

## HOJA Nº 387 (FRAGA)

### NEOTECTONICA.

Luis ARLEGUI CRESPO y Carlos LIESA CARRERA  
Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza.

#### INTRODUCCION.

Antes de pasar a describir e interpretar las estructuras neotectónicas que aparecen en el ámbito de la hoja estudiada conviene explicar cuáles son los límites cronológicos que se han establecido para definirlas, así como los criterios por los que pueden reconocerse e identificarse sus distintos tipos. En este trabajo se han considerado como estructuras pertenecientes al ámbito de la neotectónica aquéllas cuya edad, comprobada o interpretada, se sitúa en el Mioceno superior, Plioceno o Cuaternario. Hay que dejar claro que ello no implica que nuestro estudio deba limitarse estrictamente a las deformaciones que afectan a depósitos datados en estos períodos. De hecho, si siguiéramos este criterio, nuestro estudio se vería enormemente restringido (prácticamente debería limitarse a cinco casos de deformación observada en depósitos cuaternarios), ya que en la hoja no parecen existir depósitos pliocenos o del Mioceno superior.

Teniendo esto en cuenta, existen tres tipos fundamentales de deformaciones que afectan únicamente a los materiales de la serie miocena, pero cuya edad puede interpretarse razonablemente como situada en el Mioceno superior-Plioceno:

(a) Basculamientos de la serie miocena, que pueden correlacionarse con otros observados en hojas vecinas afectando a extensiones de bastantes kilómetros cuadrados, y que deben de haberse producido en etapas tardías o posteriores respecto a la sedimentación de la misma.

(b) Sistemas de diaclasas de escala generalmente decimétrica a métrica, que afectan a los niveles competentes oligocenos, miocenos (calizas y areniscas, fundamentalmente) y cuaternarios, y siguen unos patrones geométricos bastante

sistemáticos que, como ya veremos, permiten relacionarlas con las trayectorias regionales del campo de esfuerzos reciente.

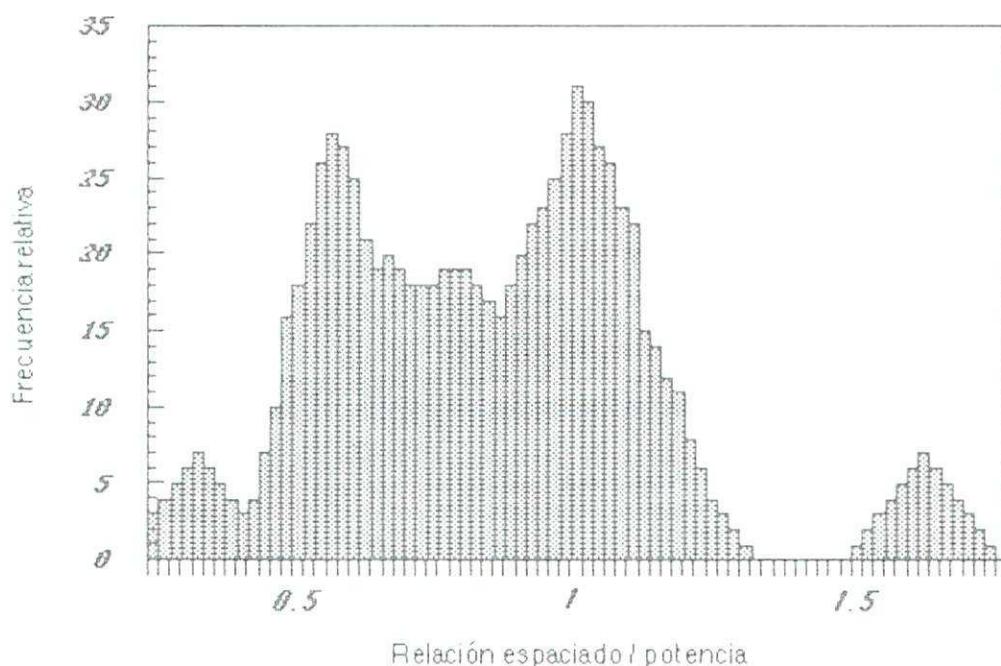
(c) Sistemas de fallas normales de pequeño o nulo desplazamiento, a partir de cuyos planos y estrías pueden reconstruirse los estados de paleoesfuerzos bajo los que fueron activadas.

## BASCULAMIENTOS DE LA SERIE MIOCENA.

En varios sectores de la hoja las capas aparecen levemente basculadas (unos 2° en promedio) hacia el W o el SW. Esta inclinación se aprecia tanto por la traza de las líneas de capa en el mapa topográfico como la observación panorámica *in situ* (foto 1, ver apéndice). En el mapa a escala 1:50.000 se ha representado este basculamiento mediante la utilización del símbolo correspondiente. Quizá este hecho no mereciera una mayor atención de no ser porque la misma disposición puede seguirse hacia el NW en todo el ámbito de las sierras de Sigüenza y Alcubierre y su entorno (hojas de Castejón de Monegros, Lanaja, Leciñena, Zuera y Almudévar). Así pues, a pesar de que la magnitud de la inclinación es pequeña, nos encontramos ante una estructura de primer orden en el sector central de la Cuenca del Ebro.

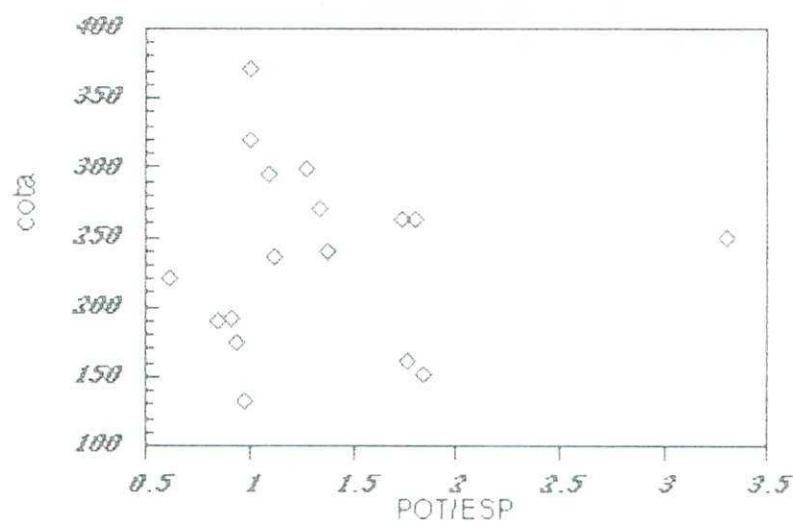
## SISTEMAS DE DIACLASAS.

Todos los niveles competentes oligocenos y miocenos, con un especial desarrollo en las calizas y areniscas, muestran un diaclasado bastante intenso, con planos generalmente subverticales de escala decimétrica a métrica. El espaciado entre los planos de una misma familia es función del propio espesor de las capas afectadas, de forma que aumenta al hacerlo éste. El cociente entre espaciado de diaclasas y espesor de capas suele estar comprendido entre 0.4 y 1.5, con dos máximos relativos en 0.5 y 1 (Ver gráfica nº 1). HANCOCK y ENGELDER (1989), en un estudio sobre diaclasas en el que presentan algunos ejemplos de la Depresión del Ebro, sugieren que, para un espesor dado de las capas, el espaciado de las diaclasas de una familia aumenta con la cota de la estación de medida. Sin embargo, a partir de las mediciones hechas por nosotros no se desprende tal relación. Las gráficas 2 y 3 muestran que tanto el espaciado absoluto como el cociente espaciado / espesor tienen unos rangos de



**Figura 1.** Diferencia entre el espaciado y la potencia de las capas expresada como porcentaje. Datos de 17 estaciones. El gráfico ha sido suavizado (V. anexo) dos veces. La frecuencia relativa se obtiene en el proceso de suavizado, es un valor arbitrario cuyo único sentido es el de comparar unos datos con otros.

variación constantes independientemente de la cota del afloramiento en que se han medido. Aunque en el gráfico de relación espaciado-cota quizás se puede definir una recta de regresión con pendiente positiva, es evidente que el coeficiente de correlación entre ambas variables es demasiado pequeño para tomarlo seriamente en consideración.



**Figura 2.** Variación de la relación potencia/espaciado con la cota.

Lo que si se aprecia en la gráfica 4 es que para mayores espesores de las capas el cociente potencia / espaciado también aumenta lo que significa que el espaciado en las capas gruesas es menor proporcionalmente que en las de menor potencia.

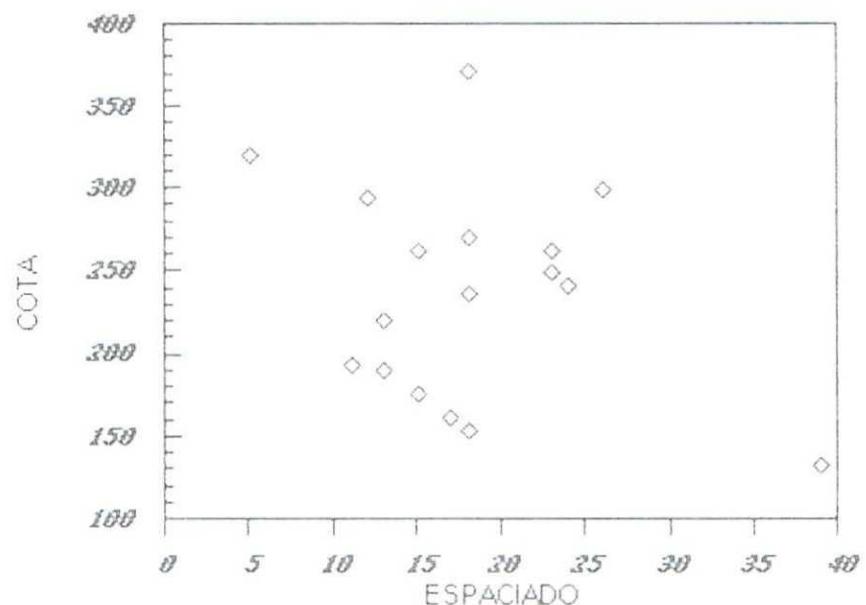


Figura 3. Variación del espaciado entre diaclasas de la familia N-S según la cota de la estación de medida. Se aprecia que ambas son independientes.

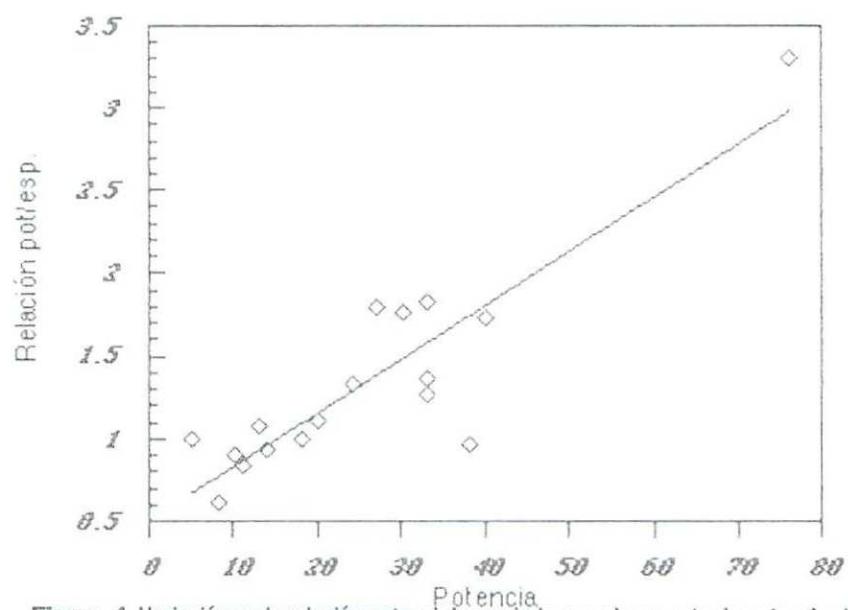


Figura 4. Variación en la relación potencia/espaciado con el aumento de potencia. Al aumentar la potencia de las capas el espaciado va siendo proporcionalmente menor

Se trata de planos de traza rectilínea, en general, si bien algunos presentan cierta irregularidad, especialmente los que aparecen en litologías detríticas. Su continuidad oscila según de qué familia se trate: la familia N-S posee una continuidad de escala métrica a decamétrica, en tanto que la familia E-W la tiene centimétrica a decimétrica, dada su relación de corte con la anterior. Las superficies son lisas y solo en pocos casos aparecen marcas de superficie predominando los escalonados, aunque también se han encontrado unas escasas y débiles marcas plumosas (*hackle marks*).

Se han estudiado un total de 28 estaciones de diaclasas. En cada una se han tomado, como mínimo, 50 medidas de direcciones. Anexos a esta memoria se presentan los histogramas "suavizados" correspondientes a todas ellas, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes y sus relaciones de corte. Se observa cómo en la mayoría de las estaciones aparece una familia principal de dirección próxima a N-S (ligeramente desviada, en unos casos, hacia NNW y, más raramente, hacia NNE) contra la que se corta una segunda familia perpendicular ó casi perpendicular a la anterior. Lo normal es que la familia N-S sea numéricamente la más importante debido a que presenta un espaciado menor, pero también existen muchos casos en los que ambas tienen un peso similar (estaciones 4, 11, 12, 17).

La familia N-S es la más sistemática de ambas (foto 2 del apéndice), lo que se pone de manifiesto por una menor dispersión de las orientaciones en cada afloramiento (Ver histogramas anexos) su orientación oscila en el ámbito de la Hoja desde NNE (011, caso más extremo, estación 11) hasta NNW (165, el más inclinado al W, estación 1). La familia E-W es menos sistemática, y su orientación va desde 072 hasta 109 en aquellos afloramientos en que el sistema es simple (donde sólo aparece una familia E-W). En las estaciones 5, 8, 13, y 22, esta familia, siempre secundaria, se presenta como bimodal.

Si seguimos la clasificación realizada por HANCOCK (1985) para los estilos arquitectónicos, observamos que predomina el estilo en H (foto 3 del apéndice), formado por una familia primaria sistemática contra la que se corta una secundaria que puede tener (como es nuestro caso) una menor sistematicidad. No obstante, en algunos afloramientos (3, 4, 9, y 12) se ha detectado, coexistiendo con el anterior, el estilo en A, en el que los "brazos" de la A los forman diaclasas N-S cuya bisectriz es paralela aparentemente a las diaclasas también N-S del esquema en H, y contra las que se cortan diaclasas pertenecientes a la familia E-W. En estos casos se observó que el afloramiento presentaba una cierta zonación, con ambos estilos alternándose,

apareciendo el A a intervalos aproximadamente regulares. Observaciones en afloramientos privilegiados en la cercana Hoja de Peñalba inducen a pensar que no se trata propiamente del esquema en A, sino de zonas lenticulares de diaclasas híbridas tensionales. No obstante, se trate de un caso u otro la interpretación será la misma.

El patrón de diaclasado descrito es constante en todo el sector central de la Cuenca del Ebro y Cordillera Ibérica, y afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y Cuaternario. Tales características regionales permiten explicarlo en el contexto del campo de esfuerzos reciente. El modelo propuesto por SIMON GOMEZ (1989) para dicho campo de esfuerzos postula, en síntesis, la superposición de una compresión N-S (originada por el acercamiento entre las placas Africana, Ibérica y Europea, muy activa en las Béticas en ese tiempo y mitigada al desplazarnos hacia el Norte) y una distensión radial o multidireccional (causada por un proceso de *doming* cortical ligado al *rifting* del Este peninsular). El resultado es un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje  $\sigma_2$  situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje  $\sigma_1$  del campo compresivo. Paralela a dicho eje se formaría la familia principal N-S de fracturas tensionales. En el momento en que esto ocurre el esfuerzo  $\sigma_3$  extensivo experimenta una relajación que da lugar a su intercambio con el eje  $\sigma_2$ , lo que propicia la formación de nuevas fracturas perpendiculares a las primeras. Este tipo de intercambio de ejes, y las consecuencias que tiene sobre el esquema de fracturación, han sido demostrados recientemente mediante modelización de campos de extensión radial tanto desde el punto de vista matemático (utilizando el método de los elementos finitos) como experimental (SIMON *et al.*, 1988).

