	HOR/IRR	2/4	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
3	50	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
4	65	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
5	140	0	HOR/IRR	5/10	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
6	245	0	HOR/IRR	1/2	TOTAL	OND/RUG			MUY ALTERADO/JUNTA CONST
7	290	0	IRREG	1/2	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
8	355	0	HOR/IRR	1/2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
9	410	0	HOR/IRR	1/2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO

CLAVES DE TEXTO:

X = Progresiva

Y = Distancia vertical a la linea de muestreo

DBZ = Direccion de buzamiento

IBZ = Intensidad de buzamiento

AB = Abertura

PERS = Persistencia

RR = Rugosidad / (OND/RUG = Ondulante rugosa)

Ag = Condicion de Agua

Esp = Espaciamiento

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: RELEVA35.SC1

Cantidad de muestras : 10

Dirección de la línea : 340.00

Inclinación de la línea : 45.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.00

Promedio: 0.46

Máximo: 1.10

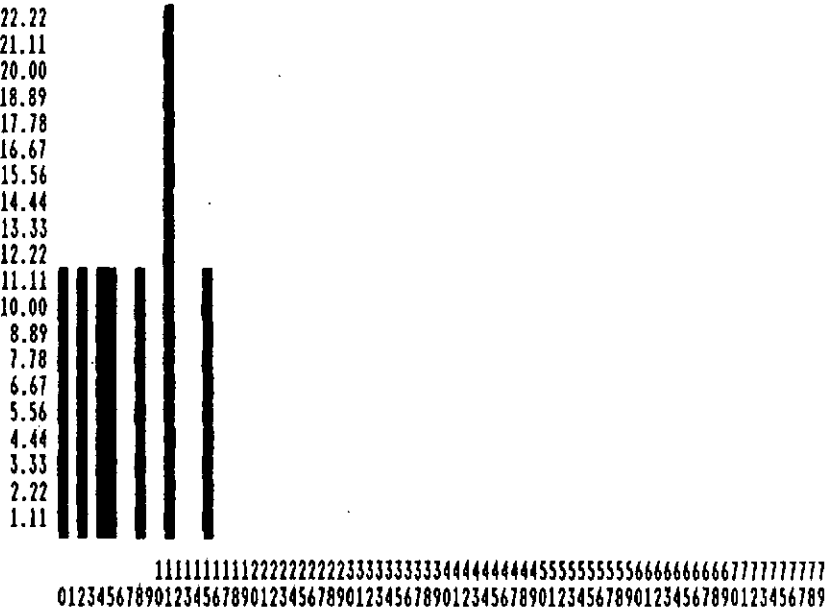
Frecuencia: 2.20 disc./m

Desviación Standard : 0.32

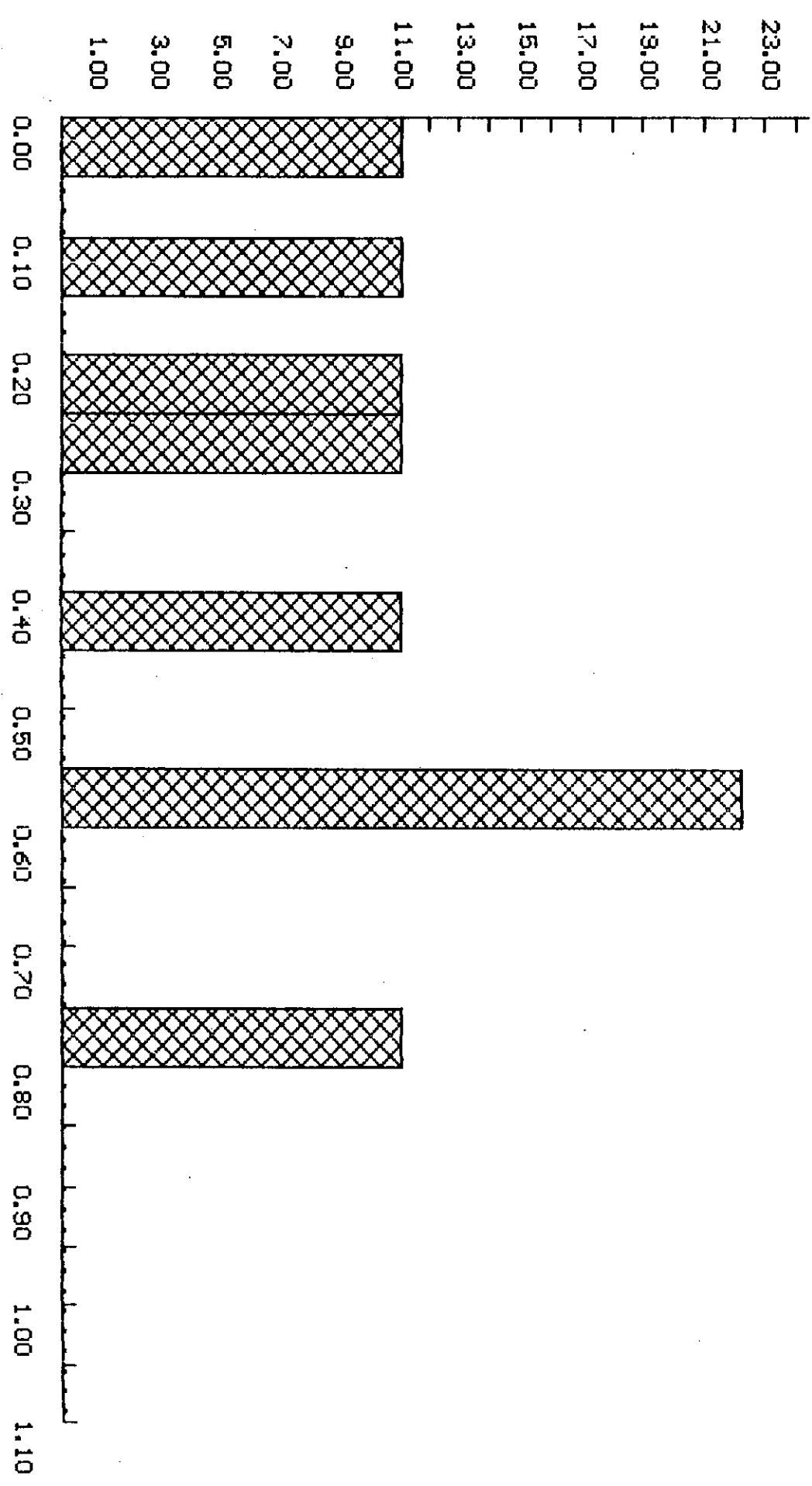
Rango del 95% : [0.25 , 0.67]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.22
2	0.22	0.28
3	0.50	0.15
4	0.65	0.75
5	1.40	1.10
6	2.50	0.40
7	2.90	0.60
8	3.50	0.60
9	4.10	0.00
10	4.10	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	11.11	[0.55, 0.60)	22.22
[0.05, 0.10)	0.00	[0.60, 0.65)	0.00
[0.10, 0.15)	11.11	[0.65, 0.70)	0.00
[0.15, 0.20)	0.00	[0.70, 0.75)	0.00
[0.20, 0.25)	11.11	[0.75, 0.80)	11.11
[0.25, 0.30)	11.11	[0.80, 0.85)	0.00
[0.30, 0.35)	0.00	[0.85, 0.90)	0.00
[0.35, 0.40)	0.00	[0.90, 0.95)	0.00
[0.40, 0.45)	11.11	[0.95, 1.00)	0.00
[0.45, 0.50)	0.00	[1.00, 1.05)	0.00
[0.50, 0.55)	0.00	[1.05, 1.10)	0.00



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE FRACTURAS EN HORMIGON

SCANLINE: CABEZA DE CONTRAFUERTE Nro 36

Coord.X:
Coord.Y:
Coord.Z:
D ln:
I ln:
Long.:

Nº	X cm	Y cm	DBz	AB mm	Pers n	R.R.	Ag	Esp. cm	Observaciones
1	0	0	HORIZ	10	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
2	11	0	HOR/IRR	2/4	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
3	89	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
4	136	0	HOR/IRR	2/4	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
5	229	0	HORIZ	10/5	2/3 TOT	OND/RUG	SI		JUNT CONST/CON MOVIMIENTO
6	273	0	HOR/IRR	2/4	TOTAL	OND/RUG			MUY ALTERADO/JUNTA CONST
7	355	0	IRREG	2/3	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
8	390	0	HOR/IRR	3/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO
9	415	0	HOR/IRR	1/2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON MUY ALTERADO

CLAVES DE TEXTO:

X = Progresiva
Y = Distancia vertical a la linea de muestreo
DBZ = Direccion de buzamiento
IBZ = Intensidad de buzamiento
AB = Abertura
PERS = Persistencia
RR = Rugosidad / (OND/RUG = Ondulante rugosa)
Ag = Condicion de Agua
Esp = Espaciamiento

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: RELEVA36.SCI

Cantidad de muestras : 9

Dirección de la línea : 340.00

Inclinación de la línea : 45.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.11

Promedio: 0.52

Máximo: 0.93

Frecuencia: 1.93 disc./m

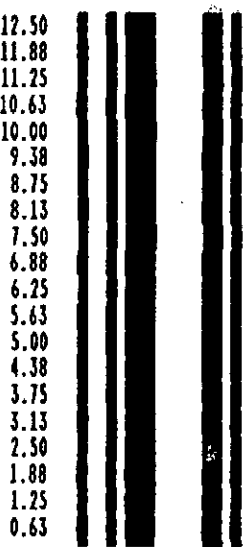
Desviación Standard : 0.27

Rango del 95% : [0.33 , 0.71]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.11
2	0.11	0.78
3	0.89	0.47
4	1.36	0.93
5	2.29	0.44
6	2.73	0.82
7	3.55	0.35
8	3.90	0.25
9	4.15	

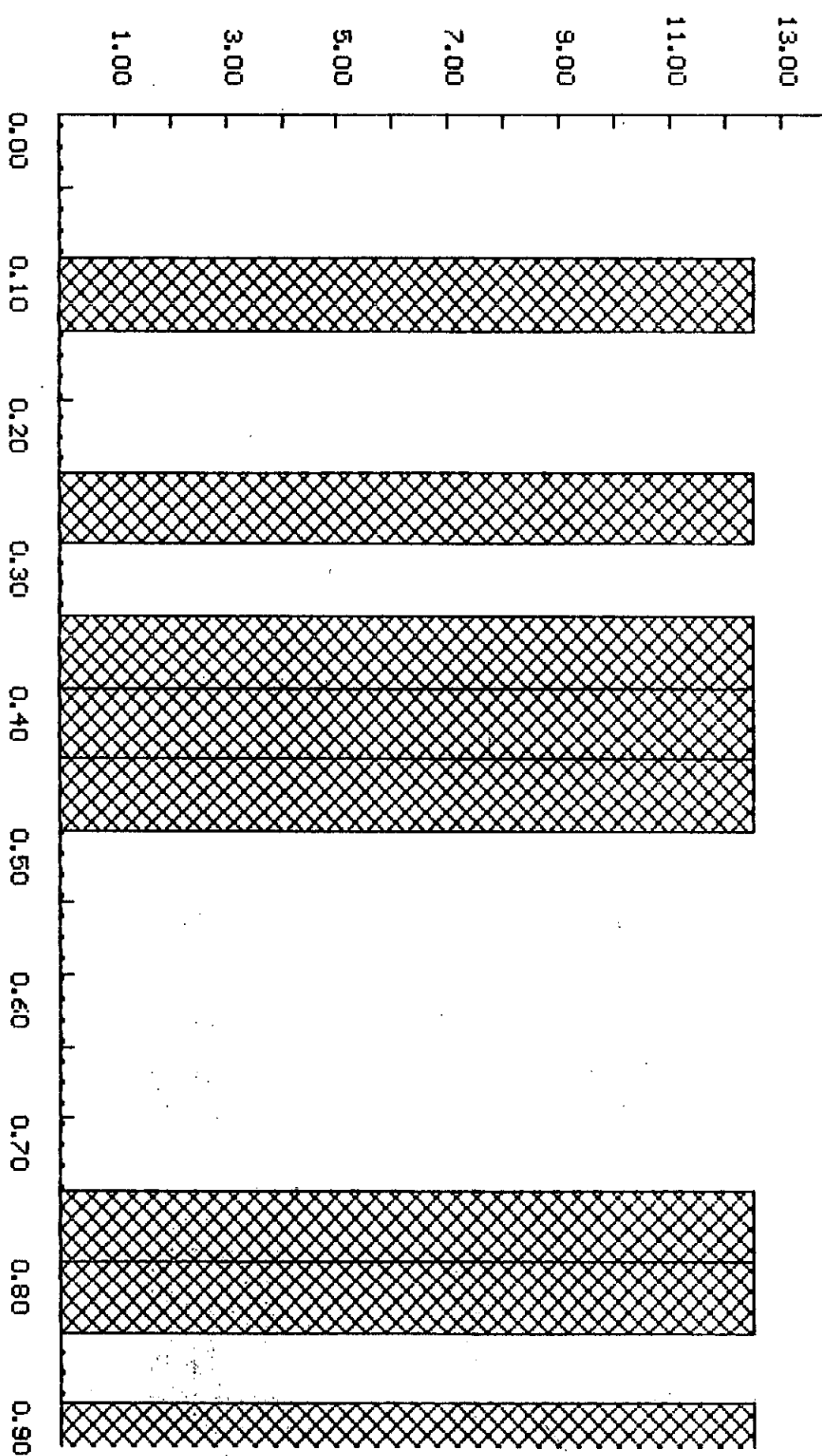
Datos para el Histograma

Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.05)	0.00	[0.50, 0.55)	0.00
[0.05, 0.10)	0.00	[0.55, 0.60)	0.00
[0.10, 0.15)	12.50	[0.60, 0.65)	0.00
[0.15, 0.20)	0.00	[0.65, 0.70)	0.00
[0.20, 0.25)	0.00	[0.70, 0.75)	0.00
[0.25, 0.30)	12.50	[0.75, 0.80)	12.50
[0.30, 0.35)	0.00	[0.80, 0.85)	12.50
[0.35, 0.40)	12.50	[0.85, 0.90)	0.00
[0.40, 0.45)	12.50	[0.90, 0.95)	12.50
[0.45, 0.50)	12.50		



1111111111222222222233333333334444444445555555556666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE FRACTURAS EN HORMIGON

SCANLINE: CABEZA DE CONTRAFUERTE Nro 84

Coord.X:
Coord.Y:
Coord.Z:
O ln:
I ln:
Long.:

Nº	X cm	Y cm	DBz	AB mm	Pers m	R.R.	Ag	Esp. cm	Observaciones
1	0	0	HOR/IRR	10	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
2	31	0	HOR/IRR	2/3	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
3	68	0	HOR/IRR	2	TOTAL	OND/RUG	SI		HORMIGON ALTERACION MEDIA
4	116	0	HORIZ	2	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
5	156	0	HOR/IRR	2/3	2/3 TOT	OND/RUG	SI		HORMIGON ALTERACION MEDIA
6	189	0	HOR/IRR	2/3	TOTAL	OND/RUG	SI		HORMIGON ALTERACION MEDIA
7	230	0	IRREG	2/3	2/3 TOT	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA
8	300	0	HORIZ	2/3	TOTAL	OND/RUG	SI		HORMIGON ALTERACION MEDIA
9	370	0	HORIZ	3/5	TOTAL	OND/RUG			HORMIGON ALTERACION MEDIA

CLAVES DE TEXTO:

- X = Progresiva
- Y = Distancia vertical a la linea de muestreo
- DBZ = Direccion de buzamiento
- IBZ = Intensidad de biuzamiento
- AB = Abertura
- PERS = Persistencia
- RR = Rugosidad / (OND/RUG =Ondulante rugosa)
- Ag = Condicion de Agua
- Esp = Espaciamiento

ANEXO 4

DIQUE SAN ROQUE (Estribo de margen derecha)
LITOLOGIA: GNEIS ESQUISTOSO / GNEIS INYECTADO
ALTERACION: MEDIA / ALTA

ENSAYOS POINT LOAD / CTE DE CARGA 9.6211275

ENSAYO	LADOS DE DE CARGA CM	AREA DE CARGA CM2	De	CARGA DE ROTURA KN	INDICE DE CARGA PUNTUAL	COMPRESION UNIAXIAL MPA	LITOLOGIA	OBSERVACIONES MUESTRAS
1	8.760 5.200	45.552	57.999	19.242	33.177	79.625	PEGMATITA (LINEA 1)	PRISMATICA ASERRADA
2	4.980 6.630	33.017	42.039	13.951	33.185	79.644	GNEIS ESQUISTOSO NOR/ESQ. (LINEA2)	PRISMATICA ASERRADA
3	66.010 23.400	1544.634	1966.689	6.735	0.342	0.822	GNEIS ALTERADO (LINEA2)	PRISMATICA ASERRADA
4	4.290 8.770	37.623	47.903	19.242	40.169	96.405	GNEIS INYECTADO (LINEA2)	PRISMATICA ASERRADA
5	4.500 77.600	349.200	444.615	14.432	3.246	7.790	GNEIS ALTERADO (LINEA2)	PRISMATICA ASERRADA
6	6.260 3.800	23.788	30.288	6.735	22.236	53.366	GNEIS ESQUISTOSO INYECT. PAR / ESQ	PRISMATICA ASERRADA
7	4.200 4.620	19.404	24.706	19.242	77.885	186.924 **	GNEIS MASIVO NOR / ESQ	PRISMATICA ASERRADA
8	6.800 6.870	46.716	59.481	18.761	31.542	75.700	GNEIS MASIVO GRANO GRUESO	PRISMATICA
9	6.350 6.870	43.625	55.544	2.405	4.330	10.393	GNEIS ESQUISTOSO ALTERADO	PRISMATICA
10	2.180 4.700	10.246	13.046	7.216	55.312	132.750	GNEIS ESQUISTOSO ALTERADO/ PERPEND	PRISMATICA

ANEXO 5

GEOTECNIA

Coord.X:

Coord.Y:

Coord.Z:

SCANLINE: G.2.TALUD MARGEN DERECHA

D ln:

I ln:

Long.:

NR	X CM	Y CM	Rb	IBZ MM	Pers N	R.R.	Ag.	Abert. CM	Observaciones
1	0.00	0.70	190	71SW	1	OR			Litologia: gneis
2	0.20	0.60	320	85SW	20	OR			
3	0.80	0.50	280	81N	7	PO			
4	1.00	0.33	35	65SE	4	PO		0.05	
5	3.70	0.20	20	80NW	2	OR			
6	5.10	0.40	300	85NW	4	PO			
7	5.50	0.50	30	74NW	25	PO			
8	7.90	0.54	260	85SW	30	PO			
9	9.20	0.30	320	73W	15	R		0.03	
10	9.80	0.25	210	82NW	12	L			
11	10.60	0.15	344	82W	20	PO			
12	11.40	0.45	300	76NE	30	PO		0.05	
13	12.50	0.42	77	40NW	12	PO			
14	14.80	0.76	345	70E	8	PO			
15	15.00	0.72	0	61NW	2	PO			
16	15.00	0.60	210	69NW	1.60	PO			Roca fresca
17	15.60	0.38	280	70NE	3.50	PO			
18	15.56	0.38	310	63SW	0.20	PO			
19	16.40	0.35	193	77NW	2.50	PO			
20	17.30	0.90	340	76W	13.50	P			Falla dique pegmatitico
21	17.30	0.90	200	178NW	4.5	PO			
22	18.00	0.71	320	74NW	2.5	PO			
23	18.00	0.71	210	76NW	2.5	PO			Intrusion en diacласa
24	19.00	0.90	204	82NW	6	PO			
25	19.35	0.50	346	69E	1	PO			
26	19.35	0.50	208	77NW	14	PO			
27	20.20	0.47	158	55W	2	PO			

21		300	70NE						
22		210	75M						

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: A:LING2P.SCI

Cantidad de muestras : 33

Dirección de la línea : 60.00

Inclinación de la línea : 0.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.00

Promedio: 0.74

Máximo: 3.24

Frecuencia: 1.34 disc./m

Desviación Standard : 0.81

Rango del 95% : [0.46 , 1.02]

Muestra	Progresiva	Vertical	DirBuza	IntBuza	Intersección	Espaciam.
2	0.20	0.60	230.00	85.00	0.25	0.06
1	0.00	0.70	280.00	71.00	0.31	0.32
4	1.00	0.33	125.00	65.00	0.64	0.04
3	0.80	0.50	10.00	81.00	0.68	3.08
5	3.70	0.20	290.00	80.00	3.75	1.30
6	5.10	0.40	30.00	85.00	5.06	0.73
7	5.50	0.50	300.00	74.00	5.79	2.25
8	7.90	0.54	170.00	85.00	8.04	1.07
9	9.20	0.30	50.00	73.00	9.11	0.76
10	9.80	0.25	300.00	82.00	9.87	0.71
11	10.60	0.15	74.00	82.00	10.58	0.21
13	12.50	0.42	347.00	40.00	10.79	0.48
12	11.40	0.45	30.00	76.00	11.27	3.24
14	14.80	0.76	75.00	70.00	14.51	0.87
17	15.60	0.38	10.00	70.00	15.38	0.08
16	15.00	0.60	300.00	69.00	15.46	0.00
15	15.00	0.72	270.00	61.00	15.46	0.31
18	15.56	0.38	220.00	63.00	15.77	0.74
19	16.40	0.35	283.00	77.00	16.51	1.02
20	17.30	0.90	250.00	76.00	17.53	0.07
21	17.30	0.90	290.00	78.00	17.60	0.20
22	18.00	0.71	50.00	74.00	17.79	0.56
23	18.00	0.71	300.00	76.00	18.35	0.80
25	19.35	0.50	76.00	69.00	19.15	0.06
24	19.00	0.90	294.00	82.00	19.22	0.35
26	19.35	0.50	298.00	77.00	19.57	0.80
28	21.40	0.95	87.00	46.00	20.37	0.16
27	20.20	0.47	248.00	55.00	20.53	0.34
30	21.00	1.00	42.00	83.00	20.87	0.27
31	21.00	1.00	300.00	86.00	21.14	0.23
29	21.40	0.95	360.00	89.00	21.37	1.89
33	23.30	0.65	20.00	87.00	23.26	0.80
32	23.30	2.50	285.00	78.00	24.05	

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: RELEVA84.SC1

Cantidad de muestras : 10

Dirección de la línea : 345.00

Inclinación de la línea : 45.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.00

Promedio: 0.41

Máximo: 0.70

Frecuencia: 2.43 disc./m

Desviación Standard : 0.20

Rango del 95% : [0.28 , 0.54]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.00	0.31
2	0.31	0.37
3	0.68	0.48
4	1.16	0.40
5	1.56	0.33
6	1.89	0.41
7	2.30	0.70
8	3.00	0.00
9	3.00	0.70
10	3.70	

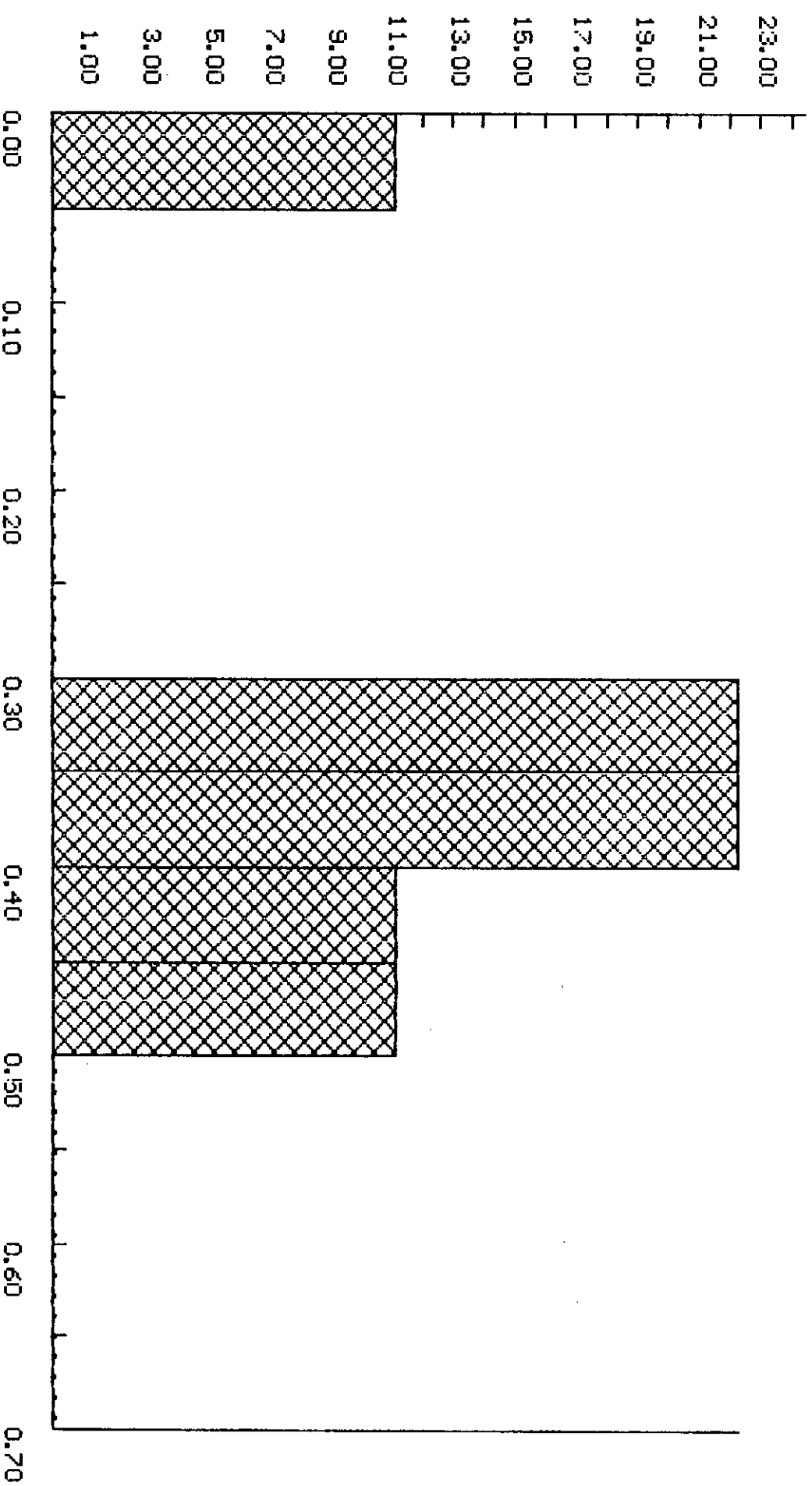
Datos para el Histograma			
Intervalo	f	Intervalo	f
[0.00, 0.05)	11.11	[0.40, 0.45)	11.11
[0.05, 0.10)	0.00	[0.45, 0.50)	11.11
[0.10, 0.15)	0.00	[0.50, 0.55)	0.00
[0.15, 0.20)	0.00	[0.55, 0.60)	0.00
[0.20, 0.25)	0.00	[0.60, 0.65)	0.00
[0.25, 0.30)	0.00	[0.65, 0.70)	0.00
[0.30, 0.35)	22.22	[0.70, 0.70]	22.22
[0.35, 0.40)	22.22		

22.22
21.11
20.00
18.89
17.78
16.67
15.56
14.44
13.33
12.22
11.11
10.00
8.89
7.78
6.67
5.56
4.44
3.33
2.22
1.11

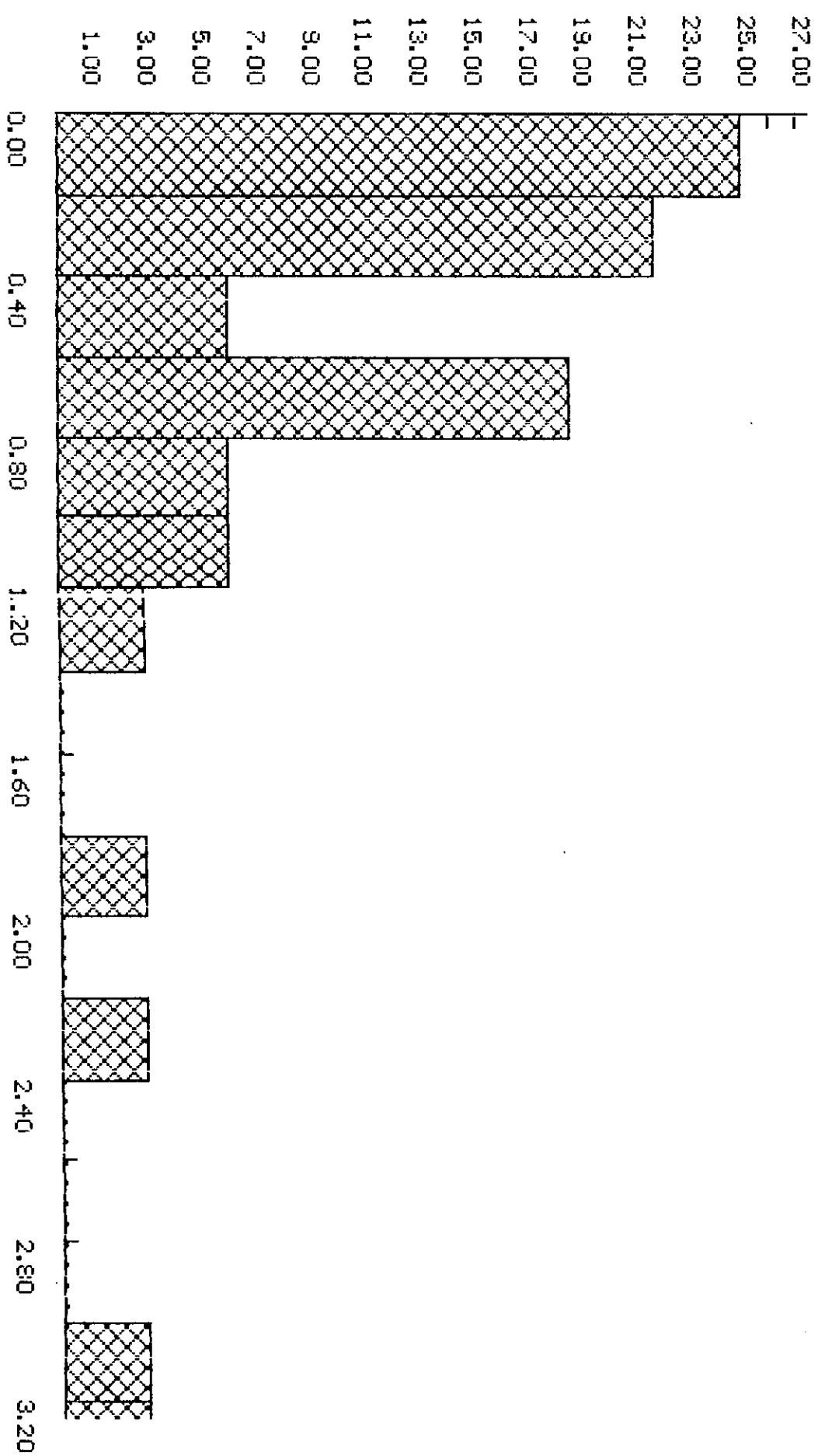


1111111111222222222233333333334444444444555555555566666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

Histograma de espaciamientos



Histograma de espaciamientos

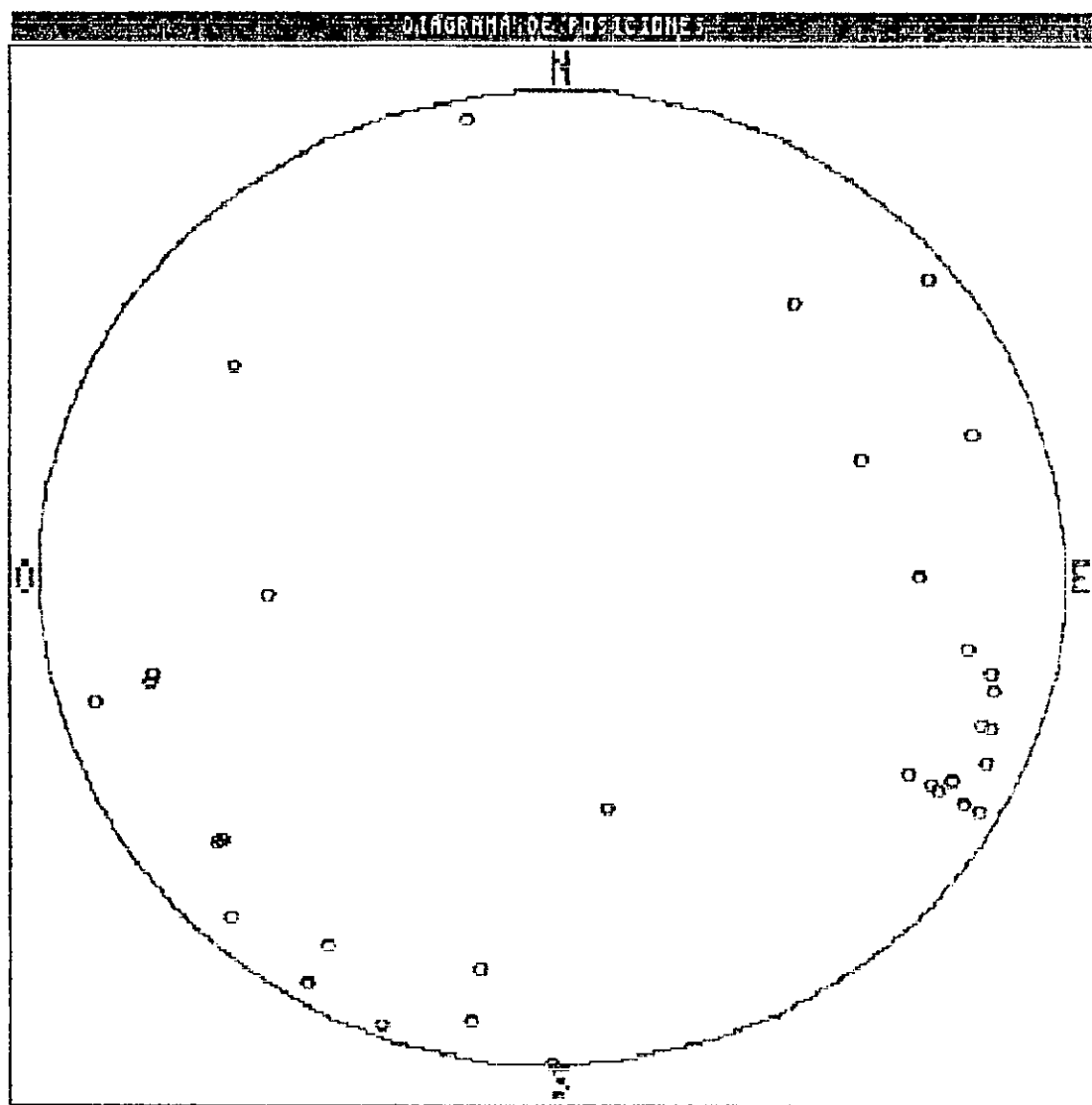


Grupo	Polos	Centro		σ M	σ m	w M	Círculo máximo	
1	13	111.6	14.0	0.486	0.229	58.2	291.6	76.0
2	11	205.3	7.7	1.077	0.404	99.3	25.3	82.3
3	3	255.0	16.3	0.338	0.019	173.1	75.0	73.7

