

**MINISTERIO DE INDUSTRIA**

**Y**

**ENERGIA**

**INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA**

**MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA**

*ESCALA 1:50.000*

**INFORME COMPLEMENTARIO SOBRE LA TECTONICA ALPINA DE LA HOJA**

**378 (22-15)**

**QUINTANA REDONDA**

**J.L.Simón Gómez**

**(UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)**

**Noviembre-1989**



## **HOJA Nº 378. QUINTANA REDONDA.**

### **Tectónica alpina.**

**J.L. SIMON GOMEZ.**

**Departamento de Ciencias de la Tierra.**

**Universidad de Zaragoza.**

#### **1. DESCRIPCION MACROESTRUCTURAL.**

La hoja de Quintana Redonda se sitúa en el sector centro-septentrinal de la Cuenca de Almazán y se encuentra ocupada esencialmente por materiales neógenos y cuaternarios. Los únicos terrenos más antiguos son los paleógenos aflorantes en el cuadrante NE de la hoja (en torno a la propia localidad de Quintana Redonda) y el Cretácico superior, que aparece en dos contextos distintos: (a) una estrecha franja situada en el límite norte de la hoja, entre Monasterio y Nafría, correspondiente al borde de la Sierra de San Marcos, y (b) pequeños enclaves aislados en el interior del Neógeno (N de La Muela, NE de Escobosa de Calatañazor, Andaluz).

El Paleógeno de Quintana Redonda se encuentra afectado por un sistema de pliegues flexurales muy constantes en cuanto a escala,

orientación y estilo. Presentan longitudes de onda en torno a 1 Km y trazas axiales que en algún caso se prolongan hasta casi una decena de kilómetros. La orientación de sus ejes está comprendida entre 090 y 100. Puede reconocerse en ellos una cierta vergencia hacia el Norte, por cuanto que los flancos septentrionales de los anticlinales buzcan siempre más (hasta 45-50°) que los meridionales (entre 10 y 20°) (fig. 1.A). El sistema consta, esencialmente, de tres parejas anticlinal-sinclinal que se emplazan, respectivamente y de N a S, a la altura de Los Llamosos, junto a Quintana Redonda y al N de Tardelcuende. El anticlinal y el sinclinal de Tardelcuende tienen ejes menos continuos y, a juzgar por la disposición espacial de las capas afectadas, también una marcada inmersión hacia el W. Tanto al E como al W del valle estos pliegues aparecen fosilizados por el Neógeno.

La franja de Cretácico correspondiente al borde meridional de la Sierra de San Marcos presenta también una estructuración general E-W con, al menos, un anticlinal y un sinclinal de esa dirección, fácilmente observables en fotografía aérea cortados por el Barranco de Fuenteberros, al E de Nafria.

El Cretácico situado al N de La Muela presenta un cierto aire de anticlinorio, con dos ejes antiformes cerca de sus límites norte y sur y un sinclinal intermedio cuya charnela se atraviesa aproximadamente en el kilómetro 33 de la carretera entre Nafria y La Muela. Los pliegues se orientan próximos a E-W y vergen ligeramente hacia el N, alcanzando los buzamientos más altos (unos 40°) en su borde septentrional (Fig. 1.C).

En Andaluz aparece otro anticlinal aislado, de amplitud hectométrica

y longitud kilométrica, afectando a las calizas del Cretácico superior. La sobreimposición del Río Fuentepinilla deja ver un corte muy claro de la estructura junto a esa localidad. También en este caso la orientación del eje es E-W y el buzamiento del flanco norte ( $45^\circ$ ) es algo mayor que la del flanco sur ( $25^\circ$ ) (Fig. 1.B). El extremo oriental de su trazado cartográfico parece corresponder a un cierre periclinal simple fosilizado por los depósitos neógenos, en tanto que el extremo occidental aparece complicado por la presencia de dos fallas, una NE y otra NW, que lo cortan originando cambios bruscos en la orientación de las capas.

En el pequeño enclave cretácico situado entre Rioseco y Escobosa de Calatañazor se han observado las capas buzando casi monoclinamente unos  $25-30^\circ$  hacia el NNW, sin describir ninguna estructura particular y cubiertas en discordancia angular por las arcillas rojas miocenas.

Los materiales neógenos permanecen en toda la hoja prácticamente sin ninguna deformación. Ya hemos señalado cómo muchos de los pliegues E-W descritos se encuentran fosilizados por ellos. Quizá no debe descartarse completamente que en alguno de sus contactos con flancos relativamente abruptos puedan las capas encontrarse ligeramente inclinadas. Sin embargo, resulta difícil reconocer la estratificación en las facies neógenas arcillosas inmediatas a los contactos (tal ocurre, por ejemplo, en el anticlinal de Andaluz), y lo cierto es que, al alejarnos sólo unas pocas decenas de metros, se encuentran ya capas horizontales. Puede concluirse, por tanto, que el plegamiento de dirección E-W es esencialmente de edad paleógena.

La serie neógena horizontal se dispone a veces en *onlap* sobre las

estructuras mesozoicas, siendo localmente las calizas de facies Páramo que la coronan las que reposan sobre el Cretácico o se adosan a él. La superficie de colmatación de la cuenca, representada por el techo de estas calizas de facies Páramo, enlaza nítidamente con la superficie de erosión que se extiende ampliamente por toda el área arrasando las estructuras de plegamiento. Se trataría de la llamada *superficie de erosión fundamental*, de SOLE SABARIS, 1978), que en esta hoja se sitúa siempre alrededor de la cota 1050. En la figura 2 se observa una panorámica del arranque de dicha superficie de erosión a partir del relieve residual de la Sierra de San Marcos y su enlace con el techo de las calizas terminales del sector de Monasterio.

Las calizas de facies Páramo se presentan prácticamente indeformadas al igual que el conjunto de toda la serie neógena. Sin embargo, sí cabe destacar en ellas, aparte de una cierta fracturación de escala métrica a la que nos referiremos en el apartado siguiente, un suave sinclinal que describen las capas en la localidad de La Muela, con buzamientos de hasta  $10^\circ$  y un eje de orientación aproximada ENE.

## 2. ANALISIS MICROESTRUCTURAL.

Dentro de esta hoja se han tomado y analizado datos de microestructuras frágiles (estilolitos, juntas de extensión y microfallas) en tres estaciones localizadas en calizas cretácicas, con el fin de reconstruir los estados de paleoesfuerzo que caracterizan la evolución tectónica alpina (estaciones 1, 2 y 3). Para dicho análisis se han utilizado métodos estadísticos tanto de tipo analítico (ETCHECOPAR et al., 1981)

como gráfico (diagrama y-R de SIMON GOMEZ, 1986). Asimismo, en otras dos estaciones (4 y 5), se ha procedido a la medición de las fracturas que afectan a las capas terminales del Neógeno de facies Páramo. Los resultados de todas ellas se recogen en la figura 3 y en los anexos 1, 2 y 3.

La estación 1 (Andaluz) comprende dos afloramientos situados, respectivamente, en los flancos norte y sur del anticlinal de Andaluz, correspondiendo a sendas canteras abiertas en las proximidades de esta localidad. Los picos estilolíticos medidos se agrupan en dos máximos: uno próximo a N-S que únicamente se registra en el flanco sur y otro ESE que aparece mayoritariamente en el flanco norte, pero que también tiene cierta representación en el otro (ver figura 3).

Se han medido asimismo en ambos afloramientos una serie de microfallas direccionales, que tienen rumbos NNW y NNE en el sur y más variables en el norte. El análisis de las mismas no proporciona, en ninguno de los dos casos, soluciones muy satisfactorias; en el primero debido a que no existe suficiente variedad de fallas implicadas (prácticamente todas son dextrales), y en el segundo por ser su número muy escaso. El intento de análisis conjunto de los datos de ambos afloramientos, tanto en su posición actual como "desplegando" las capas, no aporta ninguna mejora, puesto que las fallas de uno y otro siguen tendiendo a agruparse en soluciones distintas. No obstante, sí resulta claro que las fallas medidas en el flanco norte son compatibles con la misma compresión 100 que indican los estilolitos (ver anexo 1), y que las dextrales del flanco sur lo serían con una compresión aproximada NE, distinta de la N-S que se infiere de la otra familia de estilolitos y del propio pliegue E-W. Existen algunos indicios, aunque no muy concluyentes, que sugieren que la compresión NE

fue anterior a la N-S: (a) En una falla de dirección 024 se encuentran estrias sinestrales que parecen superpuestas a otras dextrales. (b) En tres de los planos próximos a N-S las estrias dextrales son cubiertas por una drusa de calcita que sugiere su apertura como juntas de extensión bajo un estado de esfuerzo con  $\sigma_3$  próximo a E-W.

La estacion 2 (Rioseco) se sitúa en un pequeño afloramiento de calizas cretácicas en la confluencia de los arroyos del Pozo y de la Merendilla, unos 3 Km al sur de Rioseco. Si bien en dicho afloramiento no se reconocen pliegues completos, la estratificación presenta un buzamiento medio de unos 27° al norte que muy probablemente se debe a la acción del plegamiento E-W descrito en el apartado anterior. Se ha medido una población de microfallas de componente principal direccional y rumbos dominantes N-S y E-W, así como algunos picos estilolíticos subhorizontales en torno a 045. El análisis de las fallas no arroja, desgraciadamente, resultados muy claros, probablemente debido a la existencia de una cierta simultaneidad entre su movimiento y el desarrollo de los pliegues. El diagrama y-R realizado para las capas en su posición actual (ver anexo 2) no es interpretable. En cambio, abatiendo la estratificación a la horizontal se obtiene una solución aceptable que indica una compresión próxima a 020, más tarde corroborada por el método de Etchecopar ( $\sigma_1$  026, 28N;  $\sigma_3$  109, 11W; R = 0.91). La actuación de esta compresión debe ser considerada anterior a la inclinación de las capas (y por tanto, probablemente, al plegamiento).

Otras dos soluciones que se recogen en el anexo 2 señalan compresiones de dirección 018 y 036 con inmersión sur. Estas son, en realidad, un tanto confusas y explican grupos de fallas no absolutamente

excluyentes entre sí ni con la primera mencionada; sin embargo, la existencia, en tres de los planos observados, de dos direcciones distintas de estrias de fricción, compatible cada una con diferentes soluciones, apoya la existencia de varios estados de esfuerzo diferenciados. Estas dos últimas soluciones serían probablemente post-plegamiento, y la segunda de ellas es perfectamente coherente con la familia de picos estilolíticos, lo que le confiere un mayor grado de verosimilitud. En uno de los planos se ha observado la superposición de estrias compatibles con estas dos últimas soluciones sobre otras compatibles con la primera, lo cual apoya la secuencia cronológica propuesta (fallas 2 y 3 en el anexo 2).

La estación 3 (La Muela) se sitúa en el borde sur del Cretácico plegado que aflora justo al oeste de esa localidad, en capas que buzan entre 10 y 25° hacia el SSE. Existen en ella picos estilolíticos de dirección media 020, compatibles con grandes juntas de extensión subverticales de similar dirección, y compatibles, también, con la dirección de acortamiento que indican los pliegues. Sin embargo, la población de fallas medida arroja dos soluciones que corresponden a sendos estados compresivos de direcciones 050 y 143, respectivamente. La primera no se encuentra lejana de la dirección de algunos de los picos estilolíticos medidos (040 y 046) y, a juzgar por las superposiciones de estrias observadas en dos planos, debe de ser posterior a la compresión 143. Uno de tales planos, además, forma parte de la familia de grandes juntas de extensión; en él se observa cómo la drusa de calcita asociada a su apertura extensiva (compatible con la compresión próxima a N-S) es posterior a la estriación sinistral compatible con la compresión 143 y anterior a la estriación dextral compatible con la compresión 050. La secuencia de eventos en este plano (fallas 8, 9 y 10 en el anexo 3) parece reflejar, por



tanto, la siguiente sucesión de direcciones de compresión: (1º) 143, (2º) 000 a 020, (3º) 050.

La fracturación que afecta en diversos puntos a las calizas de facies Páramo ha sido analizada en las estaciones 4 (Nafria) y 5 (Monasterio). En cada una de ellas se han medido unos 40 planos de fractura sin síntomas de desplazamiento, cuyos diagramas en rosa aparecen en la figura 3. Las familias principales que se observan en una y otra son perpendiculares entre sí: direcciones medias 140 y 050, respectivamente. Aparte de éstas, existen en ambos casos familias menos relevantes en torno a N-S y E-W.