Existen algunos afloramientos en los que el esquema de fracturación no es exactamente el mismo, bien porque aparece alguna otra familia de fracturas añadida a las dos mencionadas o bien porque dominan otras direcciones., con dominio de una dirección NE, o con dominio de una dirección ESE a SE. Estas direcciones anómalas podrían interpretarse como producto de una desviación de las trayectorias de esfuerzos por efecto de fallas mayores preexistentes en el sustrato. De acuerdo con los mismos modelos de SIMON *et al.* (1988), las trayectorias de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  son desviadas por dichas fallas y tienden a hacerse paralelas o perpendiculares a las mismas. Si tenemos en cuenta que la existencia de una fracturación mayor ESE a SE parece algo consustancial a la estructuración de la Cuenca del Ebro y que, de hecho, en toda la mitad sur de las hojas vecinas de Peñalba y Castejón de Monegros se extiende un haz de fracturas de esa dirección, no parece descabellada dicha interpretación. Una estructura que muestra

tal orientación en nuestra hoja, se ha encontrado en la estación 3 (zona SW del mapa), y se trata de una pequeña estructura diapírica alargada en dirección 140, como demuestra el análisis estereográfico de la estratificación de sus flancos (ver foto 4 y proyección estereográfica del apéndice). Interpretamos que el diapiro es posterior al diaclasado de estos materiales. Así, en la foto 5 del apéndice se observa como unos bloques diferenciados por diaclasas han sido movidos en el desarrollo del diapiro.

## SISTEMAS DE FALLAS NORMALES. PALEOESFUERZOS.

En puntos aislados de la hoja, y en cantidad bastante modesta, se han observado fallas normales con nulo ó pequeño desplazamiento. En dos estaciones se han medido poblaciones de ellas suficientemente numerosas para acometer su análisis e interpretar los elipsoides de esfuerzos neógenos. Algunos buenos ejemplos aparecen en la estación F-2, donde se han observado grupos de fallas conjugadas.(foto 6 del apéndice) de escala métrica a decamétrica a las que se asocian otras microfallas sintéticas o antitéticas. Los datos de planos y estrías han sido analizados mediante el diagrama de *diedros rectos*(ANGELIER y MECHLER, 1977), el *diagrama y-R*(SIMON, 1986) y el *método de Etchecopar*(ETCHECOPAR *et al.*, 1981).

Los resultados del análisis de estas fallas en las estaciones F-1 y F-2 (ver anexo) son coherentes con las características de los campos de esfuerzos inferidos de los sistemas de diaclasas. En la segunda (F-2) se refleja el campo de esfuerzos regional ( $\sigma_1$  vertical,  $\sigma_2$  NNW y  $\sigma_3$  ENE) mientras que la primera.(F-1) refleja un sistema perturbado ( $\sigma_1$  vertical,  $\sigma_2$  NE y  $\sigma_3$  SE) del campo distensivo regional.que en general se encuentra peor reflejado en las diaclasas. En ambos casos se obtiene una relación parecida de los ejes principales de esfuerzo dando tensores de distensión radial. En la estación F-2 el tensor tiene una relación de esfuerzos  $R = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3) = 0,06$  con el eje principal  $\sigma_3$  con dirección 083. El diagrama de los diedros rectos en esta misma estación resulta poco expresivo e indica la posibilidad de extensión en cualquier dirección horizontal, aunque eso sí, las direcciones tendentes a EW están favorecidas. El diagrama y-R no puede ser tenido en cuenta debido al poco número de fallas. Los planos de las fallas en esta estación se presentan llenos de yeso fibroso (ver foto 7 del apéndice) en donde quedan marcadas las estrías, mostrando un marcado carácter de apertura de la fractura.

El tensor de esfuerzos obtenido en la estación F-1 es asimismo de distensión radial (valor de la relación de esfuerzos R igual a 0.09) y dirección del  $\sigma_3=124$ . Dicho tensor se obtiene a partir de una población de fallas con una orientación preferente de NNW a EW en donde la posición de las estrías refleja ya una dirección de extensión próxima a SE. Los diagramas y-R y de diedros rectos presentan una solución general bastante coherente con la solución principal obtenida en el método de Etchecopar, con el eje de extensión  $\sigma_3$  próximo a 130. Sin duda este tensor de esfuerzos refleja una situación de perturbación del campo distensivo regional, relacionada con la fracturación NW-SE que aparece en el sur de las hojas MAGNA de Castejón de Monegros y Peñalba, situadas más al oeste. Esta perturbación no se siente ya en zonas situadas más al norte de la Hoja (estación F-1). Es muy probable que esta fracturación previa haya producido la desviación de las trayectorias de esfuerzos para orientar el  $\sigma_3$  paralelo a las mismas, circunstancia prevista por los modelos de SIMON *et al.* (1988).

## SISTEMAS DE FALLAS NORMALES DE ESCALA CARTOGRAFICA

En el sector SW de la hoja se ha observado la existencia de una falla normal de dirección NNE-SSW, y de aproximadamente un kilómetro de longitud, cuyo bloque hundido es el occidental y que presentaba un salto métrico a decamétrico. Se ha interpretado como una estructura creada bajo el campo de esfuerzos perturbado.

## LA FRACTURACION EN MATERIALES DE EDAD CUATERNARIA

Las únicas evidencias de deformación en materiales de edad cuaternaria que se han observado lo fueron en cinco estaciones (13, 29, 30, 31, 32) situadas en terrenos detriticos de las terrazas del Cinca o del Segre, y en sistemas glacis-terraza. Se trata de diaclasas verticales a subverticales que a veces se encuentran ligeramente abiertas y con relleno de carbonatos pulverulentos. Presentan mejor desarrollo y sistematicidad en facies limosas que en las detriticas groseras. No obstante, se han observado fracturas (ver foto 8 del apéndice) bien desarrolladas en una terraza muy cementada del Cinca (estaciones 31 y 32). Las relaciones de corte entre unas fracturas y otras resulta indescifrable.

Las orientaciones recogidas corresponden, de forma análoga con las interpretadas para las diaclasas que aparecen en materiales miocenos, tanto al campo primario (N-S) y su intercambio de ejes, como al campo perturbado (NW-SE) del que hemos hablado más arriba.

Así, en la estación 30 (situada en un sistema glacis-terraza) se refleja el campo primario con la presencia de diaclasas de orientación media 170 y sus ortogonales (088), producto del intercambio de ejes (modelo de SIMON *et al.*, 1988). Por el contrario, en la estación 29 (también en un sistema glacis-terraza) encontramos únicamente las diaclasas producidas bajo el campo de esfuerzos perturbado, con dirección media 135 (ver foto 9 del apéndice). En otras estaciones (13, 32) ambos campos han dado lugar a diaclasas, con lo que se obtiene un patrón de fracturación complejo.

## CONCLUSIONES.

Hacia el Mioceno superior-Plioceno y Cuaternario se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, excepción hecha de la falla mencionada, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por grandes fallas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con  $\sigma_3$  próximo a E-W, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W. En ciertas zonas la presencia de una fracturación previa NW-SE es probablemente la razón de que las trayectorias del campo de esfuerzos regional se desvien para hacerse paralelas y perpendiculares a las mismas.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra gratitud al Dr. Simón Gómez por la ayuda prestada tanto en la orientación general del trabajo como en la discusión de las interpretaciones que en él se hacen.

## BIBLIOGRAFIA

- ANGELIER, J. y MECHLER, P. (1977): Sur une méthode graphique de recherche de contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. *Bull. Soc. Geol. France*, **19** (6): 1309-1318.
- ETCHECOPAR, A.; VASSEUR, G. y DAIGNIERES, M. (1981): An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis. *Journal of Structural Geology*, **3** (1): 51-65.
- HANCOCK, P.L., y ENGELDER, T. (1989): Neotectonic Joints. *Geological Society of America Bulletin*, **101**: 1197-1208.
- SIMON GOMEZ, J.L. (1986): Analysis of a gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain). *Tectonophysics*, **124**: 37-53.
- SIMON GOMEZ J.L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. *Journal of Structural Geology*, **11** (3): 285-294.
- SIMON, J.L.; SERON, F.J. y CASAS, A.M. (1988): Stress deviation and fracture development under multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. *Annales Tectonicae*, **2** (1): 21-32.
- WISE, D.U. y McCRARY, T.A.; (1982). A new method of fracture analysis: Azimuth versus traverse distance plots. *Geological Society of America Bulletin*, **93**: 889-897

## ANEXO

### RESULTADOS DEL ANALISIS DE ESTRUCTURAS FRAGILES A ESCALA DE AFLORAMIENTO.

#### 1. Histogramas de las poblaciones de diaclasas medidas en las estaciones estudiadas en materiales cuaternarios, miocenos y oligocenos:

En cada cada histograma están representados al menos 50 datos. El elegir este proceso de elaboración de los mismos responde a dos circunstancias:

- (1) El número de datos tratados garantiza que el uso de una metodología estadística va a proporcionar resultados significativos.
- (2) El proceso de suavizamiento, descrito a continuación, tiene como objeto el eliminar el "ruido" introducido por la toma de datos y por el carácter parcialmente estocástico de la fracturación natural.

Este procedimiento consiste en:

- (i) División de las posibles orientaciones (000-179) en clases (en nuestro caso hemos tomado clases de 2º de amplitud).
- (ii) Recuento del número de mediciones asignables a cada clase, siguiendo el criterio de asignar a cada clase las medidas que se situaban en una ventana de 14º en torno al centro de la misma. Este paso es lo que se suele denominar como "primer suavizamiento". La repetición del proceso suele ser aconsejable (WISE & MCCRORY, 1982), no obstante se decidió no llevarla a cabo por considerar que ya se habían obtenido los resultados deseados.
- (iii) Aplicación de la fórmula de corrección. Esta fórmula permite comparar los resultados obtenidos en estaciones de las que se tuvieran diferente número de medidas (en este caso el número de medidas por estación oscilaba entre 50 y 140). La mencionada fórmula es:

$$F = \frac{180 \times N}{T \times 14}$$

donde:

N es el número de medidas leidas en cada ventana de conteo

T es el número de medidas en esa estación

(iv) Representar cada clase con su F correspondiente.

## 2. Resultados del análisis de paleoesfuerzos a partir de poblaciones de fallas (estaciones 11, 33 y 34):

(a) Proyección estereográfica equiangular de ciclográficas y estrías de falla, junto con proyección de polos y diagrama en rosa de las direcciones preferentes.

(b) Diagrama de diedros rectos (ANGELIER y MECHLER, 1977). Los números que aparecen en el estereograma, multiplicados por 10, indican el porcentaje del total de fallas compatible con un eje de extensión según cada dirección del especie. El máximo indica la posición más probable del eje  $\sigma_3$  y el mínimo la de  $\sigma_1$ .

(c) Diagrama y-R (SIMON GOMEZ, 1986) de la población de fallas. Los tensores solución vienen definidos en el mismo por las coordenadas (y,R) que corresponden a los "nudos" de máxima densidad de intersecciones de curvas. R representa aquí la relación de esfuerzos  $(\sigma_z - \sigma_x)/(\sigma_y - \sigma_x)$  que aparece en la ecuación de BOTT (1959):

$$\operatorname{tg} \theta = (n/lm) [m^2 - (1-n^2)(\sigma_z - \sigma_x)/(\sigma_y - \sigma_x)]$$

donde  $\theta$  es el cabeceo de la estría potencial o teórica sobre el plano de falla; l, m y n son los cosenos directores de dicho plano;  $\sigma_z$  es el eje de esfuerzo vertical, y  $\sigma_y$   $\sigma_x$  son los ejes horizontales. El valor de y representa el acimut del eje  $\sigma_y$ .

(d) Extracto de resultados del método de ETCHECOPAR et al. (1981). Se incluyen:

\* Listado de fallas.

\* Resultados numéricos de la orientación de los ejes y la relación de esfuerzos  $R = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$  del tensor/es solución, junto con el valor de la función minimizada y el ángulo medio de dispersión entre estrías teóricas y reales para la solución hallada. Llamando  $R_B$  a la relación de esfuerzos que se emplea en la ecuación de Bott y en el diagrama y-R, y  $R_E$  a la utilizada por el método de Etchecopar, la relación existente entre ellas es la siguiente:

- Si  $\sigma_z = \sigma_1$  (régimen de distensión):  $R_B = 1 / R_E$ .

- Si  $\sigma_z = \sigma_2$  (régimen compresivo de desgarre):  $R_B = R_E$

- Si  $\sigma_z = \sigma_3$  (régimen de compresión triaxial):  $R_B = R_E / (R_E - 1)$ .

\* Representación de Mohr de los planos de falla en relación a los ejes de esfuerzo obtenidos.

\* Histograma de desviaciones angulares (en radianes) entre estrías teóricas y reales, donde se sitúan todas las fallas de acuerdo con su numeración en el listado inicial.

\* Representación estereográfica equiareal de los ejes de esfuerzo, con indicación gráfica del margen de dispersión con el que se han calculado.



FOTO 1. Basculamientos del conjunto de la serie miocena. Alrededores de Venta del Rey.



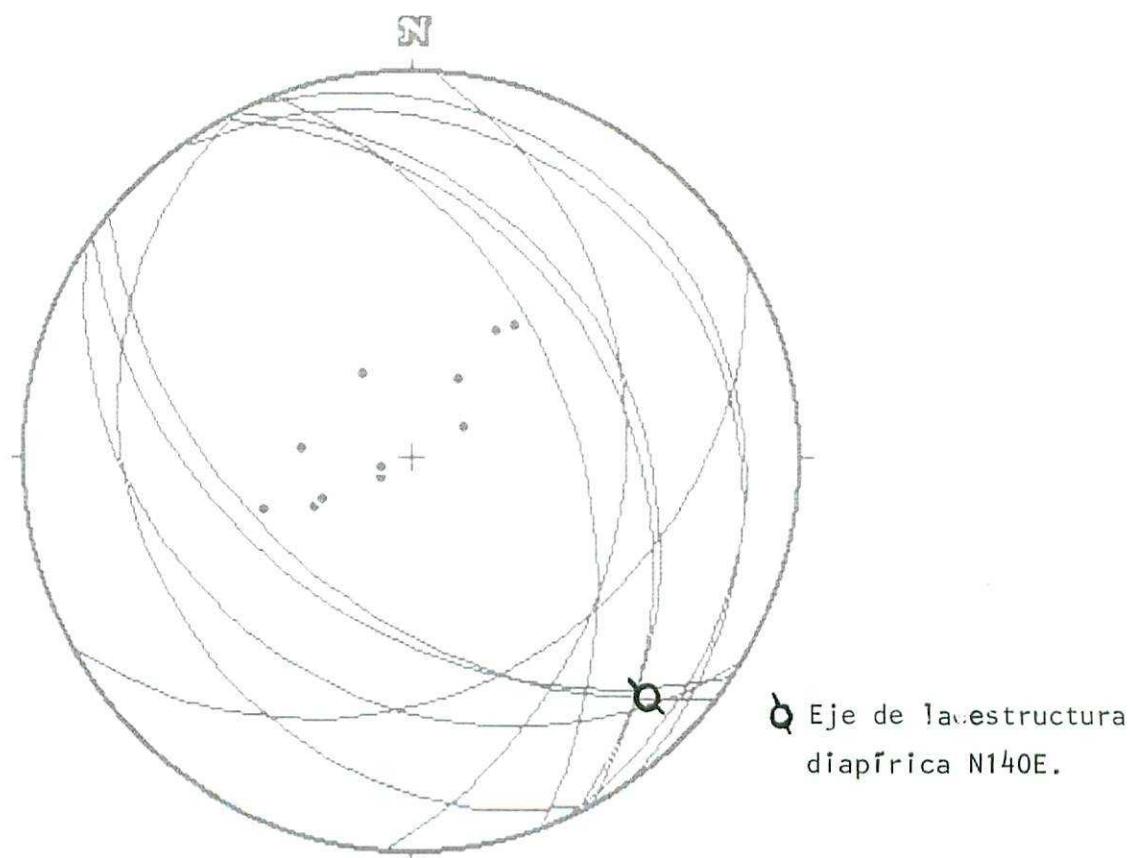
FOTO 2 . Sistematicidad de la familia de diaclasas N-S en la estación T-3 en los alrededores de Venta del Rey (coordenadas UTM 31TBF662999).



FOTO 3. Estilo arquitectónico en H (según HANCOCK, 1985). Alta sistematicidad de la familia de diaclasas N-S, observada en pequeña variación - de sus orientaciones y en su pequeño espaciado. Afloramiento T-3.