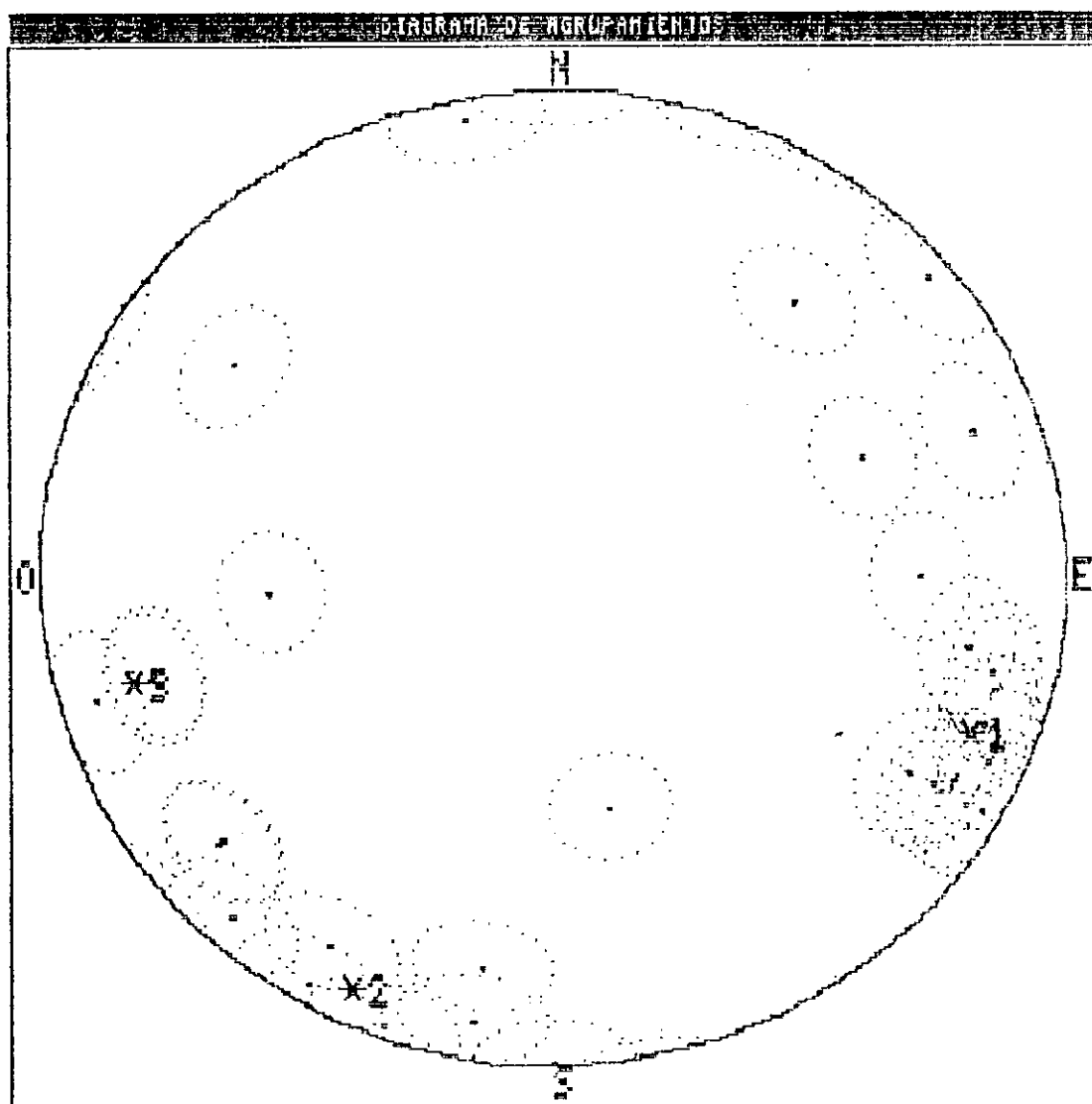
islados 6

TOTAL = 33 Entorno: 9.18 grados

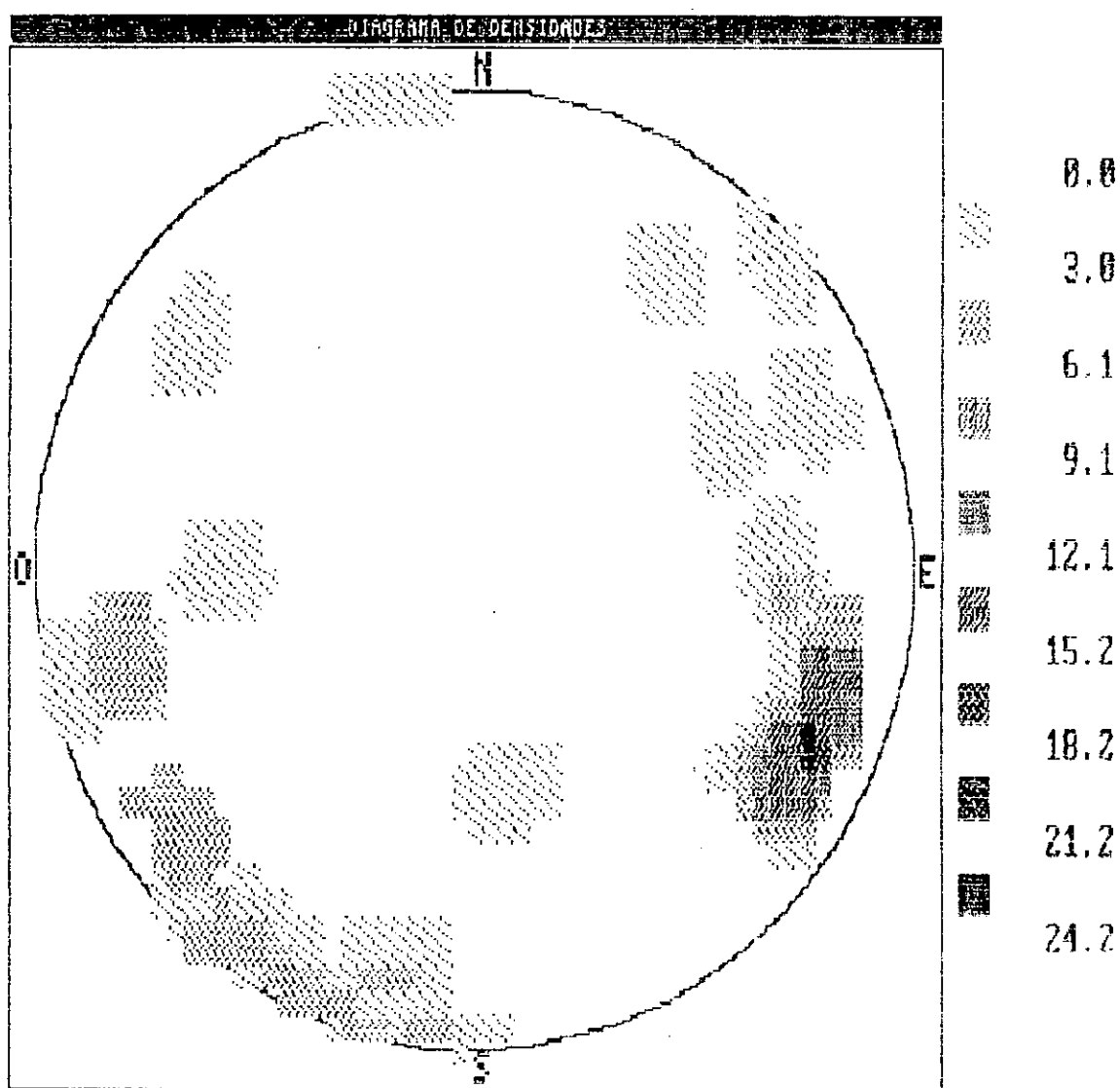
Grupo	Polos
1	13
2	11
3	3
aislados	6
TOTAL =	33



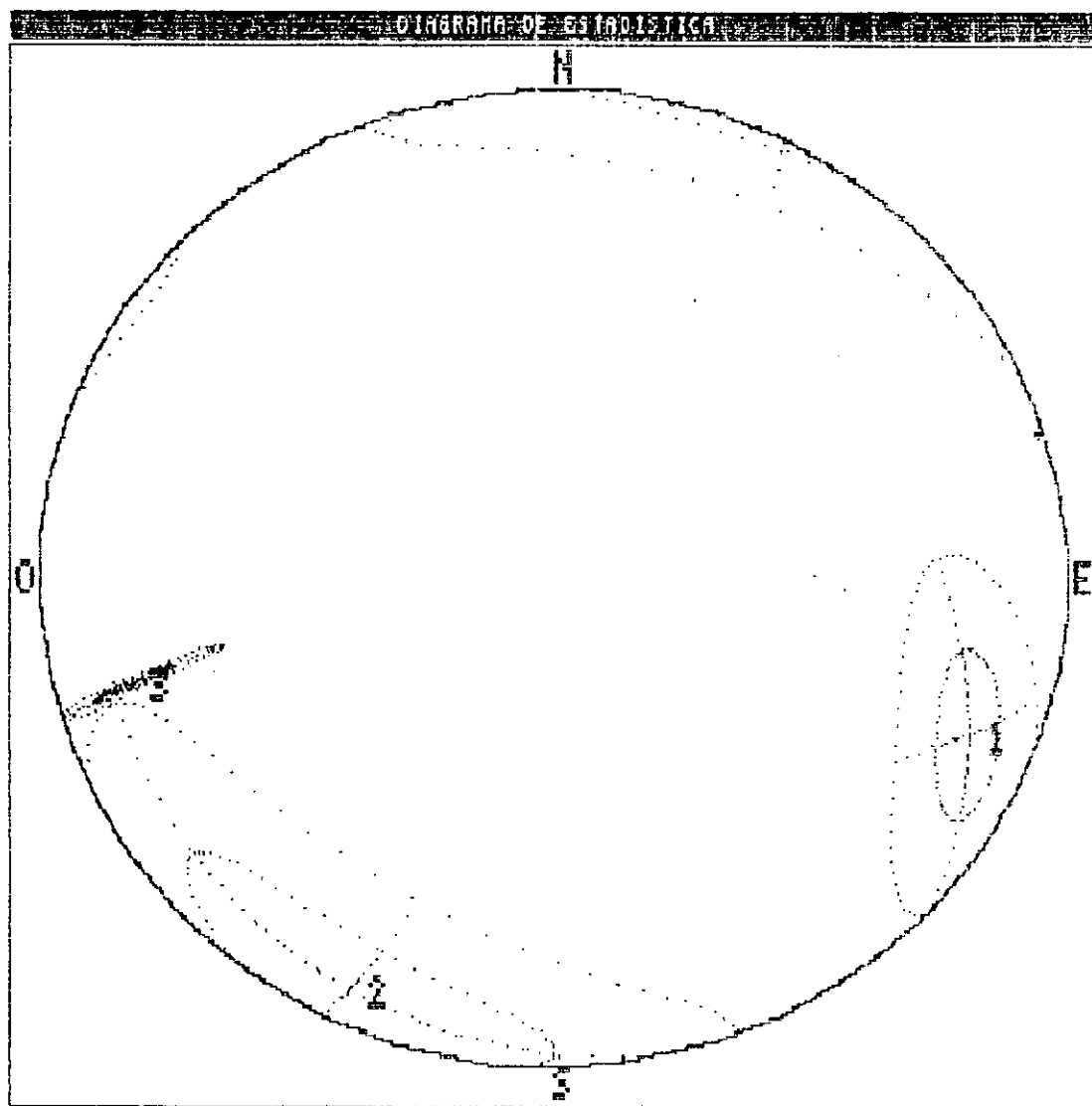
Grupo	Polos
1	13
2	11
3	3
Aislados	6
TOTAL =	33



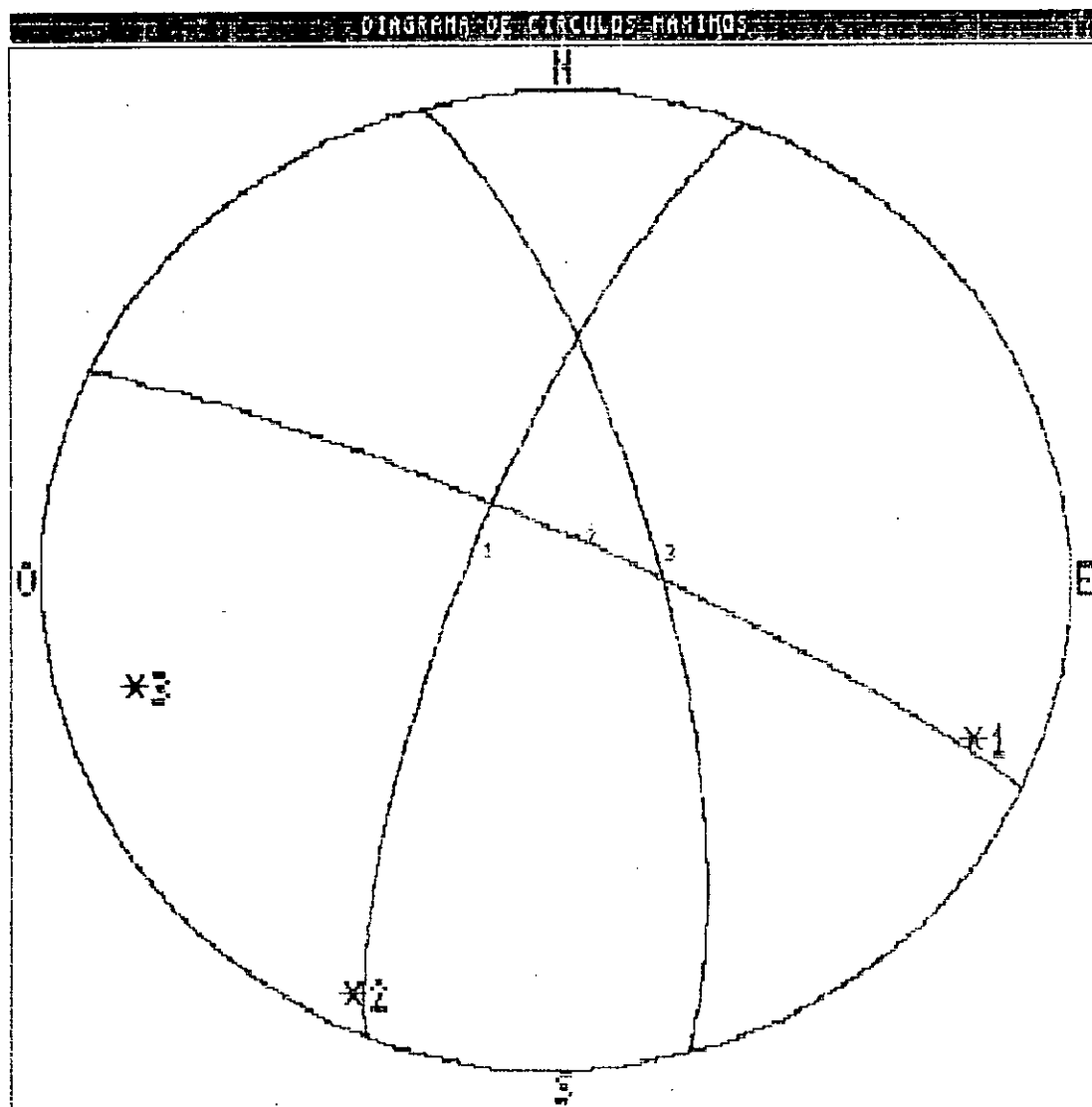
Grupo	Polos
1	13
2	11
3	3
Islados	6
TOTAL = 33	



Grupo	Polos
1	13
2	11
3	3
Islados	6
TOTAL =	33



Grupo	Polos
1	13
2	11
3	3
aislados	6
TOTAL =	33



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: B:SR1.LIN

Cantidad de muestras : 81
Dirección de la línea : 60.00
Inclinación de la línea : 0.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.00

Promedio: 0.32

Máximo: 1.92

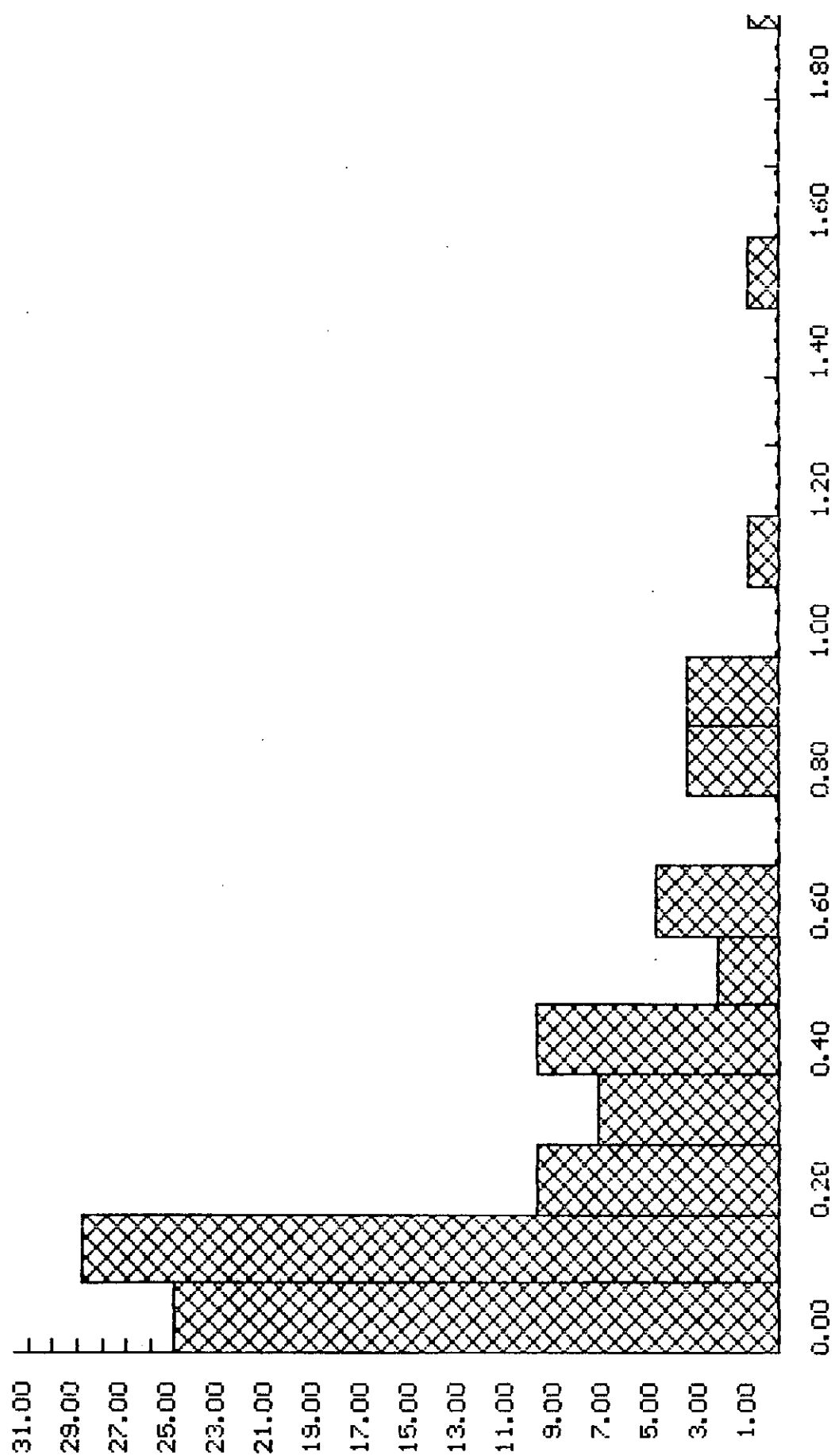
Frecuencia: 3.14 disc./m

Desviación Standard : 0.35

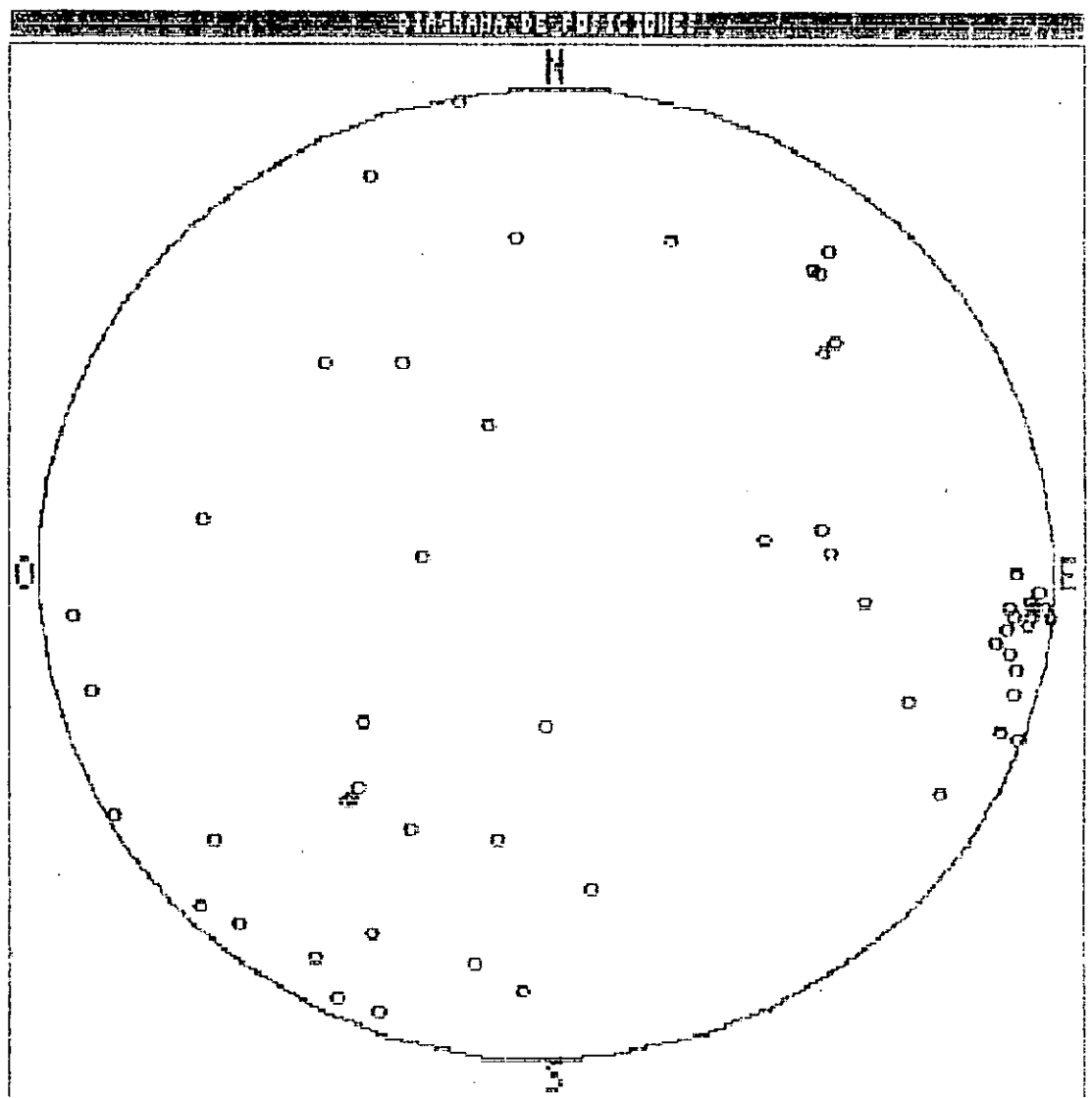
Rango del 95% : [0.24 , 0.39]

Muestra	Progresiva	Vertical	DirBuza	IntBuza	Intersección	Espaciam.
1	0.00	0.50	40.00	50.00	-0.45	0.27
2	0.30	0.50	40.00	48.00	-0.18	0.43
3	0.60	0.40	40.00	51.00	0.26	0.93
4	0.90	0.50	230.00	61.00	1.18	0.83
7	2.43	0.40	27.00	49.00	2.02	0.66
5	2.40	0.40	200.00	62.00	2.68	0.33
8	2.44	0.40	175.00	59.00	3.01	0.08
10	3.12	0.39	45.00	86.00	3.09	0.02
11	3.14	0.34	25.00	86.00	3.11	0.01
6	2.42	0.40	157.00	78.00	3.12	0.18
9	3.10	0.39	230.00	64.00	3.29	0.21
14	3.54	0.28	85.00	83.00	3.50	0.05
12	3.50	0.29	275.00	82.00	3.55	0.02
13	3.52	0.29	270.00	82.00	3.57	0.46
15	4.00	0.23	285.00	85.00	4.03	0.07
16	4.10	0.23	275.00	90.00	4.10	0.13
17	4.21	0.23	274.00	86.00	4.23	0.11
18	4.31	0.23	276.00	85.00	4.33	0.15
19	4.45	0.23	282.00	84.00	4.48	0.17
20	4.60	0.22	279.00	79.00	4.66	0.19
21	4.80	0.21	277.00	81.00	4.84	0.17
24	5.00	0.18	275.00	86.00	5.02	0.02
22	5.00	0.22	275.00	82.00	5.04	0.19
23	5.18	0.23	274.00	81.00	5.22	0.06
25	5.25	0.18	280.00	82.00	5.28	0.13
26	5.40	0.24	275.00	88.00	5.41	0.31
27	5.70	0.23	274.00	86.00	5.72	0.16
28	5.85	0.44	273.00	85.00	5.88	0.12
32	6.60	0.32	332.00	53.00	6.60	0.00
29	6.00	0.10	272.00	87.00	6.01	0.15
30	6.15	0.12	274.00	88.00	6.16	0.46
35	7.40	0.22	100.00	20.00	6.61	0.18
31	6.50	0.32	275.00	53.00	6.79	0.38
33	7.30	0.22	10.00	70.00	7.18	0.20
34	7.35	0.22	290.00	85.00	7.38	0.49
36	8.10	0.18	50.00	39.00	7.87	0.43
37	8.30	0.19	290.00	89.00	8.31	0.07
38	8.40	0.18	20.00	85.00	8.38	0.54
39	9.00	0.18	25.00	70.00	8.92	0.16
42	9.81	0.17	0.00	25.00	9.08	0.58
40	9.60	0.17	220.00	71.00	9.66	0.10
41	9.70	0.18	221.00	71.00	9.77	0.22
43	9.92	0.18	300.00	79.00	9.99	0.18
44	9.98	0.18	265.00	47.00	10.17	0.91
45	11.10	0.19	40.00	83.00	11.08	1.92
46	13.00	0.18	60.00	88.00	12.99	1.56
48	14.85	0.20	10.00	46.00	14.55	0.35
47	14.70	0.19	260.00	46.00	14.90	0.36
51	15.30	0.20	30.00	80.00	15.26	0.15
50	15.18	0.20	170.00	69.00	15.40	0.43
52	15.70	0.19	290.00	65.00	15.84	0.91
55	17.65	0.21	0.00	25.00	16.75	0.08
53	17.00	0.21	100.00	58.00	16.83	0.43
49	15.00	0.20	160.00	27.00	17.26	0.10
54	17.30	0.21	220.00	76.00	17.36	0.25
70	21.50	0.19	147.00	43.00	17.61	0.70
58	19.00	0.23	135.00	52.00	18.31	0.04
57	18.45	0.21	3.00	75.00	18.35	0.06
56	18.10	0.21	260.00	36.00	18.41	0.68
59	19.15	0.23	50.00	74.00	19.08	0.12

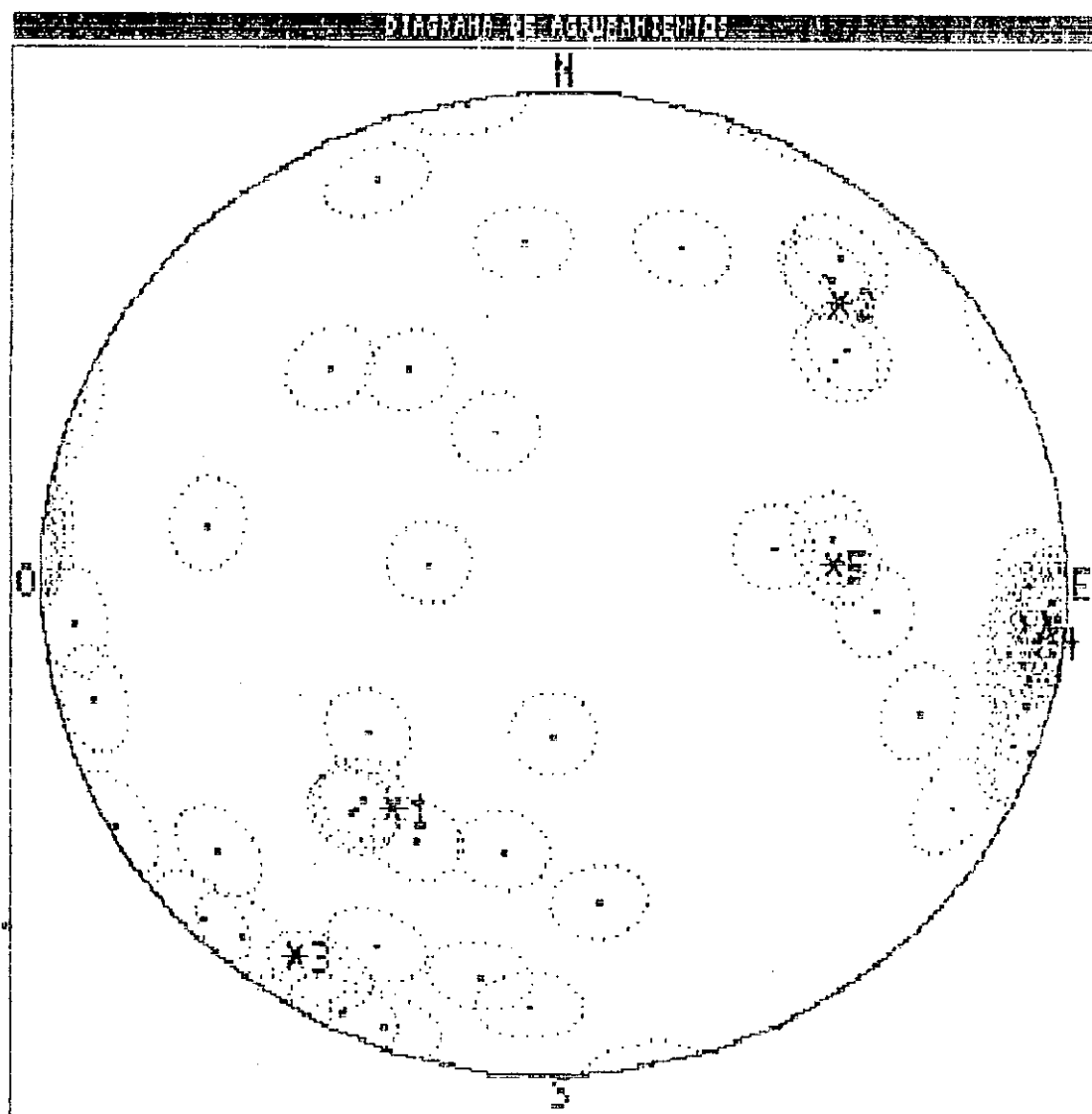
Muestra	Progresiva	Vertical	Dir8uza	Int8uza	Intersección	Espaciam.
60	19.30	0.23	120.00	78.00	19.20	0.13
61	19.40	0.21	70.00	73.00	19.33	0.28
65	19.91	0.21	120.00	55.00	19.62	0.18
64	19.80	0.21	50.00	88.00	19.79	0.22
66	20.00	0.21	200.00	88.00	20.01	0.04
63	19.60	0.21	290.00	36.00	20.05	0.04
62	19.45	0.21	320.00	62.00	20.09	0.07
68	21.00	0.18	90.00	14.00	20.17	0.81
67	20.80	0.18	210.00	50.00	20.97	0.60
71	21.65	0.19	95.00	73.00	21.58	0.01
69	21.20	0.19	325.00	80.00	21.58	0.15
72	21.80	0.19	90.00	74.00	21.74	0.12
74	22.00	0.20	85.00	57.00	21.86	0.07
73	21.93	0.18	70.00	90.00	21.93	0.20
75	22.20	0.20	8.00	78.00	22.13	0.18
76	22.50	0.20	90.00	50.00	22.31	0.42
78	23.00	0.21	82.00	40.00	22.73	0.04
77	22.60	0.20	260.00	52.00	22.77	1.14
79	23.80	0.18	275.00	64.00	23.91	0.32
80	24.40	0.21	5.00	65.00	24.23	0.82
81	25.00	0.22	270.00	80.00	25.04	



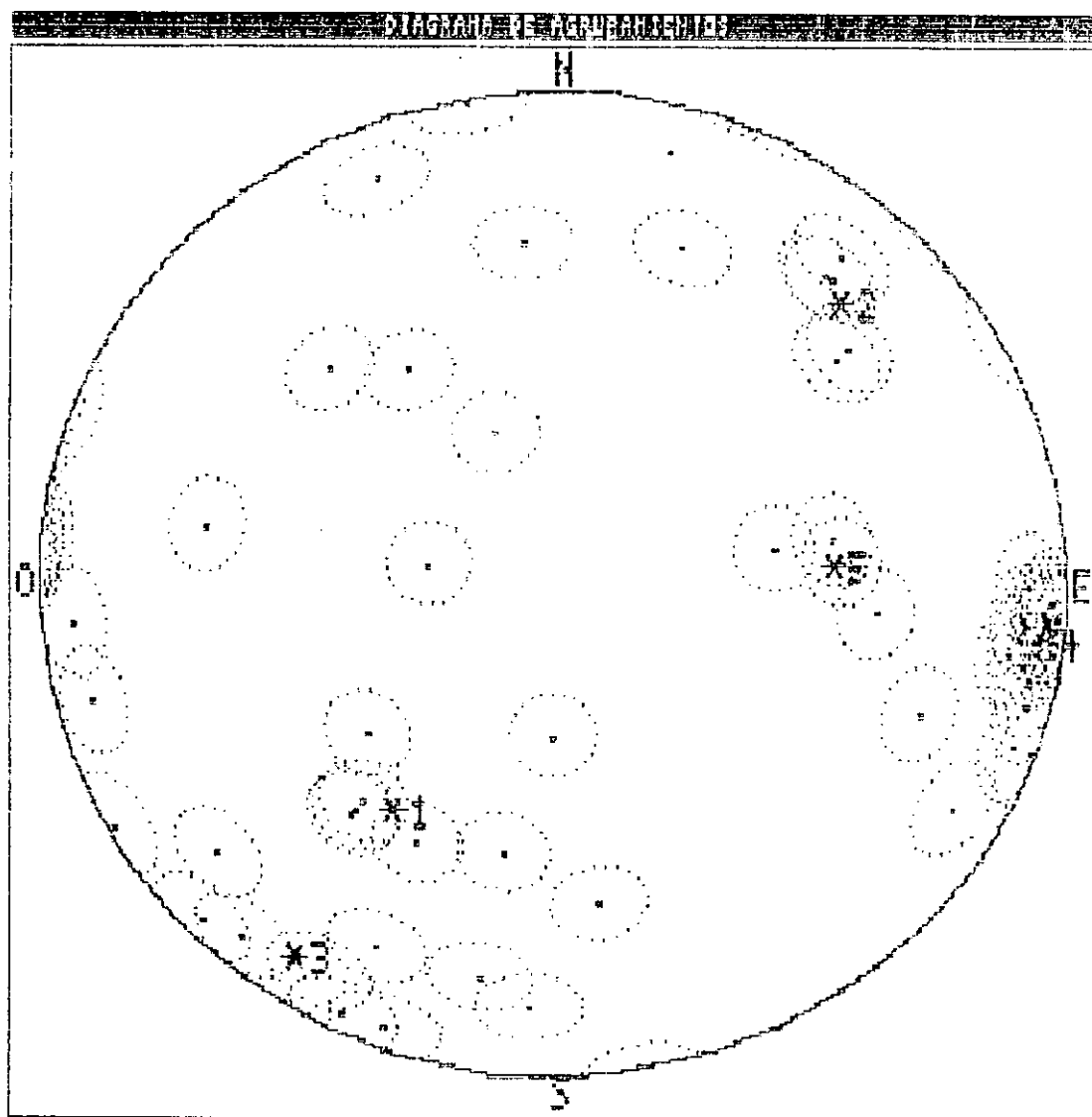
Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
aislados	10
TOTAL =	60



