

# MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

*ESCALA 1:50.000*

INFORME COMPLEMENTARIO SOBRE LA TECTONICA ALPINA DE LA HOJA

*435 (23-17)*

**ARCOS DE JALON**

**J.L. Simón Gómez**

**(UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)**

**Noviembre-1989**



HOJA N° 435. ARCOS DE JALON.

Tectónica alpina.

José Luis SIMON GOMEZ.

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza.

## HOJA Nº 435. ARCOS DE JALÓN.

### Tectónica alpina.

J. L. SIMON GOMEZ.      Departamento de Ciencias de la Tierra.  
Universidad de Zaragoza.

#### 1. DESCRIPCION MACROESTRUCTURAL

Desde el punto de vista estructural, la región comprendida en la hoja de Arcos de Jalón puede dividirse en dos sectores claramente diferenciados: (1) el sector de Medinaceli, que cubre únicamente el ángulo de la hoja situado al SW de la línea Alcubilla-Somaén, y pertenece al dominio de la Rama Occidental o Castellana de la Cordillera Ibérica, y (2) el resto de la hoja, perteneciente al dominio de la cuenca terciaria de Almazán. A continuación pasamos a describir los rasgos macroestructurales de uno y otro, junto con aquéllos que caracterizan la zona de contacto entre ambos.

##### 1.1. Sector de Medinaceli.

En este sector predominan los materiales mesozoicos plegados, esencialmente pertenecientes al Triásico y al Lías inferior. Los pliegues que los afectan presentan ejes subhorizontales, siempre próximos a la dirección E-W (comprendidos entre 070 y 090), y de escaso desarrollo



longitudinal (1-3 Km.); tienen geometría isopaca y generalmente aparecen poco apretados; son escasos los buzamientos de flancos superiores a 45° (fig. 1). Cabe señalar varias estructuras anticlinales existentes, respectivamente, al E de Blocona, al E de Miño de Medinaceli, al E de Alcubilla, al NW de Medinaceli, en el Barrio de la Estación de esta última localidad, y entre el valle del Jalón y Velilla. El primero de ellos se observa únicamente a nivel de los materiales del Lías, pero los demás presentan todos un núcleo en el que aparecen plegadas concéntricamente las formaciones triásicas. No llega a aflorar en ellas el zócalo paleozoico, pero sí se encuentra afectado el tegumento (Buntsandstein+Muschelkalk), cuyo comportamiento solidario con el zócalo se conoce regionalmente en toda la cordillera Ibérica. A la vez, el Keuper no parece haber actuado aquí como nivel de despegue generalizado, ya que no se observa ninguna disarmonía clara en el plegamiento de la cobertera liásica. Sólo a escala de afloramiento aparecen síntomas de mecanización del contacto entre Keuper y Lías, con algún repliegue brusco del mismo y zonas brechificadas de amplitud decimétrica a métrica (p. e. en el Km. 1 de la carretera a Velilla de Medinaceli). Por consiguiente, cabe considerar estos pliegues, en líneas generales, como anticlinales de fondo o anticlinales de zócalo-cobertera.

Respecto a la fracturación de escala cartográfica, ésta sigue direcciones preferentes similares a las de los pliegues: E a ENE. En el área entre Somaén y Lodares parecen diferenciarse, sin embargo, dos familias según orientaciones NE y NW, respectivamente.

Fuera de este sector de Medinaceli, los materiales mesozoicos afloran sólo en la vertiente NW del puerto de Radona, donde aparecen formaciones del Cretácico superior afectadas por un anticlinal laxo, también de orientación aproximada 070.



## 1.2. Estructura del contacto entre el mesozoico plegado y el Terciario de la Cuenca de Almazán.

El contacto entre el Terciario detrítico del sector correspondiente a la Cuenca de Almazán y el Mesozoico plegado del sector de Medinaceli se realiza por medio de una discordancia que frecuentemente tiene carácter angular, y que puede observarse con nitidez a lo largo del valle del Jalón entre Lodares y Somaén. A grandes rasgos se trata de una superficie relativamente plana, que da un diseño cartográfico irregular acorde con la topografía y tiende a fosilizar los pliegues E-W que afectan al Mesozoico.

Si nos desplazamos de SE a NW a lo largo de la zona de contacto se observa cómo las cotas a las que se sitúa la discordancia son progresivamente más altas: menos de 900 m. en Somaén; alrededor de 1000 entre Jubera y el Alto de la Troja; 1050 al E de Blocona, y 1150 al N del Puerto de Radona. Al propio tiempo, los términos terciarios que se apoyan sobre el Mesozoico van siendo progresivamente más recientes: probable Mioceno inferior conglomerático en Somaén-Jubera; conglomerados y lutitas atribuibles quizá al Mioceno medio-superior a la altura de Blocona, y calizas terminales neógenas de facies Páramo en el puerto de Radona.

La cuenca da, por tanto, la impresión de haber ido progradando hacia el NW a lo largo del Neógeno. No así hacia el S, ya que son escasos los afloramientos terciarios más allá de la línea Velilla-Radona, a la vez que se observan, en distintos puntos de esta franja, ciertos rasgos propios de un borde de cuenca: irregularidades del contacto basal, deformaciones sinsedimentarias y, al menos en los niveles inferiores terciarios, presencia masiva de depósitos detríticos de carácter proximal.