FOTO 4. Visión general de la estructura diapírica de la estación T-3. En la siguiente página se muestra el análisis estereográfico realizado. En él se observa la orientación 140 que representaría el eje de la estructura.



Datos de estratificación en el diapiro de pequeña escala situado en las cercanías de la estación 3 (coordenadas UTM. 31TBF662999).



FOTO 5. Observar el desplazamiento de los bloques diferenciados por las diaclasas en la zona superior al martillo en el diapiro de la estación T-3. Se ha interpretado como diapirismo posterior al diaclasado.



FOTO 6. Sistema de fallas conjugadas en la estación F-2 cerca de Ballovar. Los planos aparecen rellenos de yeso fibroso.



FOTO 7. Falla normal con un salto aproximado de 20 cm. en donde el plano aparece lleno por yeso fibroso en donde quedan marcada las estrías. Se localiza en la misma estación que la foto anterior.

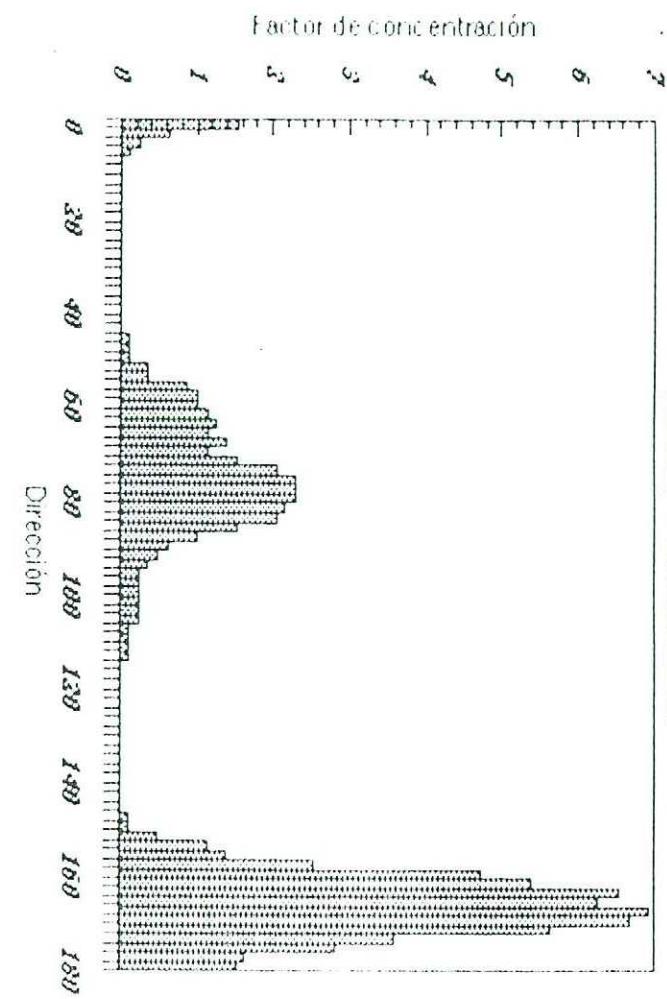


FOTO 8. Fracturas abiertas en terraza del Cinca (cota 165m.). Estación T-32 al N de Zaidín. Los conglomerados están muy cementados dando fracturas subverticales y en general bien desarrolladas.

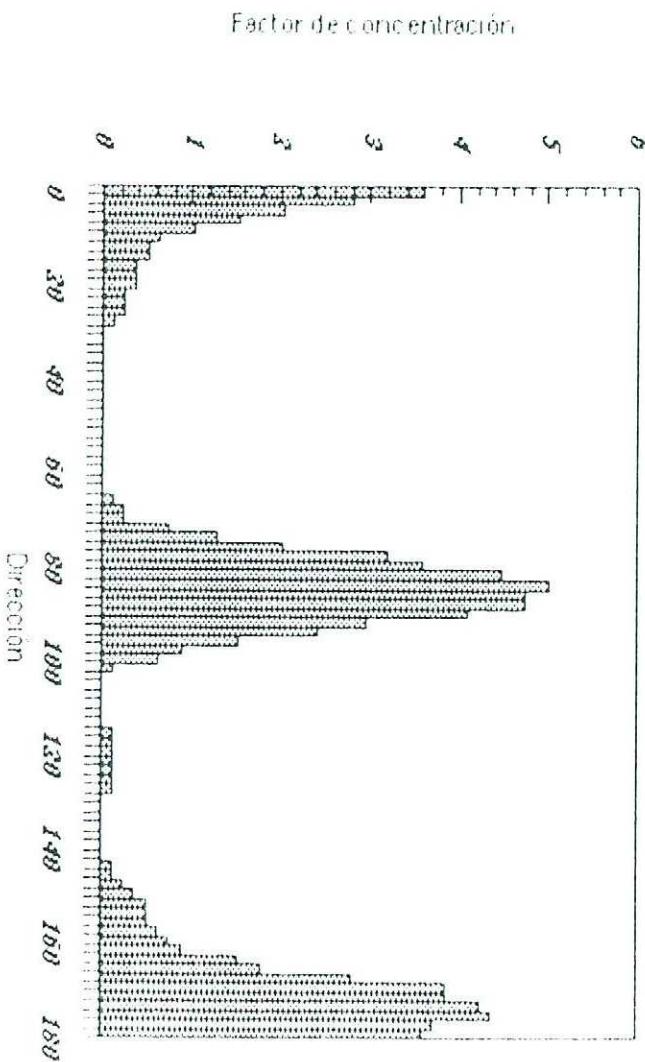


FOTO 9. Fracturas en un glacis (estación T-29). Observar la cierta sistematicidad con que se presentan.