## 2. INTERPRETACION TECTONICA.

El rasgo estructural más destacable de la hoja de El Burgo de Osma lo constituyen los pliegues E-W a ESE que aparecen diversos puntos afectando tanto al Paleógeno del área de Quintana Redonda como a los enclaves de calizas del Cretácico superior (haciendo aflorar éstas entre los materiales neógenos de la Cuenca de Almazán). Tales pliegues deben de estar causados por una compresión N-S que también ha sido puesta de manifiesto mediante microestructuras frágiles en todas las estaciones analizadas. La edad de los pliegues parece esencialmente paleógena: afectan a los materiales de este periodo y aparecen siempre discordantes bajo los depósitos neógenos (si bien en puntos de alguna de las hojas vecinas los niveles basales de éstos se halla todavía afectados débilmente por el plegamiento o por pequeñas fallas inversas). No creemos que el suave sinforme que afecta a las calizas neógenas de facies Páramo de La Muela esté relacionado verdaderamente con este sistema de pliegues.

Se han registrado también otras dos direcciones de compresión, detectadas únicamente por microestructuras frágiles:

(a) Una, muy local, 140 que parece anterior a la N-S. También se detecta en hojas vecinas (Almazán y Berlanga) con la misma relación cronológica, así como en todo el ámbito de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (ALVARO, 1975; CAPOTE et al. (1982).

(b) Otra NE, detectada aquí en las tres estaciones analizadas, y que parece posterior a la N-S. Al menos eso es lo que indica la información microestructural de Rioseco y La Muela, así como la procedente de otros puntos de las hojas vecinas de Berlanga y El Burgo de Osma. Algún indicio de secuencia cronológica en sentido contrario, como el hallado en la estación Andaluz, es muy puntual y bastante menos sólido. Caso de ser realmente posterior a los pliegues E-W, la edad de esta compresión podría entrar ya en el Neógeno. Sin embargo, su intensidad en esta área no debió de ser muy grande, ya que no produjo ningún tipo de macroestructura.

Este esquema de evolución tectónica contrasta con el que puede reconocerse en el ámbito de la Cordillera Ibérica y en el sector oriental de la Cuenca de Almazán, donde la dirección de compresión paleógena, responsable de las macroestructuras de plegamiento, es precisamente NE a ENE, y donde otra compresión más próxima a N-S, en los casos en que aparece, resulta ser más reciente. Ello indica que, durante el Paleógeno, tanto las trayectorias del campo de esfuerzos compresivo como las directrices de los pliegues presentan una variación espacial importante entre los sectores oriental y centro-occidental de la Cuenca de Almazán. El primero se halla vinculado a la parte central de la Cordillera Ibérica y desarrolla direcciones de pliegues SE a SSE, mientras el segundo lo está al

sector soriano de la cadena y al extremo occidental de la Rama Castellana, donde domina la directriz E-W y aun, localmente, la NE. En la vecina hoja de Soria llega a producirse el tránsito prácticamente continuo entre estas direcciones estructurales.

Durante, al menos, la mayor parte del Neógeno, predomina en la región un ambiente de calma tectónica, dentro del cual tiene lugar el desarrollo de la superficie de erosión que arrasa las estructuras de plegamiento y es correlativa de los niveles calcáreos de facies Páramo que colmatan la Cuenca de Almazán (superficie de erosión fundamental de SOLE SABARIS, 1978). Las capas neógenas aparecen siempre horizontales en toda la extensión de la hoja. Únicamente hemos de reiterar la existencia de la estructura sínforme laxa en La Muela y, como estructuras más penetrativas, los sistemas de fracturas sin desplazamiento que se observan a escala de afloramiento. Todas estas deformaciones deben de estar sin duda relacionadas con los procesos distensivos que caracterizan la evolución tectónica tardía de la Cordillera Ibérica y la Meseta. Si bien no es en esta hoja donde más nítido aparece, existe en el conjunto de la Cuenca de Almazán un patrón de fracturación conformado por parejas de familias mutuamente perpendiculares, y que coincide con el que se muestra en otros muchos puntos de la Cordillera Ibérica y de la Depresión del Ebro. Este patrón es característico de un régimen de distensión de tipo "radial" o "multidireccional" ( $\sigma_2 \approx \sigma_3$ , ambos horizontales) (SIMON GOMEZ, 1989). Dentro de tal régimen, la aparición de fracturas extensivas según dos direcciones distintas y perpendiculares entre sí se explicaría por el intercambio de los ejes  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ , debido a la similitud de sus valores y a la redistribución de esfuerzos causada por la aparición de la primera familia de discontinuidades.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- Alvaro, M. (1975): Estilolitos tectónicos y fases de plegamiento en el área de Sigüenza (borde del Sistema Central y la Cordillera Ibérica). Estudios Geol., 31 (3-4), 241-247.
- Capote, R.; Díaz, M.; Gabaldón, V.; Gómez, J.J.; Sánchez de la Torre, L.; Ruiz, P.; Rosell, J.; Sopeña, A., y Yebenes, A. (1982): Evolución sedimentológica y tectónica del Ciclo Alpino en el tercio noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Temas Geológico-Mineros, IGME, Madrid, 290 pp.
- Etchecopar, A.; Vasseur, G. & Daignières, M. (1981): An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault population analysis. J. Struct. Geol., 3 (1), 51-65.
- Simón Gómez, J.L. (1986): Analysis of a gradual change in stress regime (example from the eastern Iberian Chain, Spain). Tectonophysics, 124, 37-53.
- Simón Gómez, J.L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin (Spain). J. Struct. Geol., 11 (3), 285-294.
- Solé Sabarís, L. (1978): La Meseta. En: De Terán, M. (ed): Geografía de España Ariel, Madrid, 42-62.

## PIES DE FIGURAS.

### FIGURA 1.

Cortes estructurales a escala 1:50.000. **A:** Transversal S-N en la parte oriental de la hoja. Coordenadas UTM de los puntos extremos: S: 30TWM282003; N: 30TWM328133. **B y C:** Transversal S-N en la parte occidental de la hoja. S: 30TWL156945; N: 30TWM187130.

**c:** Cretácico. **p:** Paleógeno. **n:** Neógeno.

### FIGURA 2.

Panorámica de la superficie de erosión fundamental (**s**) del área de Nafria-Monasterio, arrancando de los relieves residuales (**r**) de la Sierra de San Marcos y enlazando con los niveles carbonatados de facies Páramo (**p**) que coronan la serie neógena. Coordenadas UTM del punto de toma de la fotografía: 30TWM184110.

### FIGURA 3.

Resultados del análisis de microestructuras frágiles.

Estaciones: **1:** Andaluz (coordenadas UTM: dominio Andaluz1 -flanco norte del anticlinal-: 30TWL158974; dominio Andaluz2 -flanco sur del anticlinal-: 30TWL157968). **2:** Rioseco (30TWM139070). **3:** La Muela (30TWM182088). **4:** Nafria (30TWM185110). **5:** Monasterio (30TWM255120).

Símbolos: 1: Pico estilolítico. 2: Ciclográfica y estría de falla, con indicación del sentido de movimiento del labio superior. 3: Polo medio de la estratificación. 4: Polo de junta de extensión. 5: Eje de esfuerzo máximo  $\sigma_1$  inferido del análisis estadístico de fallas. 6: Eje de esfuerzo intermedio  $\sigma_2$ . 7: Eje de esfuerzo mínimo  $\sigma_3$ . R es el valor de la relación de esfuerzos  $(\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ . Las flechas indican las direcciones de compresión inferidas tanto a partir de fallas como de estilolitos.

Para las estaciones 4 y 5 se representan sendos diagramas en rosa de las fracturas. El radio de la circunferencia representa 5 fracturas.

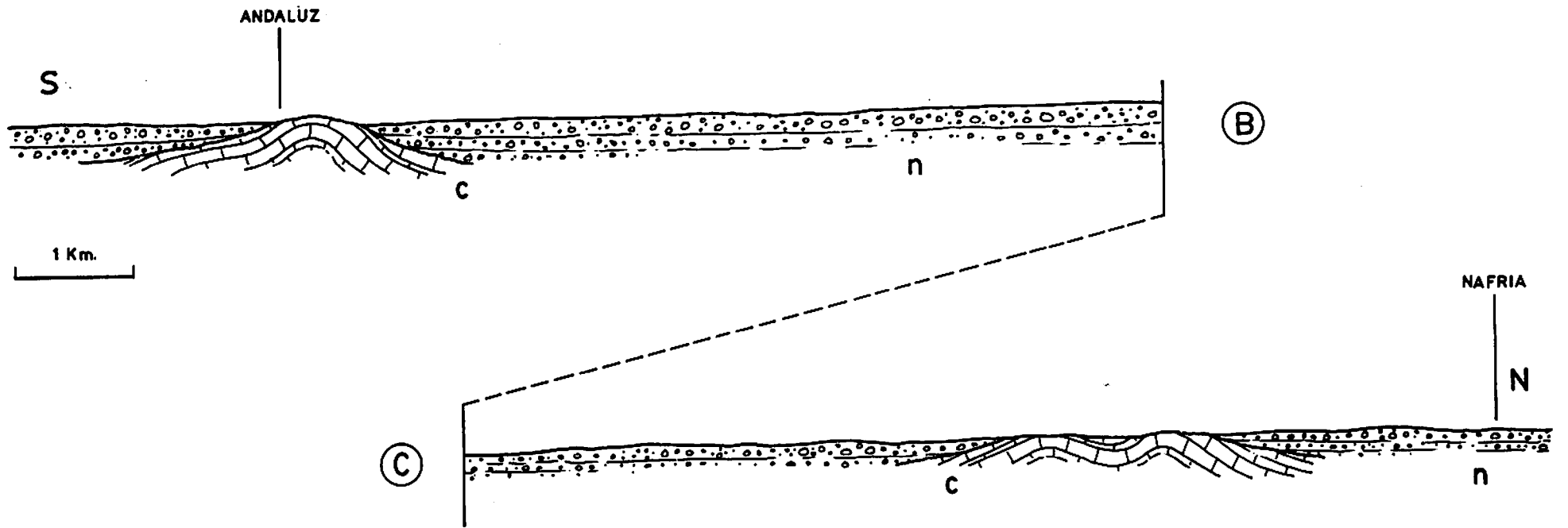
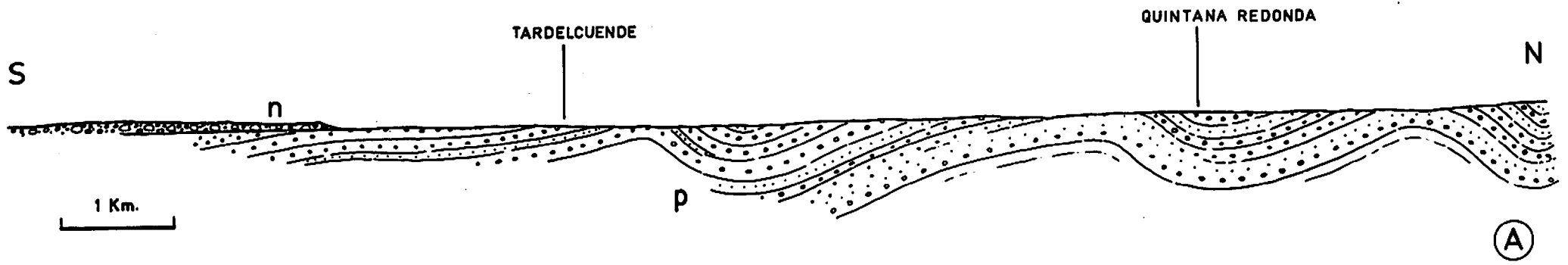