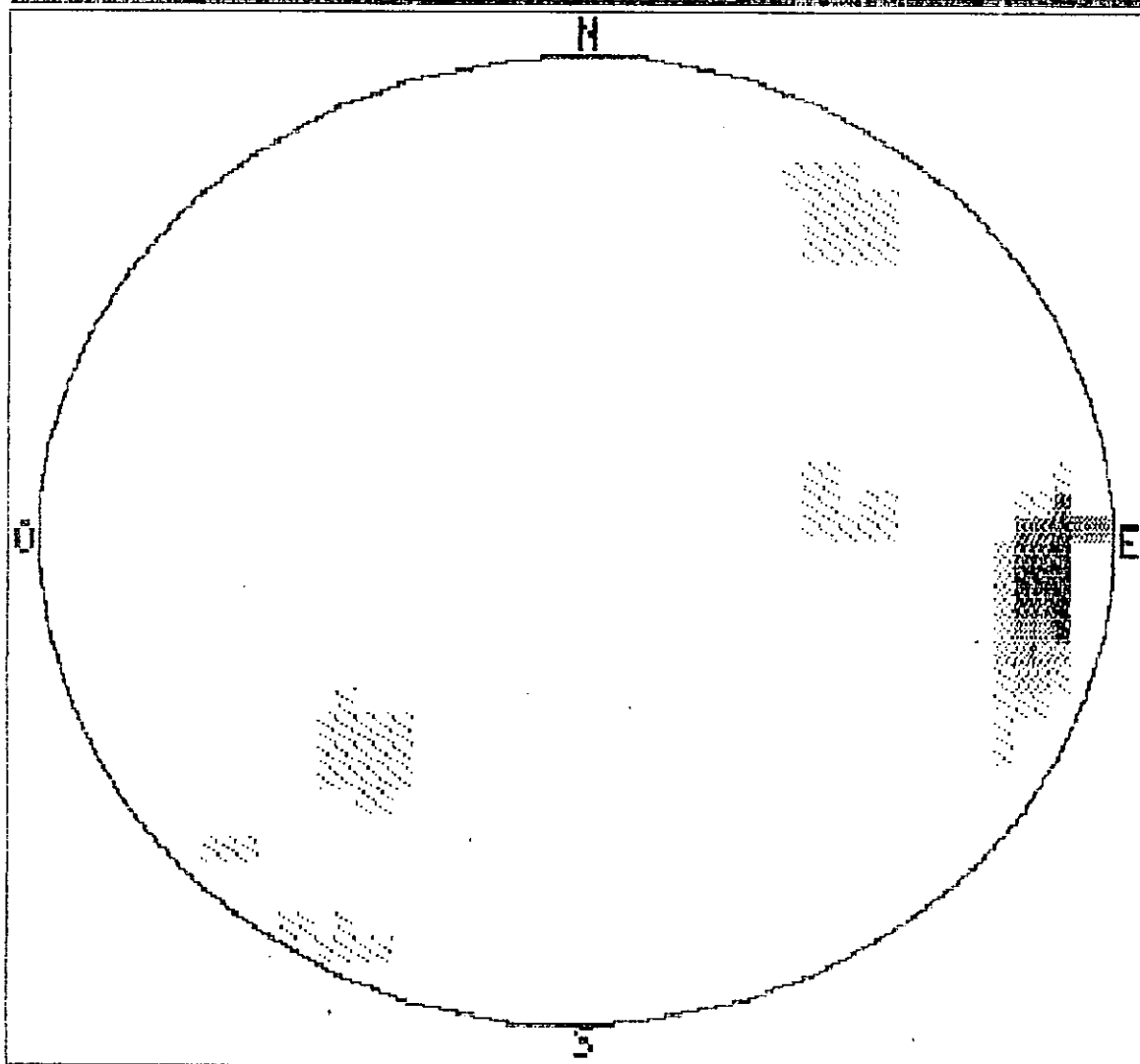
Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
islados	10
TOTAL =	68



Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
islados	10
TOTAL =	60

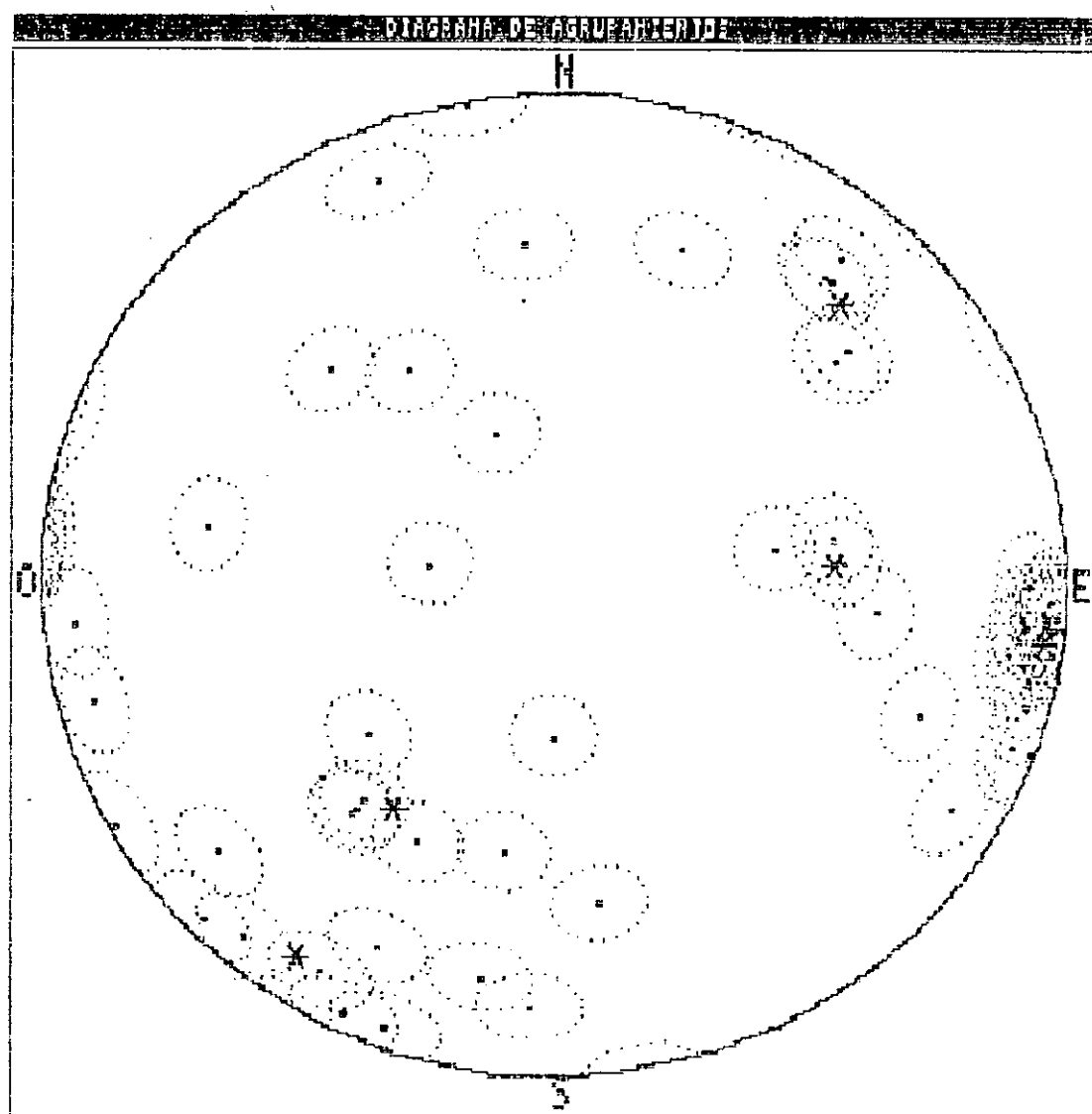


MAPA DE DENSIDADES

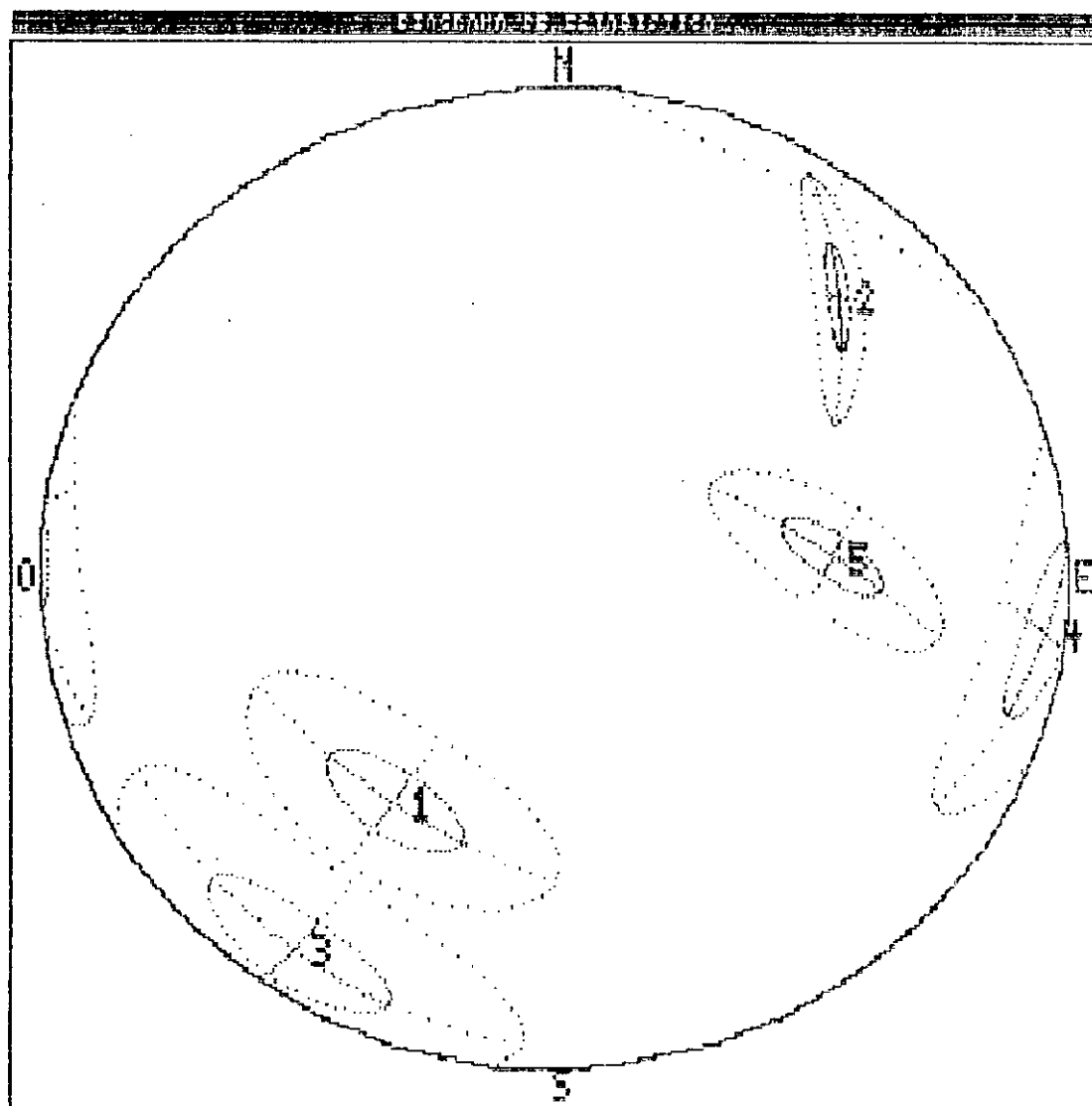


0.0
3.5
7.1
10.6
14.2
17.7
21.2
24.8
28.3

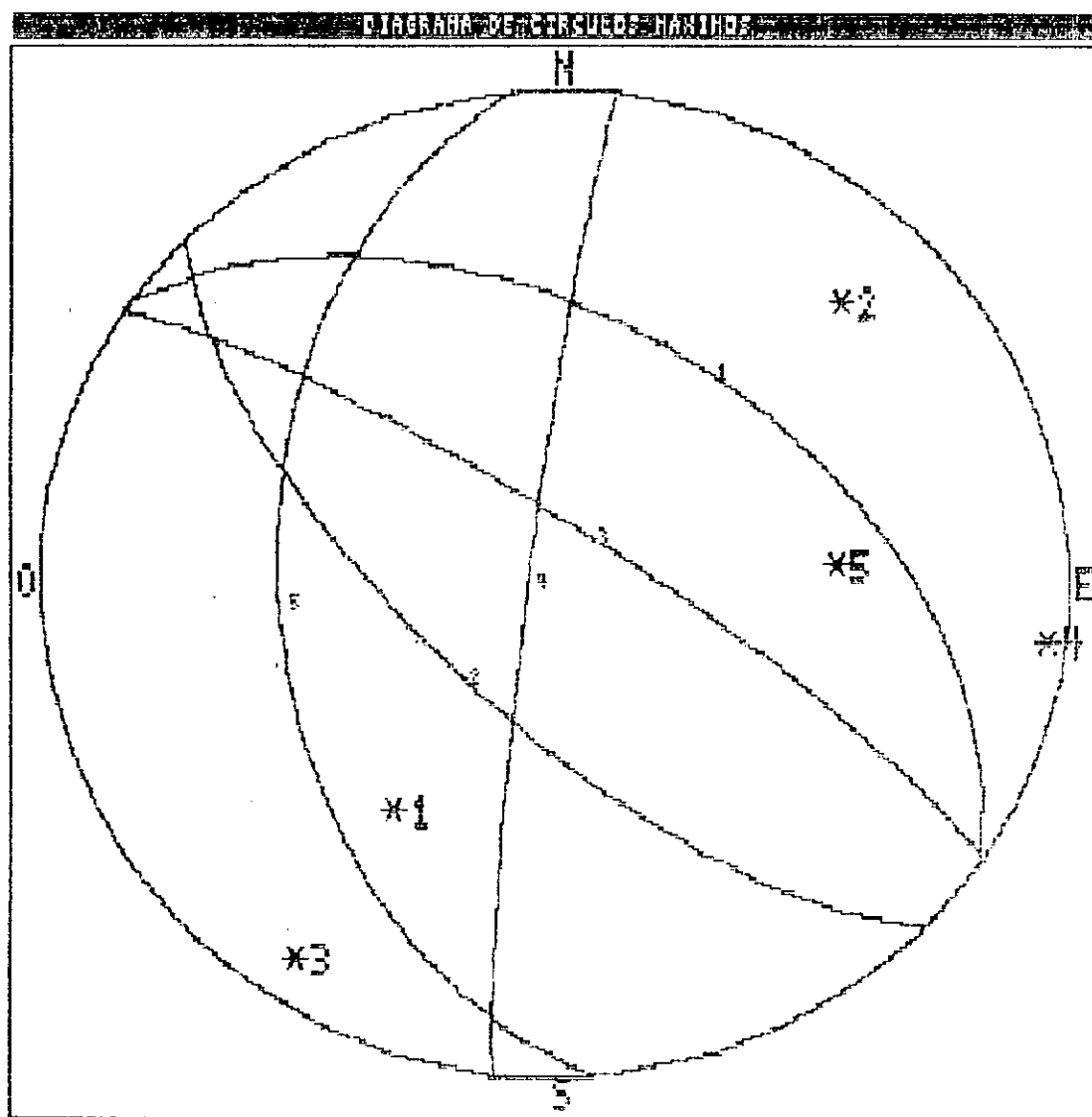
Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
slados	10
TOTAL =	68



Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
slados	10
TOTAL =	68



Grupo	Polos
1	6
2	5
3	7
4	22
5	4
otros	6
Islados	10
TOTAL =	60



Grupo	Polos	Centro		σM	σm	$w M$	Círculo máximo	
1	6	214.2	43.6	0.501	0.246	90.5	34.2	46.4
2	5	44.0	21.5	0.385	0.068	141.7	224.0	68.5
3	7	213.6	9.6	0.574	0.321	95.8	33.6	80.4
4	22	96.8	4.3	0.502	0.189	111.5	276.8	85.7
5	4	85.5	44.7	0.415	0.148	34.9	265.5	45.3

otros 6

islados 10

TOTAL = 60 Entorno: 6.79 grados

GEOTECNIA

SCANLINE: GRUPO 3 (Escalon superior)

Coord.X:
Coord.Y:
Coord.Z:
D ln: N58E
I ln: 0
Long. 18 m.

Nº	X cm	Y cm	Rumbo	BZ	Pers m	R.R.	Ab. mm	Esp. cm	Observaciones
1	40	0	55	55SE			<1		
2	21	0	295	56E					
3	70	68	49	77S					
4	25	0	3	86W	2	Qz	20		
5	125	15	325	82E			3		
6	60	0	300	57E					
7	70	0	225	55SE	7		5		
8	80	0	225	54SE					
9	95	0	226	53SE					
10	125	0	227	55SE					
11	190	0	354	79SE					
12	240	0	50	50S					
13	230	0	251	40N	1.2		2		
14	290	0	304	85SE	0.4				
15	210	0	315	87E	2				BZ
16	280	0	306	72E					
17	325	0	29	73E			250		FALLA
18	344	15	295	89SE	2.5		1		
19	354	20	306	64E	0.4				
20	320	0	196	64E	12	Qz	50		FALLA
21	450	0	223	90	3				ESTRIAS DE FALLA
22	462	5	331	65E	12		6		FALLA
23	470	30	253	81S	0.6				ESTRIAS DE FALLA
24	481	35	142	64NE	3		4		PLANO DE FALLA
25	565	44	305	54N	6				FALLA CURVA
26	555	35	296	79N	6				IDEM
27	640	40	108	79N	4				IDEM

GEOTECNIA

SCANLINE: GRUPO 3

Coord.X:
Coord.Y:
Coord.Z:
D ln:N58E
I ln:
Long.:

Nº	X cm	Y cm	RUMBO	BZ	Pers m	R.R.	AB mm	Esp. cm	Observaciones
28	660	45	30	82NW	0.5				
29	670	34	29	85SE	2				ONDULADO
30	745	41	291	90	0.8				IDEM
31	910	31	201	62NE	0.8				IDEM-CONT PEG-GNEI
32	1050	50	20	76NE	1.5				ONDULADO
33	1060	54	190	48NW	0.5				IDEM
34	1254	35	95	86NE	1.3				IDEM
35	1289	31	350	80W SW	0.6				RUGOSO
36	1293	35	301	81NE	0.4				IDEM
37	1330	32	5	70NW	0.7				ONDULASDO
38	1356	38	5	77NW	0.9				IDEM
39	1361	35	285	90	1				IDEM
40	1378	32	22	72NW	1				IDEM
41	1384	40	301	85NE	1				IDEM-MUEST 1
42	1400	35	223	30SE	0.4				RUGOSO
43	1414	40	195	86NW	0.9				ONDULOSO
44	1427	42	119	80NE	1				IDEM
45	1467	40	185	59NE	0.5				IDEM
46	1479	27	121	90	0.8				IDEM
47	1498	35	170	68W SW	1				RUGOSO
48	1510	30	302	90	2				ONDULOSO
49	1560	40	166	69E NE	0.5				RUGOSO
50	1580	43	155	78E NE	0.5				IDEM
51	1640	62	303	43SW	0.5				IDEM
52	1647	41	195	59NW	6				IDEM- PLANO FALLA
53	1656	34	308	83NE	0.5				R4UGOSO
54	1687	40	26	86SE	1				ONDULADO

GEOTECNIA

Coord.X:
Coord.Y:
Coord.Z:
D ln:N58E
I ln: 0
Long.18m

GRUPO 3

Nº	X cm	Y cm	RUMBO	BZ	Pers m	R.R.	AB mm	Esp. cm	Observaciones
55	1722	35	291	77NE	1				LISO
56	1730	33	13	90	1				RUGOSO
57	1767	45	282	70NE	4				IDEM

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: A:LING3P.SC1

Cantidad de muestras : 57

Dirección de la línea : 58.00

Inclinación de la línea : 0.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.00

Promedio: 0.32

Máximo: 1.91

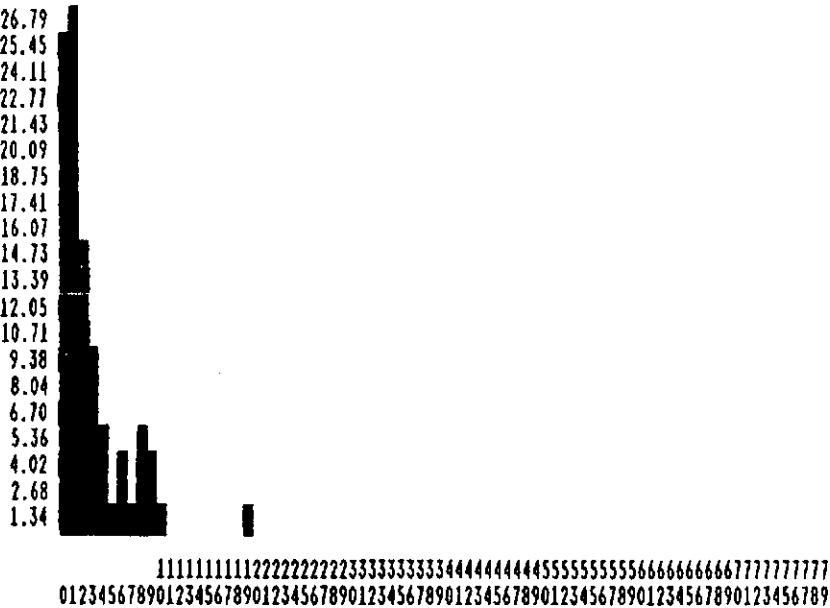
Frecuencia: 3.16 disc./m

Desviación Standard : 0.34

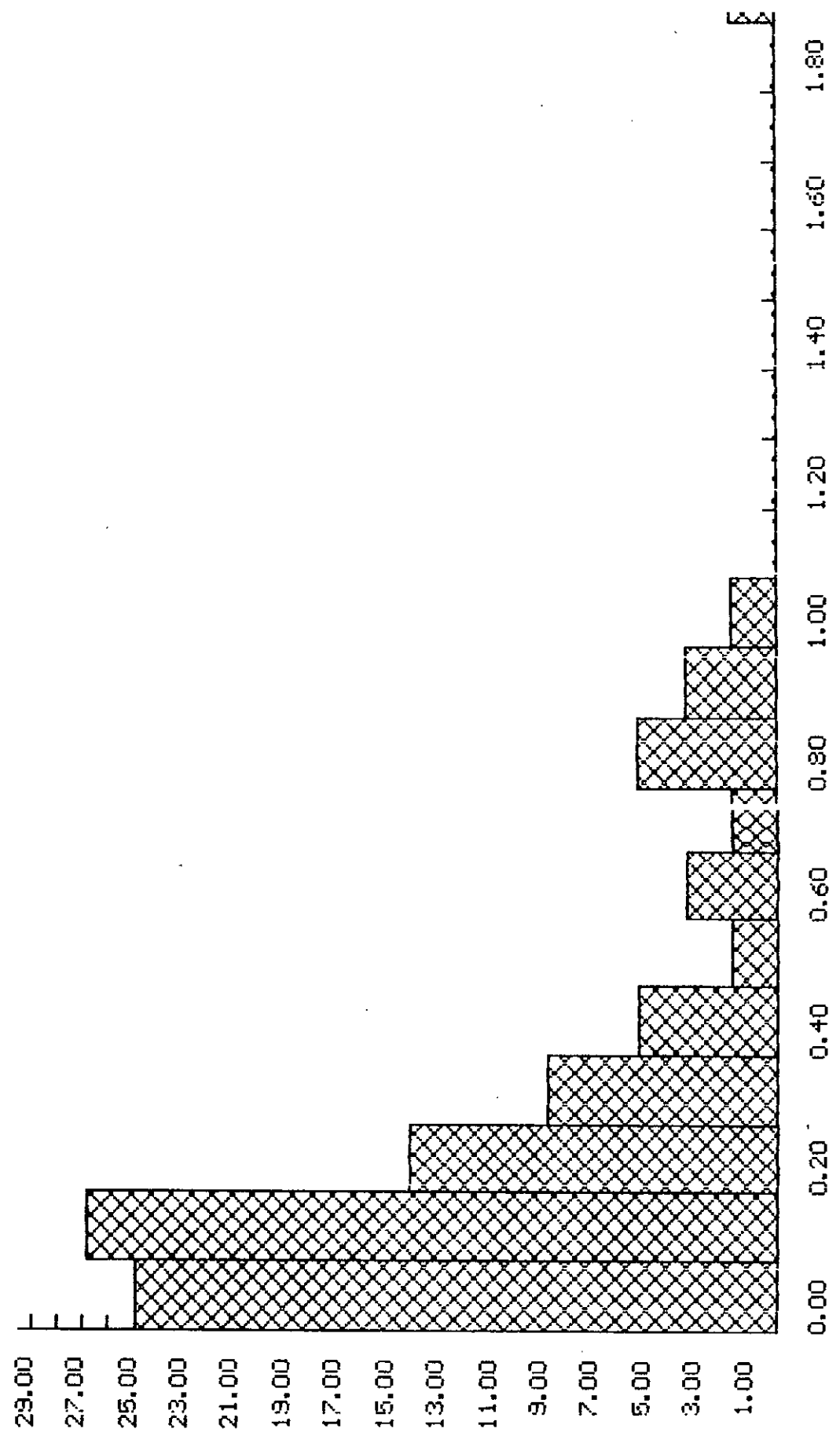
Rango del 95% : [0.23 , 0.41]

Muestra	Progresiva	Vertical	DirBuza	IntBuza	Intersección	Espaciam.
3	0.70	0.68	139.00	77.00	-0.30	0.51
2	0.21	0.00	25.00	56.00	0.21	0.04
4	0.25	0.00	273.00	86.00	0.25	0.15
1	0.40	0.00	145.00	55.00	0.40	0.20
6	0.60	0.00	30.00	57.00	0.60	0.10
7	0.70	0.00	135.00	55.00	0.70	0.10
8	0.80	0.00	135.00	54.00	0.80	0.15
9	0.95	0.00	136.00	53.00	0.95	0.30
5	1.25	0.02	55.00	82.00	1.25	0.00
10	1.25	0.00	137.00	55.00	1.25	0.65
11	1.90	0.00	84.00	79.00	1.90	0.20
15	2.10	0.00	45.00	87.00	2.10	0.20
13	2.30	0.00	341.00	40.00	2.30	0.10
12	2.40	0.00	140.00	50.00	2.40	0.40
16	2.80	0.00	36.00	72.00	2.80	0.10
14	2.90	0.00	214.00	85.00	2.90	0.30
20	3.20	0.00	106.00	64.00	3.20	0.05
17	3.25	0.00	119.00	73.00	3.25	0.18
19	3.54	0.20	36.00	64.00	3.43	0.01
18	3.44	0.15	205.00	89.00	3.44	1.06
21	4.50	0.00	133.00	89.00	4.50	0.10
22	4.62	0.05	61.00	65.00	4.60	0.04
24	4.81	0.35	52.00	64.00	4.64	0.25
23	4.70	0.30	163.00	81.00	4.88	0.42
25	5.65	0.44	35.00	54.00	5.30	0.17
26	5.55	0.35	26.00	79.00	5.47	0.83
27	6.40	0.40	18.00	79.00	6.30	0.34
29	6.70	0.34	119.00	85.00	6.64	0.10
28	6.60	0.45	300.00	82.00	6.73	0.72
30	7.45	0.41	291.00	89.00	7.46	1.81
31	9.10	0.51	291.00	82.00	8.57	0.92
32	10.50	0.50	110.00	76.00	10.30	0.96
33	10.60	0.54	280.00	48.00	11.25	0.40
42	14.00	0.35	133.00	30.00	11.66	0.84
34	12.54	0.35	5.00	86.00	12.50	0.37
36	12.93	0.35	31.00	81.00	12.87	0.08
35	12.89	0.31	260.00	80.00	12.95	0.50
37	13.30	0.32	275.00	70.00	13.45	0.16
39	13.61	0.35	15.00	89.00	13.60	0.07
38	13.56	0.38	275.00	77.00	13.67	0.13
41	13.84	0.40	31.00	85.00	13.80	0.16
40	13.78	0.32	292.00	72.00	13.96	0.22
43	14.14	0.40	285.00	86.00	14.18	0.00
44	14.27	0.42	29.00	80.00	14.19	0.61
46	14.79	0.27	211.00	89.00	14.80	0.18
45	14.67	0.40	275.00	59.00	14.97	0.12
48	15.10	0.30	32.00	89.00	15.09	0.04
47	14.98	0.35	260.00	68.00	15.13	0.31
49	15.60	0.40	76.00	69.00	15.44	0.27
50	15.80	0.43	65.00	78.00	15.71	0.81
53	16.56	0.34	38.00	83.00	16.52	0.30
54	16.87	0.40	116.00	86.00	16.82	0.01
52	16.47	0.41	285.00	59.00	16.83	0.29
55	17.22	0.35	21.00	77.00	17.12	0.01
51	16.40	0.62	213.00	43.00	17.13	0.17
56	17.30	0.33	283.00	89.00	17.31	0.13
57	17.67	0.45	12.00	70.00	17.43	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	25.00	[1.00, 1.10)	1.79
[0.10, 0.20)	26.79	[1.10, 1.20)	0.00
[0.20, 0.30)	14.29	[1.20, 1.30)	0.00
[0.30, 0.40)	8.93	[1.30, 1.40)	0.00
[0.40, 0.50)	5.36	[1.40, 1.50)	0.00
[0.50, 0.60)	1.79	[1.50, 1.60)	0.00
[0.60, 0.70)	3.57	[1.60, 1.70)	0.00
[0.70, 0.80)	1.79	[1.70, 1.80)	0.00
[0.80, 0.90)	5.36	[1.80, 1.90)	0.00
[0.90, 1.00)	3.57	[1.90, 1.91]	1.79



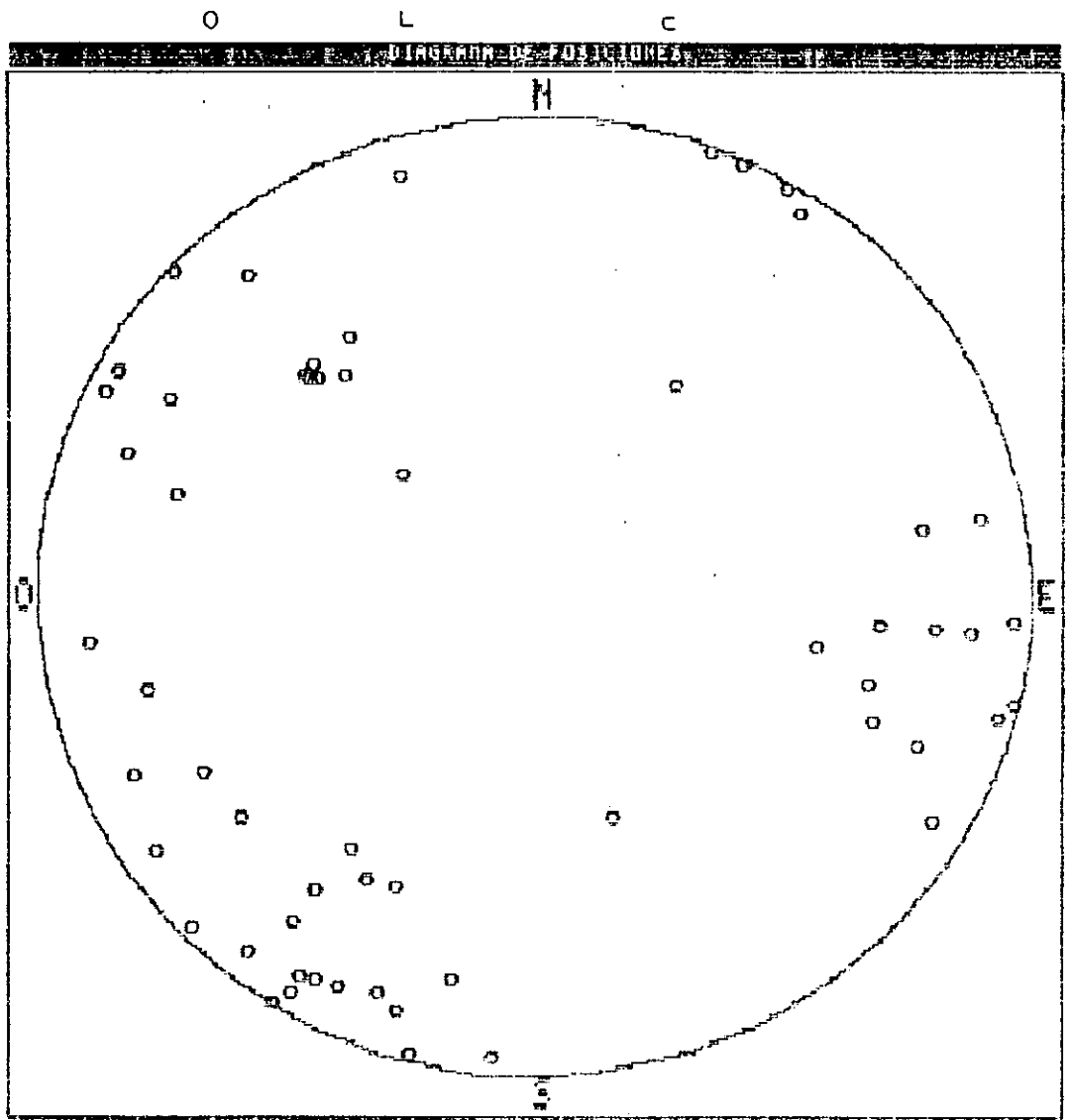
Histograma de espaciamientos



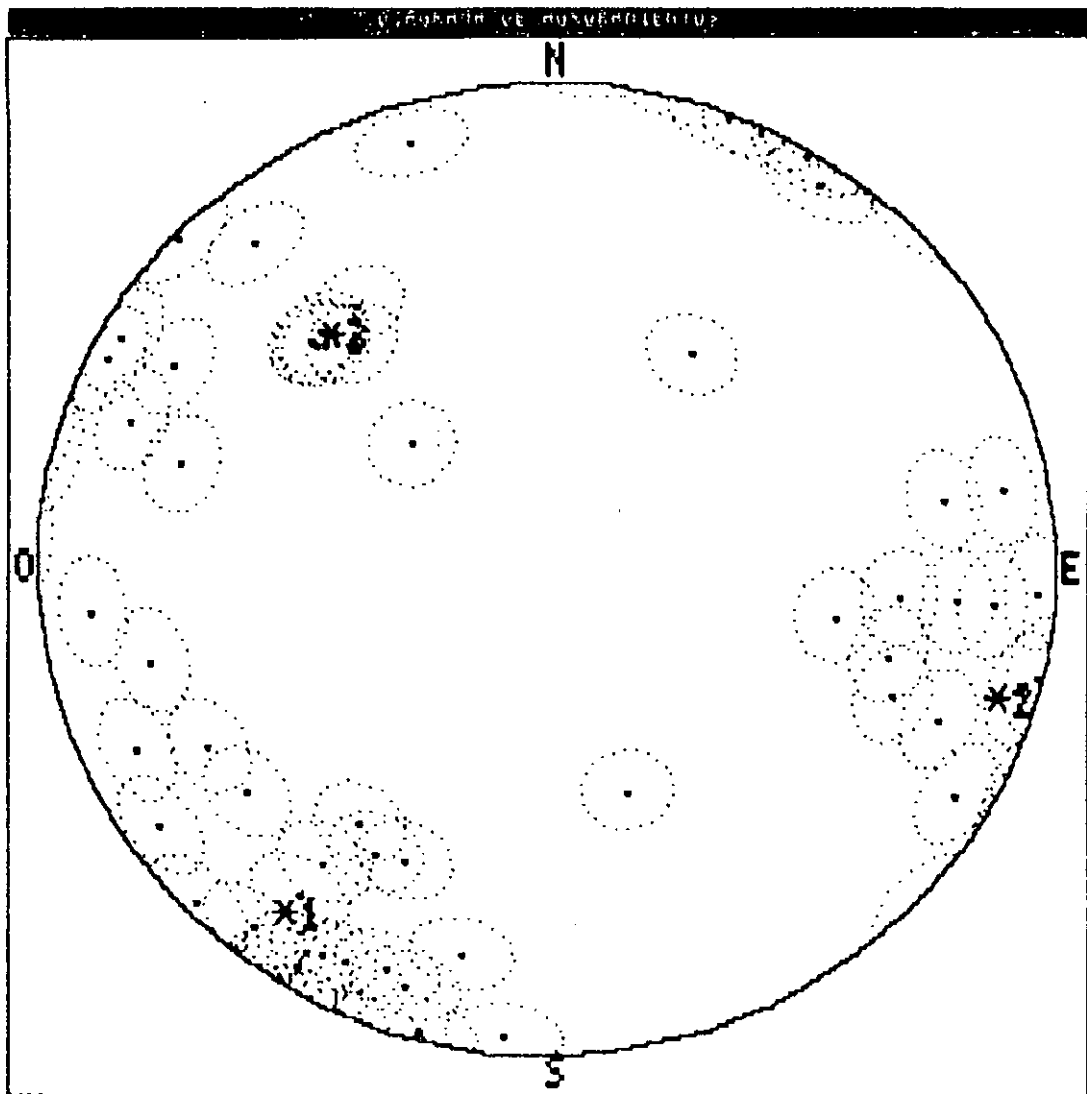
Grupo número: 1 // Cantidad de polos: 27 //