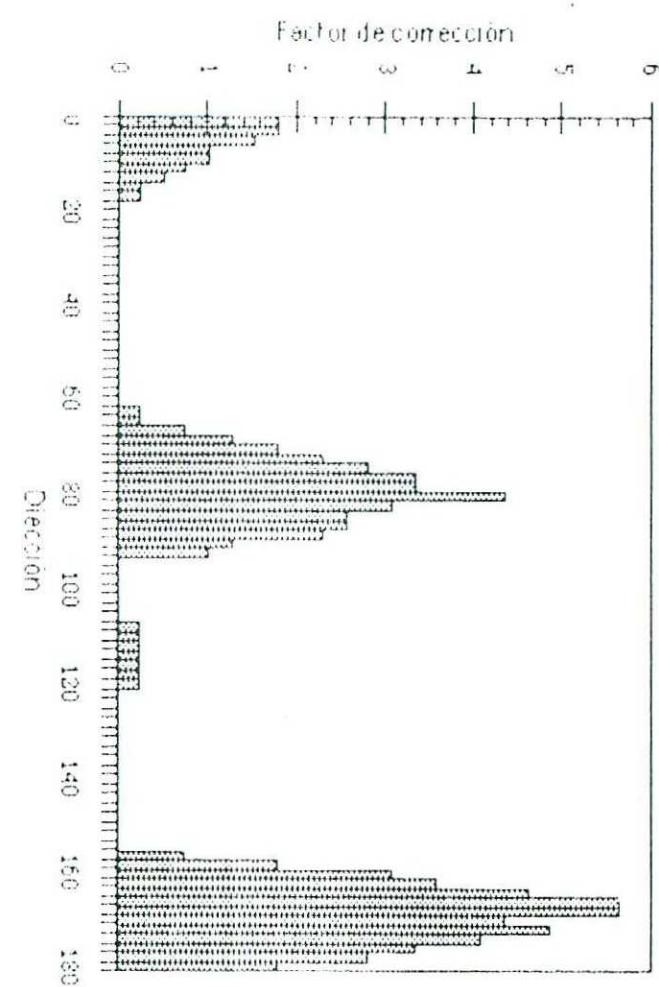
### Estación Re-1



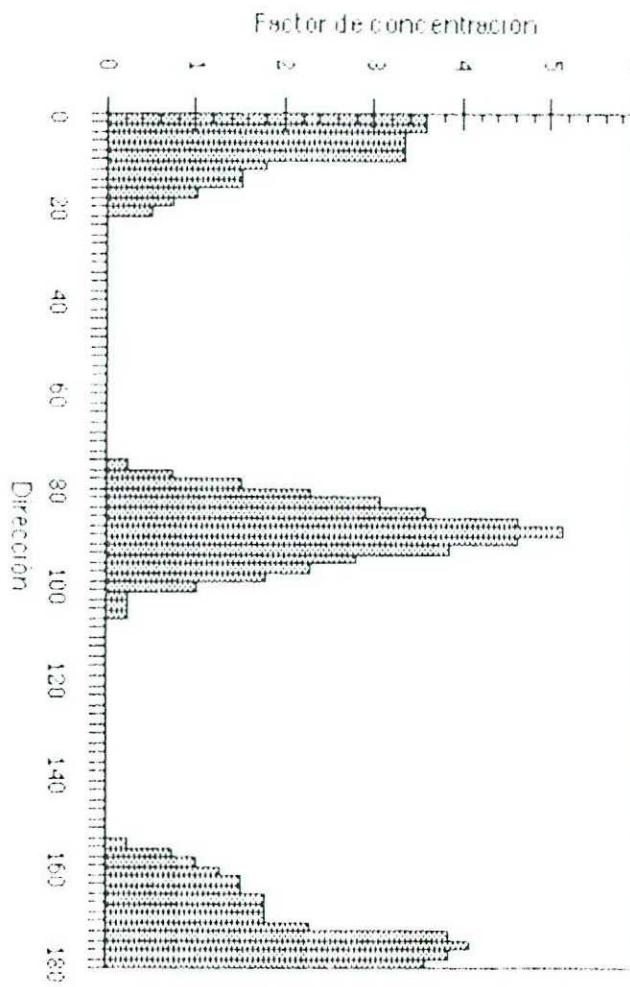
### Estación Re-2



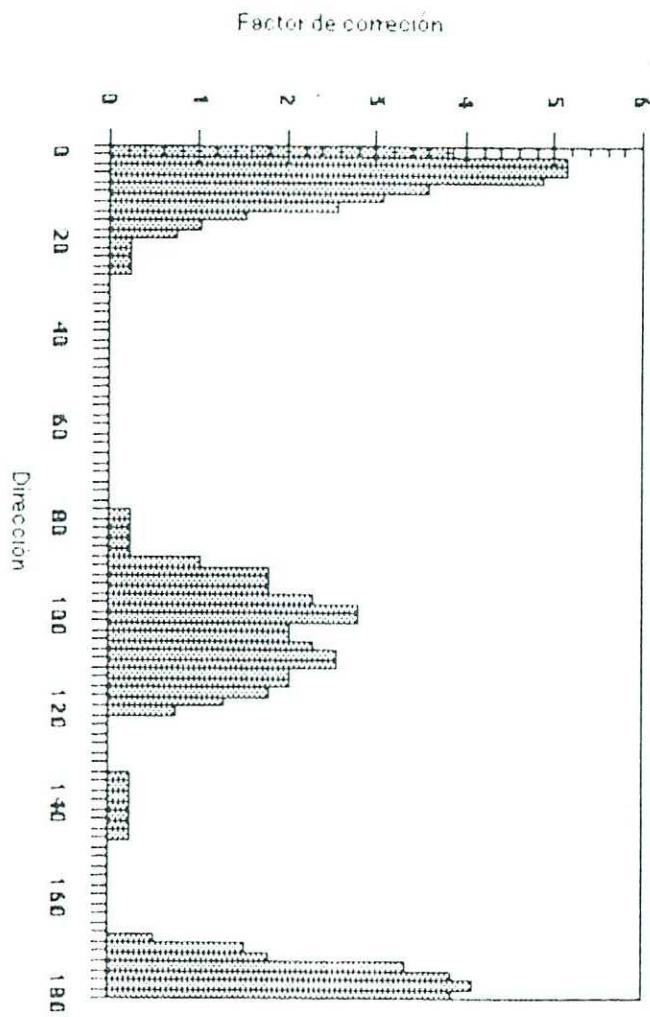
### Estación T=3



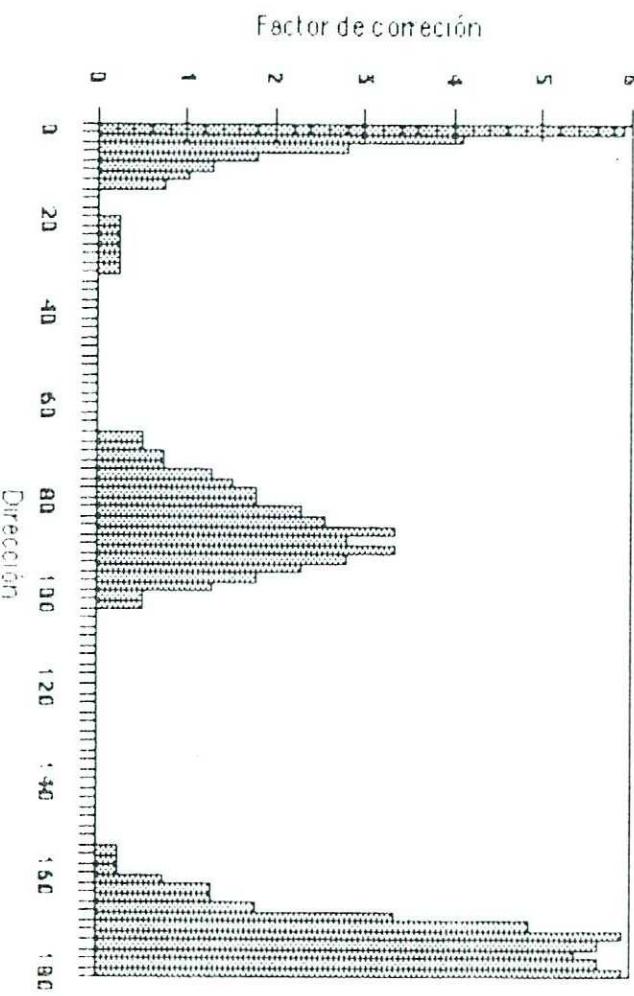
### ESTACIÓN T=4



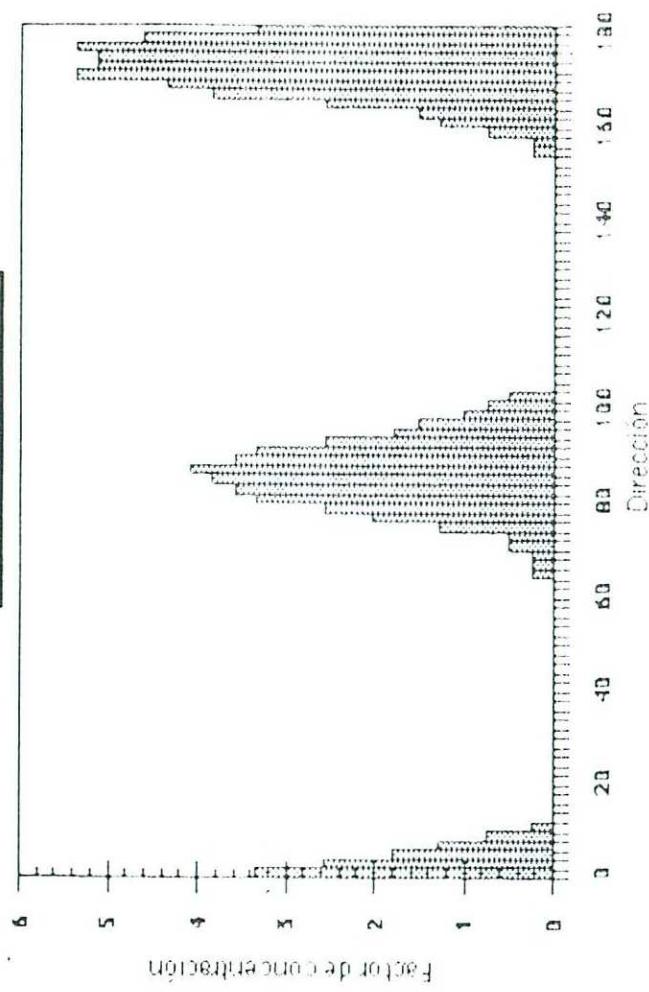
## Estación T-5



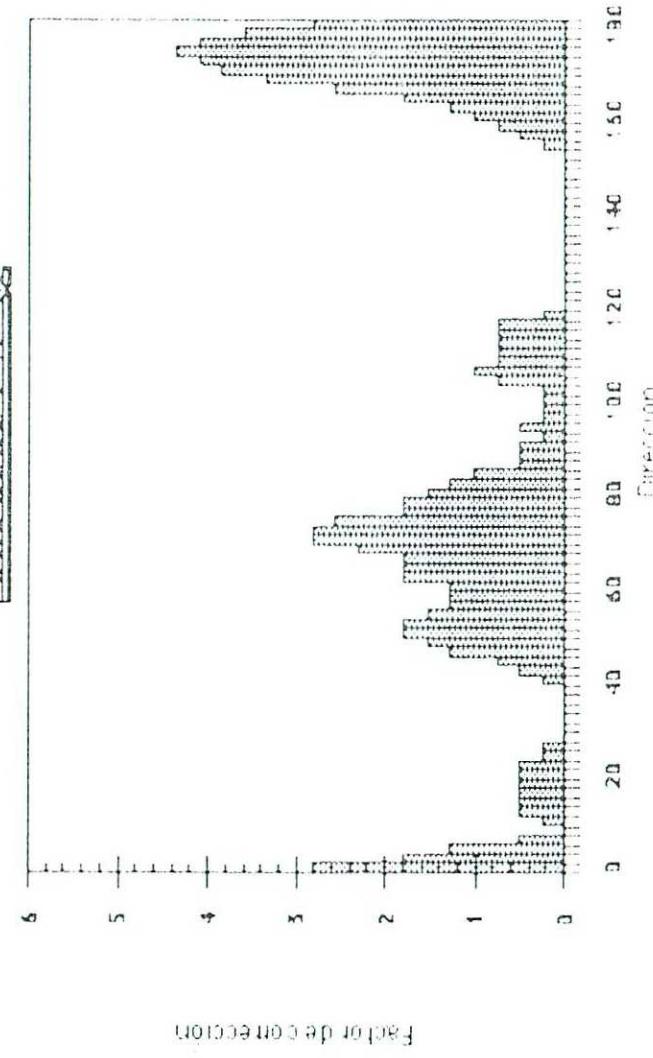
## ESTACIÓN T-6



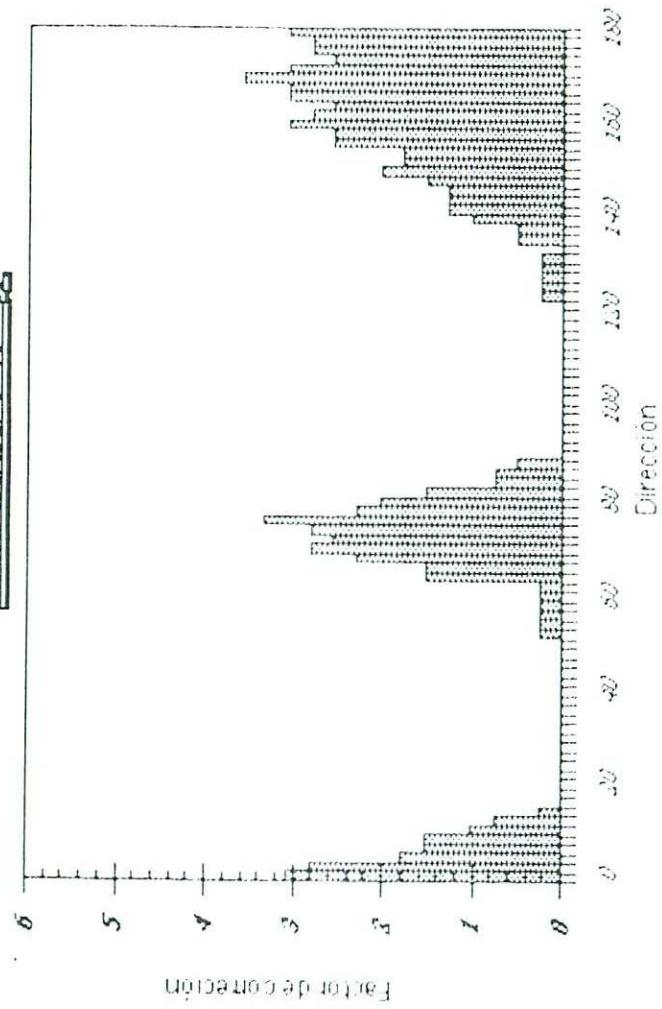
### Estación T-7



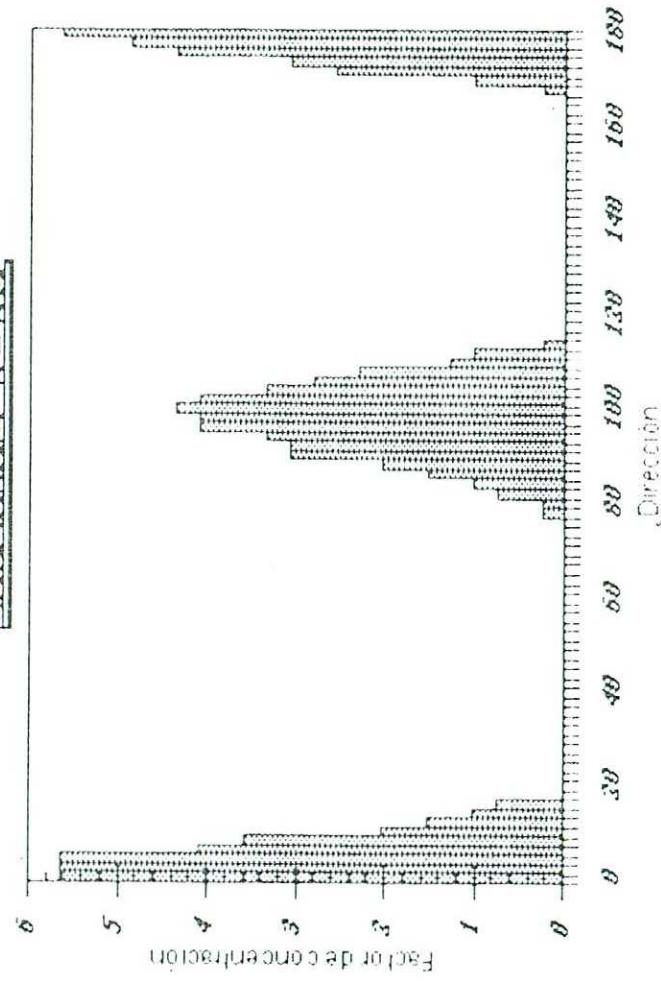
### Estación T-8



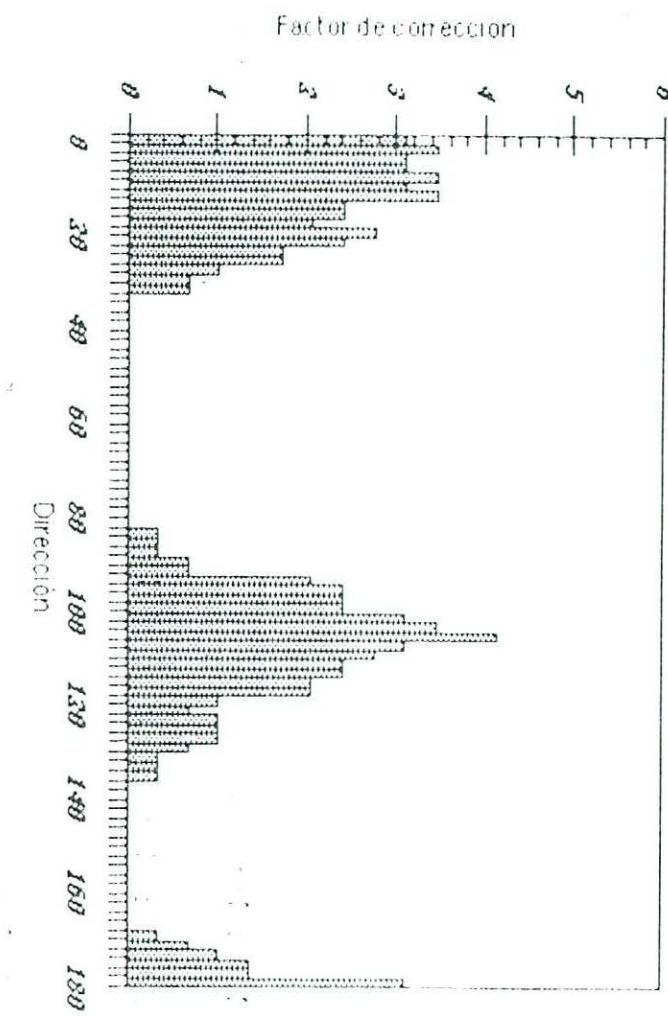
### Estación T-Q



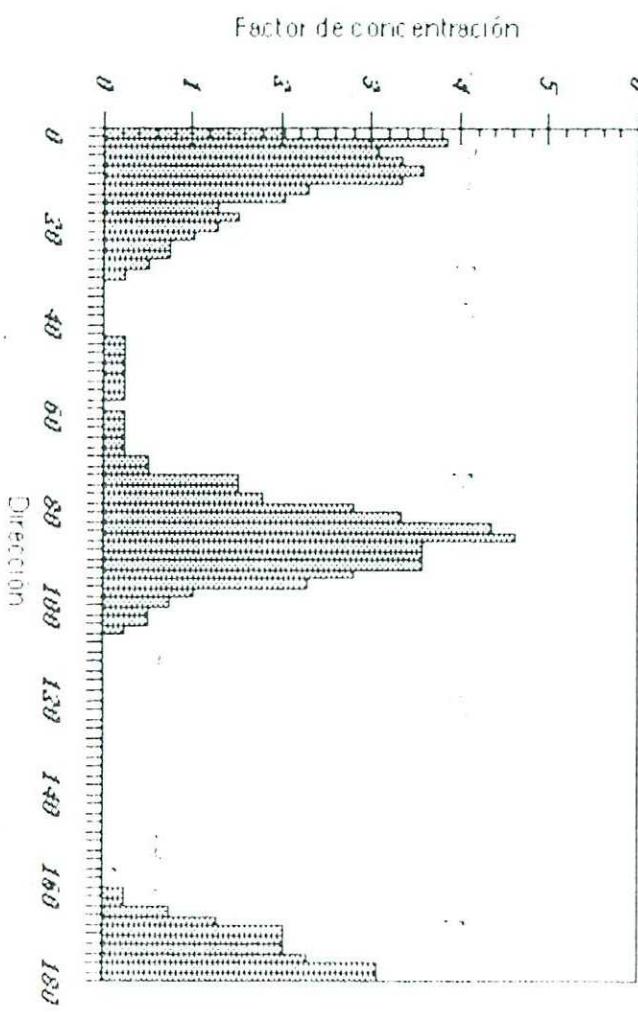
### Estación T-10



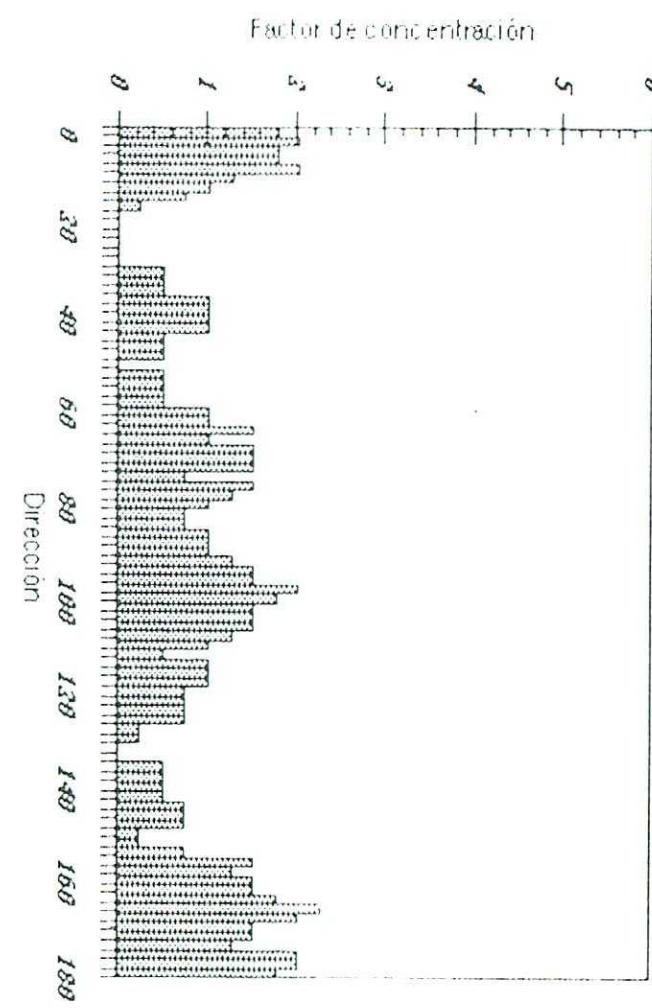
## Estación T-11



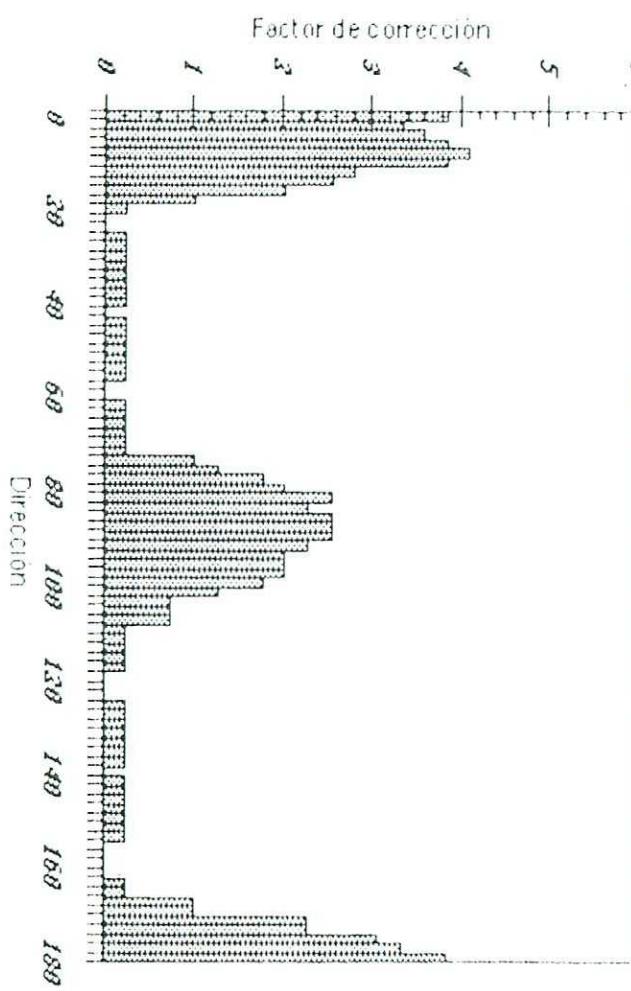
## Estación T-12



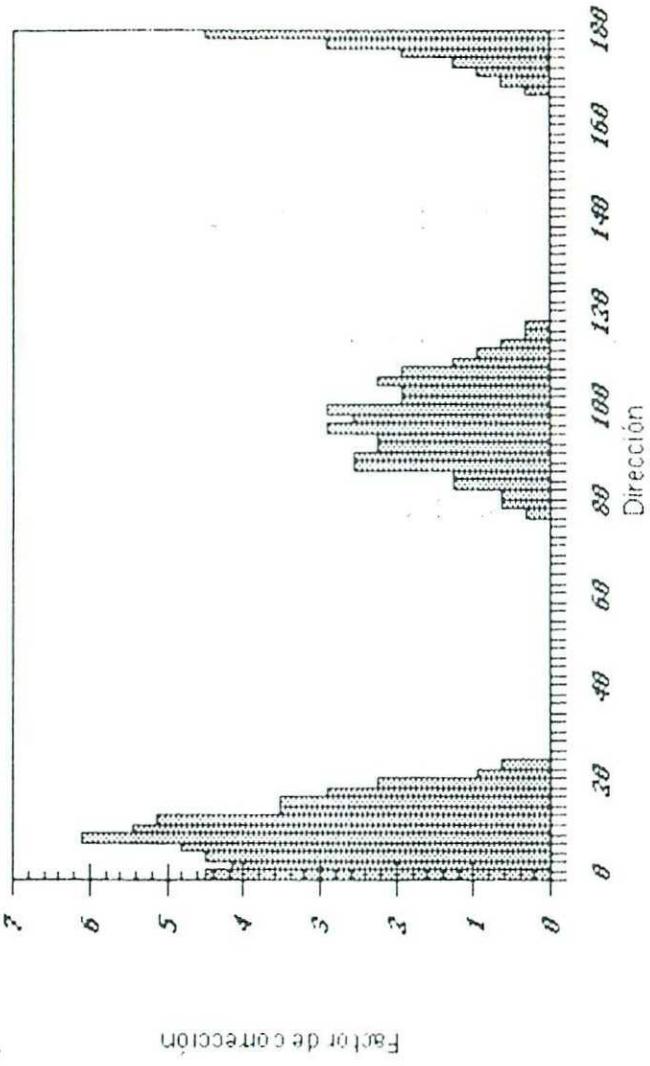
## Estación R=13 (Gallardo Cuatremarca)