FIG. 1

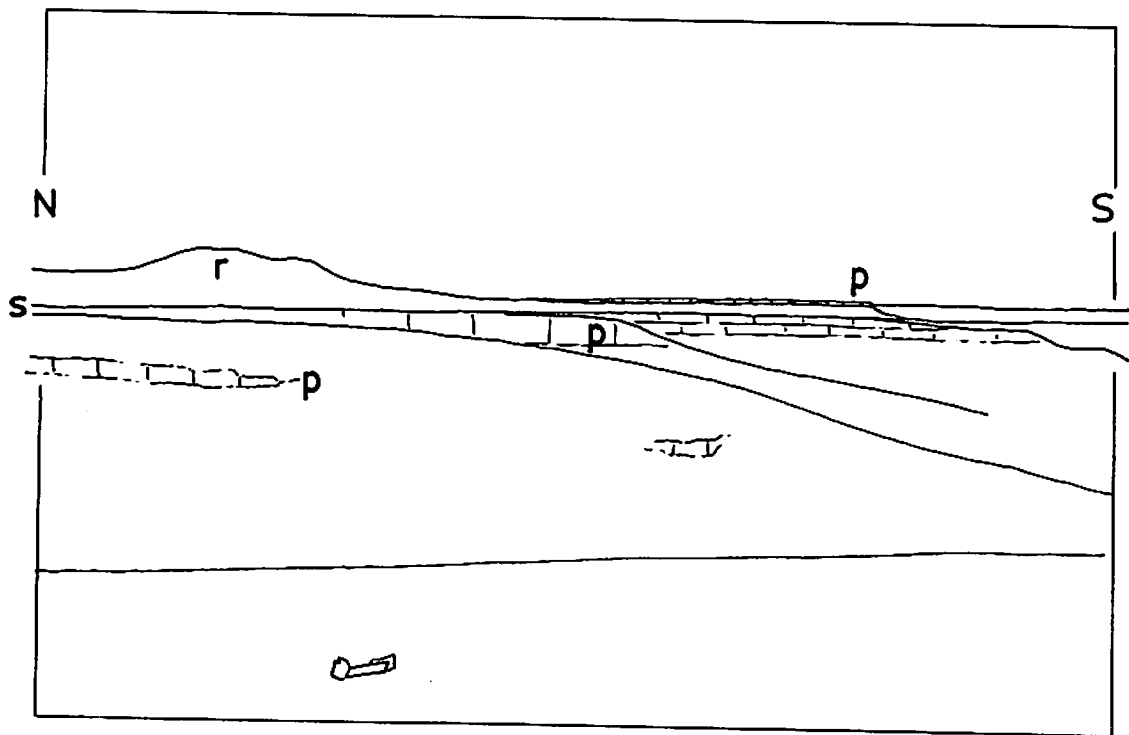


FIG. 2



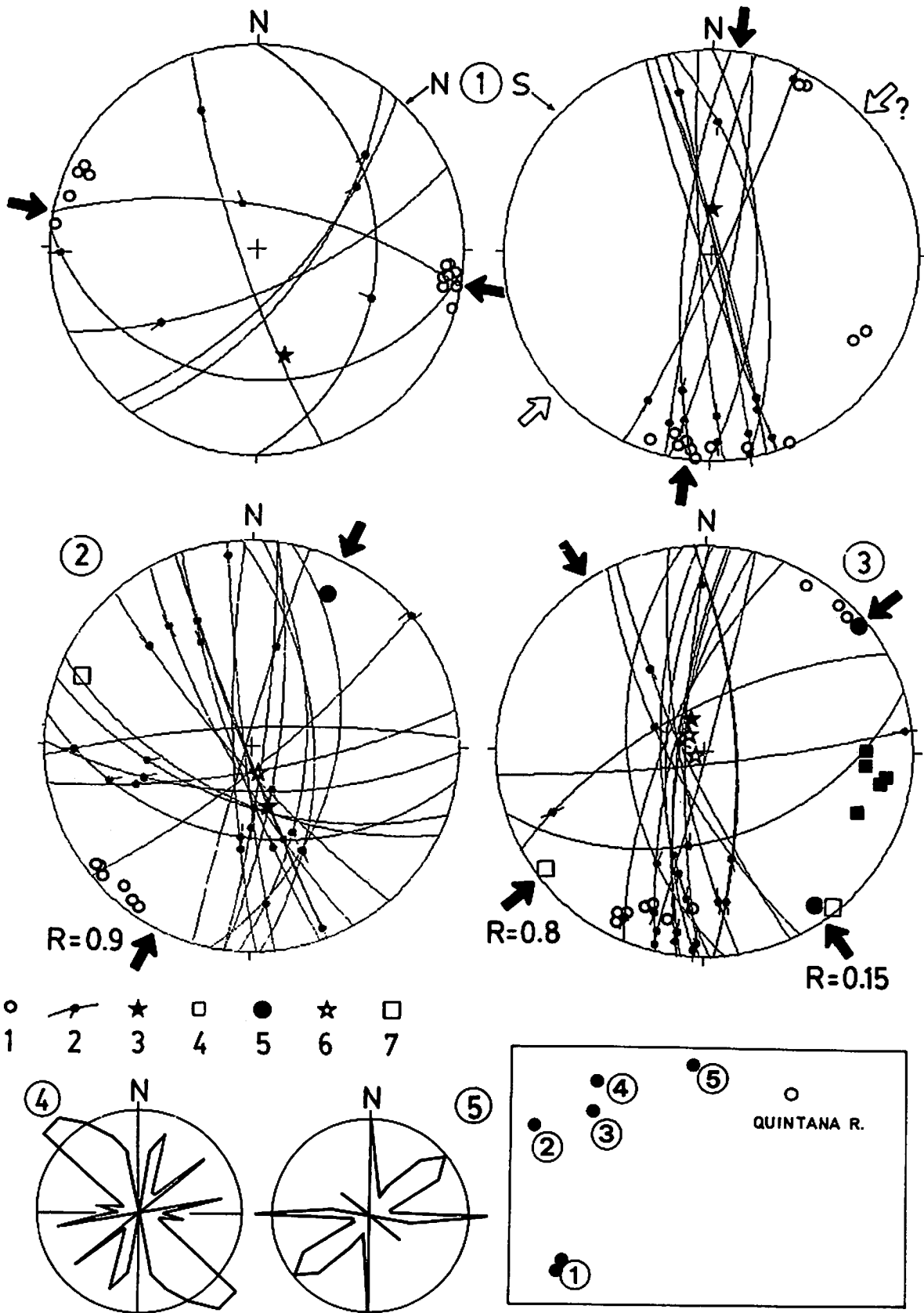


FIG. 3

ANEXOS.

## NOTA

### A LOS ANEXOS DE RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.

En los anexos que siguen se recogen los principales resultados que ha arrojado el análisis de fallas en aquellas estaciones en que han podido medirse planos estriados. Los documentos que se incluyen, para cada estación, son los siguientes:

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

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

(a) Listado de fallas.

(b) 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 estrias 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  $\sigma_2 = \sigma_1$  (régimen de distensión):  $R_B = 1 / R_E$ .

- Si  $\sigma_2 = \sigma_3$  (régimen compresivo de desgarre):  $R_B = R_E$ .

- Si  $\sigma_2 = \sigma_3$  (régimen de compresión triaxial):  $R_B = R_E / (R_E - 1)$ .

(c) Representación de Mohr de los planos de falla en relación a los ejes de esfuerzo obtenidos.

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

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

(3) 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 estria 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  $\sigma_y$ .

ANEXO 1.

RESULTADOS DEL ANALISIS MICROESTRUCTURAL  
EN LA ESTACION 1 (ANDALUZ).

DOMINIO ANDALUZ 1: FLANCO N DEL ANTICLINAL.

DOMINIO ANDALUZ 2: FLANCO S DEL ANTICLINAL.



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



ANDALUZI  
 100 66  
 37 62  
 42 66  
 95 25  
 0 30  
 161 80  
 66 67  
 95 25  
 450 0

N E E S E W S S  
 78 78  
 23 23  
 34 34  
 7 7  
 70 70  
 18 18  
 32 32  
 7 7  
 0 0

W N N W S N W W  
 0 0  
 0 0  
 0 0  
 0 0  
 0 0  
 0 0  
 0 0

N D D D I S D S  
 101 101  
 102 102  
 103 103  
 104 104  
 105 105  
 106 106  
 107 107  
 108 108  
 0 0



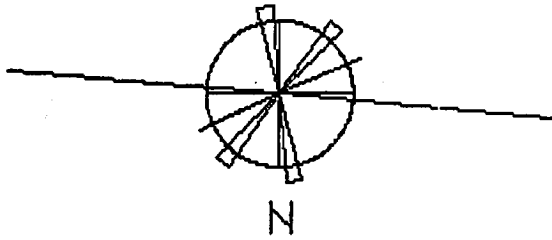
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

-\*POLOS DE FALLAS INVERSAS

\*POLOS DE FALLAS DEXTRALES

+POLOS DE FALLAS NORMALES

0 POLOS DE FALLAS SINISTRALES



PROYECCION DE POLOS

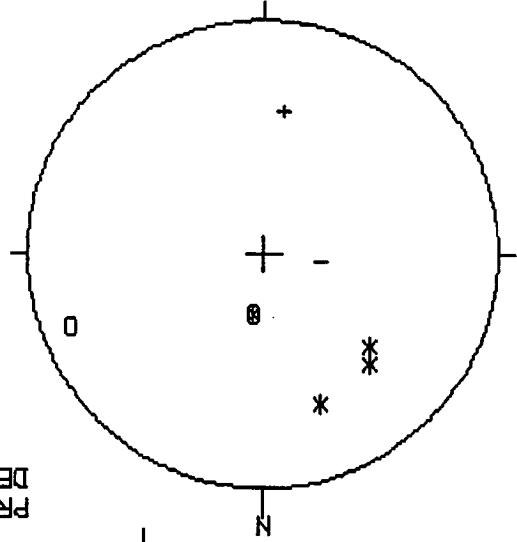
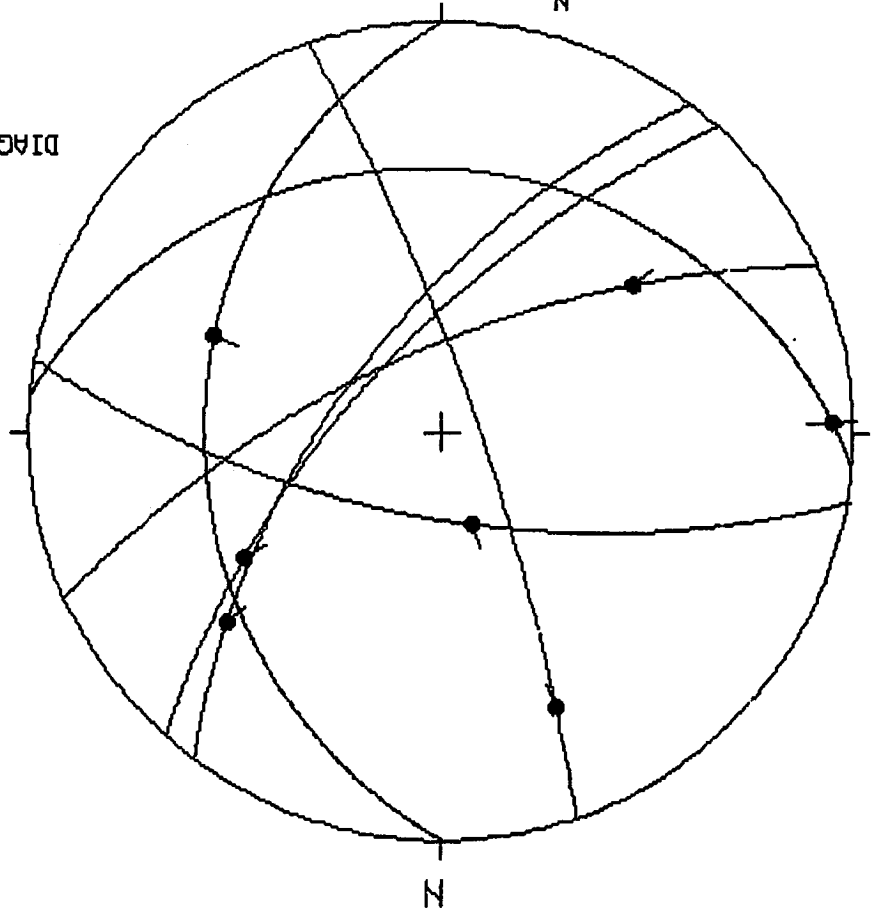


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS DE DIRECCIONES DE FALLA



NUMERO DE DATOS:8

EDAD/FACIES CRETA

SO: 075/45N

30TWL158974

COORDENADAS UTM:

HOJA No.: 37B

ESTACION: ANDALUZ 1

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ANDALUZ1

RESULTADO DEL METODO DE ETCHECOPAR.