Grupo	Polos	Centro	σM	σm	$w M$	Círculo máximo
1	27	216.4	13.3	1.062	0.580	103.0 36.4 76.7
2	16	106.7	8.4	1.064	0.412	12.3 286.7 81.6
3	6	318.0	36.4	0.158	0.096	95.5 138.0 53.6
otros	4					
aislados	4					
TOTAL = 57		Entorno: 6.97 grados				

Grupo	Polos
1	27
2	16
3	6
otros	4
aislados	4
TOTAL =	57



Grupo	Polos
1	27
2	16
3	6
otros	4
aislados	4
TOTAL =	57



Grupo Poles

1 27

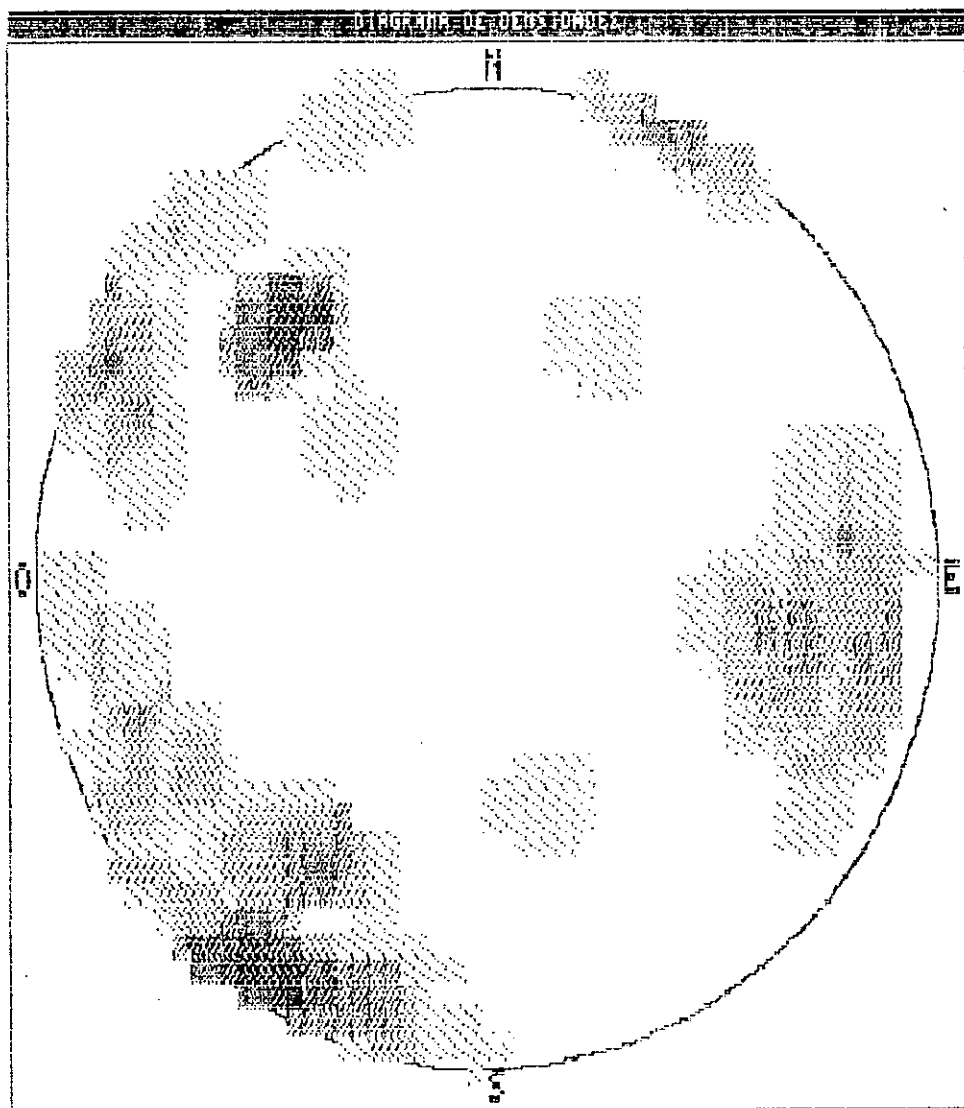
2 16

3 6

otros 4

islados 4

TOTAL = 57



0.0

1.5

3.1

4.6

6.1

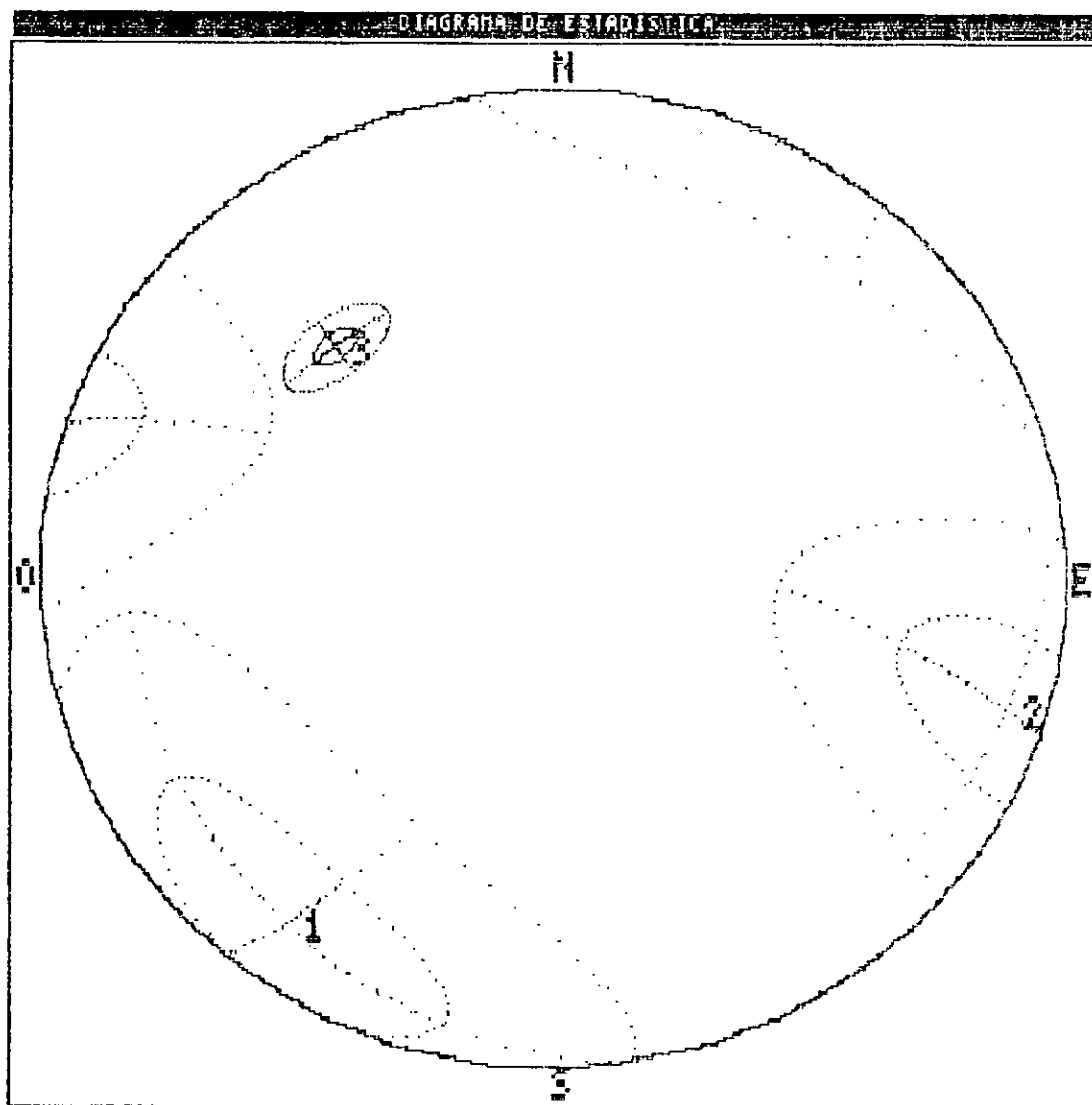
7.7

9.2

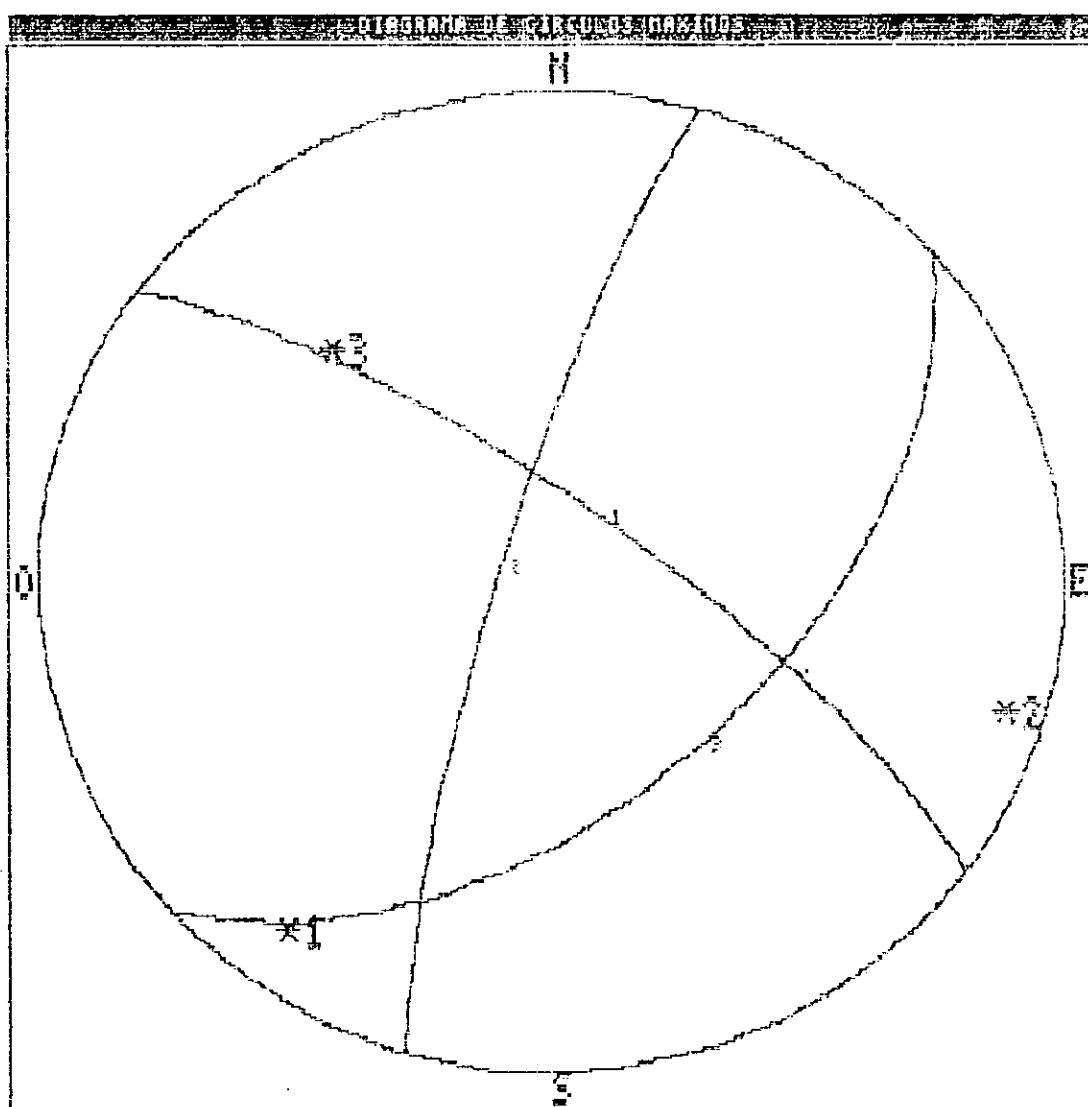
10.7

12.3

Grupo	Polos
1	27
2	16
3	6
otros	4
islados	4
TOTAL =	57



Grupo	Polos
1	27
2	16
3	6
otros	4
islados	4
TOTAL =	57



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE1.SCN

Cantidad de muestras : 37

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.03

Promedio: 0.47

Máximo: 2.63

Frecuencia: 2.11 disc./m

Desviación Standard : 0.45

Rango del 95% : [0.33 , 0.62]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	3.00	1.00
11	4.00	0.60
12	4.60	1.17
13	5.77	0.13
14	5.90	0.10
2	6.00	0.15
15	6.15	0.25
16	6.40	0.38
17	6.78	0.22
18	7.00	0.05
3	7.05	0.15
19	7.20	0.25
20	7.45	0.35
21	7.80	0.20
22	8.00	0.77
4	8.77	0.03
23	8.80	0.20
5	9.00	0.60
24	9.60	0.55
6	10.15	0.35
25	10.50	0.40
26	10.90	0.50
27	11.40	0.45
28	11.85	0.53
29	12.38	0.72
30	13.10	0.50
31	13.60	0.27
7	13.87	0.13
32	14.00	0.40
33	14.40	0.52
34	14.92	0.68
35	15.60	0.11
8	15.71	0.39
36	16.10	0.90
37	17.00	0.44
9	17.44	2.63
10	20.07	

122

Datos para el Histograma

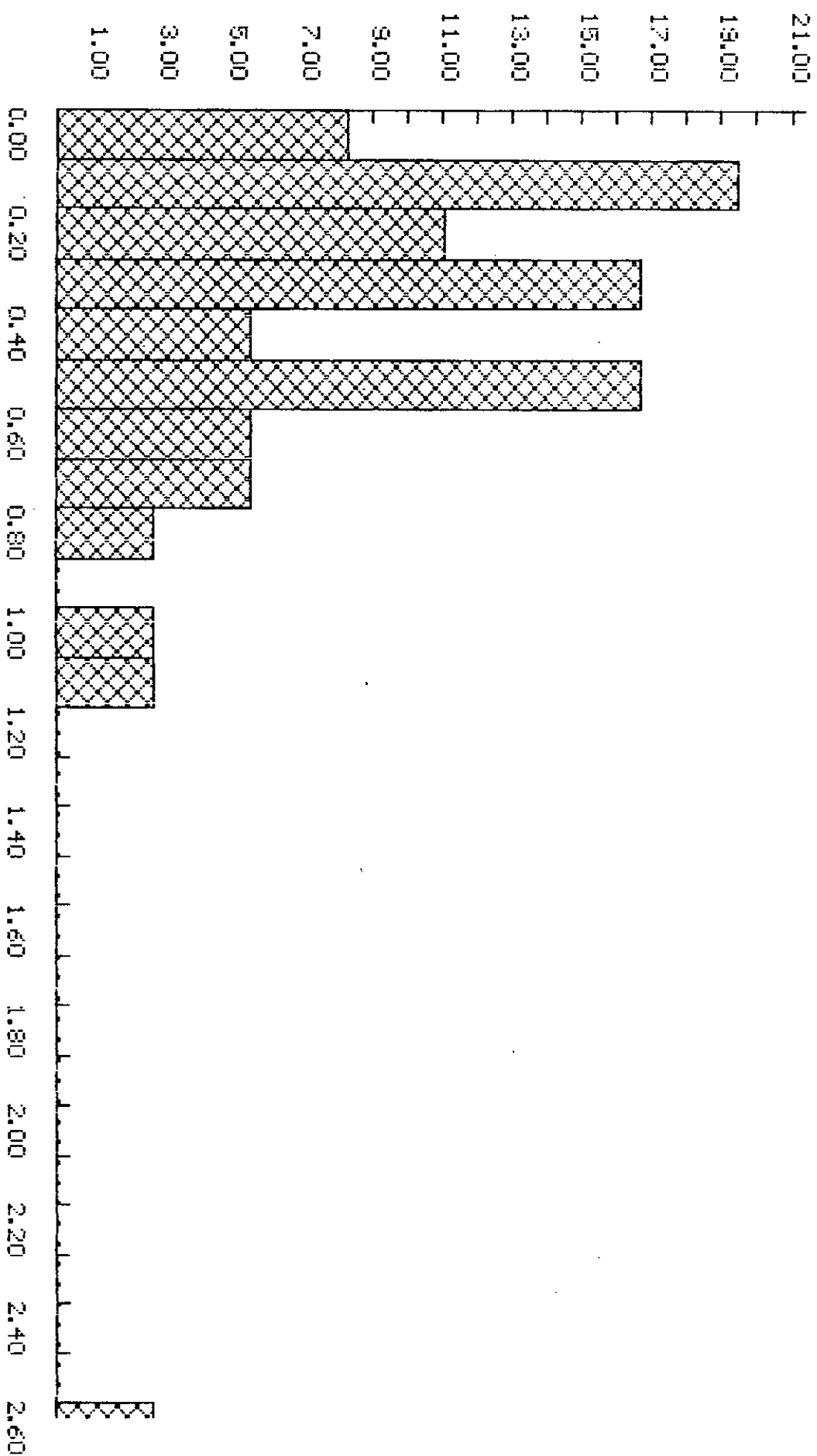
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	8.33	[1.40, 1.50)	0.00
[0.10, 0.20)	19.44	[1.50, 1.60)	0.00
[0.20, 0.30)	11.11	[1.60, 1.70)	0.00
[0.30, 0.40)	16.67	[1.70, 1.80)	0.00
[0.40, 0.50)	5.56	[1.80, 1.90)	0.00
[0.50, 0.60)	16.67	[1.90, 2.00)	0.00
[0.60, 0.70)	5.56	[2.00, 2.10)	0.00
[0.70, 0.80)	5.56	[2.10, 2.20)	0.00
[0.80, 0.90)	2.78	[2.20, 2.30)	0.00
[0.90, 1.00)	0.00	[2.30, 2.40)	0.00
[1.00, 1.10)	2.78	[2.40, 2.50)	0.00
[1.10, 1.20)	2.78	[2.50, 2.60)	0.00
[1.20, 1.30)	0.00	[2.60, 2.63]	2.78
[1.30, 1.40)	0.00		

19.44
18.47
17.50
16.53
15.56
14.58
13.61
12.64
11.67
10.69
9.72
8.75
7.78
6.81
5.83
4.86
3.89
2.92
1.94
0.97



11111111122222222223333333333444444444555555555666666666777777777
012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

Histograma de espaciamientos



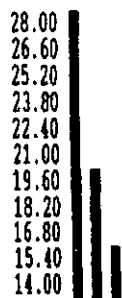
RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE6.SCN

Cantidad de muestras : 26
 Dirección de la línea : 0.00
 Inclinación de la línea : 90.00
 Espaciamientos [m]:
 Mínimo: 0.07
 Promedio: 0.67
 Máximo: 3.98
 Frecuencia: 1.48 disc./m
 Desviación Standard : 0.78
 Rango del 95% : [0.37 , 0.98]

Nuestra	Progresiva	Espaciamiento
1	3.30	0.13
2	3.43	0.22
3	3.65	0.12
4	3.77	3.98
5	7.75	0.87
6	8.62	0.13
7	8.75	0.98
8	9.73	0.62
9	10.35	0.96
10	11.31	0.12
11	11.43	0.58
12	12.01	0.43
13	12.44	0.07
14	12.51	0.44
15	12.95	0.95
16	13.90	0.23
17	14.13	1.16
18	15.29	1.27
19	16.56	0.70
20	17.26	0.43
21	17.69	1.42
22	19.11	0.16
23	19.27	0.10
24	19.37	0.59
25	19.96	0.21
26	20.17	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.20)	28.00	[2.00, 2.20)	0.00
[0.20, 0.40)	12.00	[2.20, 2.40)	0.00
[0.40, 0.60)	20.00	[2.40, 2.60)	0.00
[0.60, 0.80)	8.00	[2.60, 2.80)	0.00
[0.80, 1.00)	16.00	[2.80, 3.00)	0.00
[1.00, 1.20)	4.00	[3.00, 3.20)	0.00
[1.20, 1.40)	4.00	[3.20, 3.40)	0.00
[1.40, 1.60)	4.00	[3.40, 3.60)	0.00
[1.60, 1.80)	0.00	[3.60, 3.80)	0.00
[1.80, 2.00)	0.00	[3.80, 3.98]	4.00



11.20
9.80
8.40
7.00
5.60
4.20
2.80
1.40

1111111111222222222233333333334444444444555555555566666666667777777777
0123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123456789

RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE6.SCN

Cantidad de muestras : 26

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.07

Promedio: 0.67

Máximo: 3.98

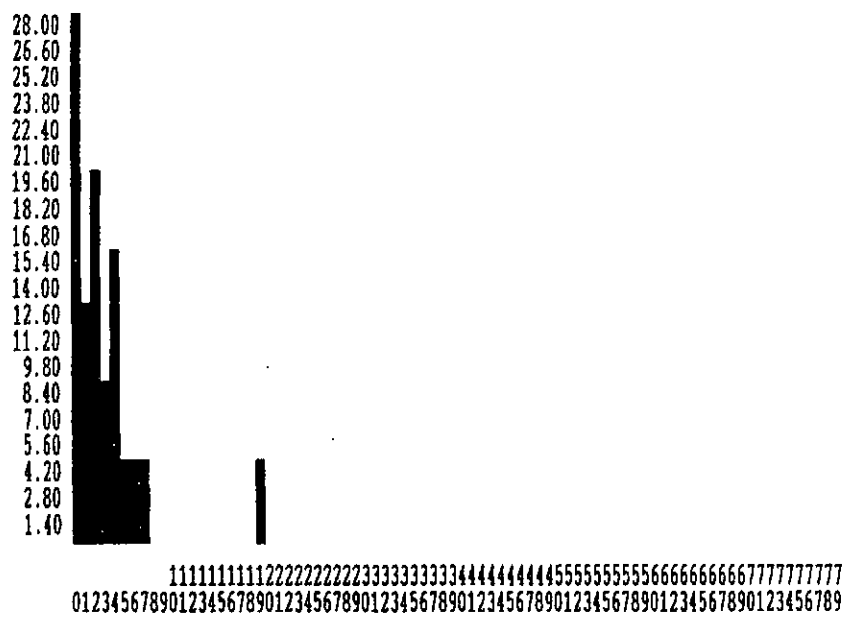
Frecuencia: 1.48 disc./m

Desviación Standard : 0.78

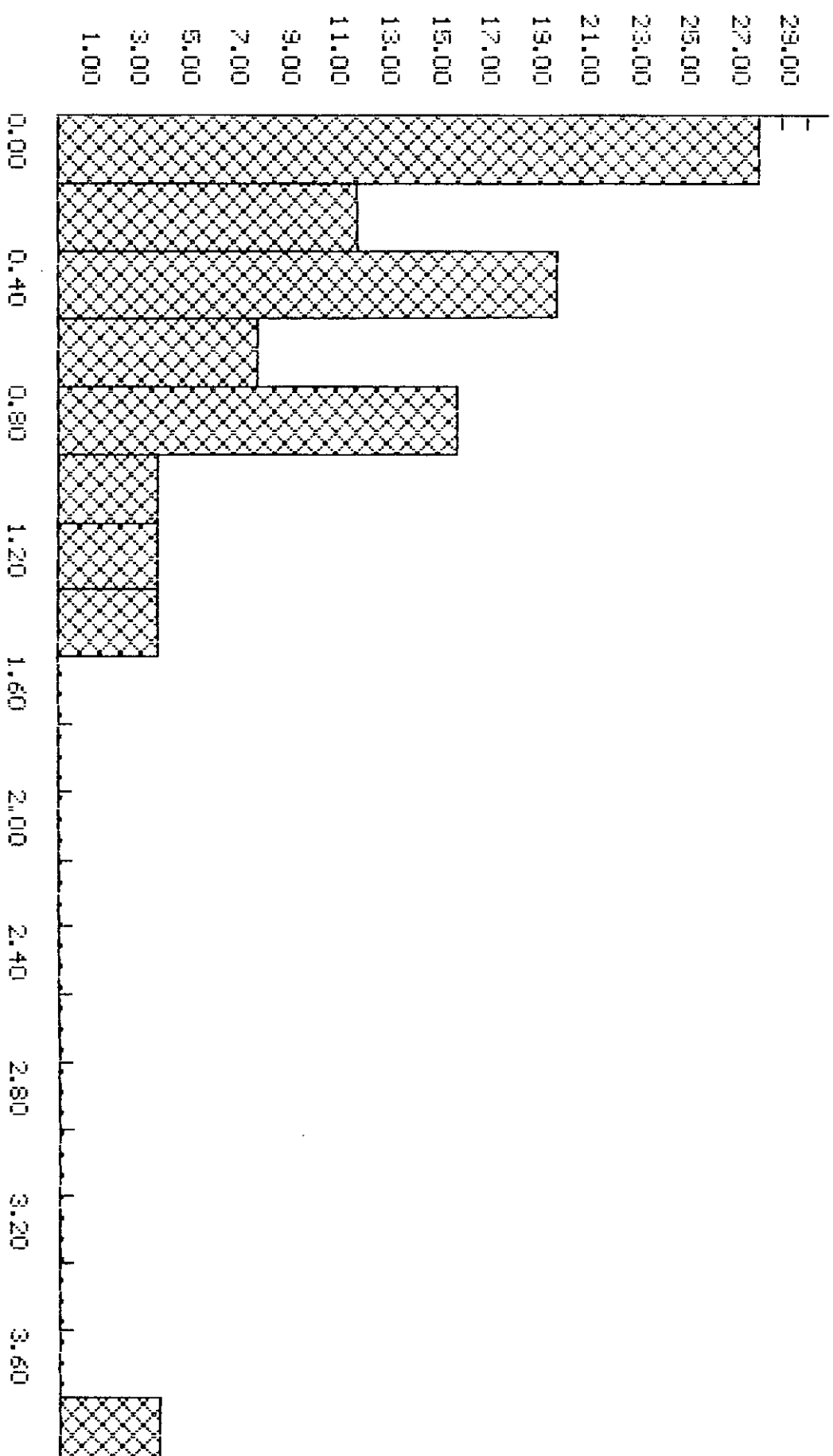
Rango del 95% : [0.37 , 0.98]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	3.30	0.13
2	3.43	0.22
3	3.65	0.12
4	3.77	3.98
5	7.75	0.87
6	8.62	0.13
7	8.75	0.98
8	9.73	0.62
9	10.35	0.96
10	11.31	0.12
11	11.43	0.58
12	12.01	0.43
13	12.44	0.07
14	12.51	0.44
15	12.95	0.95
16	13.90	0.23
17	14.13	1.16
18	15.29	1.27
19	16.56	0.70
20	17.26	0.43
21	17.69	1.42
22	19.11	0.16
23	19.27	0.10
24	19.37	0.59
25	19.96	0.21
26	20.17	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.20)	28.00	[2.00, 2.20)	0.00
[0.20, 0.40)	12.00	[2.20, 2.40)	0.00
[0.40, 0.60)	20.00	[2.40, 2.60)	0.00
[0.60, 0.80)	8.00	[2.60, 2.80)	0.00
[0.80, 1.00)	16.00	[2.80, 3.00)	0.00
[1.00, 1.20)	4.00	[3.00, 3.20)	0.00
[1.20, 1.40)	4.00	[3.20, 3.40)	0.00
[1.40, 1.60)	4.00	[3.40, 3.60)	0.00
[1.60, 1.80)	0.00	[3.60, 3.80)	0.00
[1.80, 2.00)	0.00	[3.80, 3.98]	4.00



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE9.SCH

Cantidad de muestras : 25

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.05

Promedio: 0.43

Máximo: 1.88

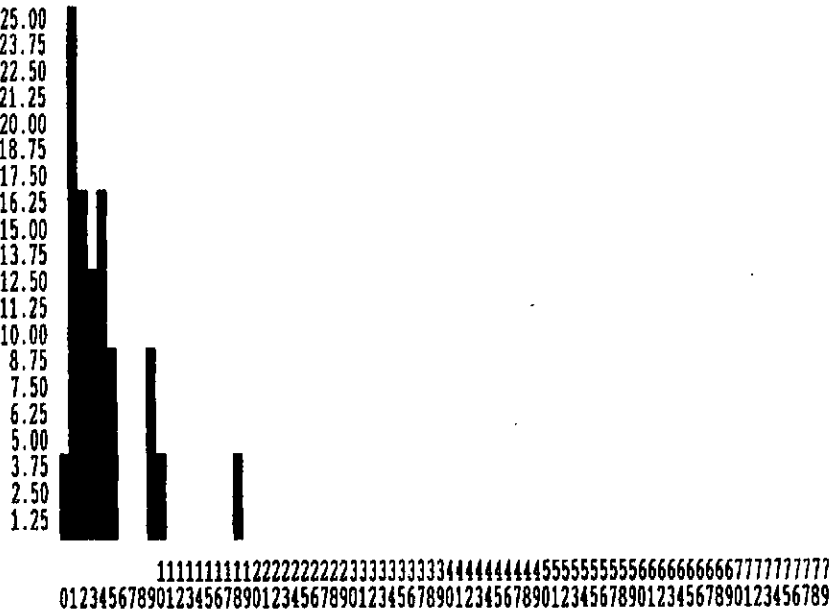
Frecuencia: 2.33 disc./m

Desviación Standard : 0.40

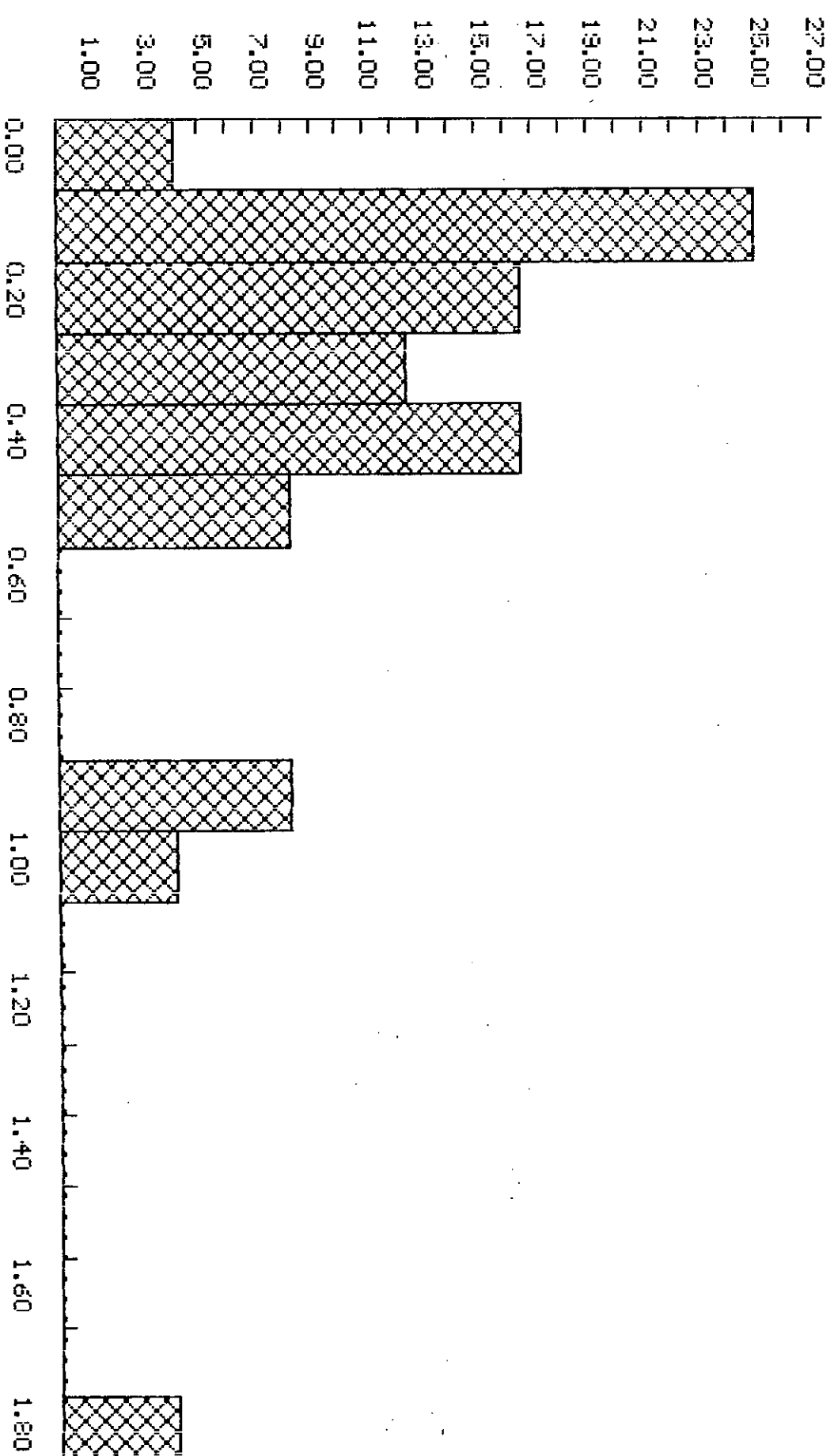
Rango del 95% : [0.27 , 0.59]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	3.50	0.90
2	4.40	1.88
3	6.28	0.17
4	6.45	0.33
5	6.78	0.41
6	7.19	0.26
7	7.45	0.26
8	7.71	0.11
9	7.82	0.40
10	8.22	0.56
11	8.78	0.27
12	9.05	0.30
13	9.35	0.34
14	9.69	0.50
15	10.19	0.46
16	10.65	0.11
17	10.76	0.10
18	10.86	0.10
19	10.96	0.18
20	11.14	1.00
21	12.14	0.93
22	13.07	0.05
23	13.12	0.40
24	13.52	0.28
25	13.80	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	4.17	[1.00, 1.10)	4.17
[0.10, 0.20)	25.00	[1.10, 1.20)	0.00
[0.20, 0.30)	16.67	[1.20, 1.30)	0.00
[0.30, 0.40)	12.50	[1.30, 1.40)	0.00
[0.40, 0.50)	16.67	[1.40, 1.50)	0.00
[0.50, 0.60)	8.33	[1.50, 1.60)	0.00
[0.60, 0.70)	0.00	[1.60, 1.70)	0.00
[0.70, 0.80)	0.00	[1.70, 1.80)	0.00
[0.80, 0.90)	0.00	[1.80, 1.88]	4.17
[0.90, 1.00)	8.33		