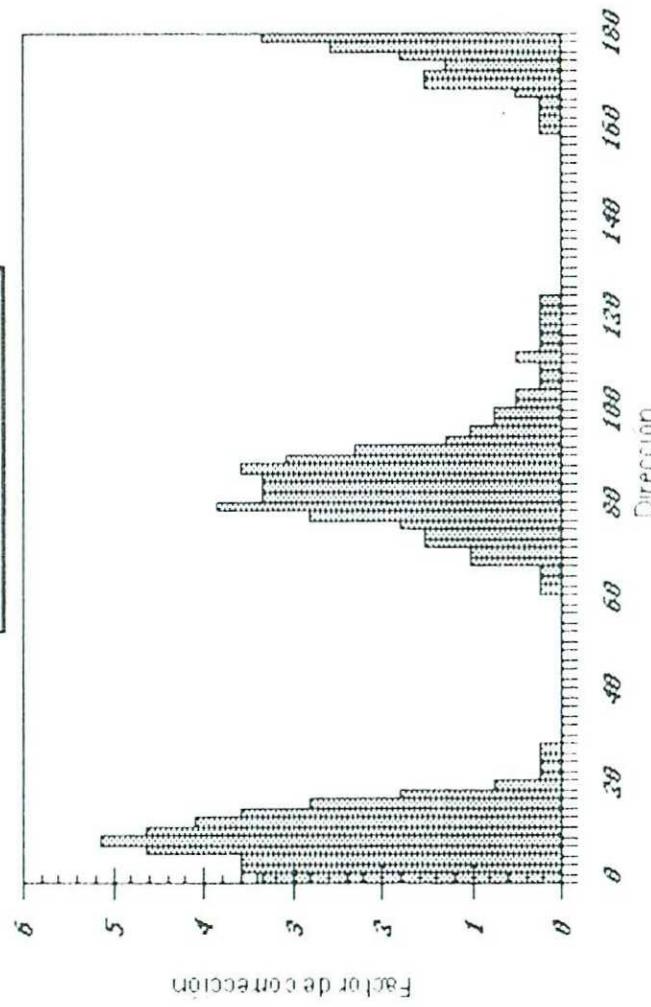
## Estación R=14



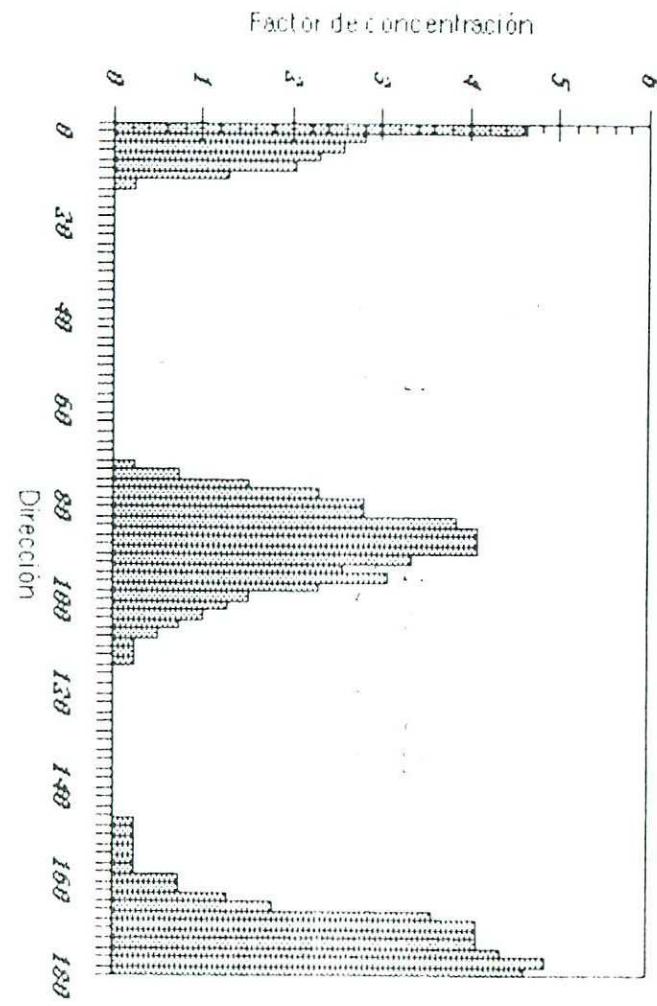
### Estación T=15



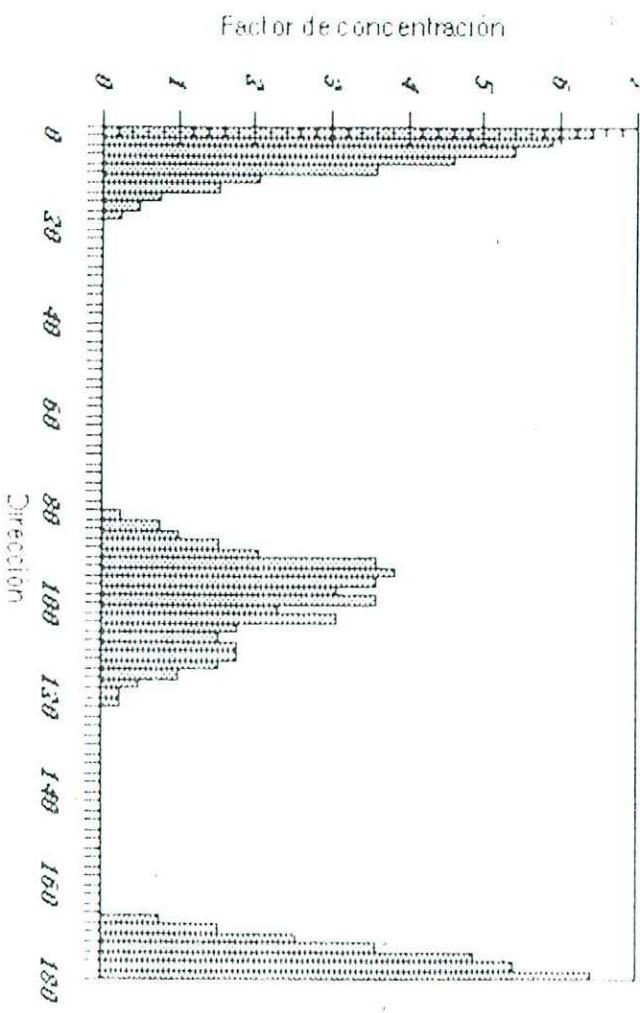
### Estación T=16



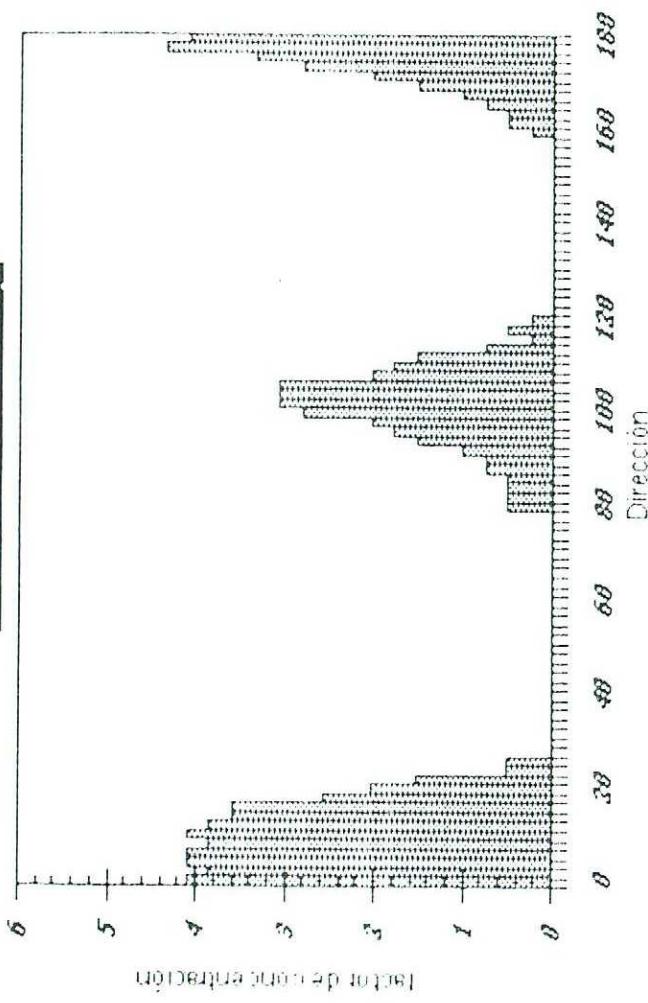
### Estación T=17



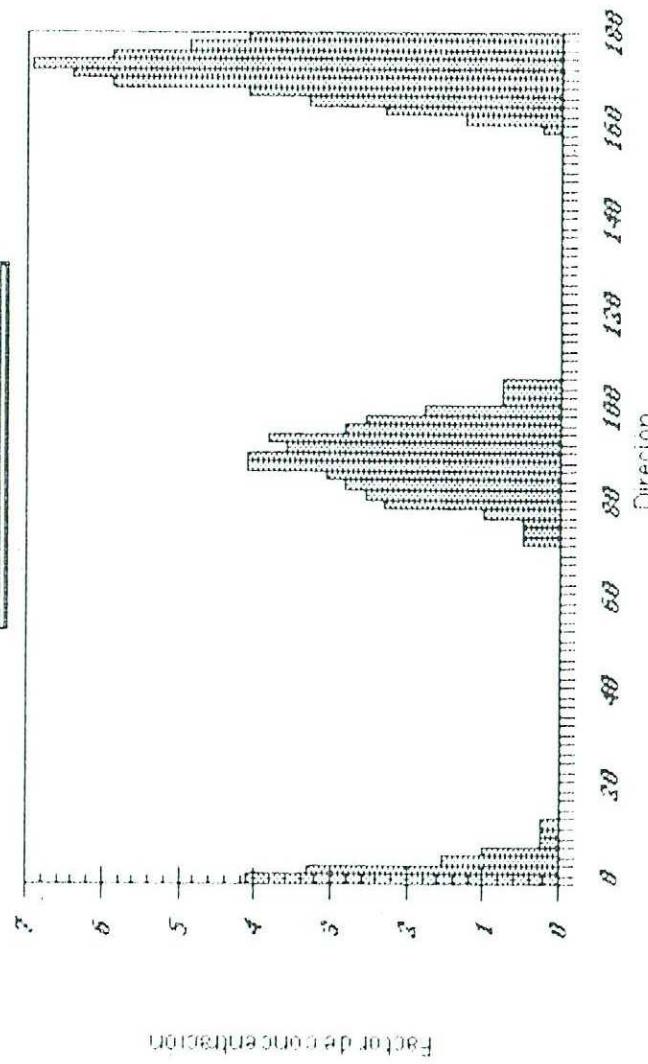
### Estación T=18



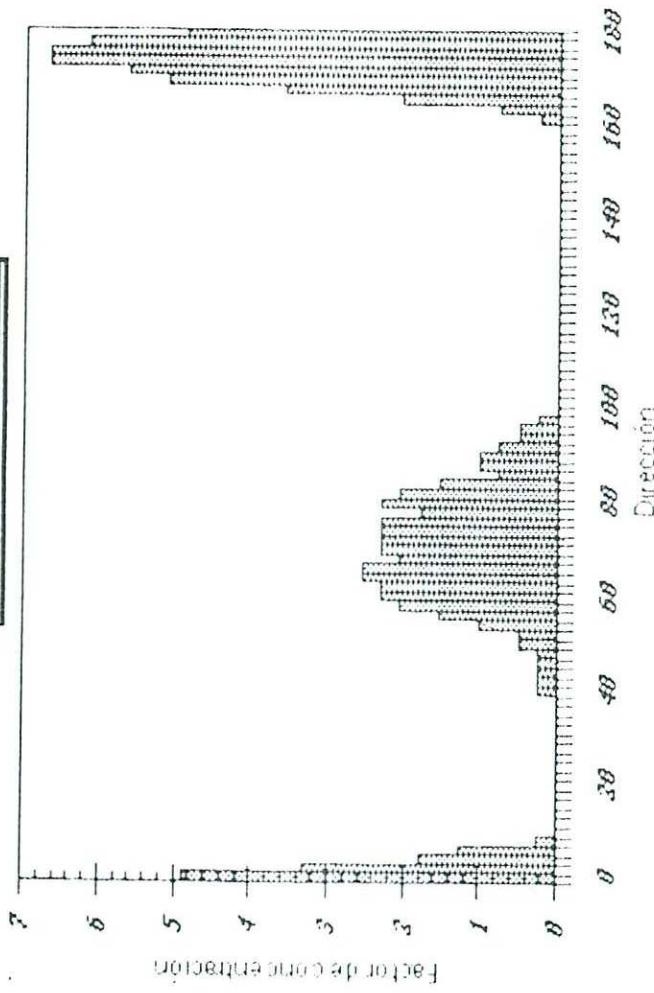
### Estación T=1Q



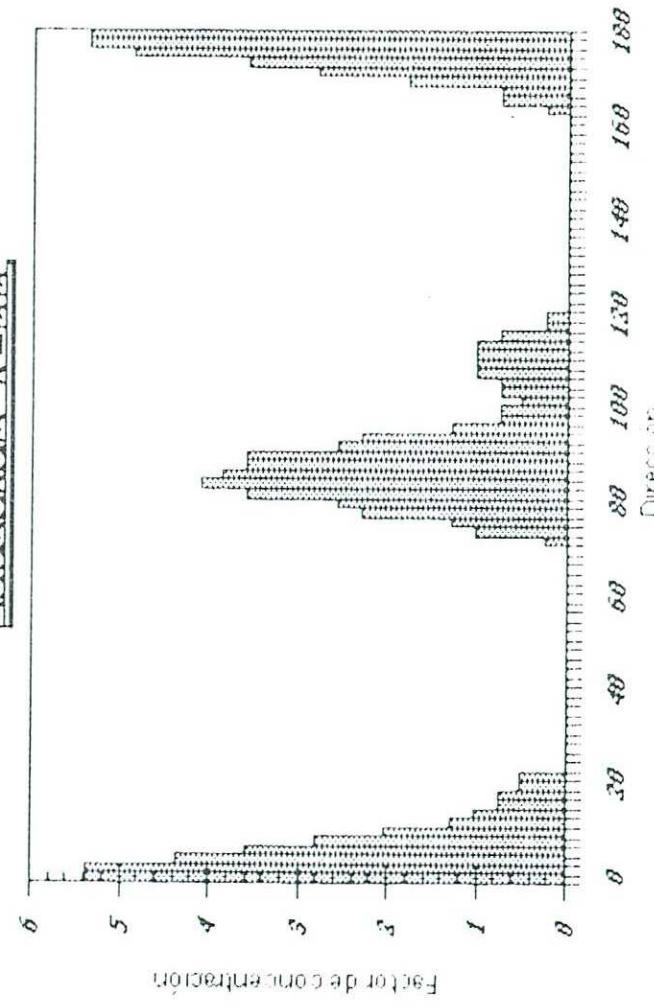
### Estación T=2Q



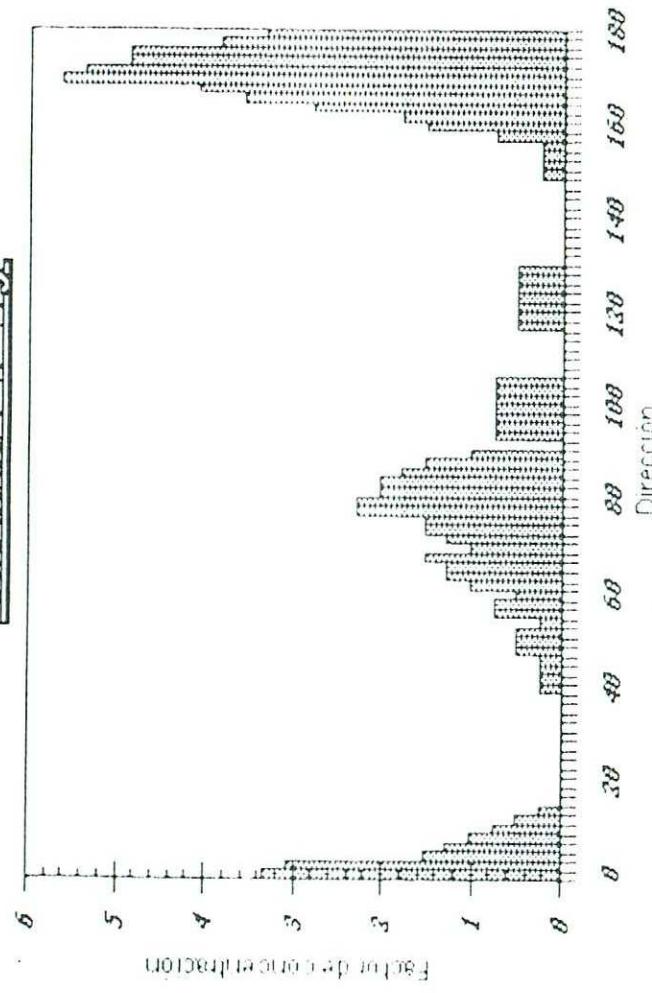
### Estación T-21



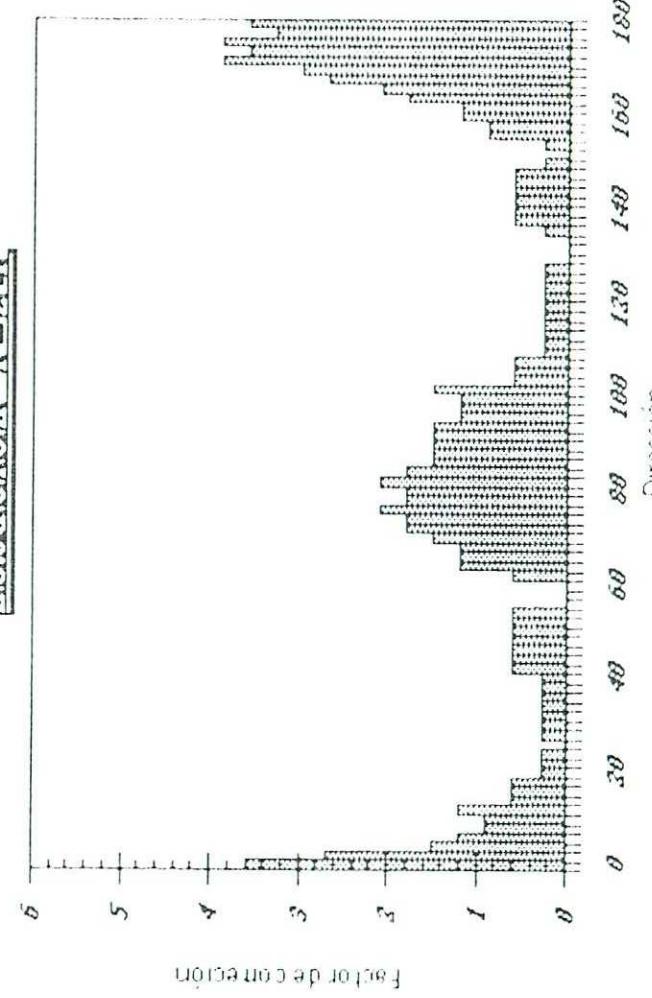
### Estación T-22



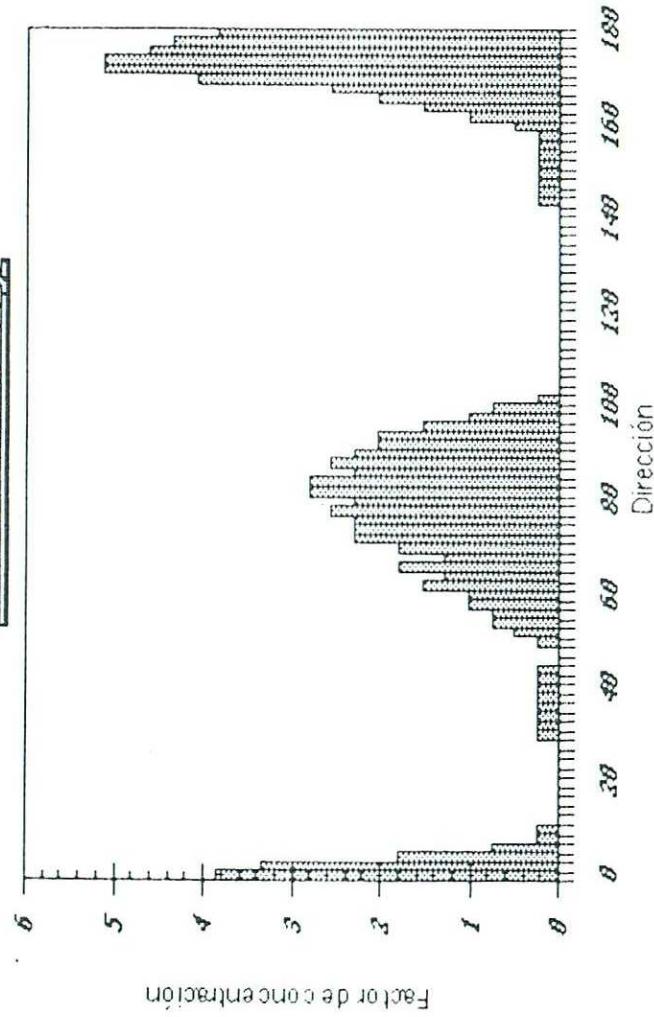
### Estación T-23



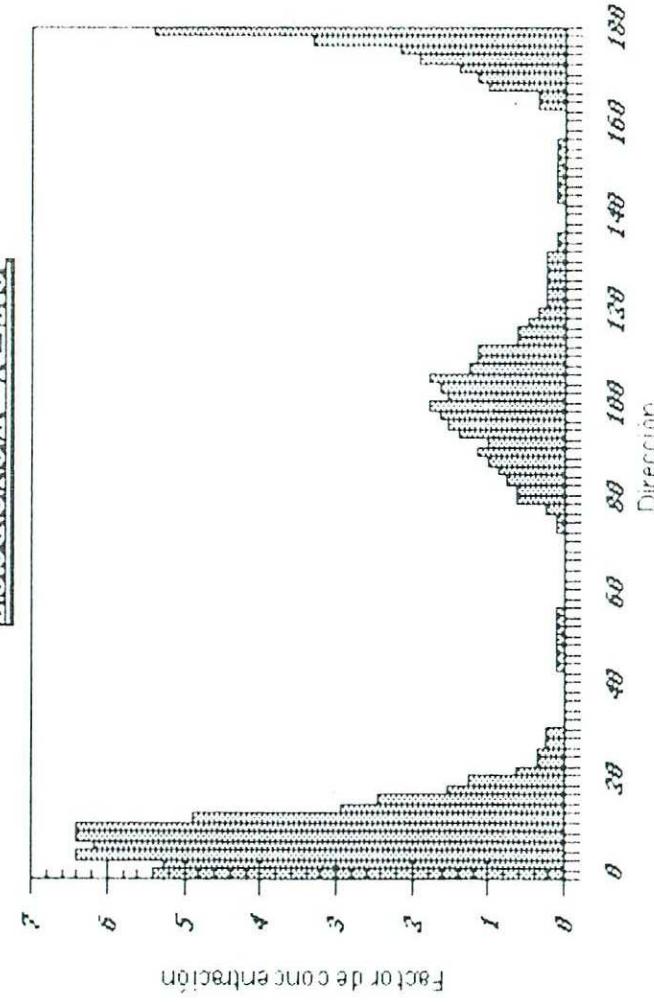
### Estación T-24



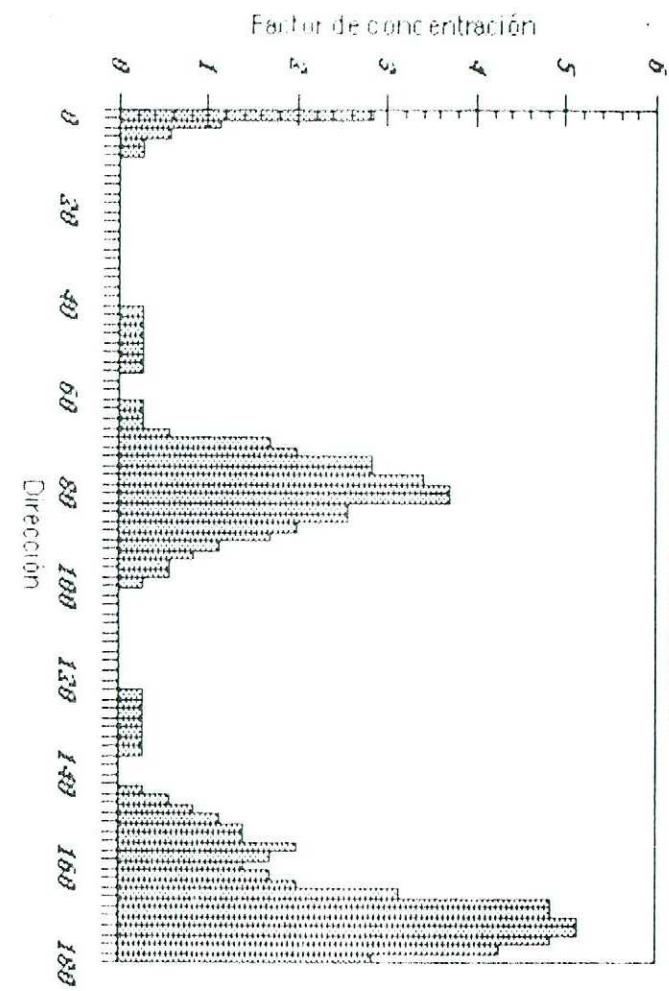
### Estación T-25



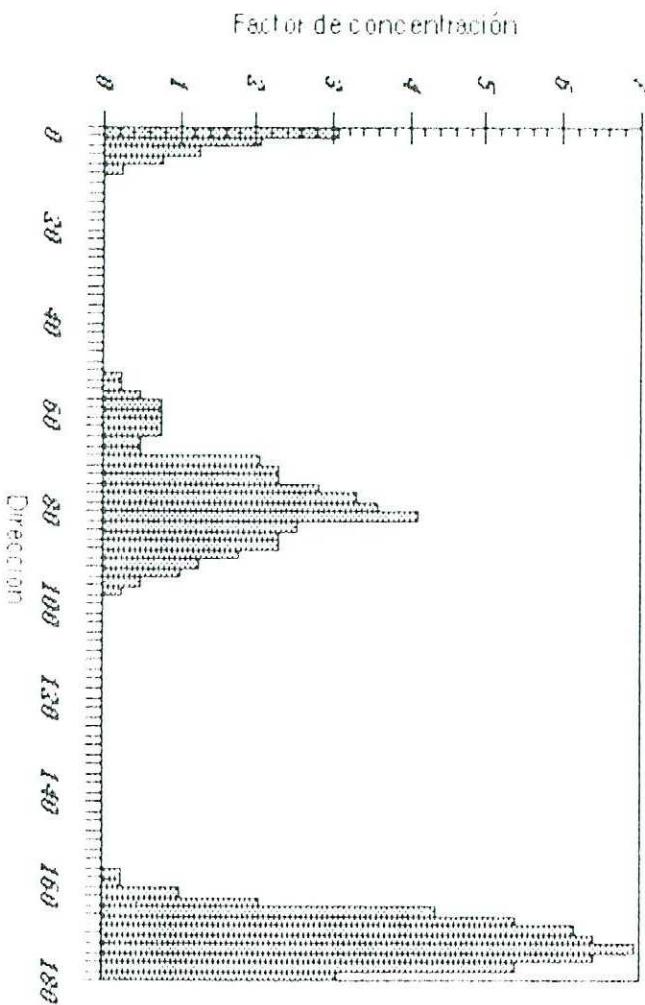
### Estación T-26



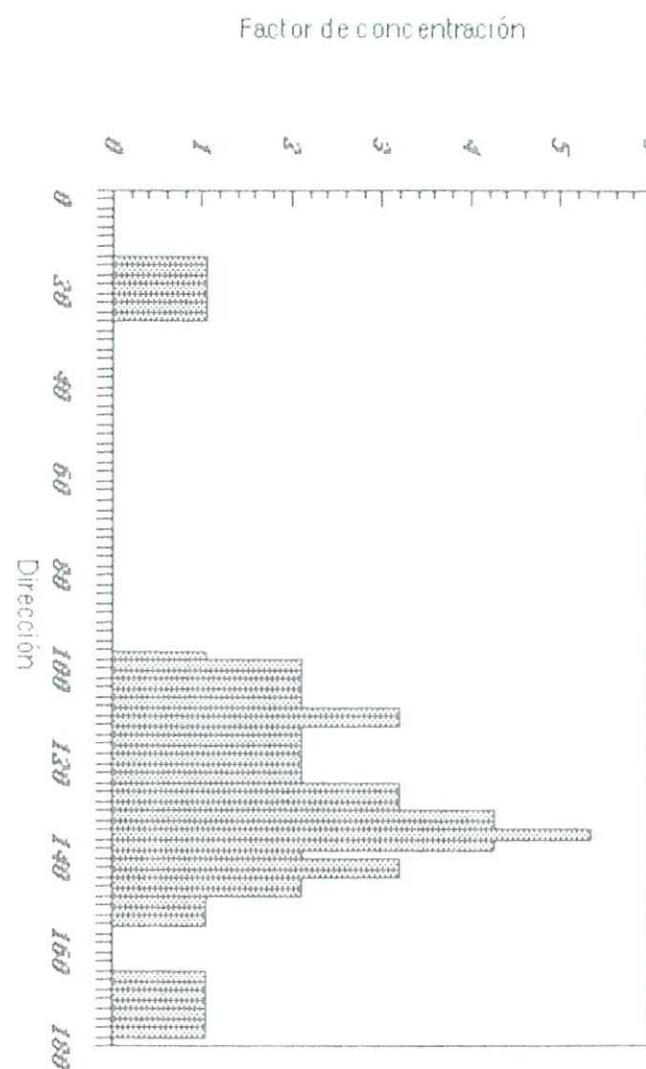
### Estación T-27



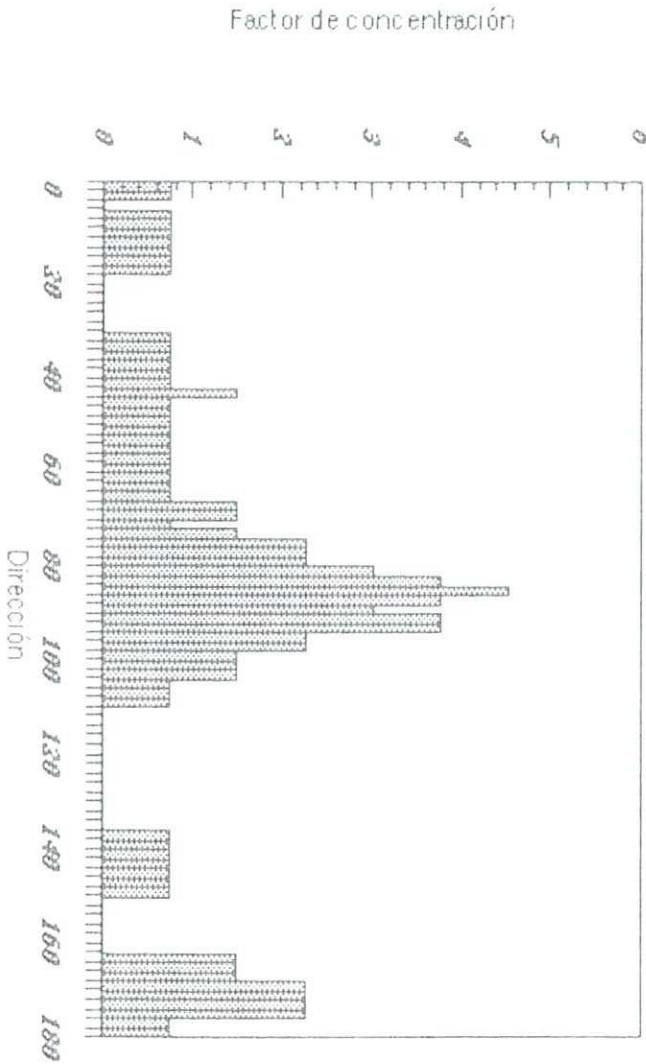
### Estación T-28



Estación T-30, sistema glacis-terrazza

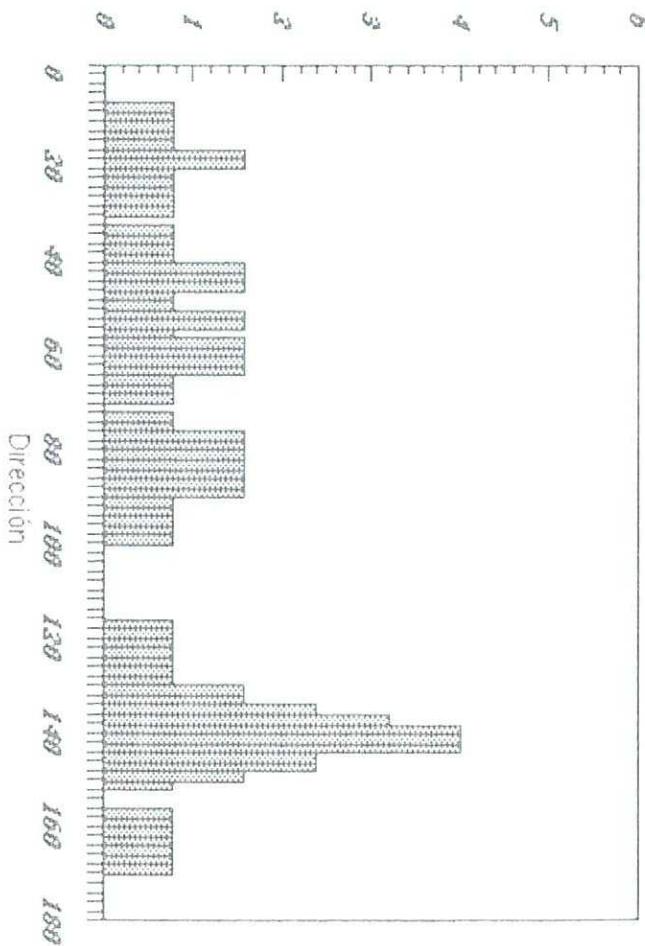


Estación T-29, sistema glacis-terrazza

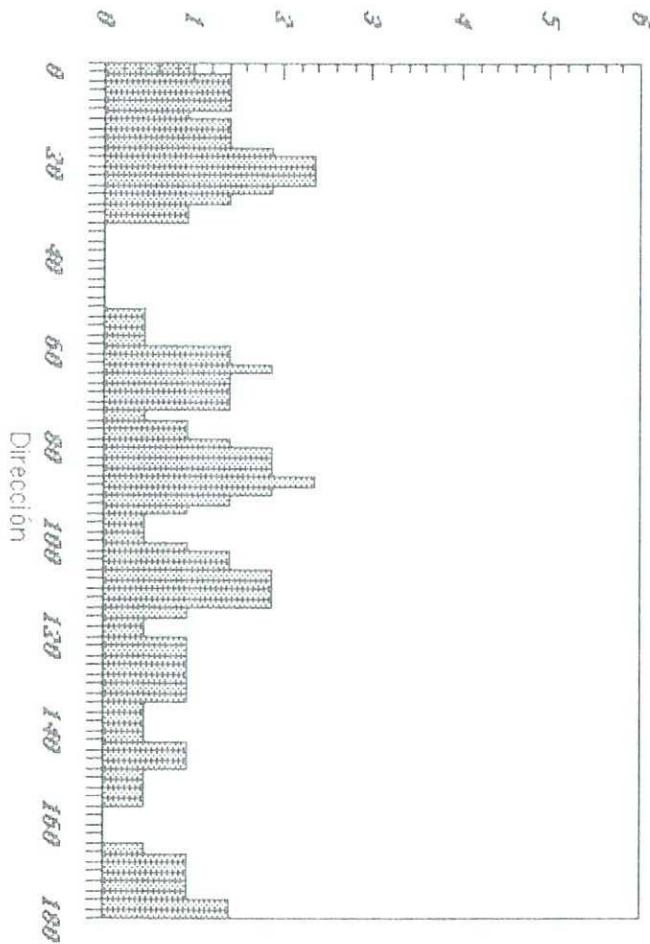


Estación T-31, terraza del Cinca

Factor de concentración



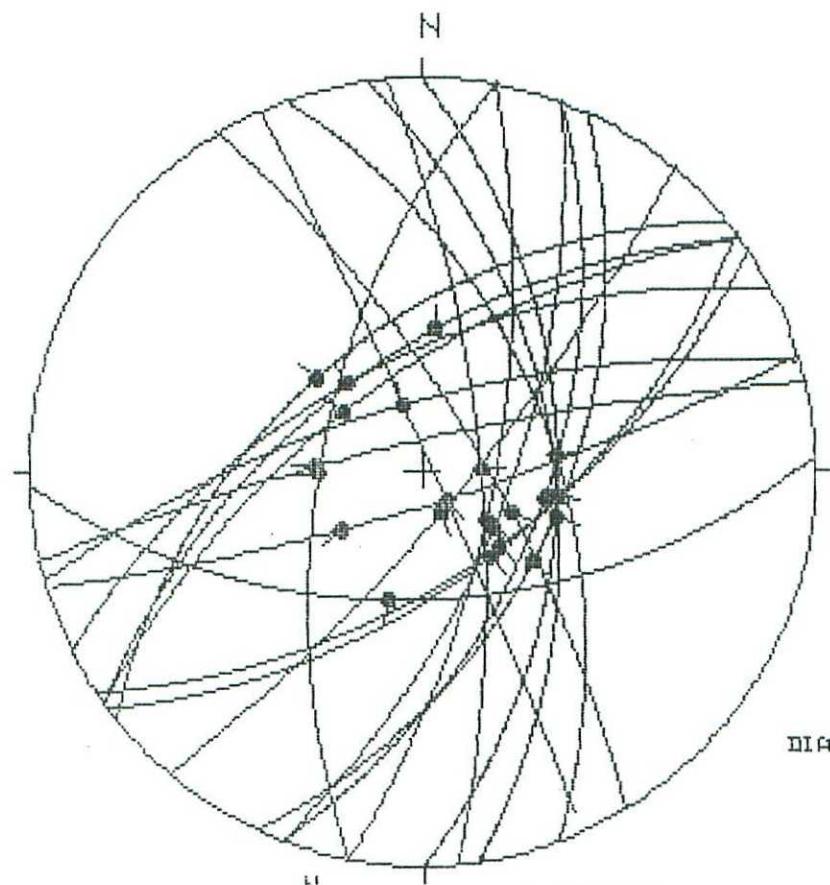
Factor de concentración



Estación T-32, terraza del Cinca

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

# ESTACIÓN: F-1



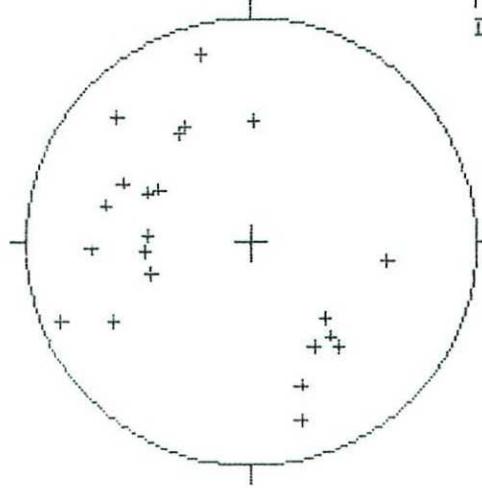
HOJA No.: 367

COORDENADAS UTM:  
31TBF 730994

Sol: 165 2W  