El dispositivo estructural de este probable borde de cuenca parece

relacionado tanto con estructuras de plegamiento como con fallas de componente normal. De todos modos, de lo dicho anteriormente se desprende que las relaciones estructurales entre Mesozoico y Terciario a lo largo de la franja de contacto deben responder necesariamente a procesos tectónicos heterócronos, de manera que resulta difícil y desaconsejable considerar un único dispositivo para toda ella. Al W de Somaén no se observa el Terciario apoyándose sobre una discordancia plana, sino adaptándose parcialmente a una superficie irregular inclinada hacia el N y NE. Resulta difícil precisar si ésta viene condicionada sólo por el flanco de la estructura antiformal, ya mencionada, que se extiende entre el Jalón y Velilla de Medinaceli o si, por el contrario, algún escalón más pronunciado de la misma puede corresponder a un escarpe de falla (fig. 2.A). Al E de Blocona sí se observan pequeñas fallas normales sínsedimentarias complicando el contacto basal del Terciario conglomerático (algo más reciente aquí), con dirección dominante NW-SE (fig. 2.B).

Niveles neógenos de distintas edades situados a lo largo de esta zona de contacto registran todavía un cierto plegamiento, si bien no es posible asegurar que se trate en todos los casos de estructuras de origen compresivo. Sendos sinclinales laxos, con buzamientos de flancos entre 15 y 20° y dirección aproximada 110 pueden observarse, respectivamente, al E de Jubera y en la Muela situada unos 2 Km. al NE de Blocona. El primero deforma capas conglomeráticas relativamente bajas en la serie, pero el segundo afecta a la caliza de facies Páramo (coronando aquí una serie neógena bastante adelgazada: unos 100 m.). En la vertiente sur del Puerto de Radona se observa un anticlinal suave (buzamiento máximo de flancos entre 8 y 10°), de directriz aproximada E-W, que afecta asimismo a las calizas de facies Páramo.



### 1.3. Cuenca de Almazán.

Al dejar la franja de contacto con el Mesozoico plegado y adentrarnos en la Cuenca de Almazán las deformaciones del Terciario van atenuándose progresivamente. Las calizas de facies Páramo que coronan el gran relieve tabular del Puerto de Radona-Sierra de la Mata todavía presentan ciertas estructuras. Aparte del anticlinal mencionado en último lugar, registran una fracturación de escala mesoestructural, con dirección dominante ENE, destacando alguna falla normal con desplazamiento plurimétrico (p.e. en el Km. 22 de la línea de ferrocarril, inmediatamente al NE de Radona).

En los altos del Muedo (límite septentrional de la hoja) la caliza de facies Páramo parece encontrarse, por el contrario, totalmente plana (quizá con un basculamiento casi inapreciable hacia el sur), mientras la formación de calizas y lutitas rojas que yace por debajo describe una amplia estructura sinclinal. La traza de esta última puede seguirse a lo largo de unos 6-7 km en el área al N de Utrilla-Aguaviva de la Vega; aunque la laxitud del pliegue dificulta la definición exacta de su eje, la orientación de éste parece próxima a ESE.

Finalmente, en toda la porción central y oriental de la hoja la serie neógena completa parece hallarse perfectamente horizontal. Sólo se aprecia algún leve basculamiento muy localizado (p.e. en las calizas inferiores del Palomarejo, al NE de Almaluez) que obedecería probablemente al juego rotacional de alguna falla normal.



## 2. ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL

Con el fin profundizar en el conocimiento de las sucesivas etapas tectónicas acaecidas en el área, se ha procedido a estudiar un total de cinco estaciones microestructurales repartidas en materiales de edades distintas. Las estaciones 1 y 2 se sitúan en calizas del Lías; la 3 en calizas del Cretácico superior; la 4 en las calizas neógenas inferiores de Arcos de Jalón, y la 5 en las calizas del Páramo. Hemos prestado una atención especial a las microestructuras frágiles, aplicando métodos de análisis estadístico de fallas que permiten la interpretación de los estados de paleoesfuerzo que pueden caracterizar la evolución tectónica del área (método de ETCHECOPAR et al, 1981; diagrama y-R de SIMON GOMEZ, 1986). Los resultados del análisis microestructural se recogen en la figura 3 y, más extensamente, en los anexos I a IV.