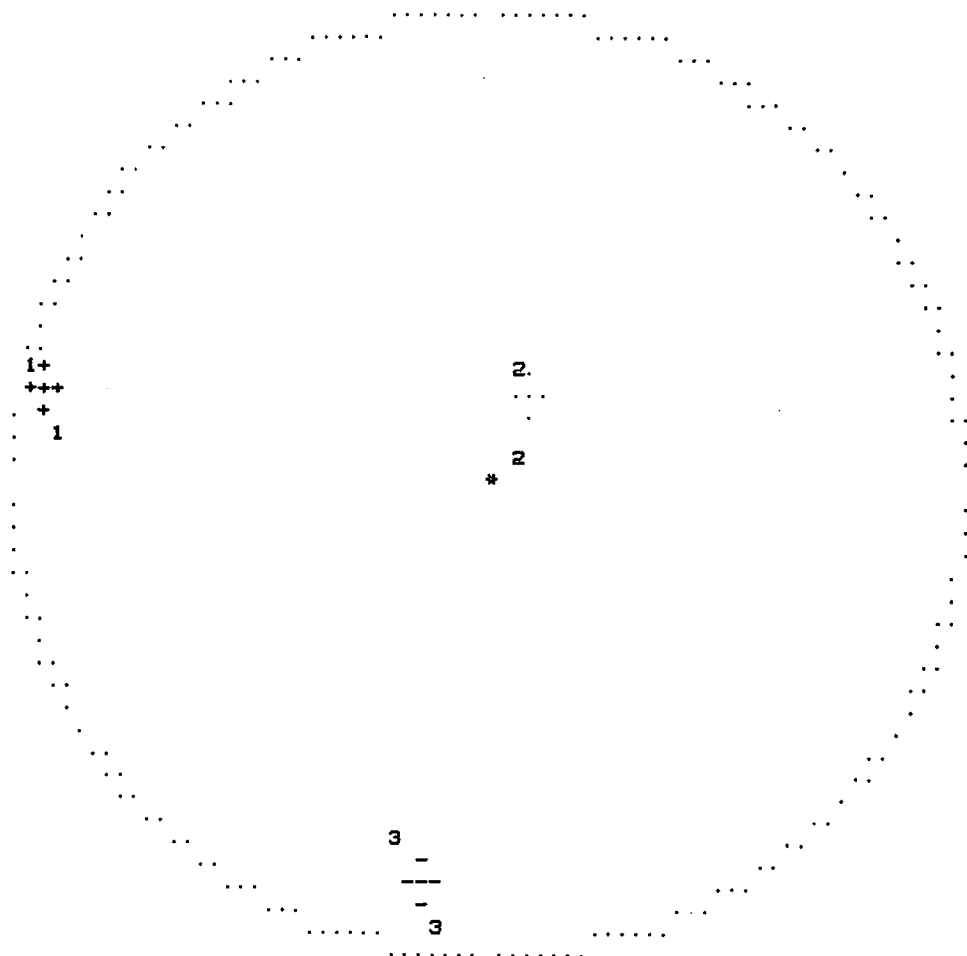
GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0 0.1	4
2	0.1 0.2	5
3	0.2 0.3	6
4	0.3 0.4	6
5	0.4 0.5	6
6	0.5 0.6	6
7	0.6 0.7	7
8	0.7 0.8	7
9	0.8 0.9	7
10	0.9 1.0	7
11	1.0 1.2	7
12	1.2 1.4	7
13	1.4 1.6	7
14	1.6 1.8	7
15	1.8 2.0	7
16	2.0 2.2	7
17	2.2 2.4	7
18	2.4 2.6	7
19	2.6 2.8	7
20	2.8 3.0	7
21	3.0 3.2	8

101 105 106 104  
 103  
 102  
 107  
 108

Universidad de Zaragoza

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

ANDALUZ1



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

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



ECART MOYEN EN DEGRES 11.33719

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	3.2	ERR SUR PEND	8.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	44.1	ERR SUR PEND	19.2
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	2.0	ERR SUR PEND	21.1

ERREUR SUR R 0.19E+00

ANDALUZ1

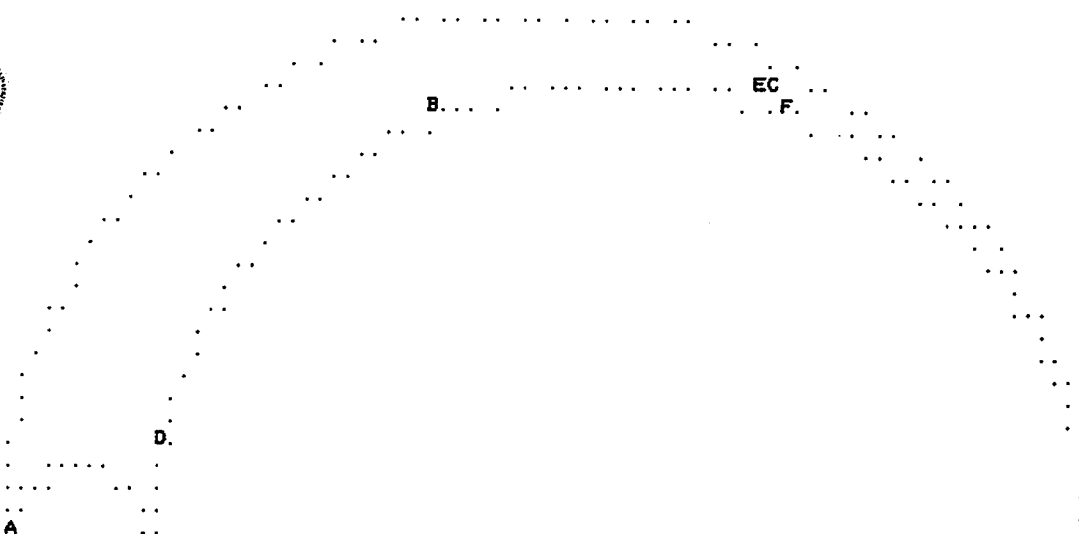
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.62021	DIRECTION	281.6	PENDAGE	4.3
SIGMA(2)=	-0.24042	DIRECTION	26.0	PENDAGE	73.3
SIGMA(3)=	-0.37979	DIRECTION	190.3	PENDAGE	16.1

RAPPORT R = 0.14

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0782 POUR LES 6 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR L ET A 10.2441 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



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

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

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

0.427945E+01 0.732900E+02 0.161216E+02 0.281952E+03 0.259862E+02 0.190313E+03



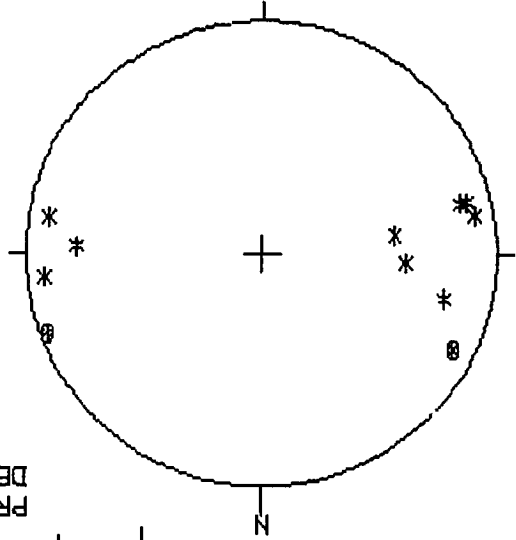
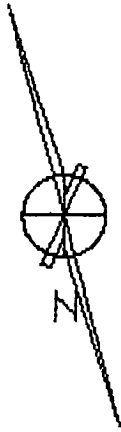
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

-\*POLOS DE FALLAS INVERSAS

\*POLOS DE FALLAS DEXTRALES

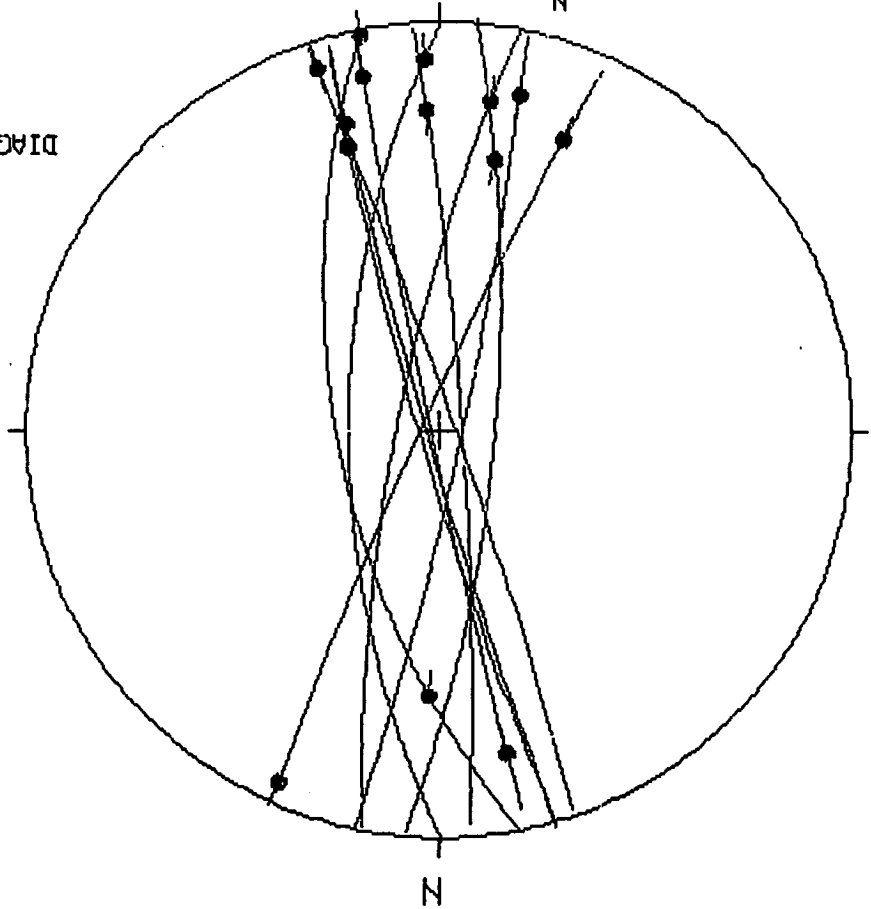
+\*POLOS DE FALLAS NORMALES

DIPOLOS DE FALLAS SINISTRALES



PROYECCION DE POLOS

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS DE DIRECCIONES DE FALLA



NUMERO DE DATOS:15

EDAD/FACIES CRETA

SO: 095/255

30TVL157968

COORDENADAS UTM:

HOJA No.: 378

ESTACION: ANDALUZ 2

Univ. de Zaragoza  
Geología Estructural

ANEXO 2.

RESULTADOS DEL ANALISIS MICROESTRUCTURAL  
EN LA ESTACION 2 (RIOSECO).

RIOSECO

16	87	W	37	N	0	S	101
150	77	W	20	N	0	D	102
150	77	W	40	S	0	I	103
160	80	W	32	N	0	D	104
160	80	W	37	S	0	D	105
50	79	S	0	N	0	S	106
173	86	W	15	S	0	D	107
198	86	W	23	N	0	D	108
138	80	W	21	N	0	D	109
173	86	W	4	N	0	S	110
178	80	W	37	S	0	D	111
87	79	N	9	W	0	S	112
7	75	E	68	S	0	N	113
91	65	S	37	W	0	S	114
99	42	S	88	E	0	N	115
99	42	S	30	W	0	S	116
109	58	S	44	W	0	S	117
7	83	E	47	S	0	D	118
177	56	E	38	S	0	D	119
3	60	E	48	S	0	D	120
79	76	S	30	W	0	S	121
158	87	W	3	S	0	D	122
115	60	S	75	E	0	N	123
11	45	E	47	S	0	N	124
150	77	W	20	N	0	S	125
173	86	W	15	S	0	S	126
99	42	S	88	E	0	I	127
450	0		0		0		0