EDAD/FACIES MInf K  
NUMERO DE DATOS: 22

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA

PROYECCION  
DE POLOS

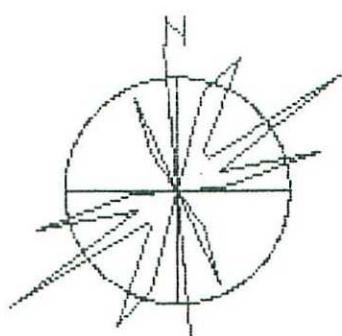


• POLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ POLOS DE FALLAS NORMALES

\* POLOS DE FALLAS DEXTRALES

- POLOS DE FALLAS INVERGAS



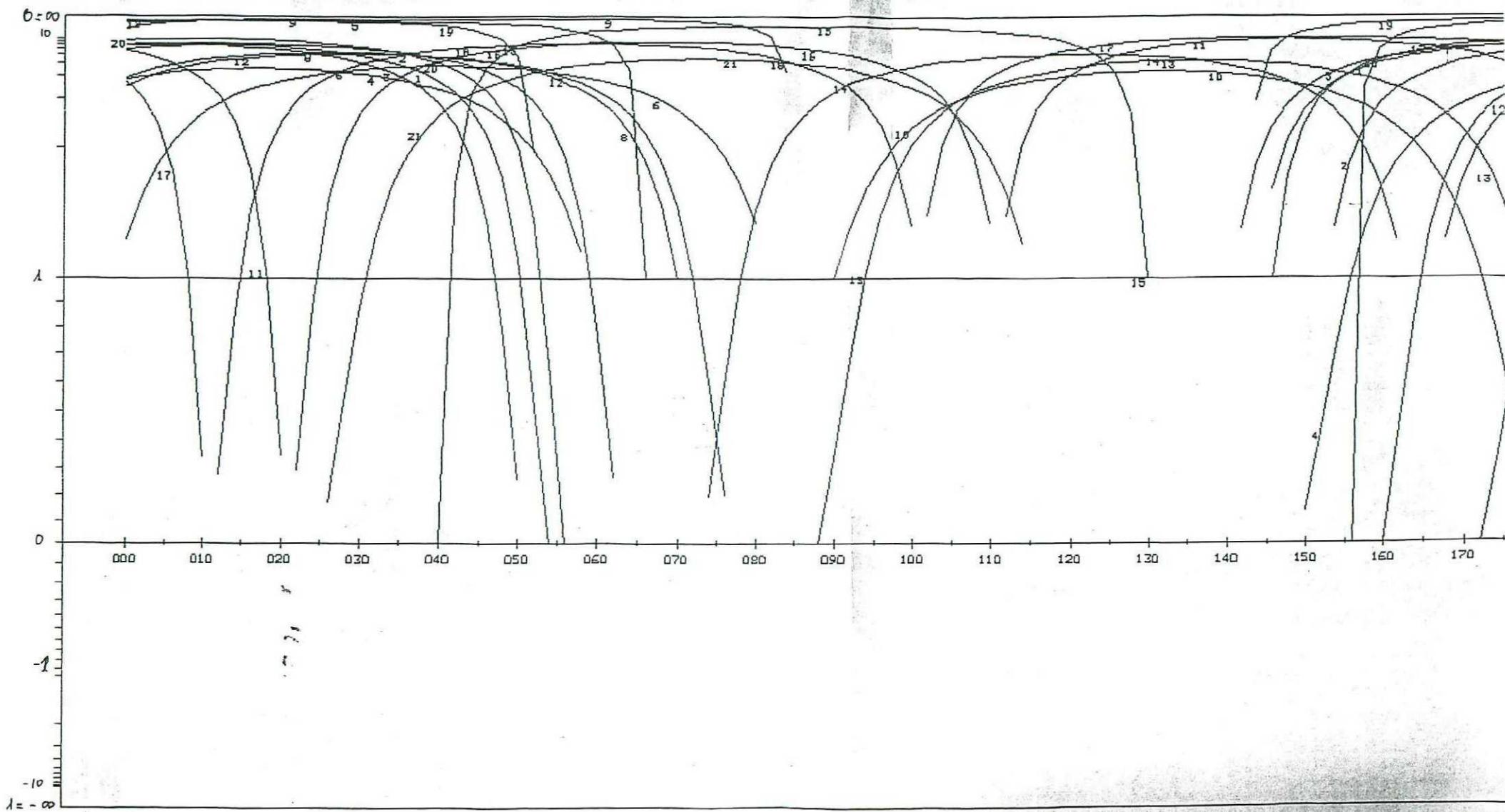
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA (%)

MÉTODO DE LOS DETERMINANTES

ESTACIÓN E=1

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: F-1 / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



F-1

54	63	W	82	W	0	N	101
63	58	W	83	W	0	N	102
51	51	W	84	W	0	N	103
149	73	E	67	S	0	N	104
156	87	E	79	S	0	N	105
172	53	E	79	S	0	N	106
74	70	W	90	N	0	N	107
160	53	E	82	S	0	N	108
175	73	E	89	S	0	N	109
0	52	E	78	S	0	N	110
21	55	E	85	N	0	N	111
77	81	W	61	W	0	N	112
88	54	E	80	W	0	N	113
73	80	E	63	W	0	N	114
40	78	E	84	W	0	N	115
21	65	E	82	S	0	N	116
11	61	W	84	S	0	N	117
11	69	E	80	S	0	N	118
53	59	E	89	N	0	N	119
56	60	F	84	N	0	N	120
25	51	E	81	S	0	N	121
54	58	W	65	N	0	N	122
450	0		0		0		0

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 17PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 5. 94659

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	50. 4	ERR SUR PEND	6. 2
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	38. 3	ERR SUR PEND	5. 8
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	38. 0	ERR SUR PEND	7. 1

ERREUR SUR R 0. 80E-01

F-1

NO	TENSUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX	*****
SIGMA(1)=	0. 63558	DIRECTION 248. 8	PENDAGE 83. 2
SIGMA(2)=	-0. 27117	DIRECTION 33. 1	PENDAGE 5. 6
SIGMA(3)=	-0. 36442	DIRECTION 123. 5	PENDAGE 4. 0

RAPPORT R = 0. 09

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0. 1399 POUR LES 17 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 0. 6513 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR

B. IK.  
H G  
L  
A J N  
C  
E  
O P

D

M

F

---

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 116  
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 121  
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 118  
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 115  
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 101  
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 105  
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 108  
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 103  
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 106  
LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 102 120  
LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 110  
LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 119  
LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 112  
LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES 113  
LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES 117  
LE CARACTERE P CORRESPOND AUX DONNEES 109