La estación 1 (Alcubilla) ha proporcionado una información bastante completa en relación con las etapas compresivas. Corresponde a una cantera donde aflora un pliegue anticlinal asimétrico (fig. 3.1.D) de eje subhorizontal orientado 145. En torno a su plano de movimiento (M) se distribuyen los polos de estratificación medidos y las estrias de deslizamiento "capa sobre capa" (fig. 3.1.A), las cuales, por otra parte, indican la actuación de un mecanismo de flexo-deslizamiento en el desarrollo del pliegue. Los picos estilolíticos medidos se sitúan en una dirección SSE incompatible con el pliegue. El análisis de una población total de 37 fallas (fig. 3.1.B y anexo I) ha permitido definir dos tensores de esfuerzos distintos y coherentes, respectivamente, con el mesopliegue y la familia de estilolitos (fig. 3.1.C). Algunas de esas fallas se han observado plegadas, con estrias que se mantienen en todo momento subparalelas a la estratificación a lo largo de la charnela anticlinal (fig. 3.1.D). Ello ha obligado a hacer la correspondiente corrección de las medidas

tomadas en el flanco abrupto (abatiendo la estratificación en torno al eje de plegamiento) antes de analizar conjuntamente toda la población. Hecho esto, los tensores obtenidos son:

Tensor 1: Compresión con  $\sigma_1$  horizontal según 151,  $\sigma_2$  subvertical y relación de esfuerzos  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.46$ . Explica 15 fallas.

Tensor 2: Compresión con  $\sigma_1$  próximo a la horizontal en dirección 054,  $\sigma_2$  subvertical y  $R = 0.09$  (elipsoide próximo a la compresión uniaxial). Explica 16 fallas.

El orden cronológico en que parecen actuar ambos estados de esfuerzos es el mismo en que han sido citados, según se desprende de la superposición observada, sobre un mismo plano de falla, de dos estrias compatibles, respectivamente, con uno y otro. Por otra parte, fallas explicadas tanto por el tensor 1 como por el 2 se encuentran plegadas por el anticlinal. Con todo ello cabe interpretar un modelo de evolución tectónica local que comprende dos etapas:

- (1ª) Compresión en torno a 150-160 que genera microfallas y estilolitos.
- (2ª) Compresión 055 que genera microfallas y, posteriormente, un anticlinal asimétrico de vergencia E.

En la estación 2 (Blocona) se han encontrado algunos picos estilolíticos con dirección alrededor de 070, contenidos aproximadamente en el plano de estratificación (fig. 3.2), aparte de otros subhorizontales en torno a 020. Estos últimos suponen una dirección de acortamiento totalmente coherente con la orientación del pliegue en cuyo flanco se ubica la estación (eje orientado 110), si bien serían probablemente algo tardíos respecto al mismo. Los estilolitos 070, por el contrario, deben interpretarse como anteriores al plegamiento. Por otra parte, tanto unos como otros cortan a una familia bastante densa de estilolitos estratiformes, con picos subperpendiculares a la estratificación,



asociados genéticamente a algunas microfallas de componente normal. No hemos representado en el estereograma de esta última figura los ejes del elipsoide de esfuerzos que se infiere al analizarlas, dado que el escaso número de datos (4) no permite conceder una validez suficiente a los resultados. Sin embargo, éstos apuntan hacia un estado de distensión con  $\sigma_3$  en dirección E-W, el cual, a juzgar por las relaciones cronológicas descritas, debe de ser anterior a las compresiones 070 y 020.

En la estación 3 (Puerto de Radona) un sistema bien definido de fallas de desgarre conjugadas NNE y NNW (fig. 3.3) permite interpretar una compresión próxima a N-S. El método de ETCHECOPAR et al. (1981) proporciona una mejor solución con  $\sigma_1$  orientado 005, 15 N (es decir, contenido en el plano de estratificación y probablemente basculado junto a ella a partir de una posición inicialmente horizontal),  $\sigma_2$  próximo a la vertical y  $R = 0.08$ . Sin embargo, la orientación de la bisectriz aguda del diedro que forman ambas familias de desgarres, así como el diagrama  $\gamma$ -R correspondiente (ver anexo II), sugieren la posible presencia de otro tensor, que sería probablemente el responsable de la fracturación original del material, y que no resulta muy distinto del descrito antes:  $\sigma_1$  en dirección 170 y  $R = 0.5-0.7$ .

La estación 4 (Arcos de Jalón) suministra información acerca de los esfuerzos tectónicos ya estrictamente intra-neógenos (fig. 3.4). Por un lado existe una familia de picos estilolíticos horizontales que indica una compresión según 030. Por otro, una población de microfallas normales de direcciones N y NNE permite definir un tensor de distensión compatible con 8 de ellas y que tiene las siguientes características:  $\sigma_1$  subvertical,  $\sigma_3$  horizontal 094,  $R = 0.16$ .



La estación 5 (Radona), situada en calizas del Páramo, es la única que proporciona cierta información acerca del régimen tectónico vigente hacia el final del Neógeno. El escaso número de fallas que han podido medirse (fig. 3.5.) obliga a contemplar con reservas el tensor obtenido ( $\sigma_1$  horizontal según 064,  $\sigma_2$  vertical,  $R = 0.42$ ). Sin embargo, sí puede afirmarse, al menos, que indica un estado compresivo con esa orientación aproximada.

### 3. INTERPRETACION TECTONICA.

Los pliegues dominantes y de mayores dimensiones en el área presentan direcciones entre 070 y 090, si bien existen algunos otros menores orientados según 110. No resulta fácil saber si todos ellos pertenecen a una sola o a varias etapas de plegamiento. Los primeros se encuentran afectando exclusivamente a materiales mesozoicos, y dan la impresión de ser fosilizados por los primeros depósitos neógenos de la Cuenca de Almazán (caso del anticlinal que se corta entre Somaén y Velilla de Medinaceli y, quizá también, del situado al E de Blocona). Los pliegues 110, sin embargo, afectan todos a materiales neógenos, incluida la caliza del Páramo. Por tanto, parece que serían en general posteriores a los 070-090, sin que ello suponga descartar la posibilidad de que estos últimos se hayan desarrollado también parcialmente durante el inicio del Neógeno.