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza





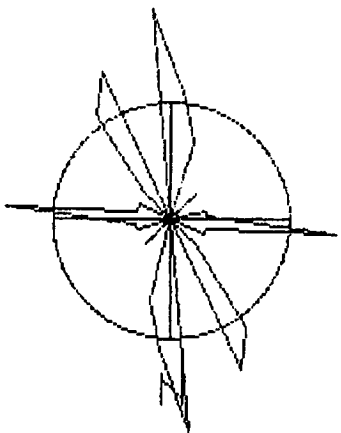
RATIO DE LA CIRCUNFERENCIA-10%

-+POLOS DE FALLAS INVERSAS

\*POLOS DE FALLAS DEXTRALES

+POLOS DE FALLAS NORMALES

0POLOS DE FALLAS SINISTRALES



PROYECCION DE POLOS

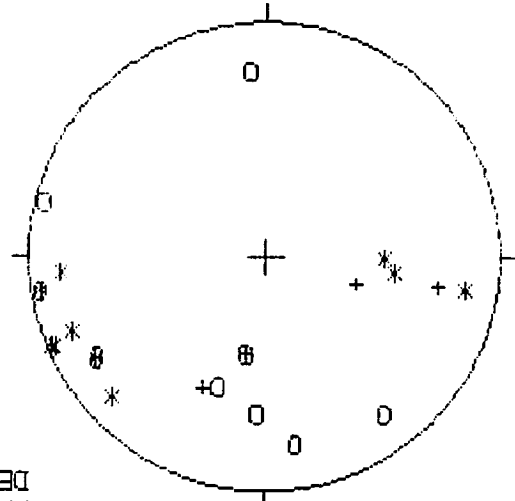
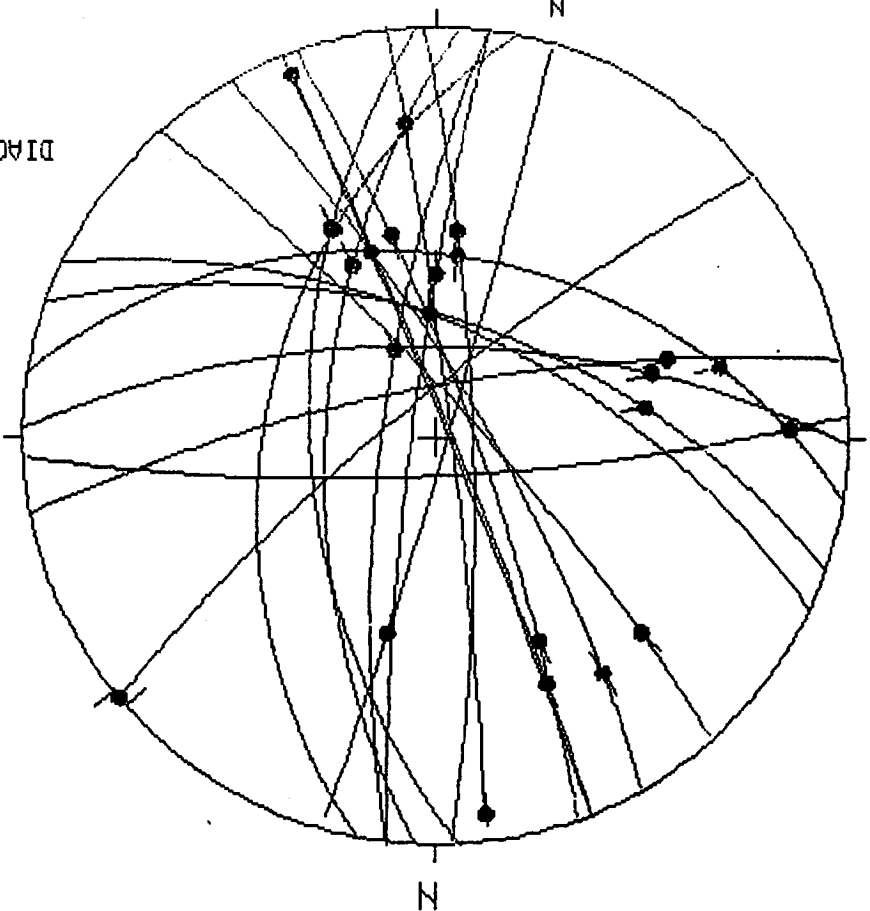


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS DE DIRECCIONES DE FALLA



HOJA No. : 378  
COORDENADAS UTM: 30TWM139070  
SO: 075,27 N  
EDAD/FACIES CRETA  
NUMERO DE DATOS:27

ESTACION: RIOSECO

Univ. de Zaragoza  
Geología Estructural

ECART MOYEN EN DEGRES 3.83009

RESULTADOS DEL METODO DE ETCHECOPAR. SOLUCION 1.

COMP NO 1 ERR SUR DIREC 12.4 ERR SUR PEND 35.8
COMP NO 2 ERR SUR DIREC 33.6 ERR SUR PEND 33.2
COMP NO 3 ERR SUR DIREC 4.7 ERR SUR PEND 2.9

ERREUR SUR R 0.79E-01

RIOSECO

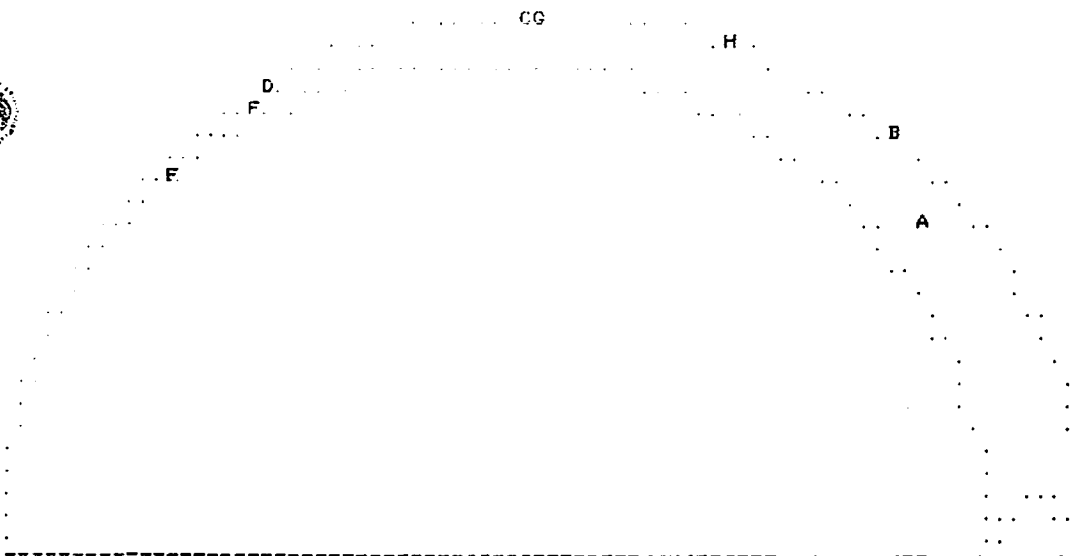
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)= 0.36346 DIRECTION 26.1 PENDAGE 28.7
SIGMA(2)= 0.27309 DIRECTION 180.4 PENDAGE 58.7
SIGMA(3)= -0.63694 DIRECTION 289.7 PENDAGE 11.4

RAPPORT R = 0.91

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0179 POUR LES 8 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LI ET A 45.0181 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 112
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 109
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 108
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 106
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 120
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 119
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 104
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 102

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPE NO 3

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

0.287297E+02 0.585824E+02 0.114080E+02 0.260701E+02 0.180351E+03 0.289720E+03

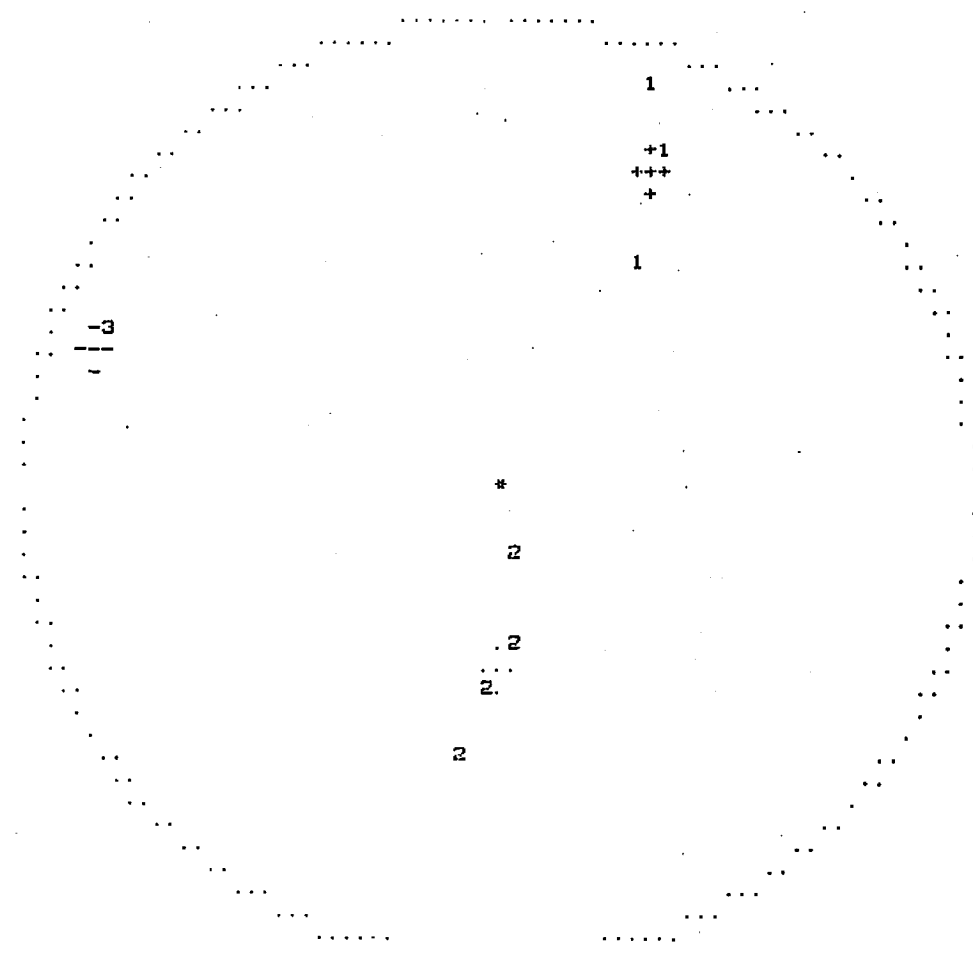
RIOSECO

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0 0.1	8
2	0.1 0.2	8
3	0.2 0.3	8
4	0.3 0.4	8
5	0.4 0.5	11
6	0.5 0.6	13
7	0.6 0.7	14
8	0.7 0.8	15
9	0.8 0.9	15
10	0.9 1.0	16
11	1.0 1.2	19
12	1.2 1.4	20
13	1.4 1.6	21
14	1.6 1.8	23
15	1.8 2.0	23
16	2.0 2.2	23
17	2.2 2.4	24
18	2.4 2.6	25
19	2.6 2.8	26
20	2.8 3.0	26
21	3.0 3.2	27

iversidad de Zaragoza

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

RIOSECO



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

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

ECART MOYEN EN DEGRES 10 32697

SOLUCION 2.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	17.1	ERR SUR PEND	17.4
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	46.6	ERR SUR PEND	11.4
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	9.4	ERR SUR PEND	14.9

ERREUR SUR R 0.308+00

RIOSECO

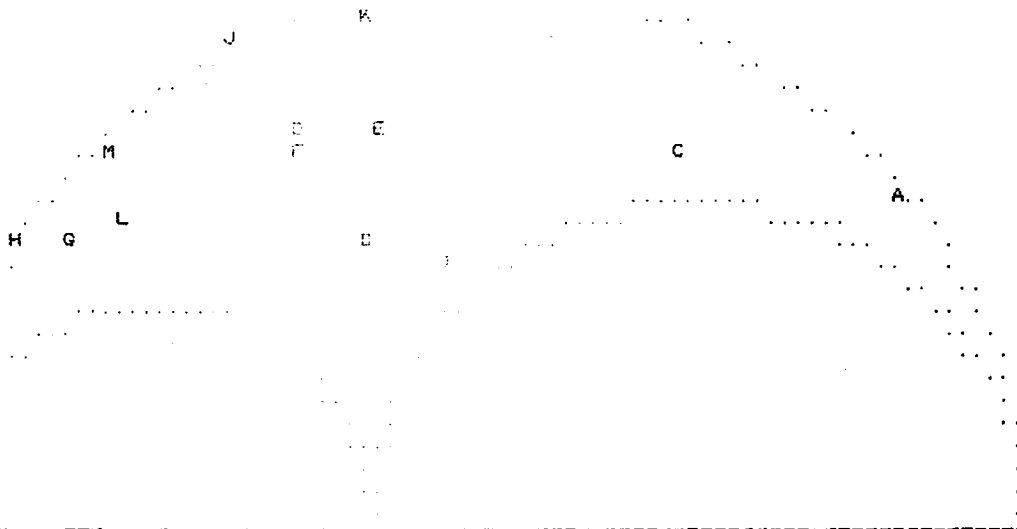
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.53276	DIRECTION	198.4	PENDAGE	19.3
SIGMA(2)=	-0.06551	DIRECTION	329.3	PENDAGE	61.9
SIGMA(3)=	-0.46724	DIRECTION	101.2	PENDAGE	19.6

RAPPORT R = 0.40

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.2926 POUR LES 13 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE ET A 44.7608 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



- LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 112
- LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 124
- LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 131
- LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 106
- LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 119
- LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 130
- LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 118
- LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES 111
- LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES 127
- LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES 105
- LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES 103
- LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES 113
- LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES 107