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

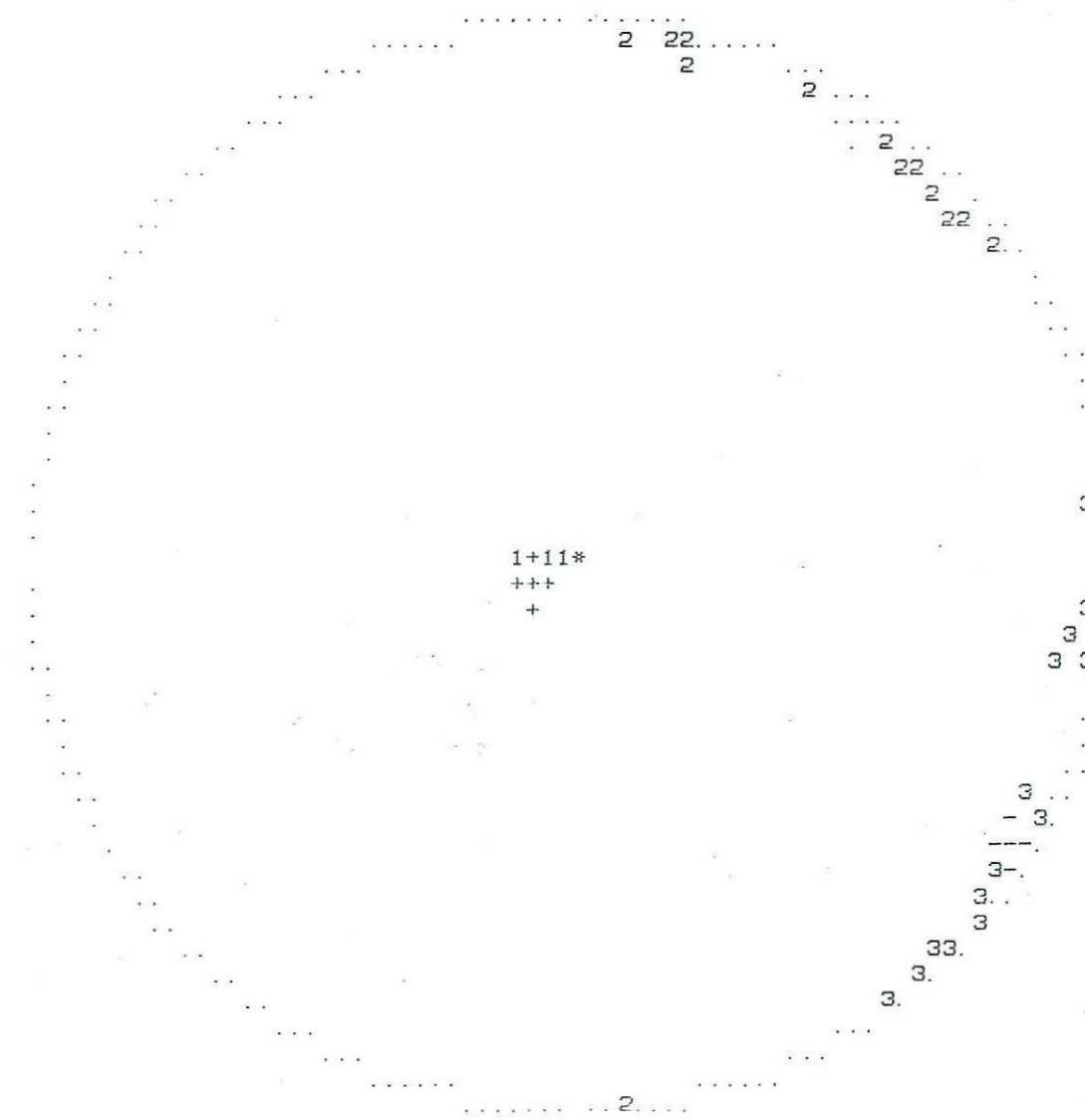
0. 831637E+02 0. 555994E+01 0. 396513E+01 . 0. 248804E+03 0. 330949E+02 0. 123482E+03

## GAMME            NBRE            INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

1	0. 0 0. 1	12	116 121 118 115 101 105 108 103 106 102 110 119
2	0. 1 0. 2	17	112 113 117 109 120
3	0. 2 0. 3	17	
4	0. 3 0. 4	18	104
5	0. 4 0. 5	18	
6	0. 5 0. 6	18	
7	0. 6 0. 7	19	114

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMITT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

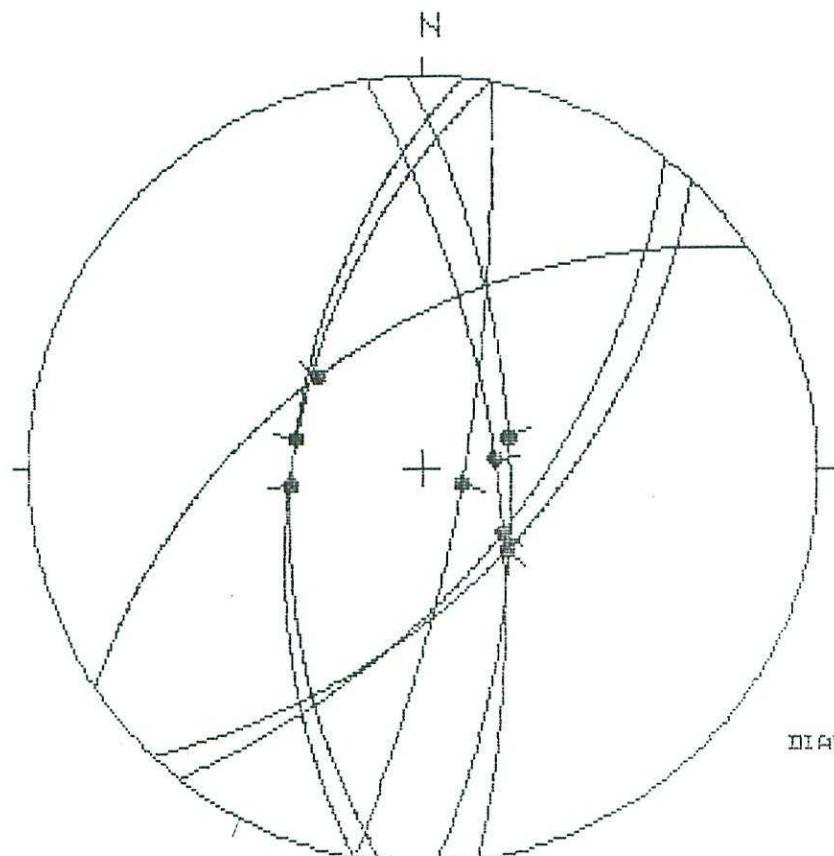
F-1



\*\*\*\*\* IN FINALE

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

# ESTACIÓN: F-2



HOJA No.: 387

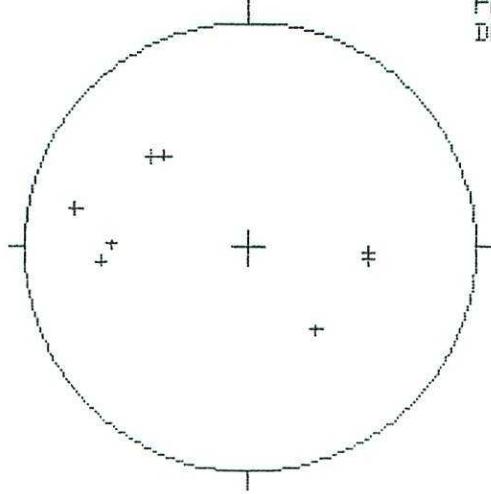
COORDENADAS UTM:  
31TBG 660105

Sol 132 2W

EDAD/FACIES O-H Ichn.  
NÚMERO DE DATOS: 8

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA

PROYECCIÓN  
DE POLOS

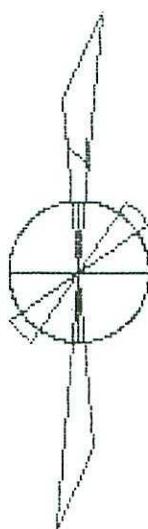


DIPOLOS DE FALLAS DIRECTRALES

+ POLOS DE FALLAS NORMALES

- POLOS DE FALLAS INVERSALES

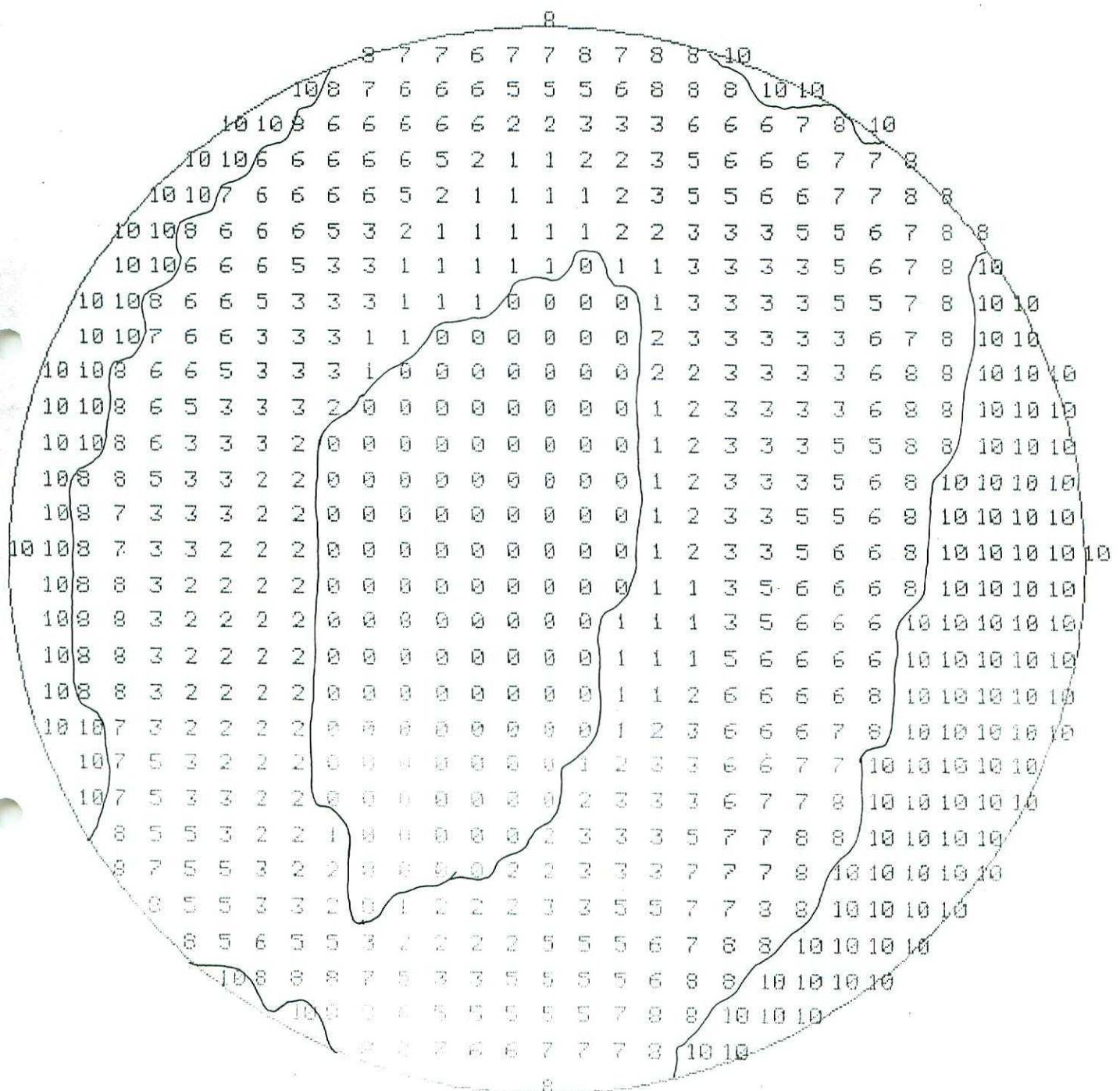
- POLOS DE FALLAS INVERSALES



RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA: 18K

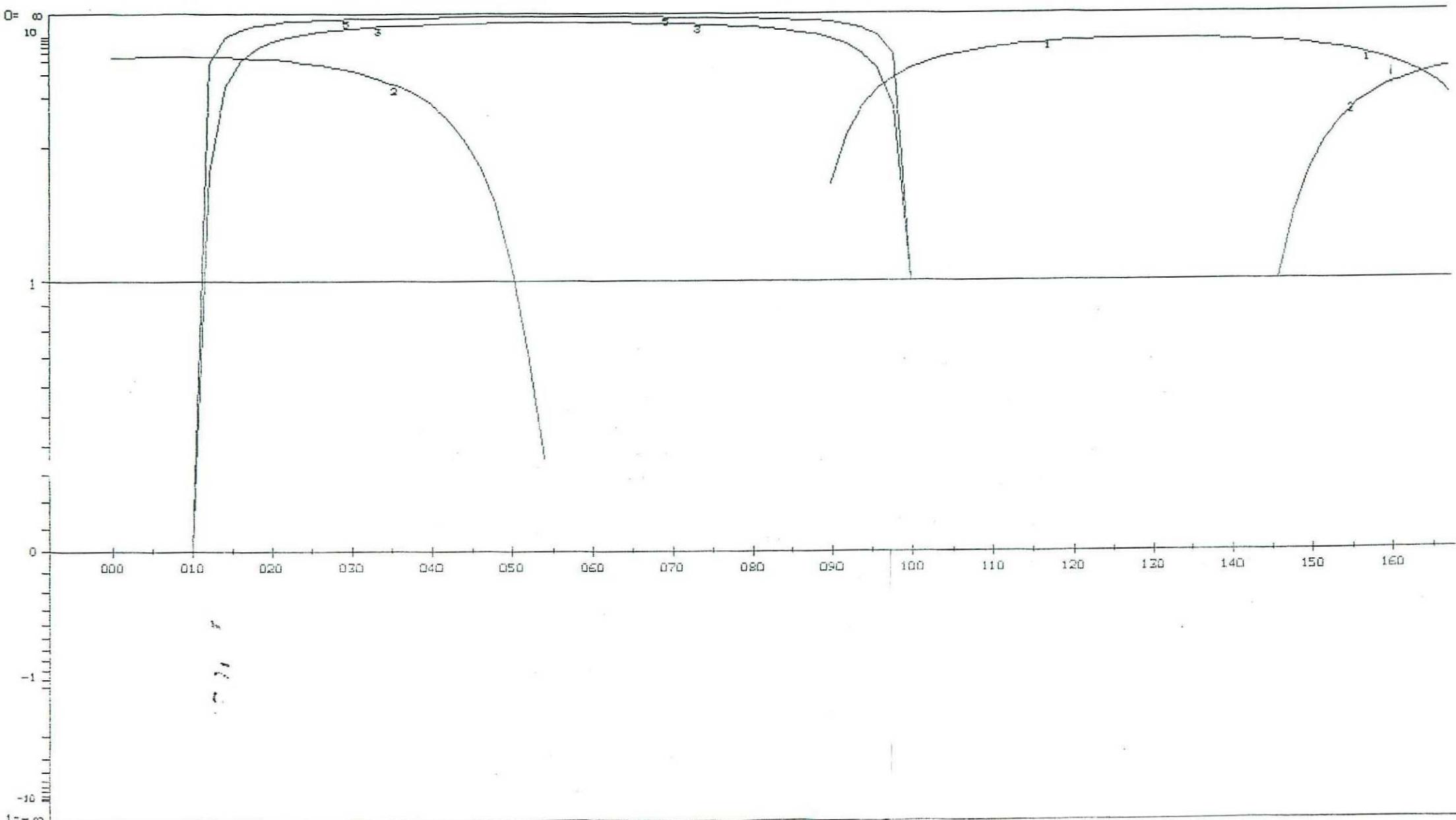
# METODO DE LOS DIEDROS RECTOS

ESTACION : F-2



METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: F-2 / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL, Universidad de Zaragoza



F-2

178	65	E	82	N	O	N	101
56	52	N	81	W	O	N	102
10	54	N	88	E	O	N	103
43	57	S	90	N	O	N	104
10	78	E	88	S	O	N	105
38	61	E	90	N	O	N	106
172	69	E	90	E	O	N	107
6	54	W	82	S	O	N	108
450	0		0		0		0

\*\*\*\*\*DERUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 8PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 5.73802

COMP NO 1	ERR SUR DIRIC	46.2	ERR SUR PEND	9.2
COMP NO 2	ERR SUR DIRIC	44.9	ERR SUR PEND	6.4
COMP NO 3	ERR SUR DIRIC	45.1	ERR SUR PEND	8.7

ERREUR SUR R 0.12E+00

F-2

NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.64673	DIRECTION	277.0	PENDAGE	83.9
SIGMA(2)=	-0.29346	DIRECTION	173.5	PENDAGE	1.4
SIGMA(3)=	-0.35327	DIRECTION	83.4	PENDAGE	5.9

RAPPORT R = 0.06

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0401 POUR LES 8 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 0.0401 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR

D  
G BA  
E  
C.  
F.

---

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 102  
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 106  
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 107  
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 104  
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 103 108  
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 105  
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 101

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPE NO 4

0. 838967E+02 0. 142326E+01 0. 593382E+01 0. 276961E+03 0. 173525E+03 0. 833770E+02

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0.0 0.1	6	102 106 107 104 103 105
2 0.1 0.2	8	101 108

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SOUVENT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

F-2

2..2

33..

+  
+++ \*  
+

3

3  
3

22..

2 22 ..

\*\*\*\*\*FIN FINALE