Los datos microestructurales en la estación 3 podrían resultar coherentes con esa posible secuencia de plegamientos, ya que registran una probable compresión 170 anterior a otra 005. De todos modos, en este

caso resulta más prudente pensar en un giro de la dirección de  $\sigma_1$  durante una misma etapa compresiva que en la existencia de dos etapas separadas en el tiempo. Una compresión NNE se registra también, mediante picos estilolíticos, en las estaciones 2 y 4; en la primera de ellas las microestructuras son coherentes, y al parecer tardías, respecto a uno de los pliegues 110 citados; en la segunda afecta a capas del Mioceno inferior. No hay, por tanto, grandes dudas acerca de la edad intraneógena de esta compresión.

Sobre la posible actuación de etapas compresivas anteriores existe sólo una cierta información a escala microestructural. En la estación 2 las estructuras compatibles con la compresión 020 (estilolitos y el propio pliegue) se superponen a otras que indican compresión según ENE. Esta última dirección también está presente en la estación 1, bien documentada a partir de una población de microfallas y un pliegue de escala decamétrica. En las vecinas hojas de Torrijo de la Cañada y Alhama de Aragón constituye una etapa de gran importancia, responsable de las macroestructuras de plegamiento principales en el contacto oriental de la Cuenca de Almazán con la Cordillera Ibérica. El desarrollo de estas últimas es contemporáneo de la sedimentación de al menos una parte del Paleógeno, dando lugar a una extensa discordancia progresiva; su cese habría que situarlo probablemente en el inicio del Mioceno, ya que aproximadamente en el tránsito de las capas sintectónicas a las postectónicas se ha encontrado fauna de vertebrados datada en la biozona MN 2 (Ageniense) (yacimiento de Cetina, situado en la margen izquierda del Río Henar cerca del límite meridional de la hoja de Torrijo de la Cañada: DAAMS, 1976).

En la estación 1 está representada otra compresión aún más temprana de dirección 150, la cual produce estilolitos y fallas que son



cortados por las estructuras correspondientes a la compresión ENE. También en las vecinas hojas de Alhama de Aragón y Torrijo de la Cañada aparece esta misma dirección de esfuerzos y con idéntica relación cronológica.

Un rasgo peculiar de la evolución tectónica que muestra esta hoja de Arcos de Jalón es el mantenimiento de estados compresivos hasta tiempos más recientes que en otras áreas contiguas. Hemos mencionado dos pliegues suaves que afectan a las calizas del Páramo: el anticlinal del Puerto de Radona y el sinclinal de la Muela al NE de Blocona. No hay seguridad, es cierto, de que estructuras tan laxas como las mencionadas correspondan realmente a una tectónica de signo compresivo; sin embargo, no deja de resultar significativo que ambos ejes se orienten entre E y ESE, paralelos, por tanto, al resto de pliegues del área. El sinclinal de Blocona afecta, además, al Lías infrayacente, en perfecta coherencia geométrica con otros pliegues que aparecen en materiales mesozoicos (ver parte derecha del corte de la figura 1). Por otra parte, un estado compresivo ha sido también detectado a escala microestructural, aunque a partir de un número de fallas muy pequeño, en la estación 5. En este caso, la dirección de  $\sigma_1$  se orienta 064, lo cual sugiere que esta eventual compresión tardineógena pudo compartir las que parecen ser las dos direcciones regionales básicas: NNE y ENE.

Respecto a los estados distensivos, no existen datos suficientes para caracterizar posibles etapas y su cronología. En la estación 4 ha sido interpretado un buen tensor distensivo con  $\sigma_3$  según 094; en Blocona se han citado asimismo una serie de fallas normales intrasedimentarias NNW, que sugerirían una extensión según ENE. El primero afecta a depósitos del Mioceno inferior, mientras las segundas podría haber actuado durante el



Miconeno medio. Esta sería, pues, la edad más probable para unos movimientos distensivos que, con esas mismas direcciones ENE y ESE, están registrados también en las vecinas hojas de Torrijo de la Cañada y Arcos de Jalón. Aparte, hay que recordar ciertas microestructuras distensivas observadas en la estación 2 y que son cortadas por todas las compresivas; en este caso podría tratarse de un episodio inicial del Terciario o incluso del Mesozoico.

En resumen, las etapas esenciales de la evolución tectónica del área son las siguientes (direcciones de esfuerzo medias o aproximadas):

- Posible compresión SE, reflejada sólo a escala microestructural y escasamente documentada. Probable edad paleógena temprana.

- Compresión ENE, que produce abundantes microestructuras, y de la que se ha observado un solo pliegue de escala mesoestructural. Por los datos regionales puede asignársele una edad que abarca desde mediados del Paleógeno hasta el Ateniense.