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

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

0.192970E+02 0.618759E+02 0.196423E+02 0.198419E+03 0.329345E+03 0.101240E+03



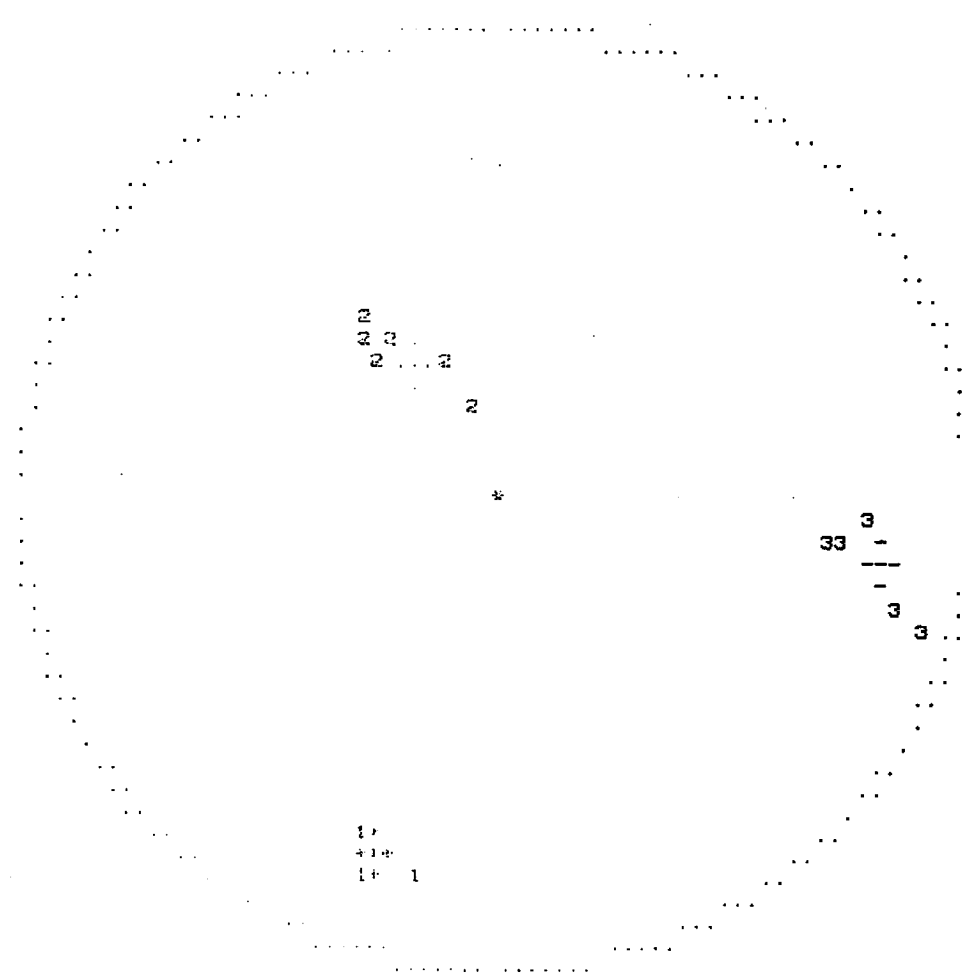
RIOSECO

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0 0.1	6
2	0.1 0.2	112 124 121 106 119 120
3	0.2 0.3	118 111 127 103
4	0.3 0.4	102 113 107
5	0.4 0.5	122
6	0.5 0.6	114
7	0.6 0.7	
8	0.7 0.8	
9	0.8 0.9	101
10	0.9 1.0	102 108
11	1.0 1.2	109
12	1.2 1.4	104 117
13	1.4 1.6	116
14	1.6 1.8	
15	1.8 2.0	
16	2.0 2.2	
17	2.2 2.4	125
18	2.4 2.6	110
19	2.6 2.8	
20	2.8 3.0	126 123 115

Universidad de Zaragoza

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

RIOSECO



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

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

ECART MOYEN EN DEGRES 7.48130

SOLUCION 3.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	7.7	ERR SUR PEND	11.8
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	44.7	ERR SUR PEND	11.2
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	9.6	ERR SUR PEND	19.1

ERREUR SUR R 0.91E-01

RIOSECO

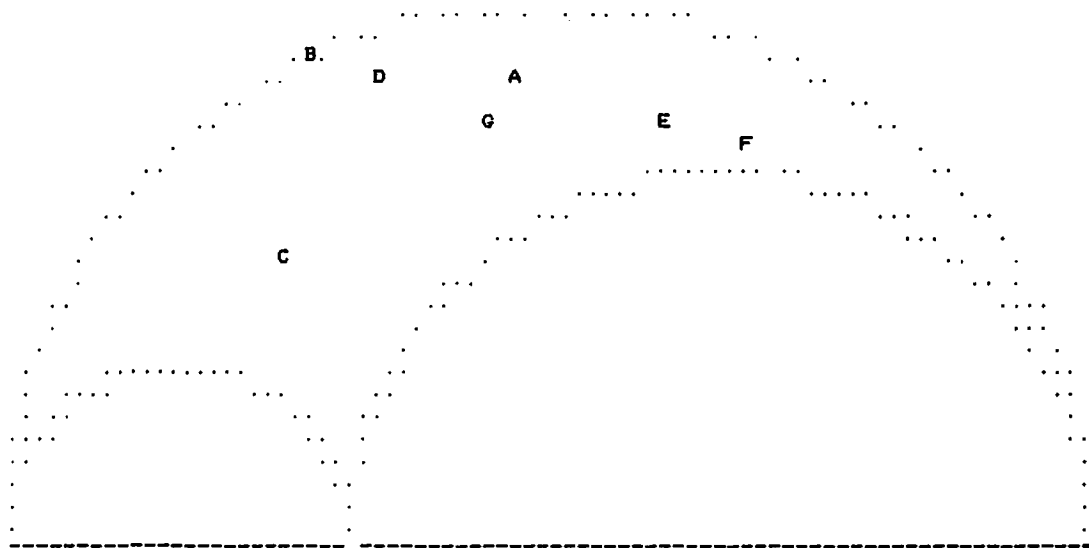
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.96028	DIRECTION	216.5	PENDAGE	21.9
SIGMA(2)=	-0.12056	DIRECTION	80.4	PENDAGE	60.8
SIGMA(3)=	-0.43972	DIRECTION	314.1	PENDAGE	18.3

RAPPORT R = 0.32

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0511 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PA ET A 37.4901 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



-----

LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX	DONNEES	107
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX	DONNEES	121
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX	DONNEES	116
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX	DONNEES	114
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX	DONNEES	109
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX	DONNEES	103
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX	DONNEES	117

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

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

0.219154E+02 0.607863E+02 0.183299E+02 0.216491E+03 0.804419E+02 0.314110E+03



Zaragoza



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



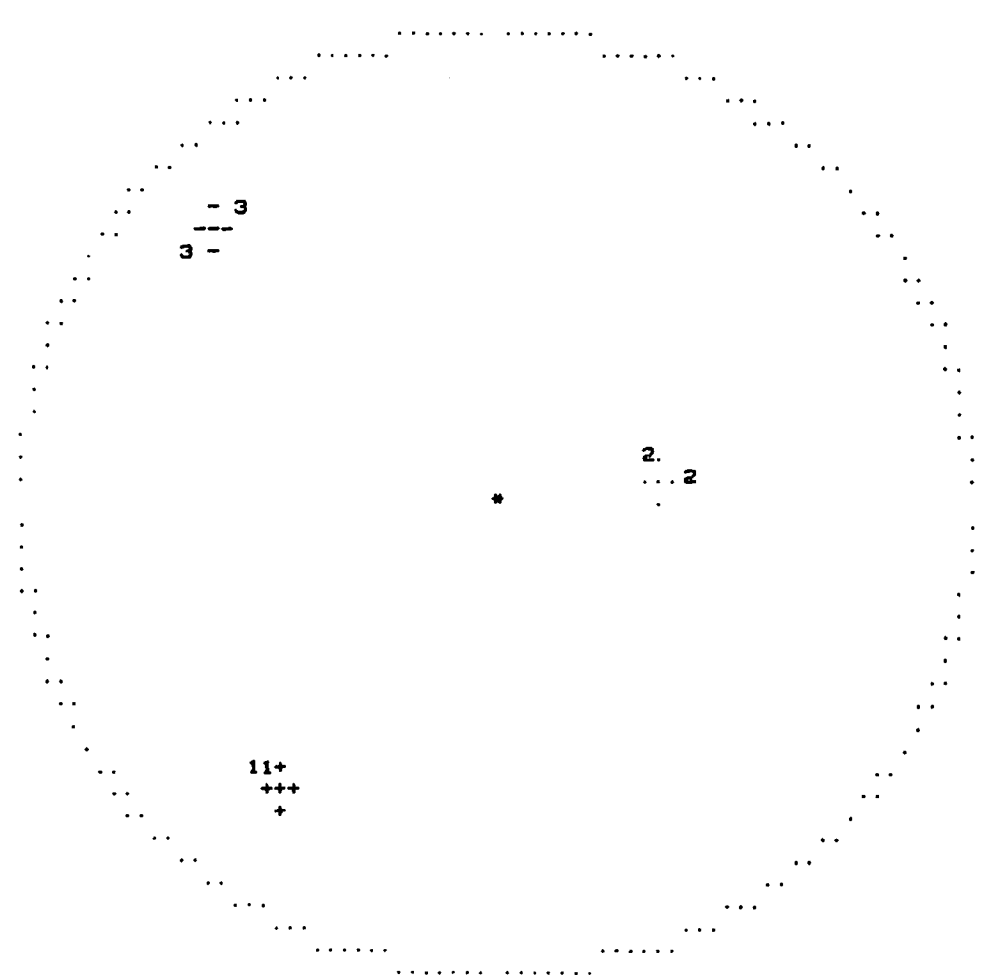
RIOSECO

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0.0 0.1	4	107 121 116 114
2 0.1 0.2	7	105 103 117
3 0.2 0.3	7	
4 0.3 0.4	7	
5 0.4 0.5	9	122 111
6 0.5 0.6	9	
7 0.6 0.7	11	124 118
8 0.7 0.8	11	
9 0.8 0.9	11	
10 0.9 1.0	11	
11 1.0 1.2	13	113 127
12 1.2 1.4	13	
13 1.4 1.6	13	
14 1.6 1.8	13	
15 1.8 2.0	13	
16 2.0 2.2	14	119
17 2.2 2.4	15	123
18 2.4 2.6	16	101
19 2.6 2.8	16	
20 2.8 3.0	17	110
21 3.0 3.2	18	126