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE2.SCH

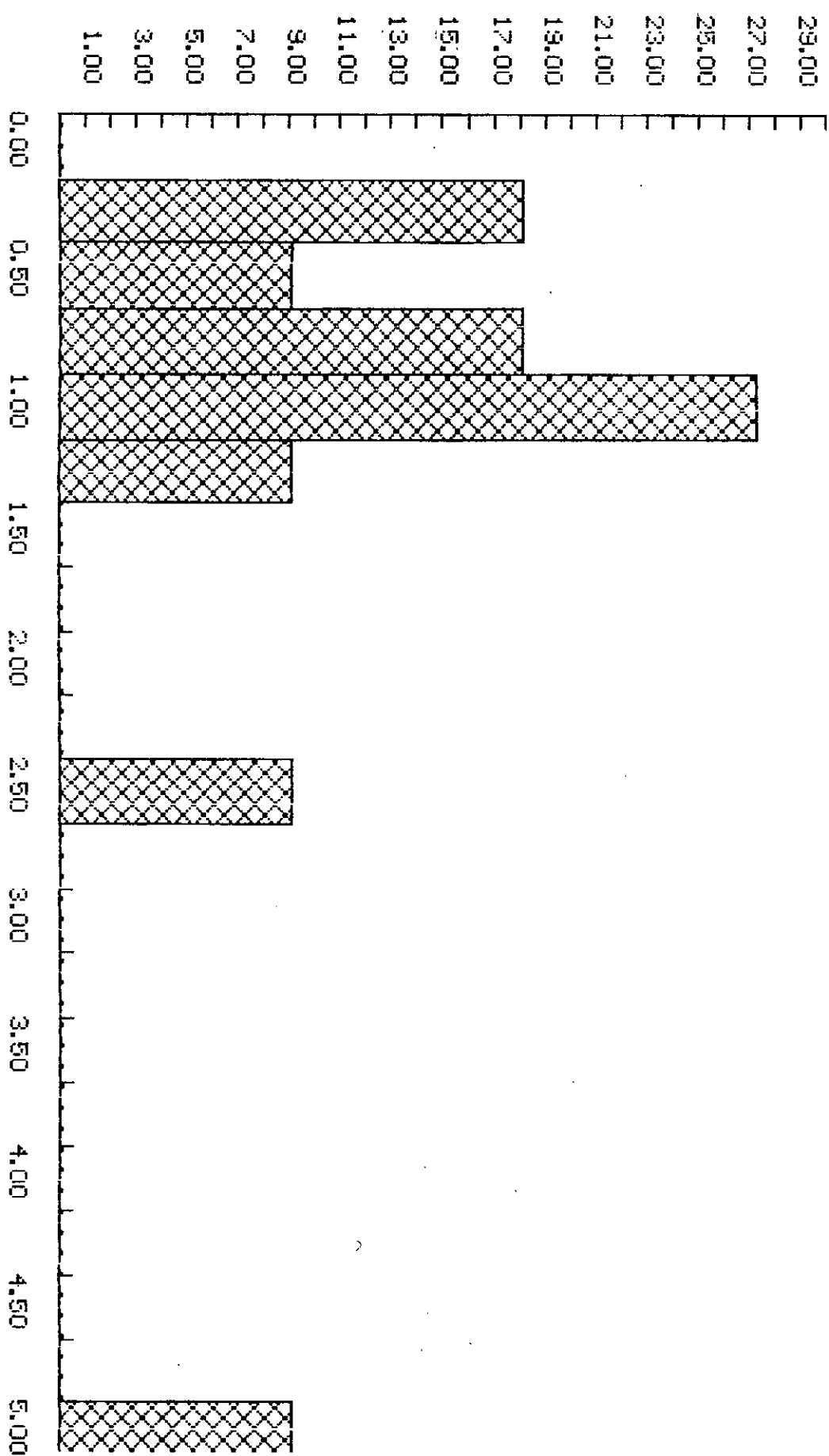
Cantidad de muestras : 12
Dirección de la línea : 0.00
Inclinación de la línea : 90.00
Espaciamientos [m]:
 Mínimo: 0.35
 Promedio: 1.46
 Máximo: 5.19
Frecuencia: 0.69 disc./m
Desviación Standard : 1.31
Rango del 95% : [0.68 , 2.23]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	4.03	2.55
2	6.58	5.19
3	11.77	0.98
4	12.75	0.59
5	13.34	1.12
6	14.46	0.96
7	15.42	1.22
8	16.64	0.47
9	17.11	1.11
10	18.22	1.49
11	19.71	0.35
12	20.06	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.25)	0.00	[2.75, 3.00)	0.00
[0.25, 0.50)	18.18	[3.00, 3.25)	0.00
[0.50, 0.75)	9.09	[3.25, 3.50)	0.00
[0.75, 1.00)	18.18	[3.50, 3.75)	0.00
[1.00, 1.25)	27.27	[3.75, 4.00)	0.00
[1.25, 1.50)	9.09	[4.00, 4.25)	0.00
[1.50, 1.75)	0.00	[4.25, 4.50)	0.00
[1.75, 2.00)	0.00	[4.50, 4.75)	0.00
[2.00, 2.25)	0.00	[4.75, 5.00)	0.00
[2.25, 2.50)	0.00	[5.00, 5.19]	9.09
[2.50, 2.75)	9.09		

27.27

Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE5.SCN

Cantidad de muestras : 9

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.67

Promedio: 2.06

Máximo: 4.53

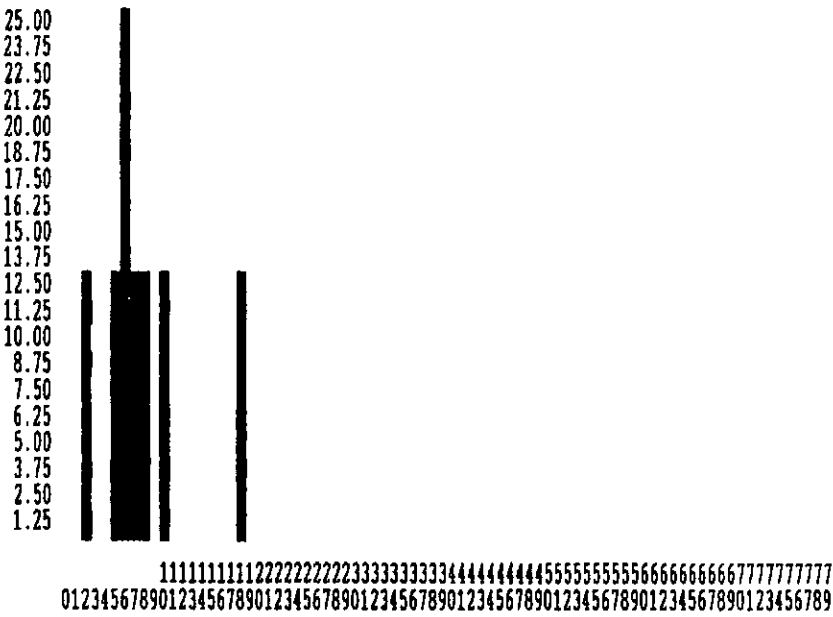
Frecuencia: 0.49 disc./m

Desviación Standard : 1.09

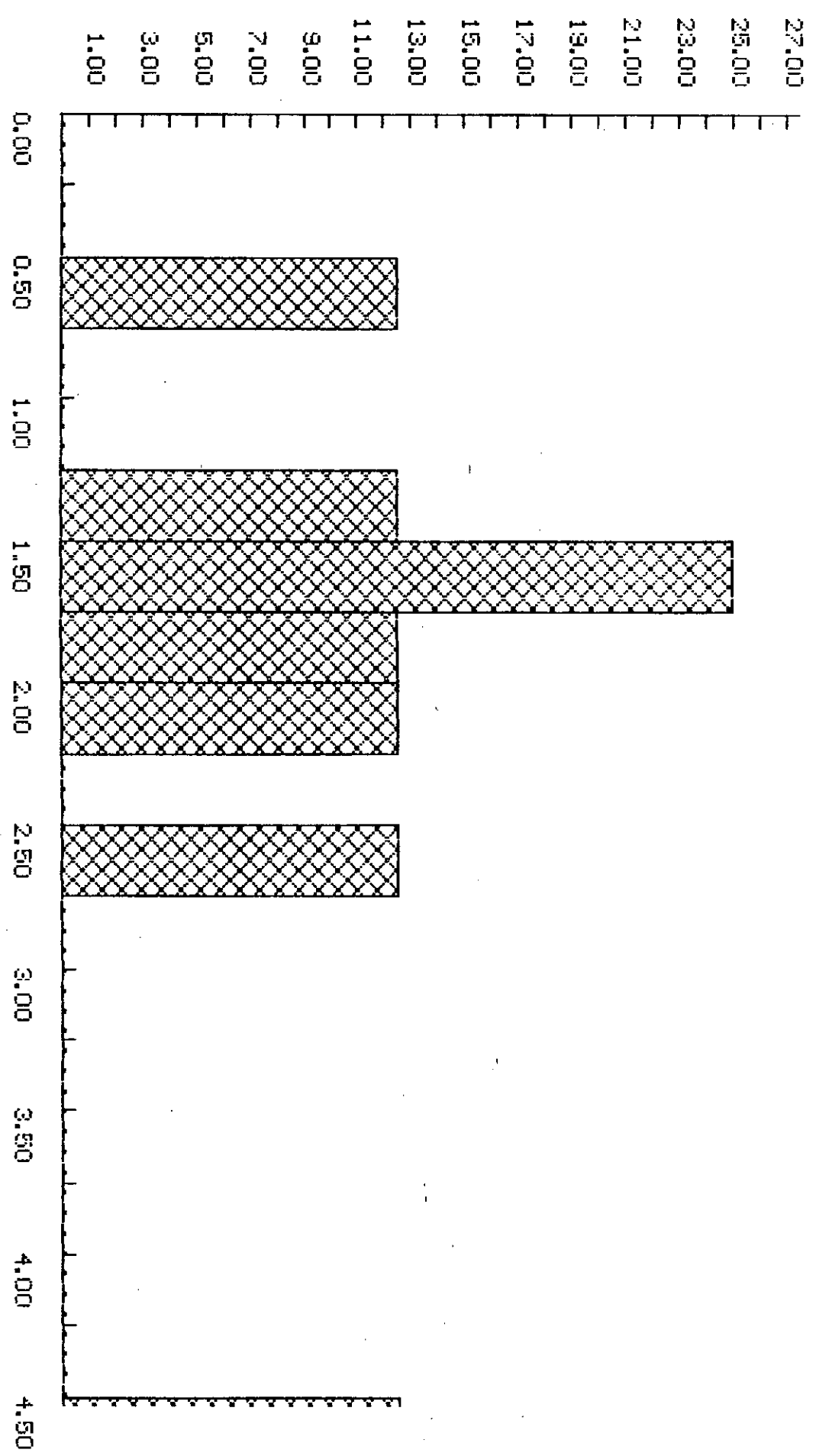
Rango del 95% : [1.30 , 2.81]

Nuestra	Progresiva	Espaciamiento
1	3.83	2.23
2	6.06	1.63
3	7.69	0.67
4	8.36	1.75
5	10.11	4.53
6	14.64	1.71
7	16.35	1.26
8	17.61	2.66
9	20.27	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.25)	0.00	[2.50, 2.75)	12.50
[0.25, 0.50)	0.00	[2.75, 3.00)	0.00
[0.50, 0.75)	12.50	[3.00, 3.25)	0.00
[0.75, 1.00)	0.00	[3.25, 3.50)	0.00
[1.00, 1.25)	0.00	[3.50, 3.75)	0.00
[1.25, 1.50)	12.50	[3.75, 4.00)	0.00
[1.50, 1.75)	25.00	[4.00, 4.25)	0.00
[1.75, 2.00)	12.50	[4.25, 4.50)	0.00
[2.00, 2.25)	12.50	[4.50, 4.53)	12.50
[2.25, 2.50)	0.00		



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE4.SCN

Cantidad de muestras : 11

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.22

Promedio: 1.60

Máximo: 4.69

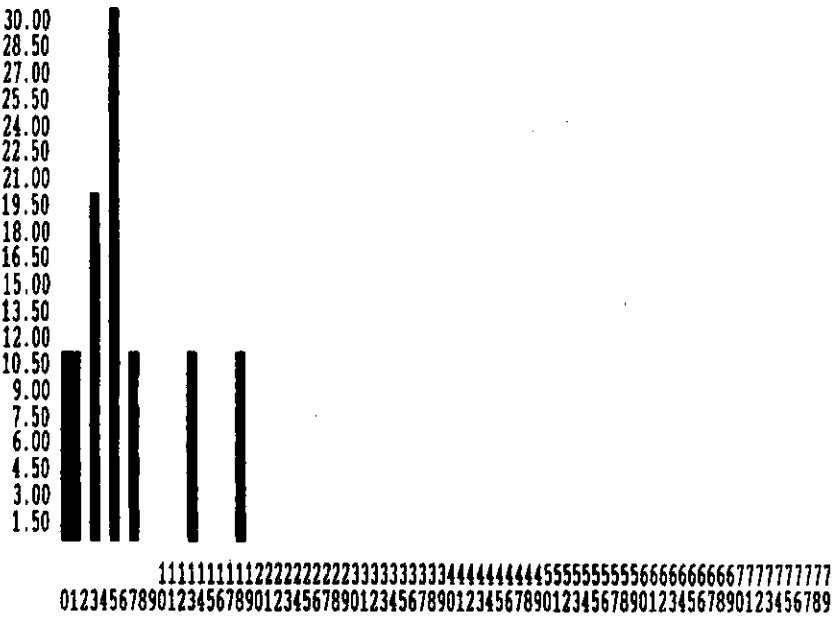
Frecuencia: 0.63 disc./m

Desviación Standard : 1.31

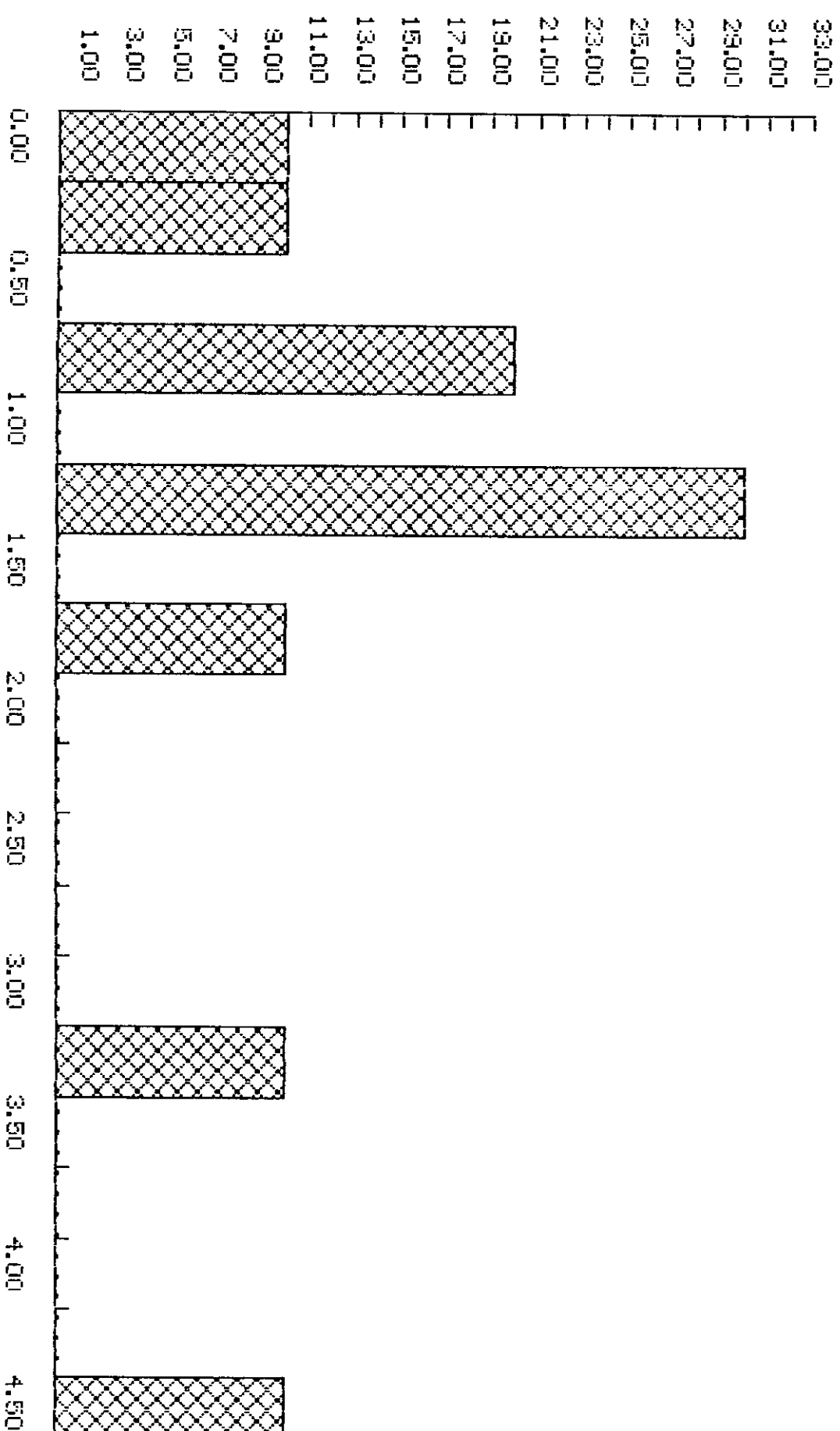
Rango del 95% : [0.79 , 2.41]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	4.00	0.95
2	4.95	3.27
3	8.22	0.41
4	8.63	1.27
5	9.90	0.22
6	10.12	1.75
7	11.87	1.29
8	13.16	4.69
9	17.85	0.77
10	18.62	1.38
11	20.00	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.25)	10.00	[2.50, 2.75)	0.00
[0.25, 0.50)	10.00	[2.75, 3.00)	0.00
[0.50, 0.75)	0.00	[3.00, 3.25)	0.00
[0.75, 1.00)	20.00	[3.25, 3.50)	10.00
[1.00, 1.25)	0.00	[3.50, 3.75)	0.00
[1.25, 1.50)	30.00	[3.75, 4.00)	0.00
[1.50, 1.75)	0.00	[4.00, 4.25)	0.00
[1.75, 2.00)	10.00	[4.25, 4.50)	0.00
[2.00, 2.25)	0.00	[4.50, 4.69]	10.00
[2.25, 2.50)	0.00		



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE4.SCN

Cantidad de muestras : 16

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.37

Promedio: 1.19

Máximo: 1.76

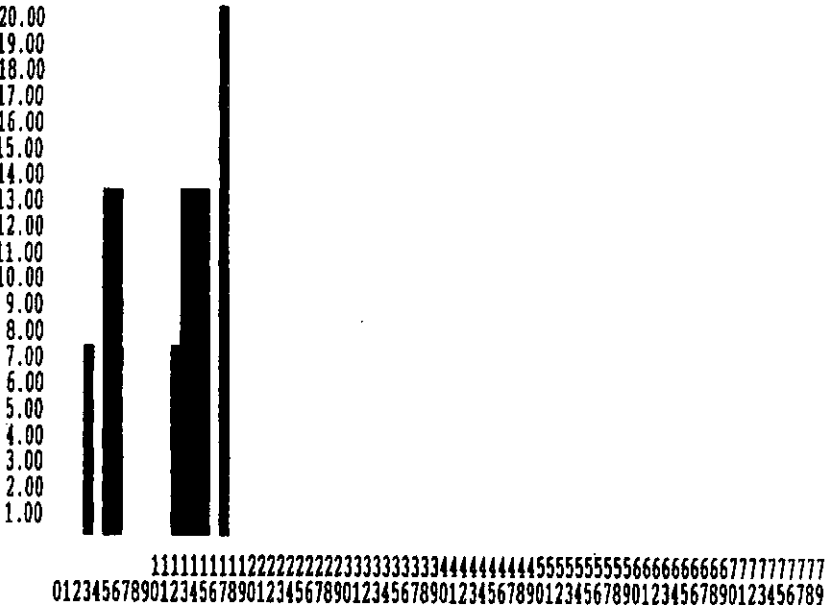
Frecuencia: 0.84 disc./m

Desviación Standard : 0.48

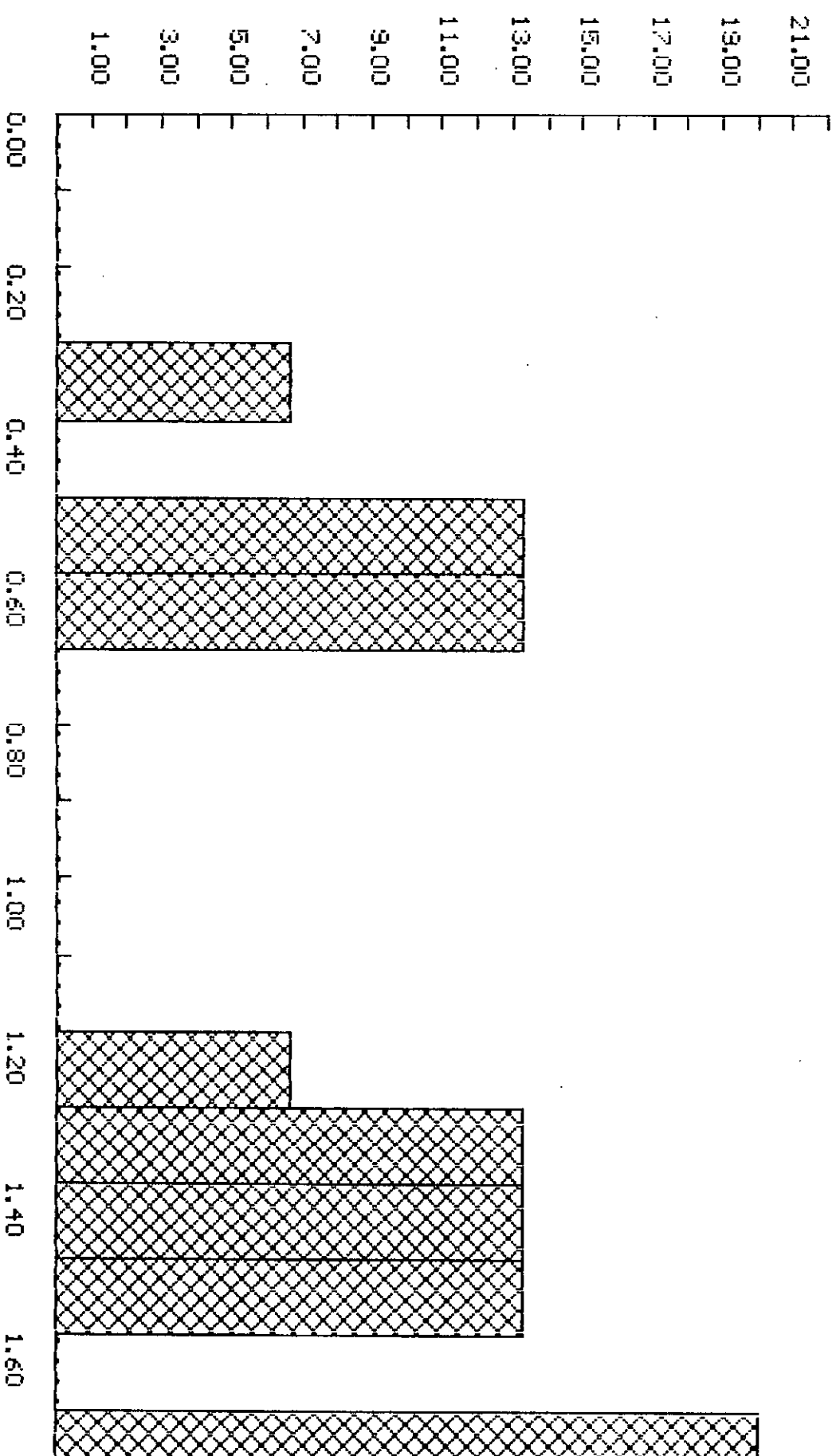
Rango del 95% : [0.94 , 1.43]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	2.30	0.60
2	2.90	0.55
3	3.45	0.55
4	4.00	1.52
5	5.52	1.76
6	7.28	1.55
7	8.83	1.73
8	10.56	1.34
9	11.90	1.31
10	13.21	1.71
11	14.92	0.62
12	15.54	1.47
13	17.01	1.30
14	18.31	1.42
15	19.73	0.37
16	20.10	

Datos para el Histograma			
Intervalo	f	Intervalo	f
[0.00, 0.10)	0.00	[0.90, 1.00)	0.00
[0.10, 0.20)	0.00	[1.00, 1.10)	0.00
[0.20, 0.30)	0.00	[1.10, 1.20)	0.00
[0.30, 0.40)	6.67	[1.20, 1.30)	6.67
[0.40, 0.50)	0.00	[1.30, 1.40)	13.33
[0.50, 0.60)	13.33	[1.40, 1.50)	13.33
[0.60, 0.70)	13.33	[1.50, 1.60)	13.33
[0.70, 0.80)	0.00	[1.60, 1.70)	0.00
[0.80, 0.90)	0.00	[1.70, 1.76]	20.00



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE7.SCH

Cantidad de muestras : 37

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.04

Promedio: 0.47

Máximo: 2.85

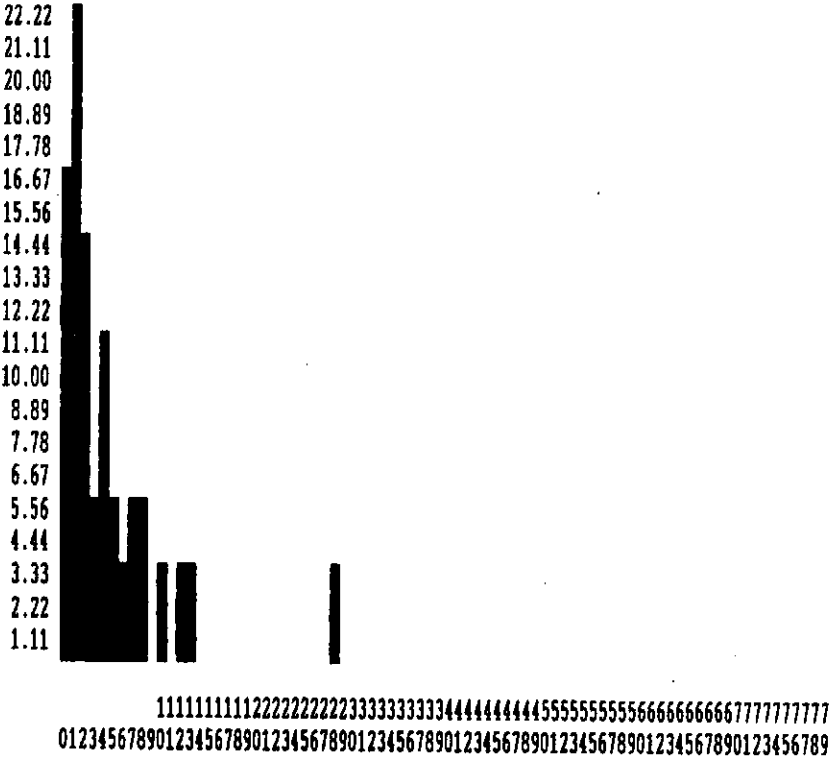
Frecuencia: 2.14 disc./m

Desviación Standard : 0.52

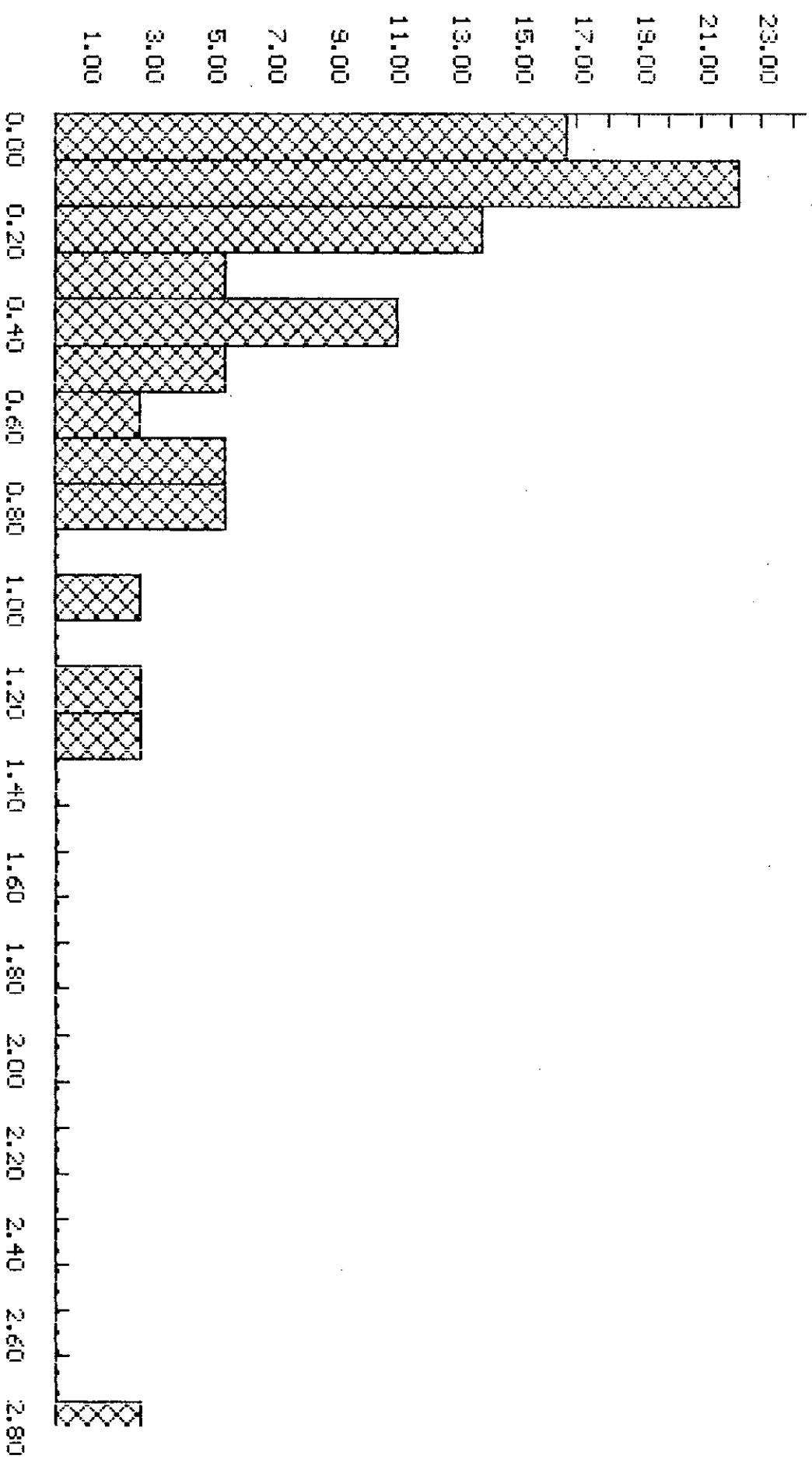
Rango del 95% : [0.30 , 0.64]

Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.20	0.44
2	0.64	0.35
3	0.99	0.55
4	1.54	0.31
5	1.85	0.20
6	2.05	0.21
7	2.26	0.10
8	2.36	0.19
9	2.55	0.18
10	2.73	0.45
11	3.18	0.30
12	3.48	0.49
13	3.97	0.11
14	4.08	0.26
15	4.34	0.74
16	5.08	0.20
17	5.28	0.65
18	5.93	0.10
19	6.03	0.07
20	6.10	1.26
21	7.36	1.36
22	8.72	0.10
23	8.82	0.13
24	8.95	0.88
25	9.83	0.51
27	10.34	0.04
26	10.38	1.02
28	11.40	0.82
29	12.22	0.42
30	12.64	0.09
31	12.73	0.08
32	12.81	2.85
33	15.66	0.26
34	15.92	0.06
35	15.98	0.26
36	16.24	0.76
37	17.00	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	16.67	[1.50, 1.60)	0.00
[0.10, 0.20)	22.22	[1.60, 1.70)	0.00
[0.20, 0.30)	13.89	[1.70, 1.80)	0.00
[0.30, 0.40)	5.56	[1.80, 1.90)	0.00
[0.40, 0.50)	11.11	[1.90, 2.00)	0.00
[0.50, 0.60)	5.56	[2.00, 2.10)	0.00
[0.60, 0.70)	2.78	[2.10, 2.20)	0.00
[0.70, 0.80)	5.56	[2.20, 2.30)	0.00
[0.80, 0.90)	5.56	[2.30, 2.40)	0.00
[0.90, 1.00)	0.00	[2.40, 2.50)	0.00
[1.00, 1.10)	2.78	[2.50, 2.60)	0.00
[1.10, 1.20)	0.00	[2.60, 2.70)	0.00
[1.20, 1.30)	2.78	[2.70, 2.80)	0.00
[1.30, 1.40)	2.78	[2.80, 2.85]	2.78
[1.40, 1.50)	0.00		



Histograma de espaciamientos



RELEVAMIENTO DE DISCONTINUIDADES

Archivo: C:\SROQUE7.SCN

Cantidad de muestras : 24

Dirección de la línea : 0.00

Inclinación de la línea : 90.00

Espaciamientos [m]:

Mínimo: 0.04

Promedio: 0.75

Máximo: 2.00

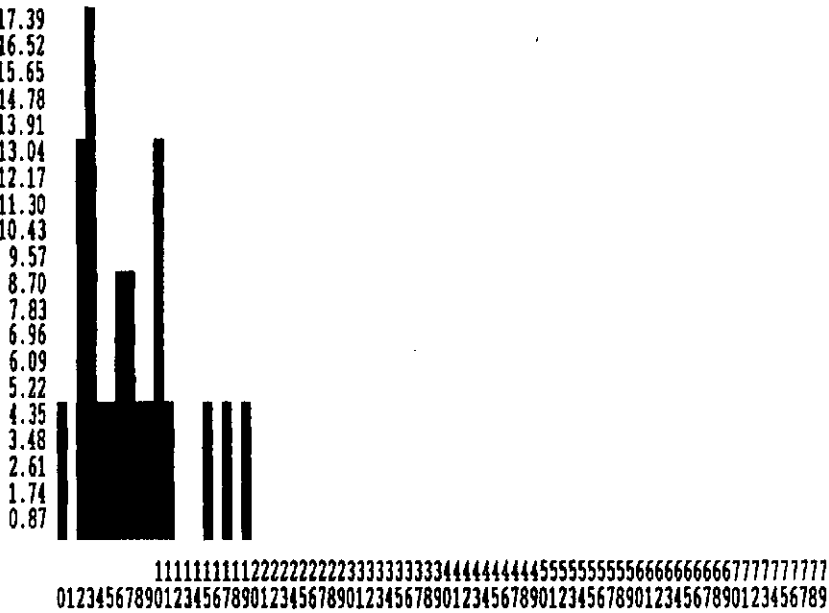
Frecuencia: 1.33 disc./m

Desviación Standard : 0.50

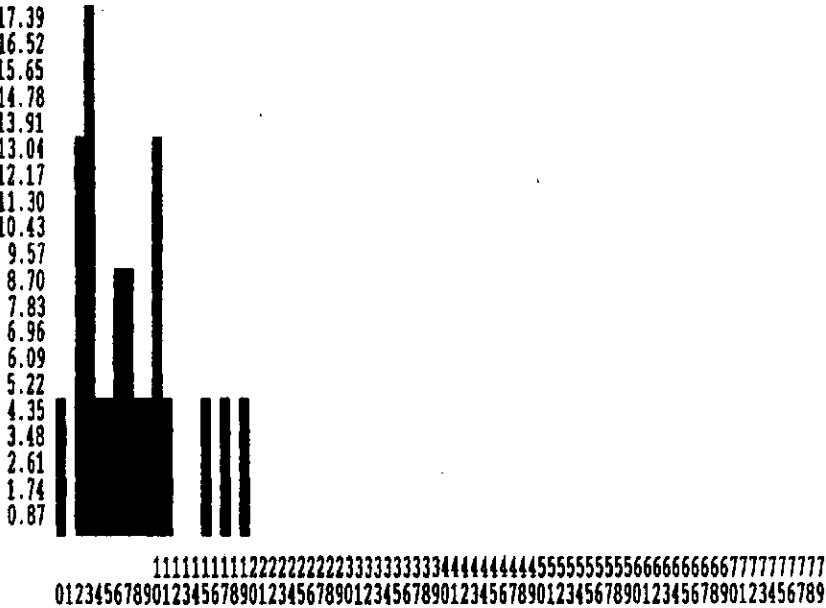
Rango del 95% : [0.54 , 0.96]

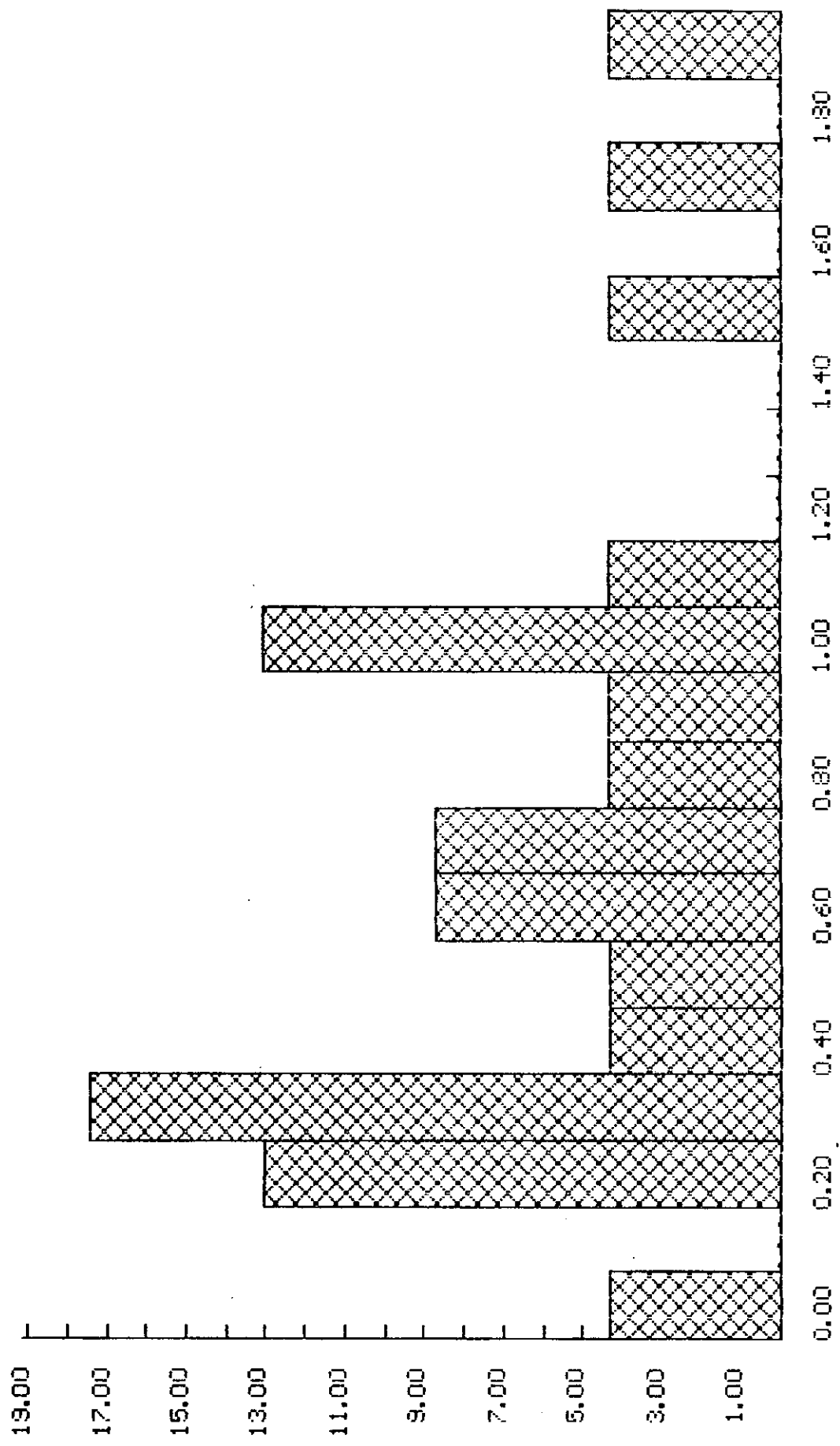
Muestra	Progresiva	Espaciamiento
1	0.80	0.80
2	1.60	2.00
3	3.60	1.00
4	4.60	1.00
5	5.60	0.36
6	5.96	0.43
7	6.39	0.23
8	6.62	0.04
9	6.66	0.35
10	7.01	0.23
11	7.24	0.27
12	7.51	0.75
13	8.26	0.64
14	8.90	0.30
15	9.20	0.30
16	9.50	1.20
17	10.70	1.72
18	12.42	0.66
19	13.08	0.76
20	13.84	1.57
21	15.41	0.57
22	15.98	0.99
23	16.97	1.07
24	18.04	

Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	4.35	[1.00, 1.10)	13.04
[0.10, 0.20)	0.00	[1.10, 1.20)	4.35
[0.20, 0.30)	13.04	[1.20, 1.30)	0.00
[0.30, 0.40)	17.39	[1.30, 1.40)	0.00
[0.40, 0.50)	4.35	[1.40, 1.50)	0.00
[0.50, 0.60)	4.35	[1.50, 1.60)	4.35
[0.60, 0.70)	8.70	[1.60, 1.70)	0.00
[0.70, 0.80)	8.70	[1.70, 1.80)	4.35
[0.80, 0.90)	4.35	[1.80, 1.90)	0.00
[0.90, 1.00)	4.35	[1.90, 2.00)	4.35



Datos para el Histograma			
Intervalo	%	Intervalo	%
[0.00, 0.10)	4.35	[1.00, 1.10)	13.04
[0.10, 0.20)	0.00	[1.10, 1.20)	4.35
[0.20, 0.30)	13.04	[1.20, 1.30)	0.00
[0.30, 0.40)	17.39	[1.30, 1.40)	0.00
[0.40, 0.50)	4.35	[1.40, 1.50)	0.00
[0.50, 0.60)	4.35	[1.50, 1.60)	4.35
[0.60, 0.70)	8.70	[1.60, 1.70)	0.00
[0.70, 0.80)	8.70	[1.70, 1.80)	4.35
[0.80, 0.90)	4.35	[1.80, 1.90)	0.00
[0.90, 1.00)	4.35	[1.90, 2.00)	4.35





Datos de la cusa:
L/nea de intersecci³n de planos 1 y 2:
Azimut (°) = 109.96 x , Inclinaci³n (a) = 50.13 x

Superficies de las caras de la cusa:
A1 = 200.803 A2 = 78.021 A5 = 0.000

Peso de la cusa: W = 1052.759

TALUD SATURADO		
Presiones del agua:	u1 = u2 = 3.43	u5 = 0.00
Reacciones normales en planos 1 y 2:	N1 = -432.469	N2 = 362.817
Hay contacto solamente en plano 2.		
Reacci³n normal efectiva en plano #2:	N2 = 639.166	
Fuerza de corte: S = 916.383	Resistencia al corte: Q = 173.417	
Factor de seguridad	= 0.1892	

TALUD SECO		
Reacciones normales en planos 1 y 2:	N1 = 255.412	N2 = 630.088
Hay contacto en planos 1 y 2.		
Fuerza de corte: S = 807.967	Resistencia al corte: Q = 412.916	
Factor de seguridad	= 0.5111	

Edit: A:\sroquel.tal L/nea 1 Col 1 26,683 Libre 80
Planos #1 a #5: Azimut e inclinaci³n de buzamiento [grados; NESW, + abajo]:
36.40 76.70 {#1: Plano de discontinuidad y traza de referencia}
138.00 53.60 {#2: Plano de discontinuidad}
55.00 5.00 {#3: Superficie superior del terreno}
55.00 80.00 {#4: Frente del talud}
-40.00 0.00 {#5: Fractura de tensi³n; si no hay, azimut negativo}
Para planos #1 y #2: Cohesi³n [Tn/m2] y ngulo de fricci³n [grados]:
0.00 25.00
0.00 25.00
Altura del talud y distancia de la grieta [m]; signo del talud [g 1]:
20.00 0.00 1.00
Pesos espec³ficos de la roca y del agua [Tn/m3]:
2.70 1.00
Fuerza de anclaje: magnitud [Tn], azimut, inclinaci³n (+:abajo) [grados]
0.00 -0.00 -0.00
Fuerza exterior : magnitud [Tn], azimut, inclinaci³n (+:abajo) [grados]
0.00 0.00

ANEXO 6

REPRESENTACION DE PLANOS DE DISCONTINUIDADES GEOLOGICAS EN PROYECCION EQUIAREAL

El presente trabajo ha tenido por objeto facilitar el tratamiento matemático, estadístico y gráfico de los datos referentes a orientación de planos de discontinuidades de macizos rocosos, elaborando para ello un programa de computación ejecutable en computadoras personales.

A continuación se describe en forma sintética el tratamiento matemático del problema y la operación del programa. Las opciones que éste incluye son fácilmente accesibles en todo momento mediante un menú.

PROYECCION EQUIAREAL: FORMULACION MATEMATICA

Los datos provenientes de las observaciones se presentan en la forma de un conjunto de pares de valores:

$\{ \text{DirBuza}(i), \text{IntBuza}(i) \}$

para $i=1, \dots, \text{Npol}$, donde Npol representa la cantidad de observaciones. Para cada plano observado, DirBuza (dirección de buzamiento) es el azimut de su dirección de máxima inclinación en sentido descendente, mientras que IntBuza (intensidad de buzamiento) es la magnitud de dicha inclinación máxima.

Cada uno de estos planos puede representarse gráficamente por un círculo máximo de la esfera unidad, o mejor aún por uno de sus polos. Los polos son los puntos de intersección de la esfera unidad con la normal al plano trazada por el centro de la esfera. Para concretar, seleccionaremos siempre el polo situado en el hemisferio inferior. Entonces a cada polo le corresponde el siguiente par de coordenadas esféricas:

$$\begin{aligned} X &= R \operatorname{sen} \lambda \\ Y &= R \cos \lambda \end{aligned}$$

Nótese que con estas definiciones los ejes X e Y tienen orientación Este y Norte, respectivamente.

Comprobaremos ahora la propiedad equiareal de la proyección así definida.

La simetría axial permite comparar el elemento de área en la esfera, definido por $\rho \, d\lambda \, d\varphi$, con el elemento de área en el plano, definido por $R \, d\lambda \, dR$. Cancelando el factor común, el problema se limita a comparar $\rho \, d\varphi$ con $R \, dR$.

De las relaciones anteriores resulta

$$R^2 = 2(1 - \operatorname{sen} \varphi)$$

y por lo tanto

$$\begin{aligned} 2 R \, dR &= -2 \cos \varphi \, d\varphi \\ R \, dR &= -\rho \, d\varphi \\ |R \, dR| &= |\rho \, d\varphi| \end{aligned}$$

La igualdad de los valores absolutos demuestra que las áreas se mantienen. Naturalmente, la diferencia de signos proviene de que R y φ crecen en sentidos opuestos. Conviene tener presente que los puntos situados en el horizonte ($z = 0$) se proyectan en el plano sobre un círculo de radio $\sqrt{2}$ con centro en el origen.

SISTEMAS DE COORDENADAS LOCALES

Para el tratamiento matemático posterior se necesita asociar a cada polo un sistema local de coordenadas cartesianas ortogonales (ξ, η, ζ). El origen de este sistema será el mismo polo, situado en la superficie de la esfera. El eje ξ será tangente al círculo meridiano, apuntando hacia arriba. El eje η será tangente al círculo paralelo, en el sentido del azimut creciente (sentido horario, visto desde arriba). El eje ζ será el radio de la esfera en sentido saliente (así cada sistema será también dextrógiro). Se calcula y se conserva para cada polo la siguiente matriz de cosenos directores, que después se utiliza repetidas veces para realizar transformaciones de coordenadas:

	x	y	z
ξ	$\cos \lambda \operatorname{sen} \varphi$	$\operatorname{sen} \lambda \operatorname{sen} \varphi$	$-\cos \varphi$
η	$-\operatorname{sen} \lambda$	$\cos \lambda$	0
ζ	$\cos \lambda \cos \varphi$	$\operatorname{sen} \lambda \cos \varphi$	$\operatorname{sen} \varphi$

DETERMINACION DE AGRUPAMIENTOS

Para distribuir los polos en grupos se adopta el criterio de proximidad propuesto por Grossman (1978). Definimos

$$C_{\min} = 1 - 1.67834699 / N_{\text{pol}} \\ \alpha = \arccos(C_{\min})$$

Se acepta como condición suficiente para que dos polos pertenezcan a un mismo grupo que su distancia angular sea $\leq \alpha$. De hecho, el programa calcula directamente el coseno de la distancia angular y verifica que sea $\geq C_{\min}$. Además se grafican en la pantalla los casquetes centrados en cada polo con amplitud α a cada lado.

El centro de cada grupo se define como el punto de la esfera cuyas coordenadas son los promedios de las respectivas coordenadas de las proyecciones centrales de todos los puntos del grupo sobre el plano tangente a la esfera en dicho centro. Tal como resulta naturalmente de esta definición recursiva, la determinación de cada centro se realiza como un proceso iterativo hasta satisfacerse una tolerancia prefijada. Este proceso iterativo ha sido organizado de manera tal que resulta más simple que el propuesto por Grossman (1985).

En una tabla de valores se muestran la cantidad de polos de cada grupo, las coordenadas de su centro, la dirección y buzamiento del respectivo círculo máximo, y algunos parámetros estadísticos que caracterizan la distribución bivariada normal de polos sobre el plano tangente a la esfera en el centro del grupo. Ellos son las desviaciones estándar máxima y mínima (σ_M , σ_m) y el ángulo ω_M que corresponde al valor máximo, medido desde el plano meridiano en sentido horario.

No se incluyen en este tratamiento los polos aislados ni tampoco los que forman grupos que contienen menos del 5 % de total de polos; sin embargo, sus respectivas cantidades aparecen en la tabla de valores.

DIAGRAMAS

El programa elabora varios diagramas que, una vez completados, pueden ser exhibidos en cualquier orden, y optativamente impresos. Ellos son:

1) Diagrama de posiciones, con las proyecciones de todos los polos.

2) Diagrama de agrupamientos: aparecen todos los polos y los respectivos casquetes de amplitud α a cada lado. Optativamente, se pueden hacer aparecer en forma destacada los centros de los grupos con su respectiva numeración.

3) Diagrama de densidades: al plano de proyección se superpone una cuadrícula, cada una de cuyas celdas se representa por un "centro de cuenta" situado sobre la esfera. La cuenta correspondiente a cada centro es la cantidad de polos situados en un casquete centrado en él, con área igual al 1% de la superficie de la esfera. Finalmente los valores normalizados de las cuentas se expresan como porcentajes de la cantidad total de

polos y se grafican en un diagrama con distintas densidades de sombreado para las cuales se provee una escala de referencia. Por razones de mayor aplicabilidad el diseño del diagrama se ha hecho para pantalla monocromática; podría fácilmente mejorarse utilizando distintos colores.

4) Diagrama de círculos máximos: se grafican las proyecciones de la mitad inferior de cada círculo máximo representativo de un grupo. Los respectivos centros, que fueron determinados antes, pueden ser exhibidos y numerados optativamente. También pueden trazarse círculos máximos suplementarios, con datos suministrados por el usuario.

5) Diagrama de estadística: alrededor del centro de cada grupo se trazan las proyecciones equiareales de las proyecciones centrales sobre la esfera de varias elipses de dispersión situadas en cada caso sobre el respectivo plano tangente. Como valores de probabilidad acumulada correspondientes a cada elipse se han elegido arbitrariamente 50 %, 70 % y 90 %.

PLANILLAS

La ya mencionada tabla de valores correspondiente a la división en grupos puede exhibirse o imprimirse en cualquier momento.

Otra opción disponible es el listado de los polos correspondiente a cada grupo en particular, junto con los respectivos valores que fueron ingresados como datos.

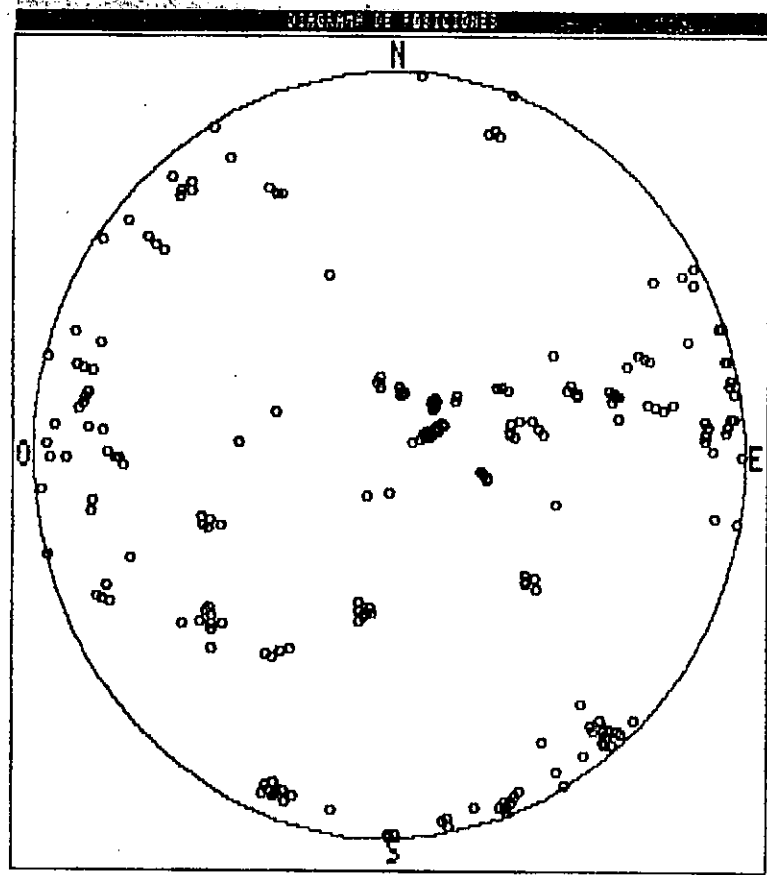
Referencias básicas:

Grossman, N.F.: Influencia das descontinuidades na deformabilidade dos maciços rochosos. Lab. Nac. Eng. Civil de Portugal, 1er. Relatorio, 1978.

Grossman, N.F.: The bivariate normal distribution on the tangent plane at the mean attitude. Proceedings of the International Symposium on Fundamentals of Rock Joints, Björkliden, 1985.

Archivo: cardfp2.dat

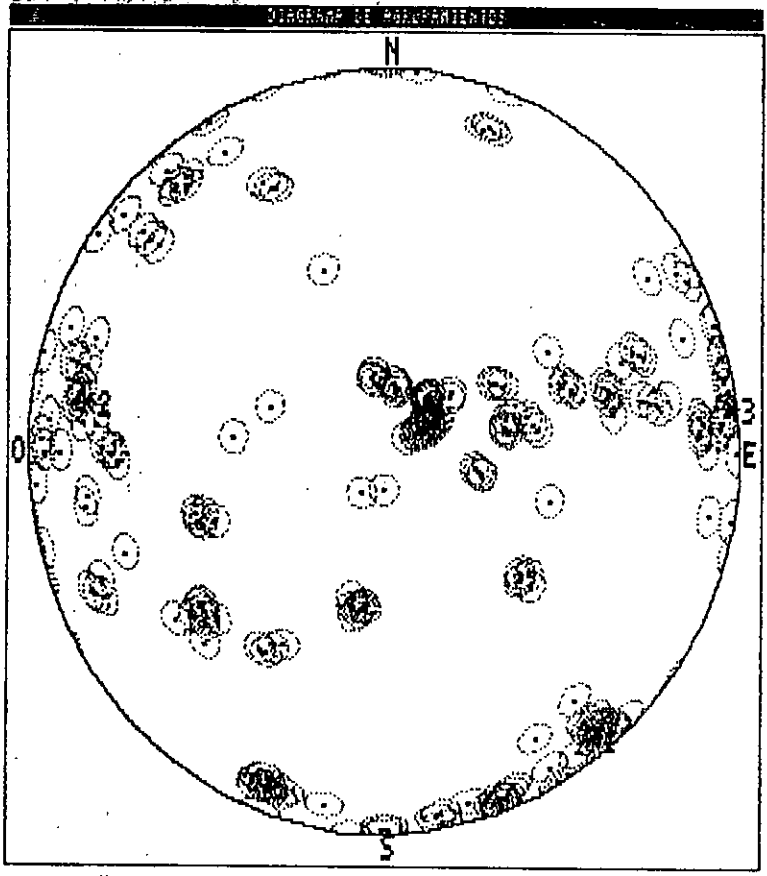
Grupo	Polos
1	26
2	17
3	27
4	46
otros	122
aislados	12
TOTAL = 250	



¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,TI.- ESC muestra el menú

Archivo: oardfp2.dat

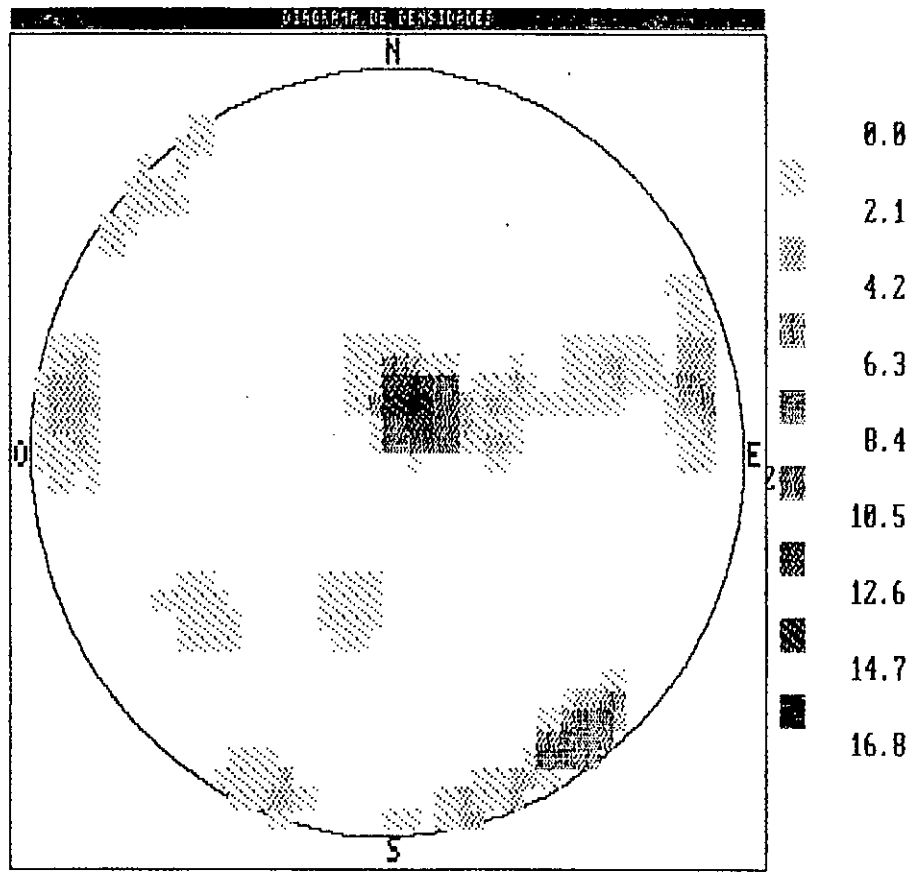
Grupo	Polos
1	26
2	17
3	27
4	46
otros	122
aislados	12
TOTAL = 250	



¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,TI.- ESC muestra el menú

Archivo: cardfp2.dat

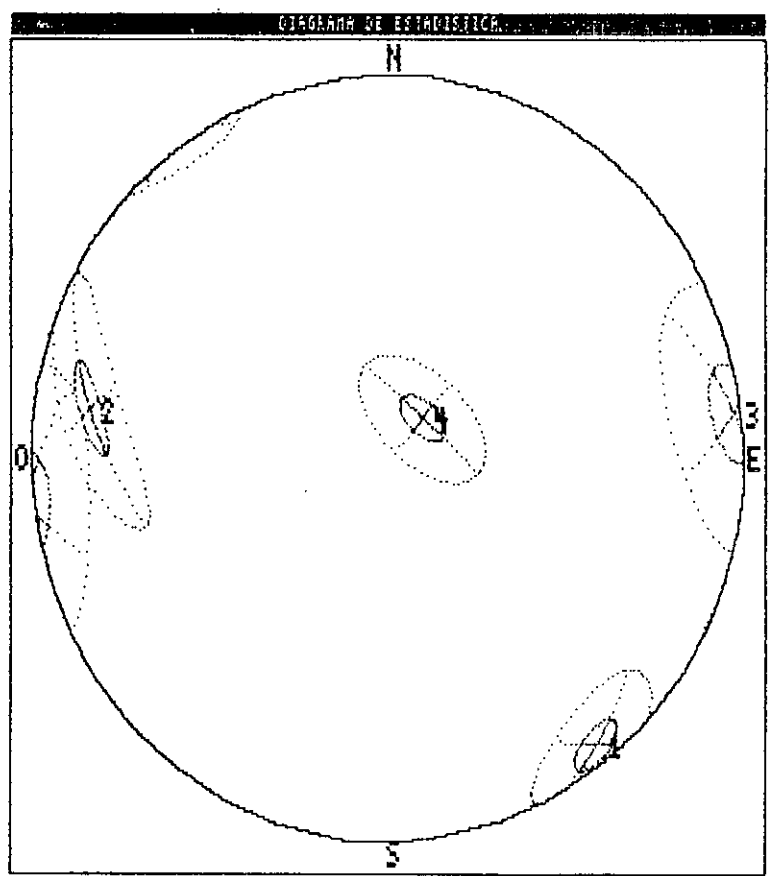
Grupo	Polos
1	26
2	17
3	27
4	46
otros	122
aislados	12
TOTAL = 250	



¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T).- ESC muestra el menú

Archivo: cardfp2.dat

Grupo	Polos
1	26
2	17
3	27
4	46
otros	122
aislados	12
TOTAL = 250	



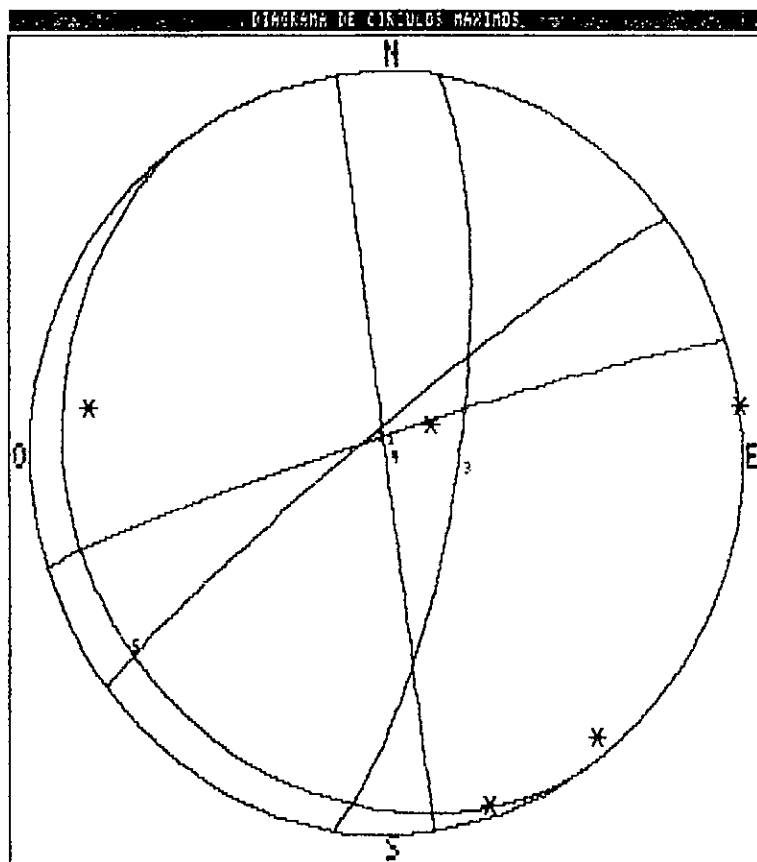
¿Comando? IP,A,D,C,S,E,U,L,I,G,O,T).- ESC muestra el menú

Archivo: A:CARDFP.DAT

Grupo Polos
1 12
2 26
3 17
4 22
5 37

Otros 110
Islados 12

TOTAL = 236



Círculo máximo suplementario: DirBuza=

Archivo: A:CARDFP.DAT

Grupo	Polos	Centro	σ M	σ m	ω M	Círculo máximo
1	12	162.6	4.2	0.088	0.026	87.2
2	26	141.8	5.6	0.081	0.053	56.1
3	17	278.5	16.6	0.144	0.041	52.0
4	22	82.3	0.1	0.135	0.061	65.2
5	37	55.3	77.9	0.057	0.026	156.3

Otros 110

Islados 12

TOTAL = 236

Entorno: 3.42 grados Factor elipse mayor = 3.31

TRATAMIENTO DE MEDICIONES REALIZADAS POR LINEAS DE MUESTREO

Las observaciones de campo realizadas por líneas de muestreo tienen por objeto la determinación de espaciamentos y frecuencias de familias de planos de discontinuidades geológicas caracterizadas por tener aproximadamente una misma orientación (promedio) en el espacio.

El tratamiento computacional provisto por el programa LINEA se descompone en varias opciones independientes, seleccionables por un menú.

¶ 1.- INTERSECCIONES DE PLANOS DE DISCONTINUIDAD CON LINEAS DE MUESTREO.

Una línea de muestreo ("scan-line") queda definida por su punto de origen, su dirección y su inclinación. Sean:

A = dirección o azimut, medido desde el Norte en sentido horario (grados).

B = inclinación, positiva hacia abajo (grados).

Cada plano de discontinuidad queda caracterizado por su dirección y su intensidad de buzamiento. Sean:

C = dirección de buzamiento, es decir, de máxima pendiente hacia abajo (grados).

D = intensidad de buzamiento (grados).

El punto de afloramiento en el terreno de cada plano de discontinuidad, debajo de la línea de muestreo, queda determinado por el punto de medición, que es el punto de la línea de muestreo situado en la vertical del punto de afloramiento, y por la distancia vertical entre ambos puntos. Sean:

E = distancia vertical entre ambos puntos (metros).

F = progresiva del punto de medición, es decir, su distancia desde el origen (metros).

Con estos datos puede calcularse la intersección de cada plano con la línea de muestreo. Dicha intersección quedará determinada por su progresiva (P).

En el análisis que sigue todas las alturas se consideran positivas hacia abajo.

Se planteará una ecuación que permitirá calcular P . Para ello se igualarán dos expresiones distintas de la altura del punto de intersección, medida desde el origen.

Por un lado, dicha altura es simplemente $P \text{ sen } B$.

Por otro lado: la distancia desde el punto de medición hasta el de intersección, medida sobre la línea de muestreo, es $P-F$. Su proyección sobre un plano horizontal es $(P-F) \cos B$; pero en esta proyección el punto de medición se confunde con el de afloramiento, y por lo tanto esta es también la distancia horizontal de dos puntos situados sobre el plano de discontinuidad, a saber: el de afloramiento y el de intersección. Si además esta distancia se proyecta sobre la dirección de máxima pendiente del plano, se obtiene $(P-F) \cos B \cos (A-C)$. Como consecuencia, entre un punto y otro del plano de discontinuidad la altura aumenta en $(P-F) \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D$. Si además se tiene en cuenta que la altura del punto de medición es $F \text{ sen } B$, y por lo tanto la altura del punto de afloramiento es $F \text{ sen } B + E$, la altura total del punto de intersección es

$$(P-F) \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D + F \operatorname{sen} B + E$$

Igualandó ambas expresiones de la altura, y despejando P , se obtiene:

$$P \operatorname{sen} B = (P-F) \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D + F \operatorname{sen} B + E$$

$$(P-F) \operatorname{sen} B = (P-F) \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D + E$$

$$(P-F) (\operatorname{sen} B - \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D) = E$$

$$P = F + \frac{E}{\operatorname{sen} B - \cos B \cos (A-C) \operatorname{tg} D}$$

Según esta fórmula, la progresiva P del punto de intersección queda expresada como la progresiva F del punto de medición, más una corrección.