- Compresión N a NNE, responsable probablemente de la mayoría de las macroestructuras de plegamiento existentes en la hoja. Quizá en sus inicios lleva dirección más bien 170, para posteriormente girar a 010-030. Su actividad comenzaría hacia el inicio del Mioceno, dando los pliegues 070-090, para continuar luego durante todo el Mioceno inferior produciendo los pliegues 110, e incluso prolongarse (seguramente atenuada y con carácter local y esporádico dentro de un régimen en general distensivo) hasta el Neógeno tardío.

- Distensión ENE a ESE, que dominaría probablemente a partir del Mioceno medio, si bien superpuesta a la compresión NNE que, según señalamos en el párrafo anterior, aún se mantendría latente y tendría manifestaciones episódicas.

La evolución tectónica interpretada es común, en líneas generales,

a las áreas vecinas encuadradas en las hojas de Torrijo de la Cañada y Alhama de Aragón. Por otra parte, puede correlacionarse, aunque con peculiaridades propias, con los modelos propuestos para otros sectores de la Cordillera Ibérica:

- La compresión temprana 135-150 podría ser correlacionable con la que cita ALVARO (1975) como responsable de las estructuras de "dirección Guadarrama" en el área de Sigüenza; posteriormente ha sido detectada en otros puntos de la Rama Castellana y la Sierra de Altomira, siempre con orientación SE (CAPOTE et al., 1982; MANERA, 1982; ALFARO, 1987).

- La compresión ENE se encuadra dentro de la que es sin duda la principal etapa compresiva de la Cordillera Ibérica, responsable de sus macroestructuras de plegamiento principales. Su edad ha sido establecida regionalmente en el Oligoceno-Mioceno basal, con un máximo diastrófico situado probablemente en el Oligoceno superior (VIALARD y GRAMBAST, 1970; AGUIRRE et al., 1976; ADROVER et al, 1983).

- La compresión intramiocena inferior también está presente en otras muchas áreas, casi siempre en dirección próxima a N-S aunque con una cierta variabilidad similar a la encontrada aquí: con orientación entre 000 y 030 aparece en el borde norte de Cameros (CASAS, 1987) y en el sector occidental de la Depresión del Ebro (GRACIA y SIMON, 1986); en la Rama Castellana se orienta N-S (CAPOTE et al., 1982), mientras en la parte centro-oriental de la cadena su dirección dominante es más bien SSE (SIMON, 1984; CASAS, 1985; SIMON y PARICIO, 1988).

- Una distensión ENE a ESE durante el Mioceno medio encaja en lo que parece ser el régimen dominante en la cadena a partir de esa edad. En las fosas tectónicas de Teruel y en el área litoral la dirección de extensión es ESE (SIMON, 1984), y resulta evidente la relación que guarda con el proceso de rifting que se desarrolla en todo el margen oriental de la Península durante el Neógeno. En áreas más interiores, como la que nos ocupa, podría

considerarse asimismo la posibilidad de que se trate simplemente de una extensión secundaria perpendicular al eje  $\sigma_1$  dentro del propio campo de compresión, según el modelo de TAPPONIER y MOLNAR (1976). La cuasi-coaxialidad de los elipsoides de esfuerzo compresivo y distensivo inferidos en la estación 4 apoyaría esta segunda hipótesis. En cualquier caso, bien porque la distensión sea un efecto secundario de la compresión o bien porque ambas representen campos de esfuerzo superpuestos, lo cierto es que todos los indicios apuntan a la existencia de alguna forma de coexistencia regional de los dos regímenes en grandes ámbitos de la Cordillera Ibérica durante el Neógeno (SIMON y PARICIO, 1988). En este contexto, resulta lógico que el tránsito progresivo desde la compresión anterior N-S a esta distensión E-W, por intercambio de los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ , sea la tónica común en todo el cuadrante NE de la Península (SIMON, 1984, 1986; GUIMERA, 1984; GRACIA y SIMON, 1986).



## BIBLIOGRAFIA.

- Adrover, R.; Feist, M.; Ginsburg, L.; Guerin, C.; Hugueney, M. y Moissenet, E. (1983): Les formations continentales paléogènes de la Sierra Palomera (province de Teruel, Espagne) et leur place dans la biostratigraphie tertiaire des Chaînes Ibériques orientales. Bull. Soc. géol. France, (7), 25 (3), 421-431.
- Aguirre, E.; Díaz Molina, M. y Pérez-González, A. (1976): Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta Sur española. Trab. Neóg. Cuaternario, 5, 7-29.
- Alfaro, J. A. (1987): Sobre la tectónica frágil y neotectónica del NE de la Sierra de Albarracín. Tesis Lic. Univ. Zaragoza, 120 pp.
- 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.
- Bott, M. H. P. (1959): The mechanics of oblique slip faulting. Geol. Mag., 96, 109-117.
- Capote, R.; Díaz, M.; Gabaldón, V.; Gómez, J.J.; Sánchez de la Torre, L.; Ruiz, P.; Rosell, J.; Sopena, 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.