Universidad de Zaragoza

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

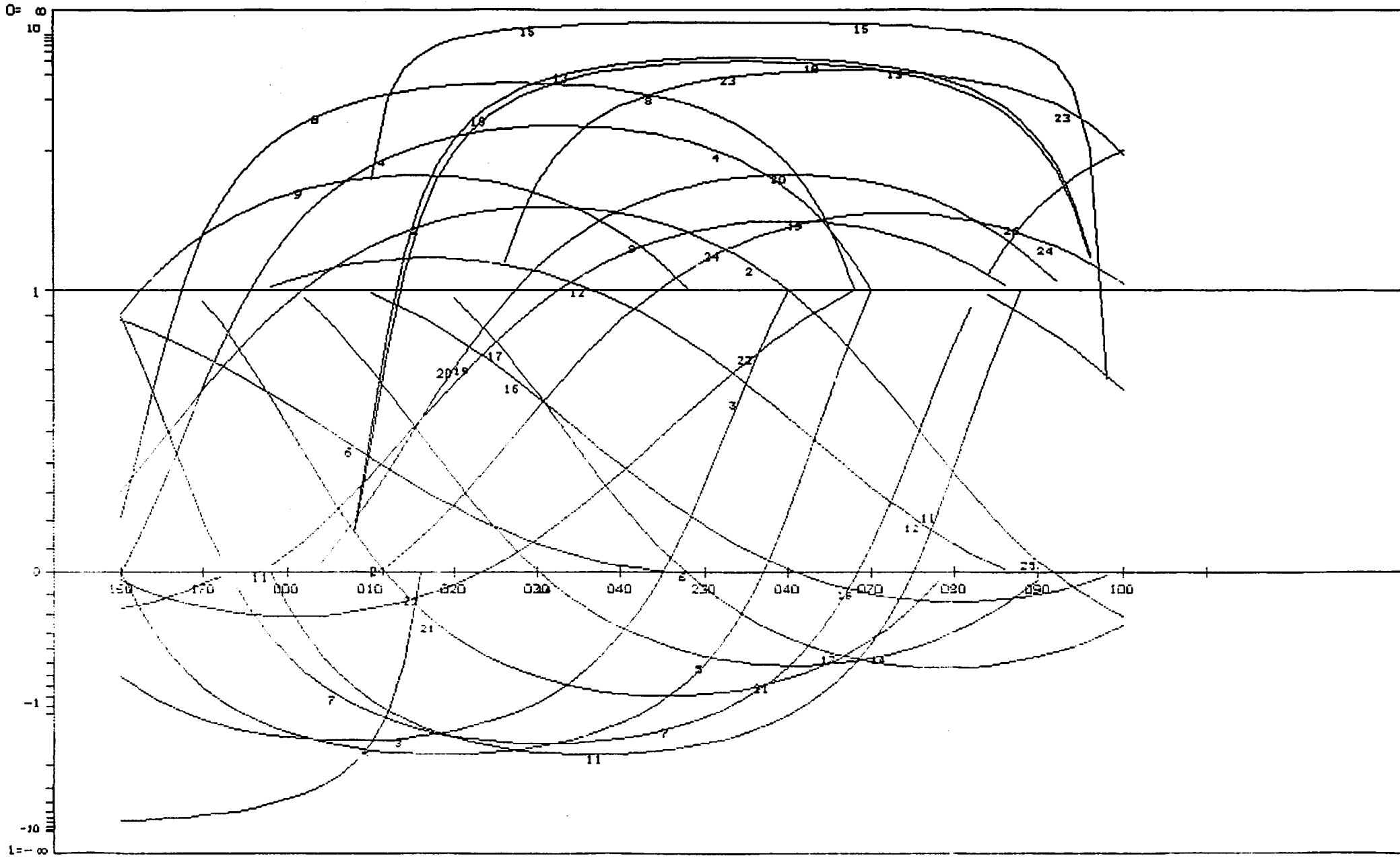
RIOSECO



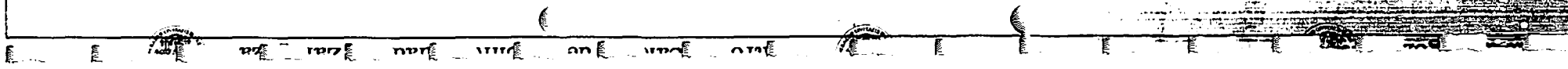
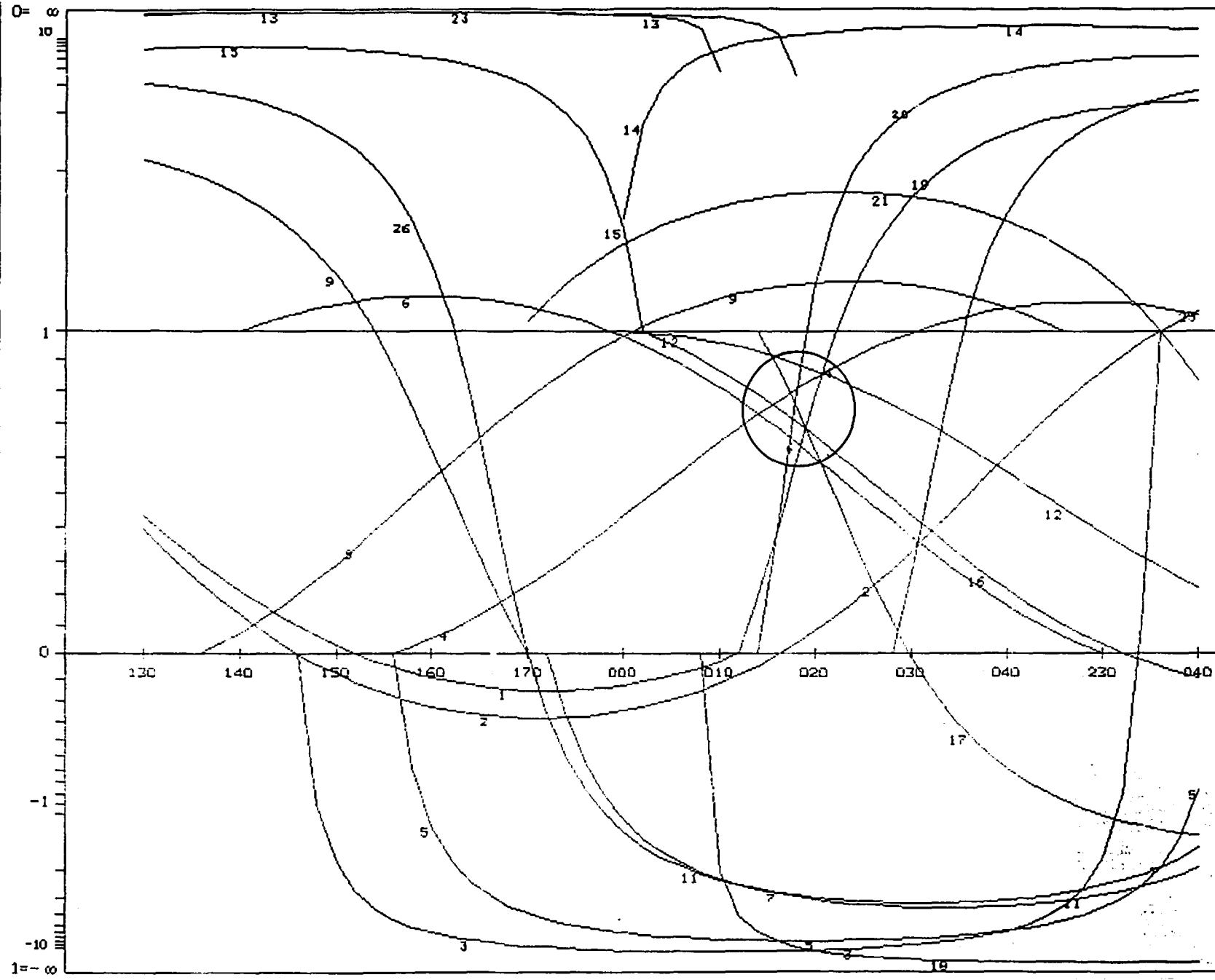
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: RIOSECO / SIN ABATIR  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



ESTACION: RIOSECO / PLANO ABAT. 075/27N  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



ANEXO 3.

RESULTADOS DEL ANALISIS MICROESTRUCTURAL  
EN LA ESTACION 3. (LA MUELA).



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



LA\_MUELA

22	69	W	7	S	0	S	101
2	70	W	2	D	0	D	102
6	76	W	7	D	0	D	103
1	80	W	12	D	0	D	104
1	80	W	4	D	0	D	105
7	80	W	4	D	0	D	106
170	77	W	18	D	0	D	107
178	67	W	38	S	0	S	108
178	67	W	30	S	0	S	109
178	67	W	20	D	0	D	110
13	74	W	12	S	0	S	111
13	74	W	2	D	0	D	112
13	74	W	39	D	0	D	113
174	50	W	40	S	0	S	114
155	80	W	80	I	0	I	115
152	72	W	66	I	0	I	116
61	66	N	15	S	0	S	117
177	73	E	35	D	0	D	118
14	88	E	6	D	0	D	119
177	72	E	18	D	0	D	120
72	43	S	70	I	0	I	121
83	83	S	2	D	0	D	122
2	70	S	2	S	0	S	123
170	77	W	18	S	0	S	124
61	66	N	15	D	0	D	125
14	88	E	6	S	0	S	126
83	83	S	2	S	0	S	127
450	0	S					0



RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA-10%

-\*POLOS DE FALLAS INVERSAS

\*POLOS DE FALLAS DEXTRALES

+\*POLOS DE FALLAS NORMALES

OPOLOS DE FALLAS SINISTRALES

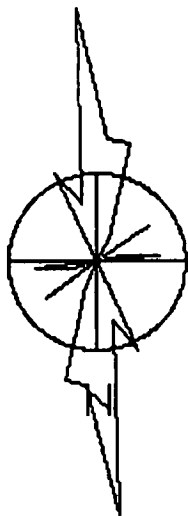
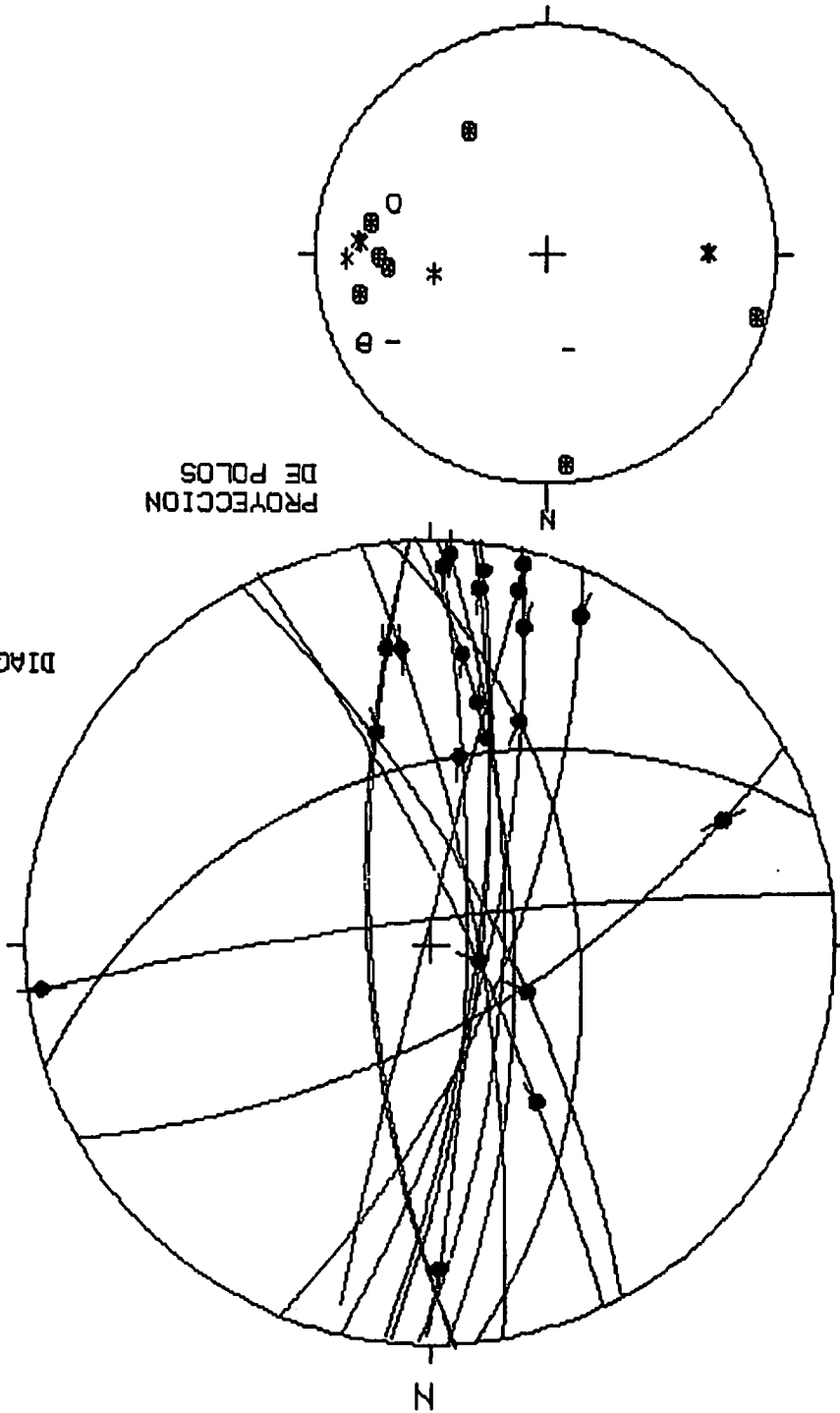


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS DE DIRECCIONES DE FALLA

PROYECCION DE POLOS



NUMERO DE DATOS:27

EDAD/FACIES CRETA

SO: 065/175

30TWM182088

COORDENADAS UTM:

HOJA No.: 378

ESTACION: LA<MUELA

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza



ECART MOYEN EN DEGRES 4. 23791

RESULTADOS DEL METODO DE ETCHECOPAR.