Las excepciones a la validez de la fórmula son obvias. El caso $D = 90^\circ$ corresponde a un plano vertical. Un denominador nulo corresponde a un plano paralelo a la línea de muestreo.

Para una línea de muestreo con n observaciones, el programa calcula las n progresivas corregidas que corresponden a las intersecciones, y los $n-1$ espaciamentos. Del conjunto de espaciamentos determina a continuación el mínimo, el máximo, el promedio, la desviación standard y el intervalo de confianza del 95%. La inversa del espaciamento promedio es la frecuencia medida sobre la línea.

¶ 2.- FRECUENCIAS PRINCIPALES A PARTIR DE MUESTREOS.

Se tienen N familias de planos, cada una de ellas caracterizada por la dirección α_i y la inclinación β_i de su normal (para $i = 1, \dots, N$).

Supongamos por el momento que para cada familia se conoce λ_i , la frecuencia principal, es decir, medida en la dirección de la normal.

Nos interesa, como paso inmediato, estudiar la frecuencia que corresponderá a todo este conjunto de planos según una observación hecha a lo largo de una línea de muestreo cualquiera. Por conveniencia, tomaremos un conjunto bien determinado de M líneas de muestreo, cada una de ellas caracterizada por su dirección α_j y su inclinación β_j (para $j = 1, \dots, M$).

El coseno del ángulo formado por la normal a la familia i y la línea de muestreo j estará dado por:

$$\begin{aligned}\cos \theta_{ij} &= \cos (\alpha_i - \alpha_j) \cos \beta_i \cos \beta_j + \sin \beta_i \sin \beta_j = \\ &= \cos \alpha_i \cos \beta_i \cos \alpha_j \cos \beta_j + \\ &\quad + \sin \alpha_i \cos \beta_i \sin \alpha_j \cos \beta_j + \sin \beta_i \sin \beta_j\end{aligned}$$

Entonces la frecuencia inducida sobre la línea j por todas las familias de planos será

$$\tilde{\lambda}_j = \sum_{i=1}^N \lambda_i |\cos \theta_{ij}| \quad (j = 1, \dots, M)$$

Es necesario tomar el valor absoluto del coseno porque para el cálculo de la frecuencia no cabe distinguir entre los dos lados de un plano.

Pasemos ahora a analizar el problema real.

Lo que nos interesa en esta etapa es resolver el problema inverso al planteado hasta ahora; esto es, determinar las frecuencias principales a partir de las frecuencias medidas sobre las líneas de muestreo. Las $\tilde{\lambda}_j$ serán por lo tanto nuestros datos, y las λ_i nuestras incógnitas.

Estas consideraciones conducen naturalmente al planteo de un sistema sobredeterminado ($M > N$) de ecuaciones lineales, que será preciso resolver según el criterio de cuadrados mínimos.

El sistema de ecuaciones normales es

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i \sum_{j=1}^M |\cos \theta_{ij}| |\cos \theta_{kj}| = \sum_{j=1}^M \tilde{\lambda}_j |\cos \theta_{kj}| \quad (k = 1, \dots, N)$$

que se puede escribir también

$$\sum_{i=1}^N a_{ki} \lambda_i = \sum_{j=1}^M \tilde{\lambda}_j |\cos \theta_{kj}| \quad (k = 1, \dots, N)$$

llamando

$$a_{ki} = \sum_{j=1}^M |\cos \theta_{ij}| |\cos \theta_{kj}| \quad (k, i = 1, \dots, N)$$

Los a_{ki} son los elementos de la matriz del sistema normal (simétrica y definida positiva).

El programa plantea el sistema normal y lo resuelve por el método de Cholesky.

Puesto que la precisión de los datos no suele ser muy grande, en general es conveniente que M sea bastante mayor que N .

La introducción de datos inconsistentes puede dar lugar a que aparezcan resultados negativos como valores de una o más frecuencias.

¶ 3.- FRECUENCIAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS.

Las fórmulas que se desarrollarán a continuación son análogas a algunas que aparecen en el punto anterior, con la única diferencia de que ahora se refieren a una línea arbitraria (es decir, con cualquier orientación en el espacio) y no solamente a un determinado conjunto de líneas de muestreo.

La dirección de una línea arbitraria se define por

α = azimut (sentido horario desde el Norte).

β = inclinación (positiva hacia abajo).

El valor de la frecuencia en la dirección de la línea es función de las variables α y β :

$$\begin{aligned}\tilde{\lambda} &= \tilde{\lambda}(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^N \lambda_i |\cos \theta_i| = \\ &= \sum_{i=1}^N \lambda_i |\cos(\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta + \sin \beta_i \sin \beta|\end{aligned}$$

Para simplificar el análisis, llamaremos

$$\begin{aligned}C_i &= \cos \theta_i = \cos(\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta + \sin \beta_i \sin \beta = \\ &= \cos \alpha_i \cos \beta_i \cos \alpha \cos \beta + \\ &\quad + \sin \alpha_i \cos \beta_i \sin \alpha \cos \beta + \sin \beta_i \sin \beta\end{aligned}$$

Entonces podrá escribirse

$$|C_i| = |\cos \theta_i| = C_i \operatorname{sgn} C_i$$

donde sgn (función signo) es una función seccionalmente constante que toma solamente los valores -1, 0 y +1.

Destacamos que tanto C_i como $\operatorname{sgn} C_i$ son funciones de α y β . A continuación definiremos otras funciones de las mismas variables.

$$\begin{aligned}
CACB &= \sum_{i=1}^N \lambda_i \operatorname{sgn} C_i \cos \alpha_i \cos \beta_i \\
SACB &= \sum_{i=1}^N \lambda_i \operatorname{sgn} C_i \sin \alpha_i \cos \beta_i \\
SB &= \sum_{i=1}^N \lambda_i \operatorname{sgn} C_i \sin \beta_i
\end{aligned}$$

Con estas notaciones, puede escribirse abreviadamente:

$$\tilde{\lambda} = CACB \cos \alpha \cos \beta + SACB \sin \alpha \cos \beta + SB \sin \beta,$$

teniendo presente que $CACB$, $SACB$ y SB dependen del vector $(\operatorname{sgn} C_i)_{i=1,n}$, cuyas componentes pueden valer -1 , 0 ó $+1$.

Los extremos locales de $\tilde{\lambda}$ pueden buscarse igualando a cero sus derivadas parciales con respecto a α y β , pero ello solamente es válido en los puntos en que esta función es diferenciable. De las definiciones de $CACB$, $SACB$ y SB surge con claridad que tales puntos son aquéllos en que todos los C_i son distintos de cero. Vale decir, $\operatorname{sgn} C_i$ puede valer solamente -1 ó $+1$. Los restantes puntos, en los que algún C_i vale 0 , serán objeto de una investigación posterior (*extremos cuspidales*).

Derivando e igualando a cero se tienen las condiciones necesarias para la existencia de extremos en los puntos donde la función es diferenciable:

$$\frac{\partial \tilde{\lambda}}{\partial \alpha} = -CACB \sin \alpha \cos \beta + SACB \cos \alpha \cos \beta = 0$$

$$\frac{\partial \tilde{\lambda}}{\partial \beta} = -CACB \cos \alpha \sin \beta - SACB \sin \alpha \sin \beta + SB \cos \beta = 0$$

También necesitaremos las derivadas segundas:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \alpha^2} = -CACB \cos \alpha \cos \beta - SACB \sin \alpha \cos \beta$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \alpha \partial \beta} = +CACB \sin \alpha \sin \beta - SACB \cos \alpha \sin \beta$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \beta^2} = -CACB \cos \alpha \cos \beta - SACB \sin \alpha \cos \beta - SB \sin \beta$$

Conviene aclarar que, para el cálculo de estas derivadas, los coeficientes $CACB$, $SACB$ y SB han sido tratados como constantes

porque, si bien ellos son funciones de α y β , permanecen constantes en todo un entorno de cada punto considerado.

Para analizar los puntos en que se anulan las derivadas primeras conviene distinguir dos casos:

Primer caso: $\cos \beta \neq 0$.

Las derivadas primeras se anulan tomando

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{SACB}{CACB}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{SB}{CACB \cos \alpha + SACB \operatorname{sen} \alpha}$$

Con el fin de normalizar adecuadamente los ángulos α y β , transformaremos en alguna medida las expresiones precedentes:

Sea $K = + \sqrt{(CACB)^2 + (SACB)^2}$. Entonces es $CACB = K \cos \alpha$, $SACB = K \operatorname{sen} \alpha$. Con esto quedan bien definidos los signos de $\cos \alpha$ y $\operatorname{sen} \alpha$, y el valor de α está determinado sin ambigüedad entre 0° y 360° .

También es $\operatorname{tg} \beta = SB / K$, y por lo tanto haciendo

$$L = + \sqrt{K^2 + (SB)^2} \text{ se tendrá } K = L \cos \beta, \quad SB = L \operatorname{sen} \beta.$$

Reemplazando, los valores de las derivadas segundas quedan:

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \alpha^2} = -K \cos \beta = -L \cos^2 \beta < 0$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \alpha \partial \beta} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{\lambda}}{\partial \beta^2} = -K \cos \beta - SB \operatorname{sen} \beta = -L < 0.$$

Con esto queda demostrado que todos los pares (α, β) analizados en el primer caso constituyen extremos locales, y más precisamente máximos. El valor de cada máximo local es $\tilde{\lambda} = L$.

Conviene observar que, por ser $K > 0$ y $L > 0$, es siempre $\cos \beta > 0$. Si a una cierta combinación de signos $(\operatorname{sgn} C_i)_{i=1,n}$ corresponden valores de $CACB$, $SACB$ y SB que proporcionan un máximo local (α, β) , tomando en lugar de cada signo el opuesto se obtendrá un nuevo máximo local que corresponde a la dirección opuesta a la anterior $(\alpha \pm 180^\circ, -\beta)$, con el mismo valor L . Para evitar repeticiones inútiles, de cada uno de estos pares de

valores se tendrá en cuenta solamente el que corresponda a $\beta > 0$, es decir, $SB > 0$. Si fuera $\beta = 0$ se elegirá $0 \leq \alpha < 180^\circ$.

Segundo caso: $\cos \beta = 0$.

El análisis particular de este caso muestra que hay máximo local si y sólo si $CACB = SACB = 0$. Se elegirá $\beta = 90^\circ$ como dirección representativa, con $\tilde{\lambda} = SB > 0$.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE BÚSQUEDA DE MÁXIMOS:

En general, los desarrollos de los párrafos anteriores pueden resumirse así: para cada posible combinación de signos $(\text{sgn } C_i)_{i=1,n}$ que no incluya ceros hay que determinar los respectivos valores de $CACB$, $SACB$ y SB . Conocidos éstos, es inmediato determinar los puntos (α, β) que cumplen las condiciones necesarias para la existencia de extremos locales. A continuación, debe comprobarse si los valores de $\text{sgn } C_i$ fijados a priori son efectivamente los que corresponden al par (α, β) . Solamente en caso afirmativo se estará en presencia de un máximo local; de lo contrario, el par deberá desecharse y pasar a analizar otra combinación de signos.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE BÚSQUEDA DE MÍNIMOS:

Los mínimos locales se presentan como extremos cuspidales. Hay que investigar todas las combinaciones posibles $C_i = C_j = 0$ con $i \neq j$. Es decir, hay que resolver las ecuaciones

$$\begin{aligned} \cos (\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta &= - \sin \beta_i \sin \beta \\ \cos (\alpha_j - \alpha) \cos \beta_j \cos \beta &= - \sin \beta_j \sin \beta \end{aligned}$$

de donde resulta, si β_i y β_j son ambos distintos de cero:

$$\text{tg } \alpha = - \frac{\cos \alpha_i \sin \beta_j \cos \beta_i - \cos \alpha_j \sin \beta_i \cos \beta_j}{\sin \alpha_i \sin \beta_j \cos \beta_i - \sin \alpha_j \sin \beta_i \cos \beta_j}$$

$$\text{tg } \beta = - \frac{\cos (\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i}{\sin \beta_i} = - \frac{\cos (\alpha_j - \alpha) \cos \beta_j}{\sin \beta_j}$$

En caso de ser , por ejemplo, $\beta_i = 0$ pero $\beta_j \neq 0$, no puede tenerse $\cos \beta = 0$ y por lo tanto debe ser $\cos (\alpha_i - \alpha) = 0$; además, $\operatorname{tg} \beta$ se calculará a partir de la fórmula con el índice j . Lo mismo vale intercambiando en todo ambos índices.

Finalmente, si $\beta_i = \beta_j = 0$, debe ser $\alpha_i \neq \alpha_j$. Entonces resulta $\cos \beta = 0$, y el azimut α queda indeterminado.

Estas son condiciones necesarias para la existencia de mínimos locales. Para cada par (α, β) que las cumpla se requiere ahora comprobar si efectivamente se trata de un mínimo.

Con el propósito de analizar el valor de la frecuencia en el punto (α, β) y su variación en un entorno del mismo, la expresaremos como una suma de tres términos:

$$\tilde{\lambda} = \tilde{\lambda}_i + \tilde{\lambda}_j + \tilde{\lambda}_m$$

donde

$$\tilde{\lambda}_i = \lambda_i |\cos (\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta + \operatorname{sen} \beta_i \operatorname{sen} \beta| = \lambda_i C_i \operatorname{sgn} C_i$$

$$\tilde{\lambda}_j = \lambda_j |\cos (\alpha_j - \alpha) \cos \beta_j \cos \beta + \operatorname{sen} \beta_j \operatorname{sen} \beta| = \lambda_j C_j \operatorname{sgn} C_j$$

$$\tilde{\lambda}_m = CACB_m \cos \alpha \cos \beta + SACB_m \operatorname{sen} \alpha \cos \beta + SB_m \operatorname{sen} \beta,$$

siendo

$$CACB_m = \sum \lambda_k \operatorname{sgn} C_k \cos \alpha_k \cos \beta_k$$

$$SACB_m = \sum \lambda_k \operatorname{sgn} C_k \operatorname{sen} \alpha_k \cos \beta_k$$

$$SB_m = \sum \lambda_k \operatorname{sgn} C_k \operatorname{sen} \beta_k$$

donde las sumas indicadas se extienden para k desde 1 hasta N , pero con $k \neq i, j$.

Definimos también los siguientes coeficientes por derivación parcial de C_i , C_j y $\tilde{\lambda}_m$ con respecto a α y a β :

$$DCA_i = \operatorname{sen} (\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta$$

$$DCB_i = -\cos (\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \operatorname{sen} \beta + \operatorname{sen} \beta_i \cos \beta$$

$$DCA_j = \operatorname{sen} (\alpha_j - \alpha) \cos \beta_j \cos \beta$$

$$DCB_j = -\cos (\alpha_j - \alpha) \cos \beta_j \operatorname{sen} \beta + \operatorname{sen} \beta_j \cos \beta$$

$$DLA_m = (-CACB_m \operatorname{sen} \alpha + SACB_m \cos \alpha) \cos \beta$$

$$DLB_m = (-CACB_m \cos \alpha - SACB_m \operatorname{sen} \alpha) \operatorname{sen} \beta + SB_m \cos \beta$$

En un entorno del punto (α, β) , y para cualquier desplazamiento a lo largo del círculo máximo $C_i = 0$, se tiene

$$\begin{aligned} dC_i &= DCA_i d\alpha + DCB_i d\beta = 0 \\ dC_j &= DCA_j d\alpha + DCB_j d\beta \end{aligned}$$

y por lo tanto

$$\begin{aligned} \tilde{d\lambda}_i &= 0 \\ \tilde{d\lambda}_j &= \lambda_j |DCA_j d\alpha + DCB_j d\beta| \\ \tilde{d\lambda}_m &= DLA_m d\alpha + DLB_m d\beta \end{aligned}$$

puesto que C_j (que es igual a dC_j) toma ambos signos, y los demás C_k (con $k \neq i, j$) conservan sus signos respectivos.

En las expresiones de $\tilde{d\lambda}_j$ y $\tilde{d\lambda}_m$, la condición $dC_i = 0$ permite eliminar $d\beta$ o bien $d\alpha$ (según convenga, para evitar denominadores nulos):

$$\begin{aligned} \tilde{d\lambda}_j &= \lambda_j \left| \frac{DET_{ji}}{DCB_i} d\alpha \right| = \lambda_j \left| \frac{DET_{ji}}{-DCA_i} d\beta \right| \\ \tilde{d\lambda}_m &= \frac{DET_{mi}}{DCB_i} d\alpha = \frac{DET_{mi}}{-DCA_i} d\beta \end{aligned}$$

donde

$$\begin{aligned} DET_{ji} &= DCA_j \cdot DCB_i - DCB_j \cdot DCA_i = -DET_{ij} \\ DET_{mi} &= DCA_m \cdot DCB_i - DCB_m \cdot DCA_i \end{aligned}$$

La suma $\tilde{d\lambda} = \tilde{d\lambda}_m + \tilde{d\lambda}_j$ será positiva o nula para cualquier valor arbitrario de $d\alpha$ o de $d\beta$ si se cumple

$$\lambda_j \cdot |DET_{ij}| \geq |DET_{mi}|$$

Todo el razonamiento debe repetirse intercambiando i con j . De allí resulta

$$\lambda_i \cdot |DET_{ij}| \geq |DET_{mj}|$$

La verificación de ambas condiciones asegura que hay un mínimo relativo en el punto (α, β) .

¶ 4.- FRECUENCIA EN UNA DIRECCIÓN CUALQUIERA.

La aplicación de la fórmula

$$\tilde{\lambda} = \tilde{\lambda}(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^N \lambda_i |\cos(\alpha_i - \alpha) \cos \beta_i \cos \beta + \sin \beta_i \sin \beta|,$$

que ya intervino reiteradamente en los desarrollos anteriores, ha sido incorporada al programa como una opción independiente que permite calcular la frecuencia en cualquier dirección (α, β) .--

Referencias básicas:

J.A. Hudson, S.D. Priest: Discontinuities and rock mass geometry. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 16, pp. 339-362, 1979.

P.F. Wallis, M.S. King: Discontinuity spacings in a crystalline rock. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 17, pp. 63-66, 1980.

S.D. Priest, J.A. Hudson: Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 18, pp. 183-197, 1981.

J.A. Hudson, S.D. Priest: Discontinuity frequency in rock masses. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 20, pp. 73-89, 1983.

A. Karzulovic, R.E. Goodman: Determination of principal joint frequencies. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 22, pp. 471-473, 1985.

O. Hildenberg: Trabajo Final de Licenciatura en Geología (Tema: Evaluación estructural de la fundación de la presa Anizacate). Universidad Nacional de Río Cuarto, 1987.--

AJUSTE DE RESISTENCIA AL CORTE SEGUN EL CRITERIO DE BARTON

La siguiente ley empírica ha sido propuesta por Barton y aplicada por diversos autores para modelizar la resistencia pico de discontinuidades rocosas:

$$\tau_p = \sigma_n \operatorname{tg} \left[JRC \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \Phi_r \right]$$

donde

τ_p = máxima resistencia al corte σ_n = tensión normal JCS = resistencia de la junta a la compresión	}	Tensiones (MPa)
--	---	--------------------

JRC = coeficiente de rugosidad de la junta Φ_r = ángulo de fricción residual	}	Angulos (o)
--	---	----------------

El propósito de este trabajo ha sido automatizar el cálculo de los coeficientes JRC y JCS a partir de los valores de las demás variables obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Cada conjunto de valores medidos comprende un solo valor fijo del ángulo de fricción residual Φ_r y una cierta cantidad de pares (σ_n , τ_p). A criterio del técnico interviniente, el ángulo de fricción residual Φ_r podrá ser reemplazado en ciertos casos por el ángulo de fricción básico Φ_b , recomendándose su evaluación cuidadosa debido a su importante influencia sobre los resultados.

Se ha elaborado un programa (BARTON) que realiza el ajuste de los parámetros según el criterio de cuadrados mínimos por el método simplex [ver Caceci - Cacheris, 1984]. Para acelerar el cálculo se parte de una primera aproximación obtenida por regresión lineal, previa linealización de la ley. Un menú de pantalla facilita el ingreso de datos y el control de la secuencia del procedimiento.

La salida se hace por tablas y por gráficos que, en función de σ_n , muestran los siguientes valores: la resistencia al corte τ_p , el ángulo de fricción instantáneo Φ_i definido por la pendiente de la curva en cada punto, y el ángulo de fricción activo Φ_a que corresponde a la cuerda que une el origen con cada punto de la curva. También se determina el error medio cuadrático.

Las experiencias realizadas han permitido comprobar que el problema de la determinación de los parámetros en función de los datos de ensayo suele ser mal condicionado; esto es, una perturbación accidental de un dato individual puede modificar considerablemente los resultados, especialmente el valor de JCS . Por ello se recomienda no operar con datos escasos. Cada ensayo debería contener no menos de 10 pares de valores.

Se incluye como opción la posibilidad de fijar como dato el valor de JCS (obtenido por ensayos de laboratorio), quedando entonces JRC como único parámetro a determinar.

ESTABILIDAD DE TALUDES EN ROCAS Y SUELOS

Tema: Análisis de estabilidad de taludes. -

Resumen: Se ha desarrollado un modelo estructurado de cálculo por criterios de equilibrio límite para fallas en cuña de taludes en macizos rocosos, considerando máxima carga de variables, subpresión, sismo, etc. Además del cálculo determinístico, se agrega un tratamiento estocástico (optativo) a partir de parámetros estadísticos obtenidos en el procesamiento de datos estructurales (ver Informe 1.1 citado en Referencias).

También se ha desarrollado un modelo para fallas circulares, aplicable a suelos o a rocas fracturadas, con posibilidad de tomar en cuenta las características no lineales del material. -

¶ 1.- FALLAS EN CUNA: CÁLCULO DETERMINISTICO.

El procedimiento de cálculo de fallas en cuña implementado en el programa TALUD ha sido tomado del libro de Hoek y Bray citado en Referencias, pero con extensas adaptaciones para facilitar su uso y para sistematizar el proceso.

DATOS:

Los siguientes datos deben suministrarse en un archivo elaborado según el modelo que se acompaña, o bien (optativamente) ingresarse por teclado.

Aun cuando se elija ingresar los datos por archivo, algunos

de ellos pueden después ser modificados por teclado para el procesamiento de distintos casos.

Los ángulos se miden en grados, a saber: azimutes en sentido horario desde el Norte (NESW), buzamientos e inclinaciones desde el horizonte con signo positivo hacia abajo. Para las demás magnitudes (longitudes, fuerzas, y sus derivados) puede emplearse cualquier sistema de unidades, con tal de que sea coherente.

El talud y la posible falla en cuña quedan definidos por datos geométricos y físicos, referidos casi todos a cinco planos:

- ▶ #1 y #2: los dos costados de la cuña (planos de discontinuidad);
- ▶ #3: la superficie superior del terreno;
- ▶ #4: el frente del talud;
- ▶ #5: la fractura de tensión, en caso de existir.

En lo que se refiere al procedimiento de cálculo, la única diferencia entre los planos #1 y #2 consiste en que el primero se toma como referencia para las dimensiones lineales (H_1 , L).

Los datos son los siguientes:

- ▶ (α_i, ψ_i) , $i=1, \dots, 5$: Azimut e intensidad de buzamiento para los cinco planos. Si no existe fractura de tensión, esto se indica convencionalmente dando un valor negativo cualquiera a α_5 .
- ▶ (c_i, ϕ_i) , $i=1, 2$: Fuerza de cohesión y ángulo de fricción de los planos #1 y #2 (Ley de Coulomb).
- ▶ H_1 : Altura del talud, referida al plano #1.
- ▶ L : Distancia desde la cresta hasta la fractura de tensión, medida a lo largo de la traza del plano #1. Si no hay fractura de tensión, debe darse de todos modos un valor cualquiera.
- ▶ η : Signo del talud. Vale +1 si la cresta está situada por detrás del pie, y vale -1 si la cresta avanza con respecto al pie.
- ▶ (γ, γ_v) : Pesos específicos de la roca y del agua.
- ▶ (T, α_6, ψ_6) : Magnitud, azimut e inclinación de la fuerza de anclaje (cables y bulones).
- ▶ (E, α_7, ψ_7) : Magnitud, azimut e inclinación de la carga exterior (fuerza sísmica).

PROCEDIMIENTO DE CALCULO:

Tras la lectura de los datos el programa calcula numerosos parámetros referidos a la geometría de la cuña. Luego verifica la coherencia de los datos: debe existir una cuña cuyo deslizamiento sea cinemáticamente posible, y en caso de existir fractura de tensión, los datos de ésta deben ser compatibles con los de la cuña. La ejecución continúa solamente si se cumplen estas condiciones; de lo contrario, termina con un mensaje de error.

Todos los cálculos que se describen a continuación se hacen en dos versiones: para talud saturado y para talud seco. La primera corresponde al caso en que las caras de la cuña y la fractura de tensión están completamente llenas de agua. Se trata de dos situaciones extremas que el programa toma en cuenta automáticamente en forma paralela, sin variantes optativas. Sin embargo, si el usuario quisiera considerar una situación intermedia, podría obtenerla asignando artificialmente un valor menor que el real al dato correspondiente al peso específico del agua (γ_v).

Un menú provee tres opciones de cálculo que pueden ejercitarse en cualquier orden y cuantas veces se desee, lo que permite modificar por teclado los datos de la fuerza de anclaje T y/o de la carga exterior E (según el caso).

Con las dos primeras opciones se obtiene como resultado el factor de seguridad F . Para la tercera, el valor de F es un dato que debe ingresarse por teclado.

► Opción 1: Cálculo del factor de seguridad F cuando las fuerzas T y E son nulas o están especificadas en magnitud y dirección.

► Opción 2: Cálculo del mínimo factor de seguridad F que se obtiene con una carga exterior E de magnitud dada. En este caso el programa determina también el azimut y la inclinación que corresponden a la dirección más desfavorable de la carga E .

► Opción 3: Cálculo de la fuerza de anclaje T de magnitud mínima que se requiere para alcanzar un valor prefijado del factor de seguridad F . En este caso el programa determina también el azimut y la inclinación que corresponden a la dirección óptima de la fuerza de anclaje T .

¶ 2.- FALLAS EN CUÑA: CÁLCULO ESTADÍSTICO.

En la práctica, la orientación geométrica de los planos de posible falla se conoce con una cierta indeterminación. Un tratamiento realista de la incertidumbre resultante puede encararse mediante un planteo estadístico, para el cual existen muchas variantes factibles.

Por razones de claridad, sencillez y aprovechamiento del trabajo ya realizado, hemos elegido el tratamiento implementado en el programa TALEST, que se describe a continuación.

El azimut de buzamiento (α) y la intensidad de buzamiento (ψ) de un plano de discontinuidad no se prestan con facilidad para ser directamente utilizados como variables aleatorias. En cambio, el tratamiento ya realizado en nuestro trabajo "Representación de planos de discontinuidades geológicas en proyección equiareal", que amplía y desarrolla un planteo anterior de Grossman (ver Referencias) permite utilizar una distribución normal bivariada en el plano tangente a la esfera unidad, con punto de contacto en el polo promedio de cada familia de planos. Los datos que aquí se

requieren son algunos de los resultados proporcionados por el programa de proyección equiareal.

Concretamente, a los datos descriptos en la sección anterior se requiere agregar los siguientes, para cada uno de los planos #1 y #2:

► $(\sigma_M, \sigma_m, \omega_M)$: Semiejes de la elipse de dispersión sobre el plano tangente (desviaciones standard), y ángulo (en grados) medido en sentido horario desde el plano meridiano hasta el eje mayor.

Los datos de orientación de los planos #1 y #2 que aparecen al principio del archivo de datos son interpretados por TALEST como valores que definen en cada caso el polo promedio. A partir de allí y de la elipse de dispersión, mediante un procedimiento para la generación de números al azar con distribución gaussiana, se generan sucesivas posiciones aleatorias del par de polos que definen las orientaciones de ambos costados de la cuña.

Para cada corrida aleatoria se realiza todo el cálculo descripto en ¶ 1, comenzando por la verificación de la geometría de la cuña. Solamente si esta geometría resulta válida el cálculo prosigue hasta su terminación; de lo contrario, la corrida se descarta y se genera inmediatamente otra.

Continuamente se exhiben en pantalla el promedio y la desviación standard de los valores calculados hasta el momento para el factor de seguridad F (Opciones 1 y 2) o para la magnitud de la fuerza de anclaje T (Opción 3). Siempre estos cálculos se realizan paralelamente para los casos de talud saturado y talud seco. Al completarse una cantidad prefijada de corridas con geometría válida, se exhiben los valores finales.

¶ 3. - FALLAS CIRCULARES.

El programa CIRCULAR aplica el método de Bishop (1955) adaptado por Hoek. La geometría de la falla se supone definida por su centro y su radio. A los efectos del cálculo el talud se considera dividido en franjas que pueden corresponder a diferentes características materiales. Para cada franja deben proporcionarse como datos el ángulo de inclinación de la superficie de deslizamiento, la altura de la franja, la altura del agua subterránea y el ancho de la franja.

Los datos generales incluyen, además de la densidad del material y la subpresión en la grieta de tensión, los valores de los parámetros que definen el comportamiento no lineal del material según una ley de tipo Hoek; como variante optativa, puede aplicarse una ley de tipo Coulomb dando para cada franja los valores de la densidad, el ángulo de fricción y la cohesión del material.

El cálculo del factor de seguridad se realiza en forma iterativa hasta satisfacer una tolerancia prefijada.

Tanto el centro como el radio de la superficie de deslizamiento se suponen definidas *a priori*. Por lo general será necesario realizar el cálculo varias veces con distintas

posiciones. Queda como proyecto a desarrollar en el futuro próximo la determinación automática de los valores críticos que proporcionan el mínimo factor de seguridad.

REFERENCIAS

E. Hoek, J.W. Bray: *Rock slope engineering*. London: Institution of Mining and Metallurgy, 1977.

N.F. Grossman: The bivariate normal distribution on the tangent plane at the mean attitude. *Proceedings of the International Symposium on Fundamentals of Rock Joints*, Björkliden, 1985, pp. 3-11.

P.H.S.W. Kulatilake, R.E. Finley, A. Ghosh: Effect of variability of joint orientation and strength on factor of safety of wedge stability. *Proceedings of the International Symposium on Fundamentals of Rock Joints*, Björkliden, 1985, pp. 25-33.

O. Hungr: An extension of Bishop's simplified method of slope stability analysis to three dimensions. *Geotechnique* 37, No. 1, pp. 113-117, 1987.

A. Niell, G. Jazan, N. Vendramini: Representación de planos de discontinuidades geológicas en proyección equiareal. *FaMAF, Informe (1.1) presentado por convenio con la Empresa Agua y Energía Eléctrica de la Nación*, Córdoba, julio 1991.

MODELOS DE ARCHIVOS DE DATOS

Para el programa TALUD, con fractura de tensi"n:

Planos #1 a #5: Azimut e inclinaci"n de buzamiento [grados; NESW, + abajo]:

105.0	45.0	{#1: plano de discontinuidad y traza de referencia}
235.0	70.0	{#2: plano de discontinuidad}
195.0	12.0	{#3: superficie superior del terreno}
185.0	65.0	{#4: frente del talud}
165.0	70.0	{#5; fractura de tensi"n; si no hay, azimut negativo}

Para planos #1 y #2: Cohesi"n [lb/ft2] y ngulo de fricci"n [grados]:

500.0	20.0
1000.0	30.0

Altura del talud y distancia de la grieta [ft]; signo del talud [q 1]:

100.0	40.0	1.0
-------	------	-----

Pesos espec/ficos de la roca y del agua [lb/ft3]:

160.0	62.5
-------	------

Fuerza de anclaje: magnitud [lb], azimut, inclinaci"n [grados, + abajo]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Fuerza exterior : magnitud [lb], azimut, inclinaci"n [grados, + abajo]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Para el programa TALUD, sin fractura de tensi"n:

Planos #1 a #5: Azimut e inclinaci"n de buzamiento [grados; NESW, + abajo]:

197.0	84.0	{#1: plano de discontinuidad y traza de referencia}
044.0	35.0	{#2: plano de discontinuidad}
040.0	10.0	{#3: superficie superior del terreno}
065.0	45.0	{#4: frente del talud}
-99.9	0.0	{#5; fractura de tensi"n; si no hay, azimut negativo}

Para planos #1 y #2: Cohesi"n [Tn/m2] y ngulo de fricci"n [grados]:

0.0	30.0
0.0	30.0

Altura del talud y distancia de la grieta [m]; signo del talud [q 1]:

10.0	0.0	1.0
------	-----	-----

Pesos espec/ficos de la roca y del agua [Tn/m3]:

2.7	1.0
-----	-----

Fuerza de anclaje: magnitud [Tn], azimut, inclinaci"n (+:abajo) [grados]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Fuerza exterior : magnitud [Tn], azimut, inclinaci"n (+:abajo) [grados]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Para el programa TALEST:

Planos #1 a #5: Azimut e inclinaci"n de buzamiento [grados; NESW, + abajo]:

164.0	71.0	{#1: plano de discontinuidad y traza de referencia}
044.0	35.0	{#2: plano de discontinuidad}
040.0	10.0	{#3: superficie superior del terreno}
040.0	65.0	{#4: frente del talud}
070.0	77.0	{#5; fractura de tensi"n; si no hay, azimut negativo}

Para planos #1 y #2: Cohesi"n [Tn/m2] y ngulo de fricci"n [grados]:

0.0	30.0
0.0	30.0

Altura del talud y distancia de la grieta [m]; signo del talud [q 1]:

10.0	5.0	1.0
------	-----	-----

Pesos espec/ficos de la roca y del agua [Tn/m3]:

2.7	1.0
-----	-----

Fuerza de anclaje: magnitud [Tn], azimut, inclinaci"n (+:abajo) [grados]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Fuerza exterior : magnitud [Tn], azimut, inclinaci"n (+:abajo) [grados]:

0.0	0.0	0.0
-----	-----	-----

Elipse de dispersi"n para Planos #1 y #2: eM [1], em [1], wM [grados]:

0.188	0.117	87.0
0.267	0.153	59.9

Para el programa CIRCULAR, con opci"n 1 (ley no lineal):

Propiedades del material: m c A B

0.130 0.00001 0.203 0.686
 Propiedades del material: σ_c [MPa], σ_t [MPa]; γ_m [MN/m³], γ_{mw} [MN/m³]
 150 -0.012 0.025 0.010
 Agua en la fractura de tensiⁿ: $+\gamma_{mw} * z^2 * a/R$ [MN/m]
 0.049

Cantidad de franjas
 8

Para cada franja: ' [x], $\gamma_m * h$ [MPa], $\gamma_{mw} * h_w$ [MPa], $\Delta \epsilon_x$ [m]

62	0.663	0.075	4
55	0.769	0.125	6.5
44	0.794	0.150	8.5
36	0.625	0.140	4
31	0.544	0.125	8
25	0.438	0.095	4
20	0.313	0.060	8
12	0.188	0.002	4

Para el programa CIRCULAR, con opciⁿ 2 (ley de Coulomb):

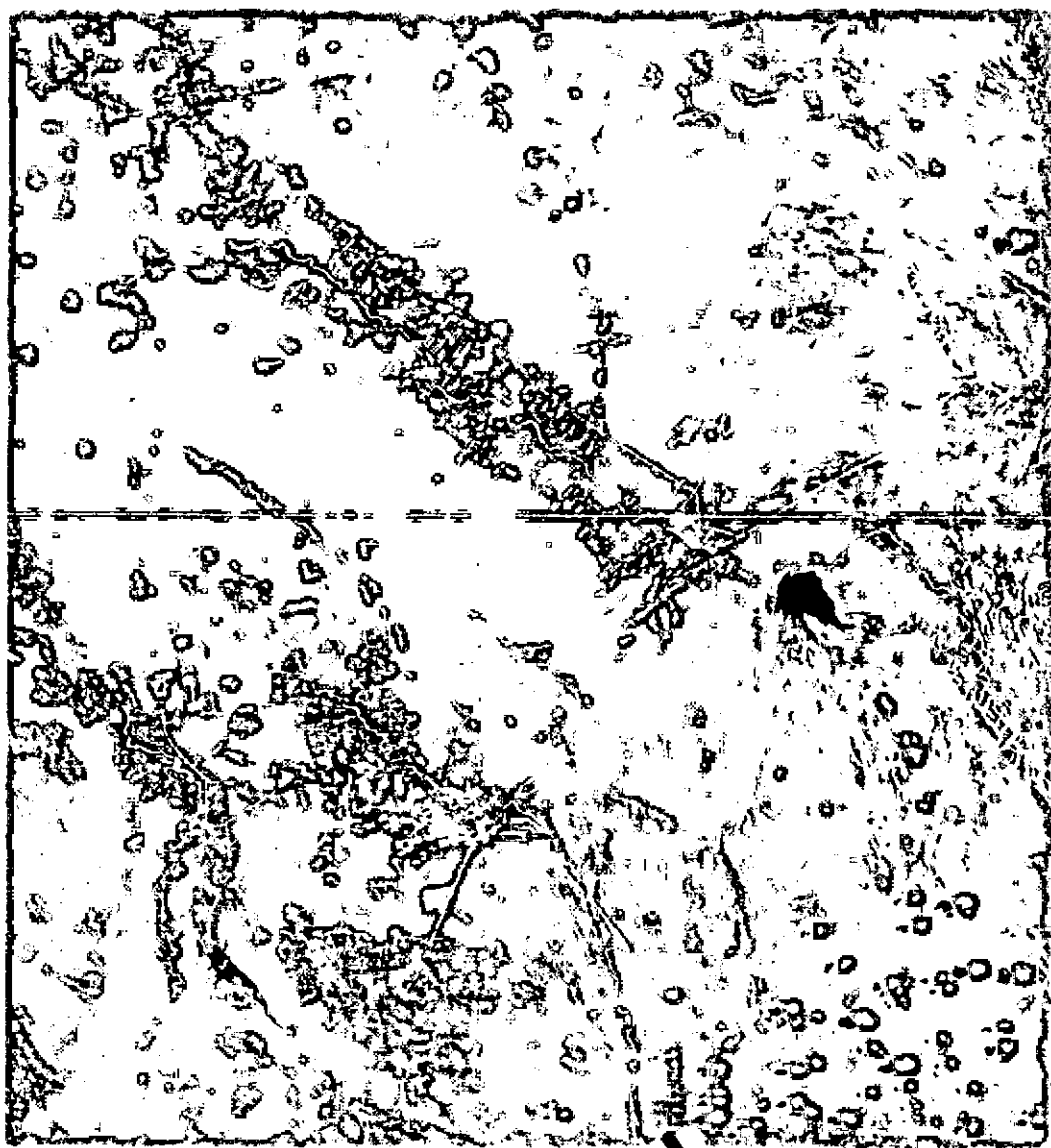
Densidades: γ_m [MN/m³], γ_{mw} [MN/m³]
 0.025 0.010
 Agua en la fractura de tensiⁿ: $+\gamma_{mw} * z^2 * a/R$ [MN/m]
 0.049

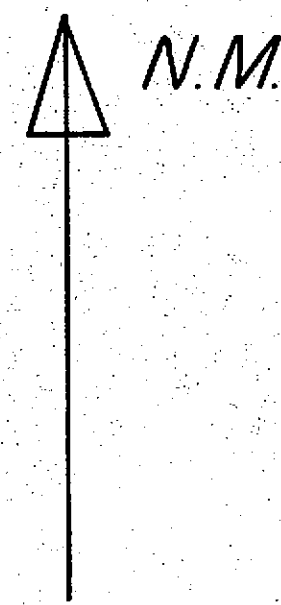
Cantidad de franjas
 8

Por franjas: ' [x], $\gamma_m * h$ [MPa], $\gamma_{mw} * h_w$ [MPa], $\Delta \epsilon_x$ [m], $\tan \phi$, c [MPa]

62	0.663	0.075	4	1.139	0.111
55	0.769	0.125	6.5	1.025	0.134
44	0.794	0.150	8.5	0.945	0.157
36	0.625	0.140	4	0.998	0.141
31	0.544	0.125	8	1.021	0.135
25	0.438	0.095	4	1.059	0.126
20	0.313	0.060	8	1.140	0.110
12	0.188	0.002	4	1.203	0.101

ANEXO 7





ESCALA 1:250

LIMITE DE LEVANTAMIENTO

LIMITE DE LEVANTAMIENTO

Zona II

Zona IV

Zona III

Zona II

Zona I

ZONA CON COBERTA
VEGETAL Y BLOQUES

ZONA CON PLANCHADA
DE CONCRETO

MURO DE ALA

ZONA DE COMPUERTAS

ZONA DE VERTEDERO

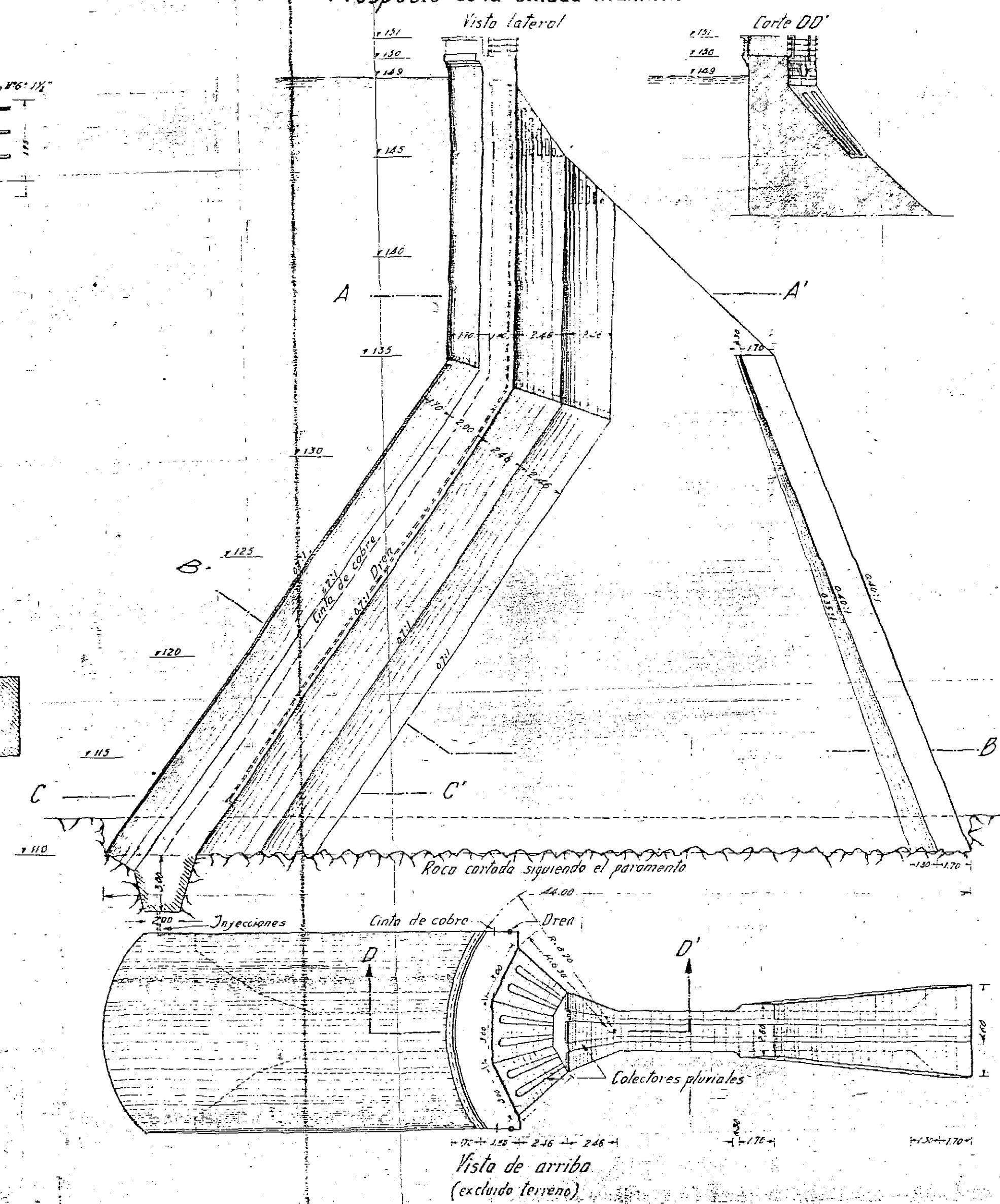
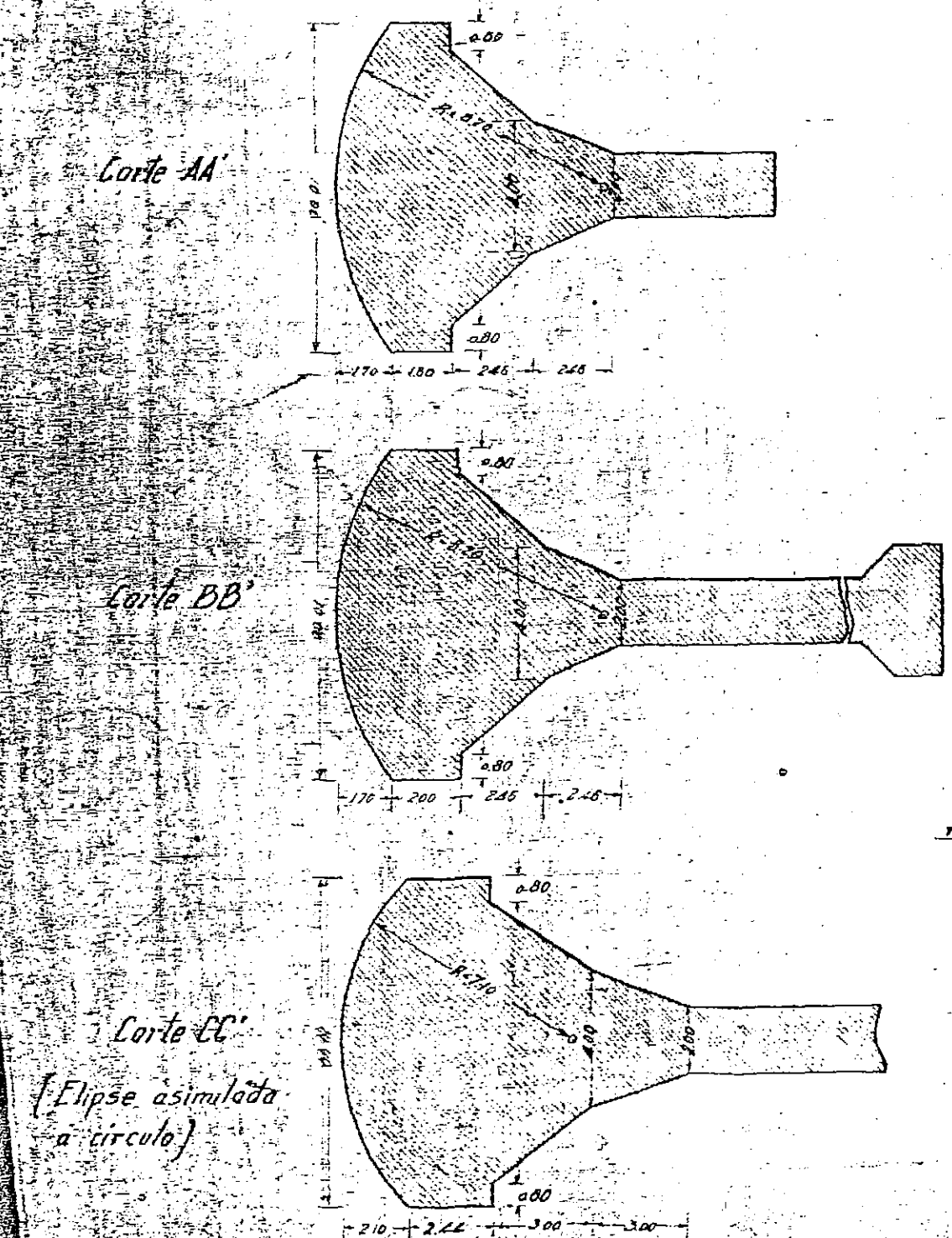
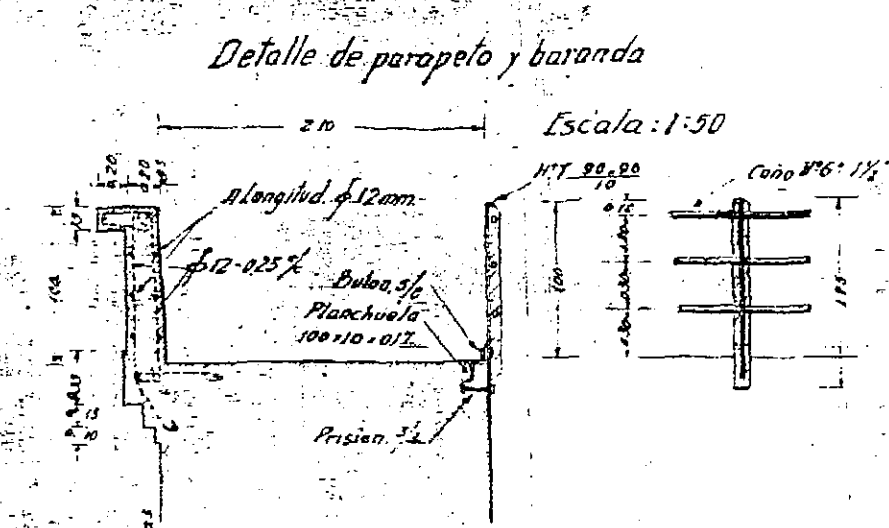
PLANO DE :

*Levantamiento Taquimetrico y
Zonificacion Geotecnica del Macizo
de emplazamiento del Vertedero y
Compuertas Automaticas*

REFERENCIAS

- | | |
|--|--|
| | ROCA APLITICA CON DIQUES MUY ALTERADOS |
| | GNEIS ESQUISTOSO |
| | GNEIS COMPACTO MASIVO |
| | GNEIS DE GRANO GRUESO AIGO ESQUISTOSO |
| | CONTACTO LITOLOGICO |
| | FALLA |
| | FALLA INFERIDA |
| | ORIENTACION DIACLAVAMIENTO |
| | DIACLASAS PERSISTENTES |

Prospecto de la unidad máxima



Dirección General de Hidráulica Córdoba, R.A.

EMBALSE DEL RIO CRUZ DEL EJE

Ley N° 3732- Art 48 Inc 6 Proyecto del Ing. B. A. Reolín

Contrafuertes de cabeza redonda

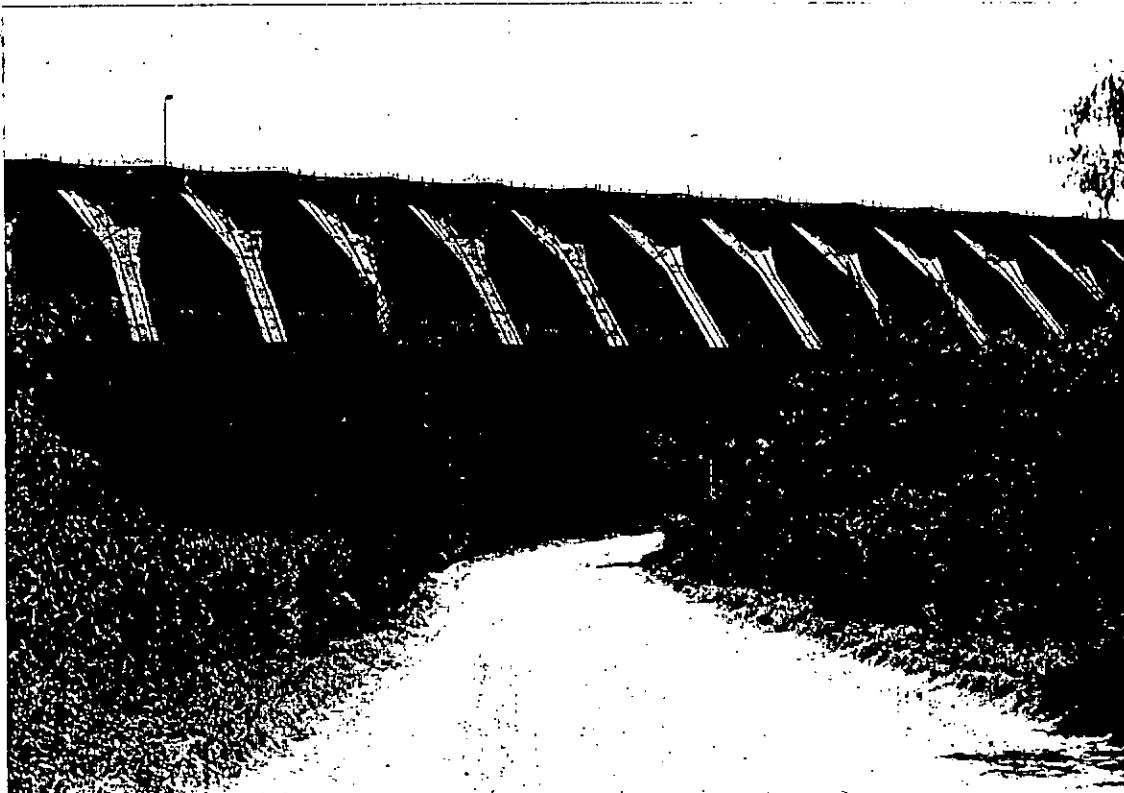
Escalas

Presidente

Jefe de Obra

Directores

Córdoba Mayo de 1930



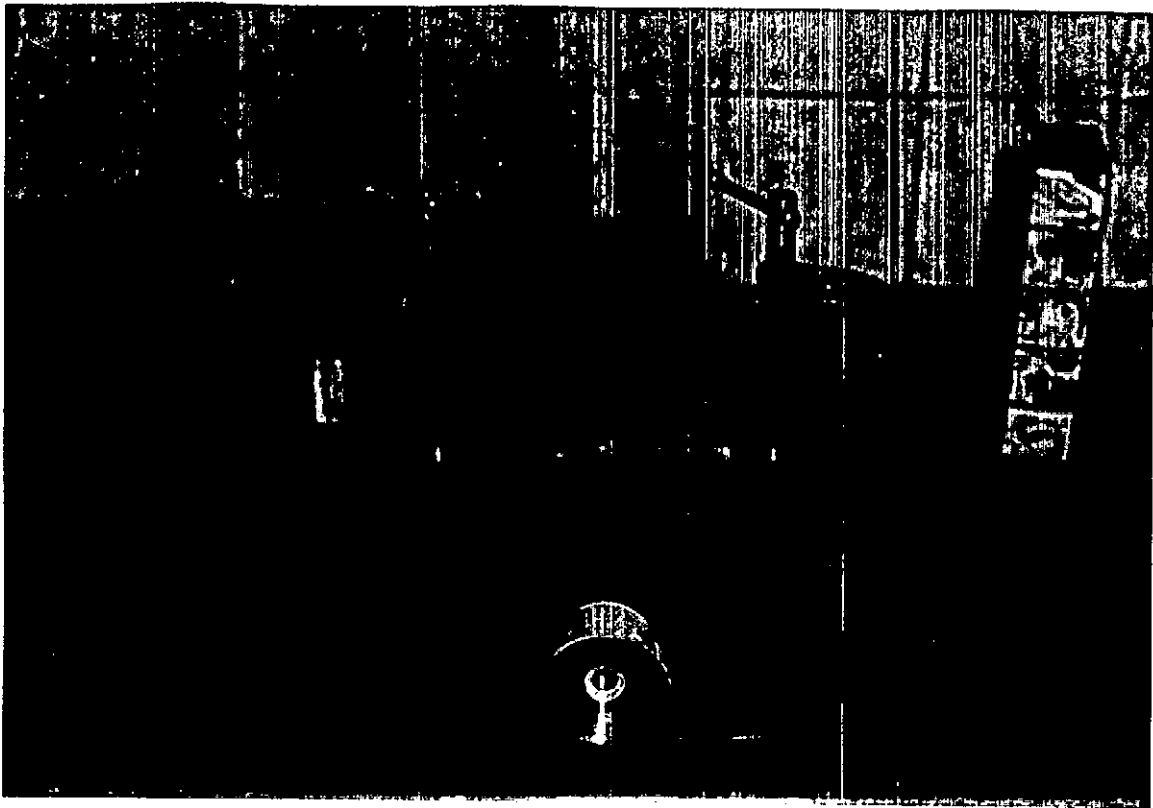
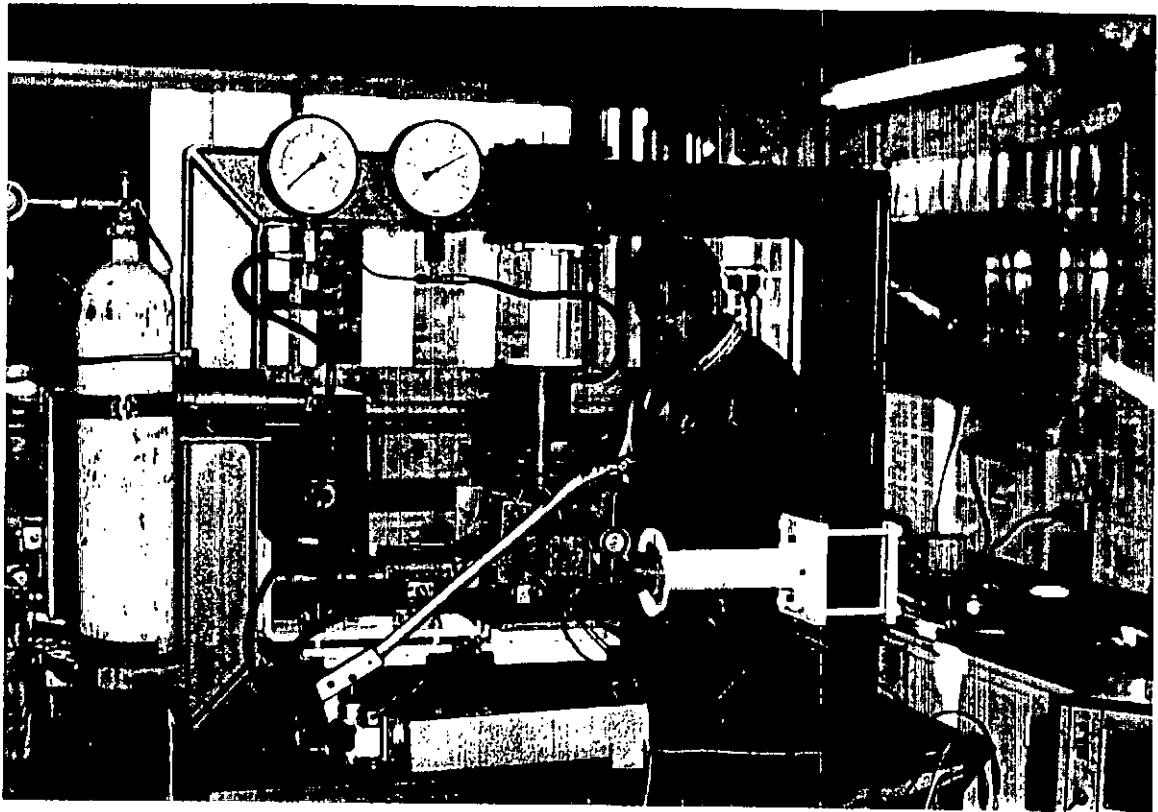
1



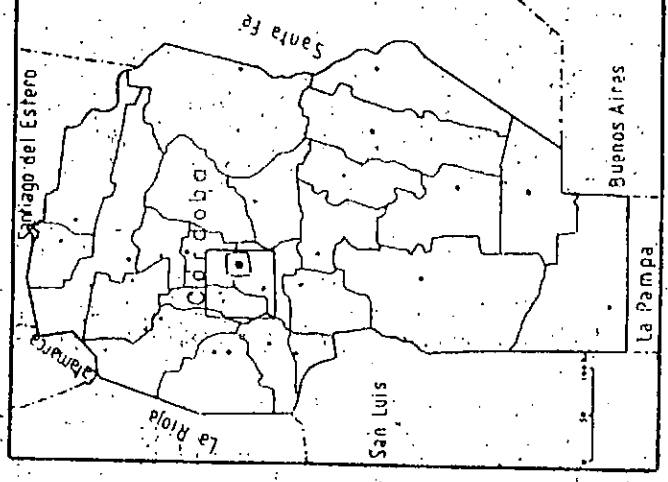
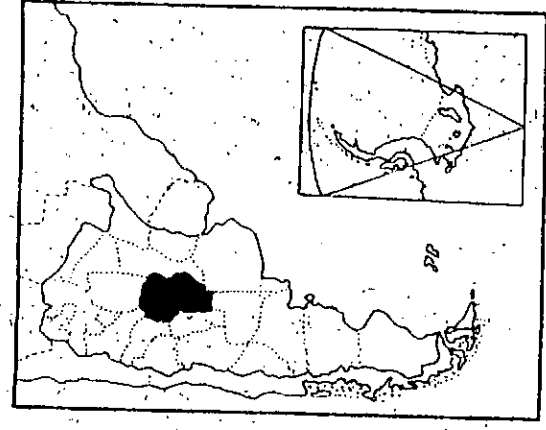
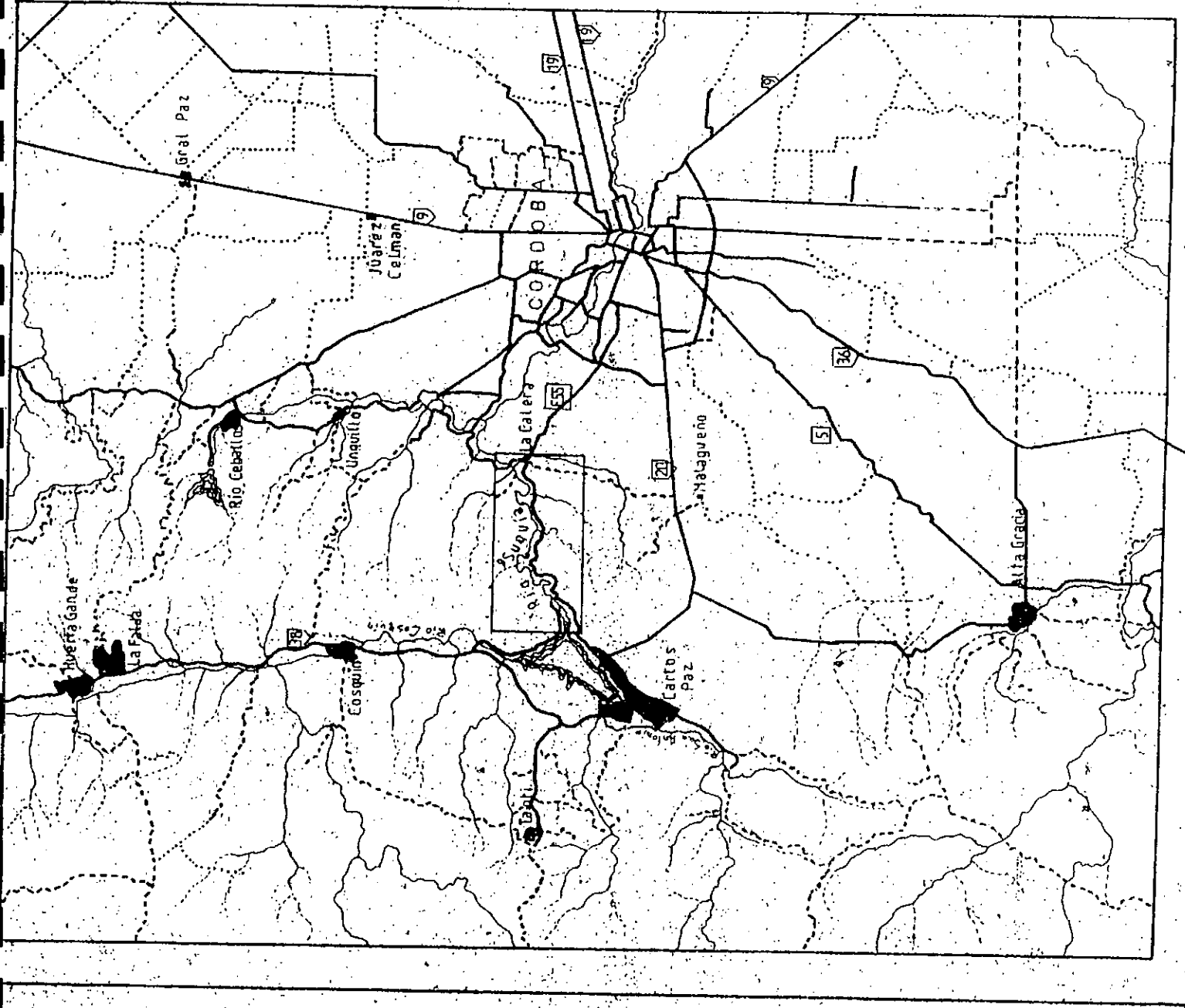
2



3



ANEXO 8



Ubicación y Accesos





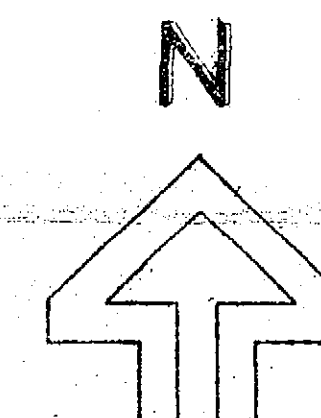
15-28
1111
162.30







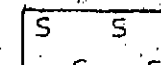


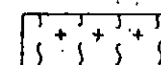


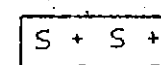


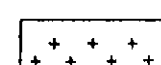


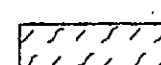


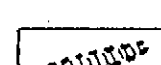


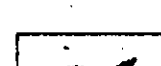

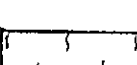
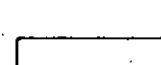
15 A7-26
152.30

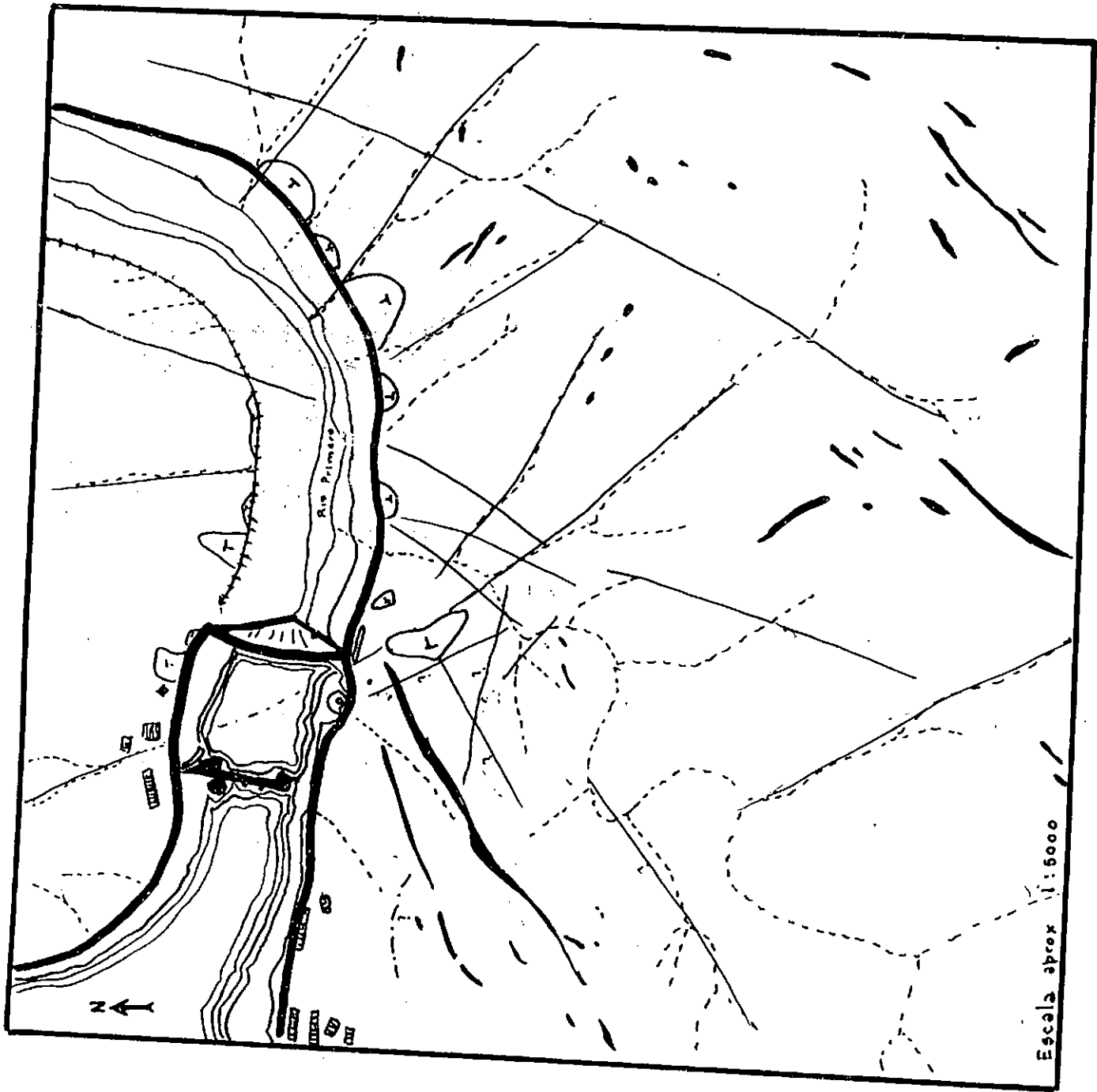




ESCALA APROX. 1:20000

REFERENCIAS

 Ruta	 Cantera	 Gneis Biotítico Muscovítico
 Calle-Camino Consolidado	 Río y Arroyo	 Gneis Tonalítico Granítico
 Via Férrea	 Cauce Temporario	 Gneis Granítico Cordieri
 Acueducto	 Embalse	 Granito
 Edificio	 Depósitos Fluviales	 Granulitas
 Puente	 Falla	 Anfibolitas y Calizas
 Dique	 Contacto Litológico	 Filonianas Acidas
 Tanque	 Gneis Tonalítico	 Cubierta Moderna



REFERENCIAS

- RUTA
- ▴ DIQUE
- ⌋ LAGO
- CAMINO SECUNDARIO
- ▴ TALUD
- +++ VIA FERREA
- == RIO
- CAUCE TEMPORARIO
- FILONES ACIDOS
- / FALLA

GNEIS DIOTITICO
MUSCOVITICO

51