- Casas Sainz, A. (1985): Análisis de la deformación frágil en el área de Alcaine (Teruel). Tesis de Licenciatura, Univ. Zaragoza, 162 pp.
- Casas Sainz, A. (1987): El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). Acta Geol.Hisp. (en prensa).
- Daams, R. (1976): Miocene Rodents (Mammalia) from Cetina de Aragón (prov. Zaragoza) and Buñol (prov. Valencia), Spain. Kon. Ned. Akad. Wet. Proc. Series B, 79 (3), 152-182.
- 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.
- Gracia Prieto, F.J. y Simón Gómez, J.L. (1986): El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). Bol. Geol. Min., 97(6), 693-703.
- Guimerà, J. (1984): Palaeogene evolution of deformation in the northeastern Iberian Peninsula. Geol. Mag., 121 (5), 413-420.
- Manera Bassa, A. (1982): Determinación de cuatro fases de deformación en el extremo suroccidental de la Sierra de Altomira. Estudios Geol., 37, 233-243.
- Simón Gómez, J.L. (1984): Compresión y distensión alpinas en la Cadena Ibérica oriental. Tesis Doctoral, Univ. Zaragoza. Publ. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 269 pp.



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. y Paricio Cardona, J. (1988): Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. Estudios Geol. (en prensa).

Tapponier, P. & Molnar, P. (1976): Slip-line field theory and large-scale continental tectonics. Nature, 264, 319-324.

Viallard, P. y Grambast, L. (1970): Sur l'âge post-Stampien moyen du plissement majeur de la Chaîne Ibérique Castellane. C. R. Acad. Sc. Paris, 291 (D), 873-876.

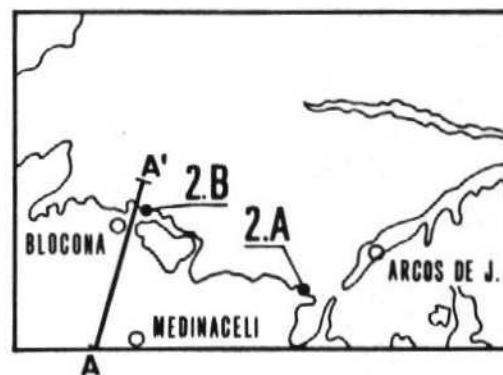
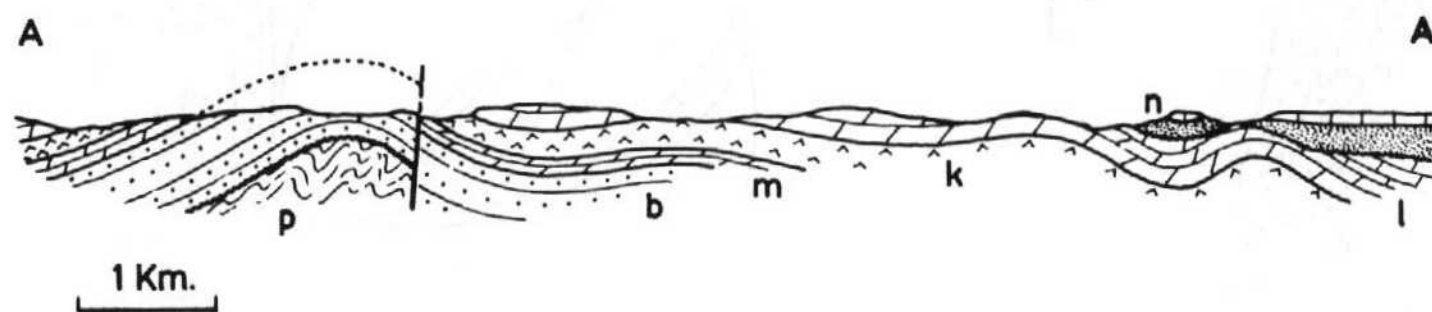
## PIES DE FIGURAS.