SOLUCION 1.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	5.3	ERR SUR PEND	8.3
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	19.8	ERR SUR PEND	8.2
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	4.7	ERR SUR PEND	4.5

ERREUR SUR R 0.12E+00

LA\_MUELA

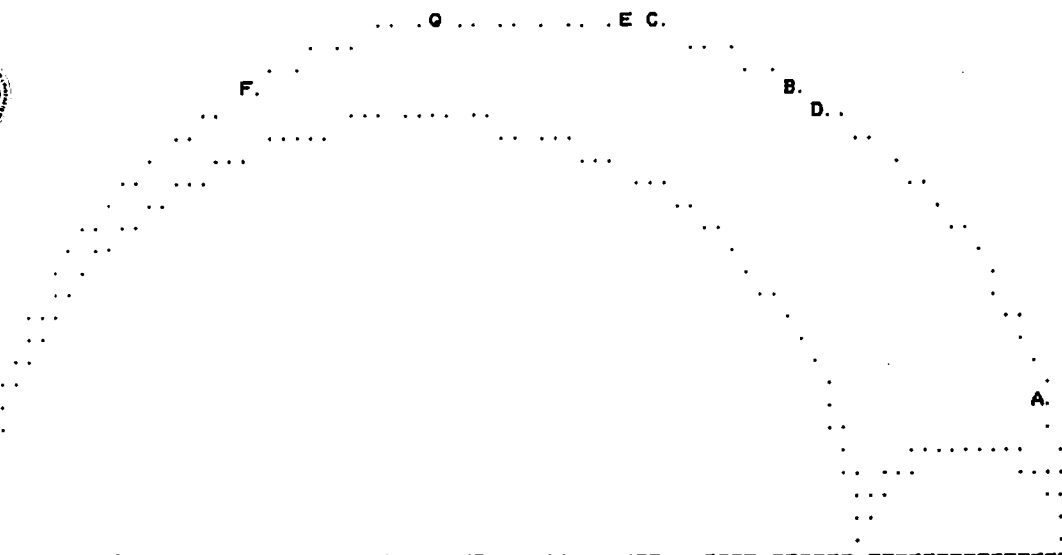
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.39770	DIRECTION	143.0	PENDAGE	11.8
SIGMA(2)=	0.20459	DIRECTION	329.1	PENDAGE	78.1
SIGMA(3)=	-0.60230	DIRECTION	233.2	PENDAGE	1.2

RAPPORT R = 0.81

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0164 POUR LES 7 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE ET A 134.7136 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



- LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES 129
- LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES 122
- LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES 111
- LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES 101
- LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES 126
- LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES 124
- LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES 109

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

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

0.118422E+02 0.780906E+02 0.124573E+01 0.142970E+03 0.329149E+03 0.233231E+03

LA\_MUELA



Universidad de Zaragoza

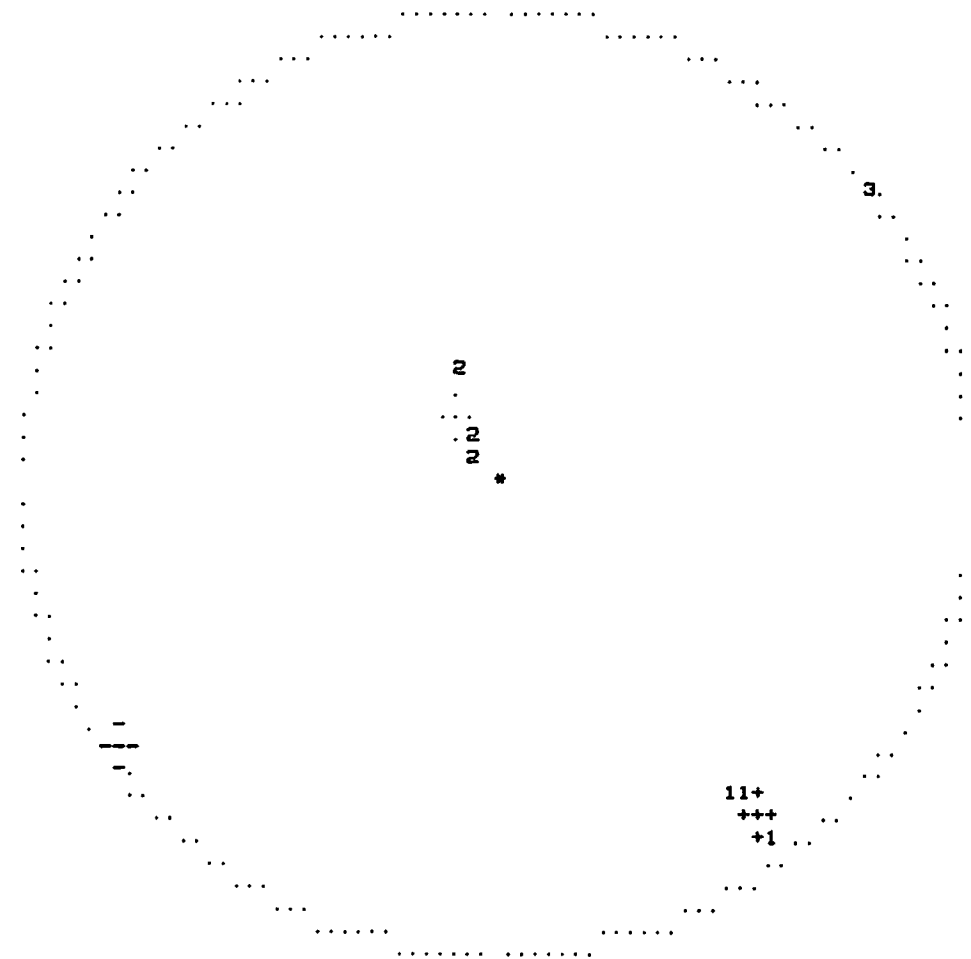
GAMME			NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0	0.1	7	125 122 111 101 126 124 109
2	0.1	0.2	7	
3	0.2	0.3	8	108
4	0.3	0.4	9	123
5	0.4	0.5	9	
6	0.5	0.6	9	
7	0.6	0.7	9	
8	0.7	0.8	9	
9	0.8	0.9	9	
10	0.9	1.0	9	
11	1.0	1.2	9	
12	1.2	1.4	10	114
13	1.4	1.6	10	
14	1.6	1.8	11	121
15	1.8	2.0	11	
16	2.0	2.2	13	115 116
17	2.2	2.4	14	118
18	2.4	2.6	15	120
19	2.6	2.8	16	104
20	2.8	3.0	20	102 112 105 106
21	3.0	3.2	27	103 110 107 119 113 127 117

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

LA\_MUELA



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



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



ECART MOYEN EN DEGRES @ 13130

SOLUCION 2.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	11.8	ERR SUR PEND	10.8
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	629.0	ERR SUR PEND	15.7
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	13.5	ERR SUR PEND	43.1

ERREUR SUR R 0.24E+00

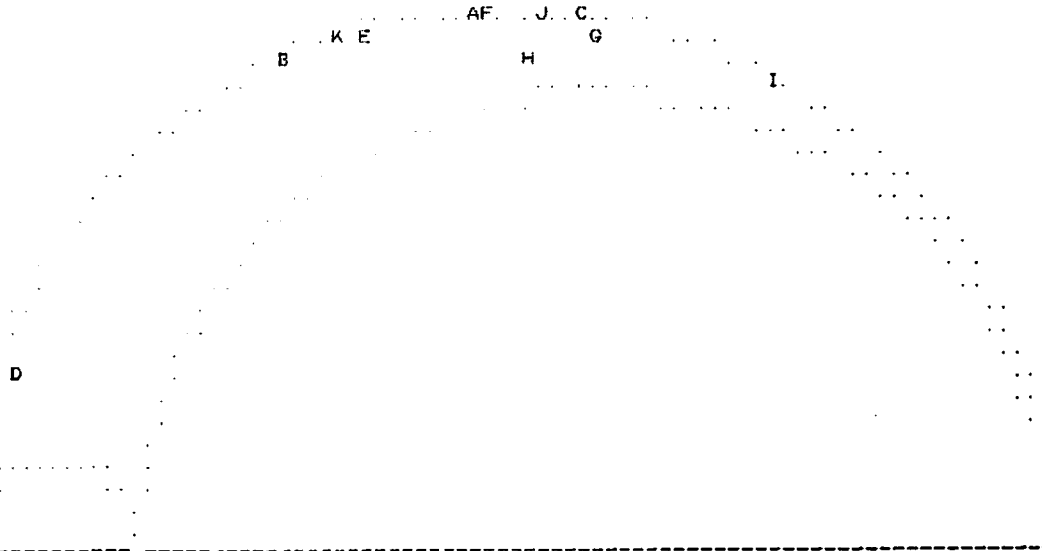
LA\_MUELA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= 0.61312	DIRECTION 50.3	PENDAGE	3.8
	SIGMA(2)= -0.22623	DIRECTION 240.1	PENDAGE	86.2
	SIGMA(3)= -0.38688	DIRECTION 140.3	PENDAGE	0.6

RAPPORT R = 0.16

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.1610 POUR LES 12 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE ET A 91.8091 POUR L ENSEMBLE DU PAGUET

REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

-----

LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	105
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	127
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	105 104
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	117
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	112
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	103
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	110
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	113
LE CARACTERE I	CORRESPOND AUX DONNEES	107
LE CARACTERE J	CORRESPOND AUX DONNEES	102
LE CARACTERE K	CORRESPOND AUX DONNEES	119

\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPP NO 3

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

0.377156E+01 0.861733E+02 0.646416E+00 0.503063E+02 0.240060E+03 0.140349E+03



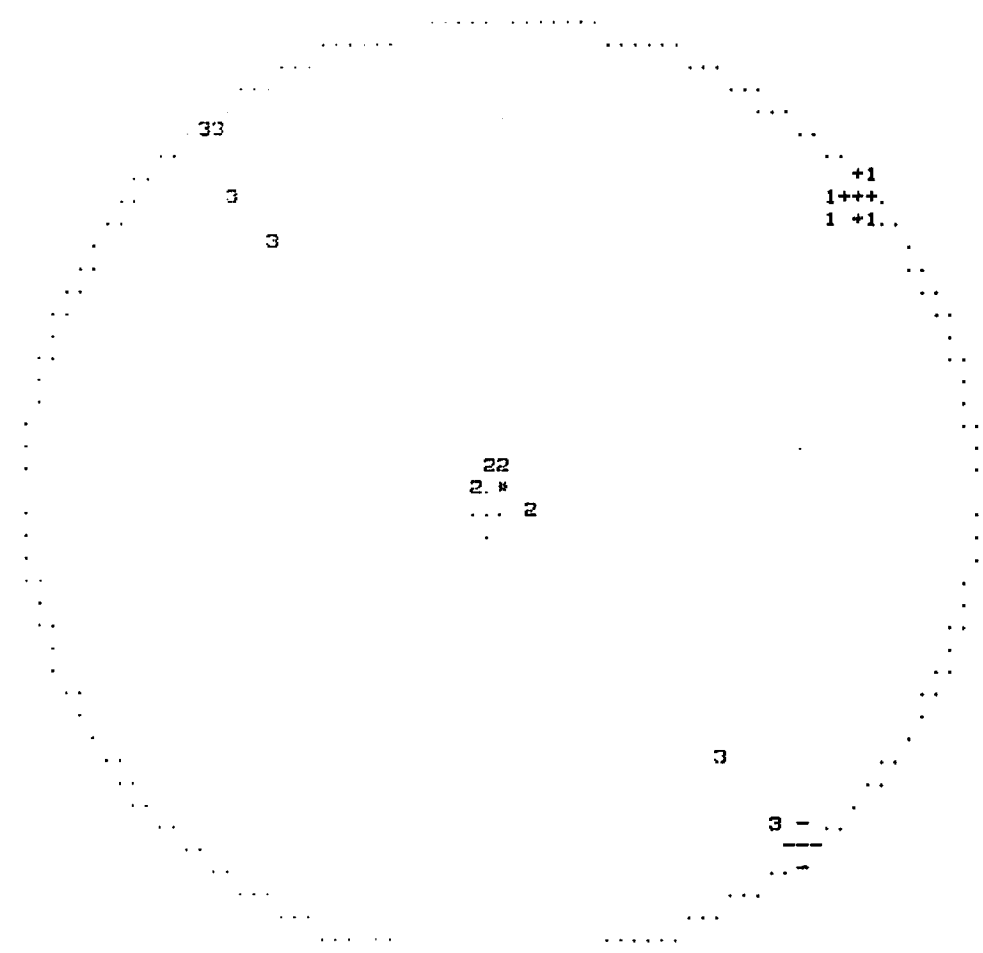
LA\_MUELA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0 0.1	8
2	0.1 0.2	106 127 105 117 112 103 110 113
3	0.2 0.3	107 102 119
4	0.3 0.4	104
5	0.4 0.5	
6	0.5 0.6	
7	0.6 0.7	120
8	0.7 0.8	
9	0.8 0.9	
10	0.9 1.0	118
11	1.0 1.2	
12	1.2 1.4	116 121
13	1.4 1.6	115
14	1.6 1.8	
15	1.8 2.0	
16	2.0 2.2	114
17	2.2 2.4	
18	2.4 2.6	
19	2.6 2.8	108
20	2.8 3.0	109 126 123 111
21	3.0 3.2	101 124 125 122

iversidad de Zaragoza

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

LA\_MUELA



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

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

ESTACION: LA MUELA / PLANO ABAT. 065/175  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza