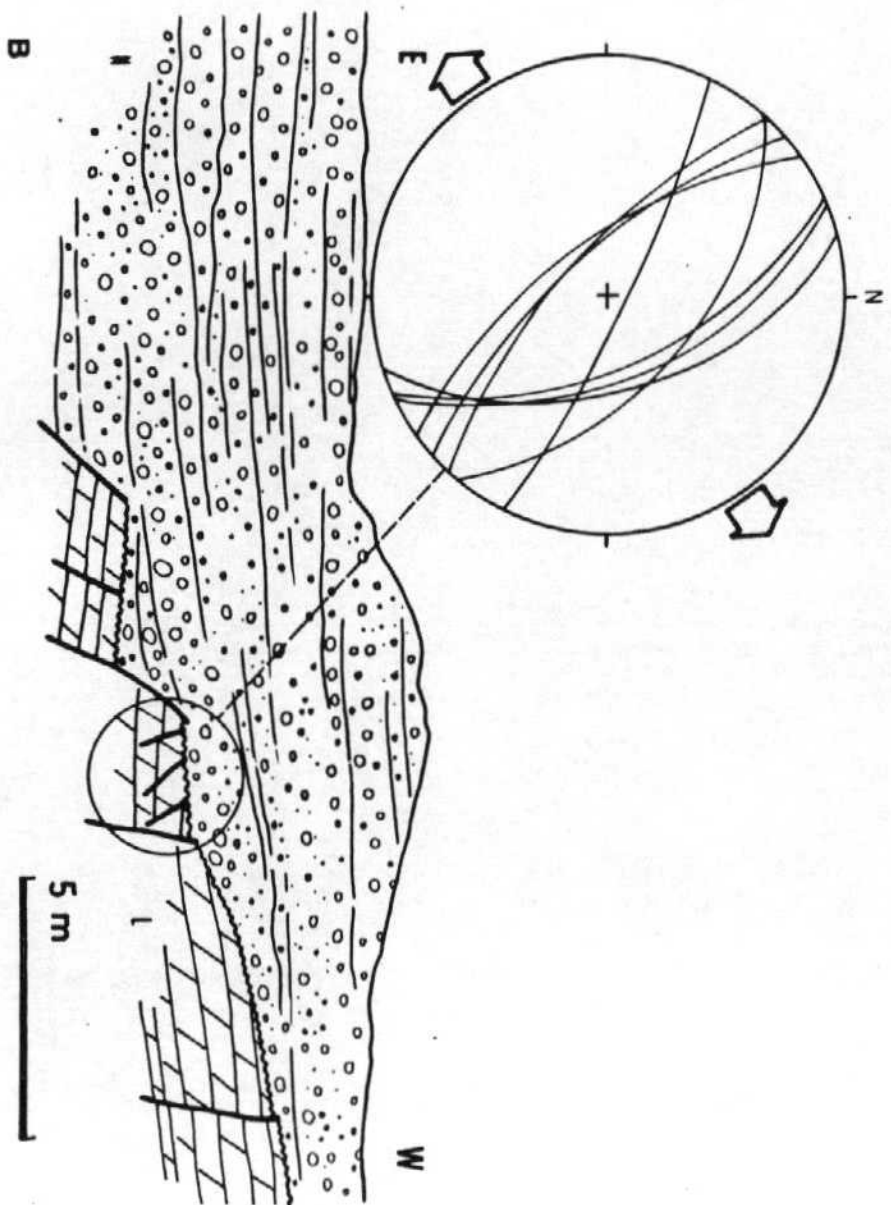
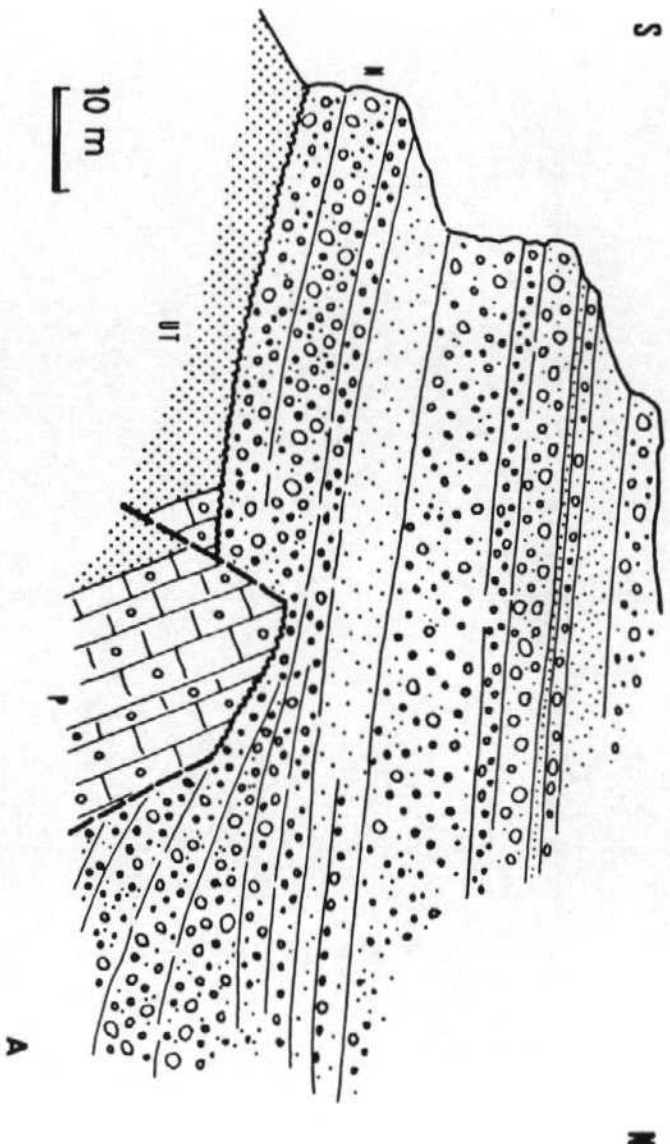
FIGURA 1. Corte estructural en el área de Medinaceli-Blocona. p: Paleozoico; b: Buntsandstein; m: Muschelkalk; k: Keuper; l: Lías; n: Neógeno, culminando con calizas del Páramo. Esquema de situación de dicho corte y de los representados en la figura 2.A y B. Coordenadas UTM: A: 454577; A': 485676; 2.A: 567606; 2.B: 484654.

FIGURA 2. Esquema de la estructura de contacto entre el Mesozoico y el Neógeno de la Cuenca de Almazán. A: Proximidades de Somaén. B: Proximidades de Blocona, incluyendo aquí las orientaciones de varias fallas sinsedimentarias. L: Lías; UT: Arenas de Utrillas; P: Paleógeno; N: Neógeno. Ver situación de ambos cortes en la figura 1.

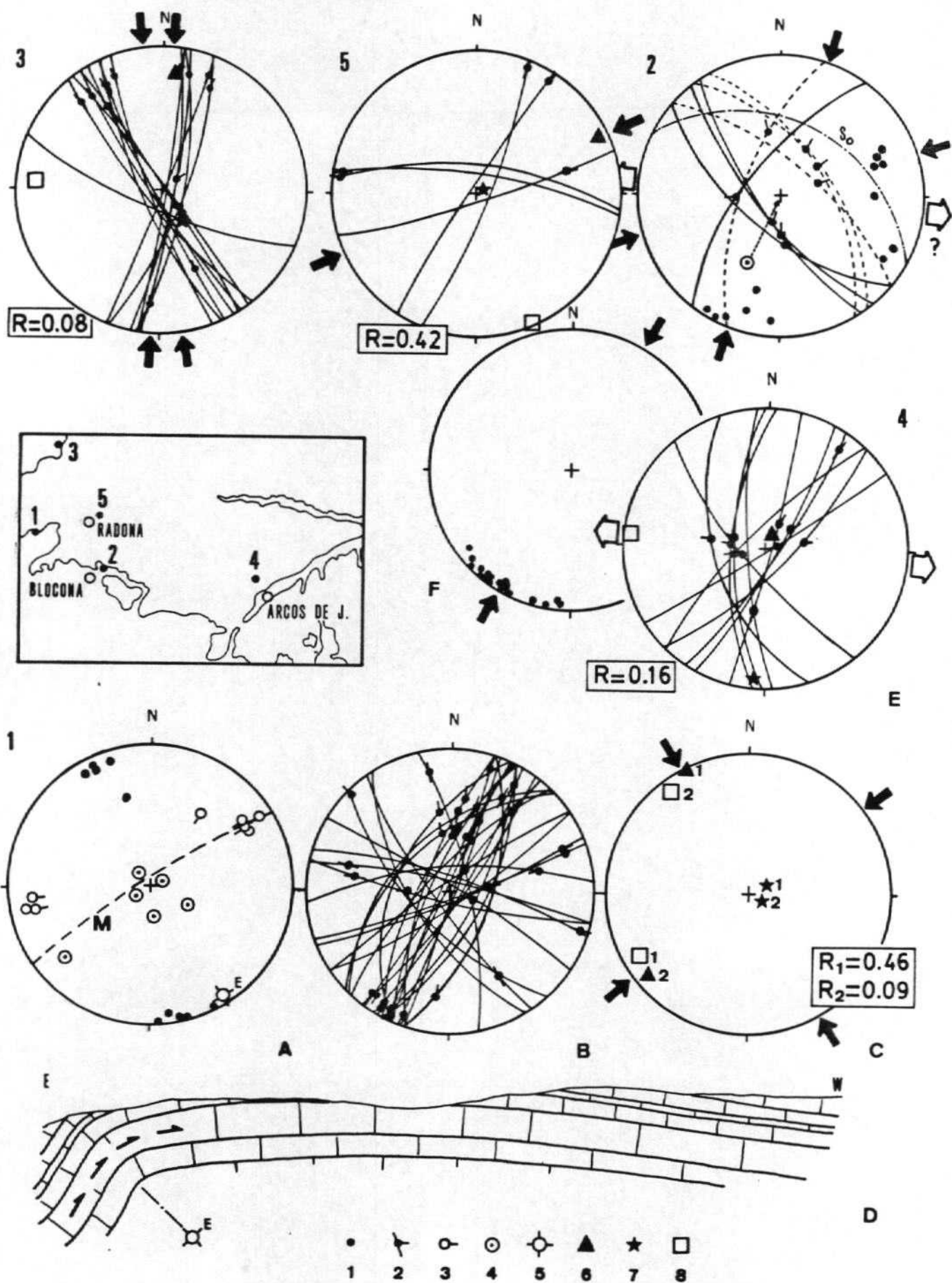
FIGURA 3. Resultados del análisis microestructural. 1: Estación de Alcubilla (coordenadas UTM: 423683); A y B: datos microestructurales; C: tensores de esfuerzos obtenidos del análisis de fallas; D: esquema del afloramiento. 2: Estación de Blocona (475655). 3: Estación del Puerto de Radona (435739). 4.E y F: Estación de Arcos de Jalón (599655). 5: Estación de Radona (469698). Símbolos de los estereogramas: 1: pico estilolítico; 2: ciclográfica y estría de falla; 3: estría de deslizamiento "capa sobre capa"; 4: polo de estratificación; 5: eje de mesopliegue; 6:  $\sigma_1$ ; 7:  $\sigma_2$ ; 8:  $\sigma_3$ .  
$$R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3).$$











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) 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  $\sigma_y$ .



(3) 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  $\gamma$ - $R$ , 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.

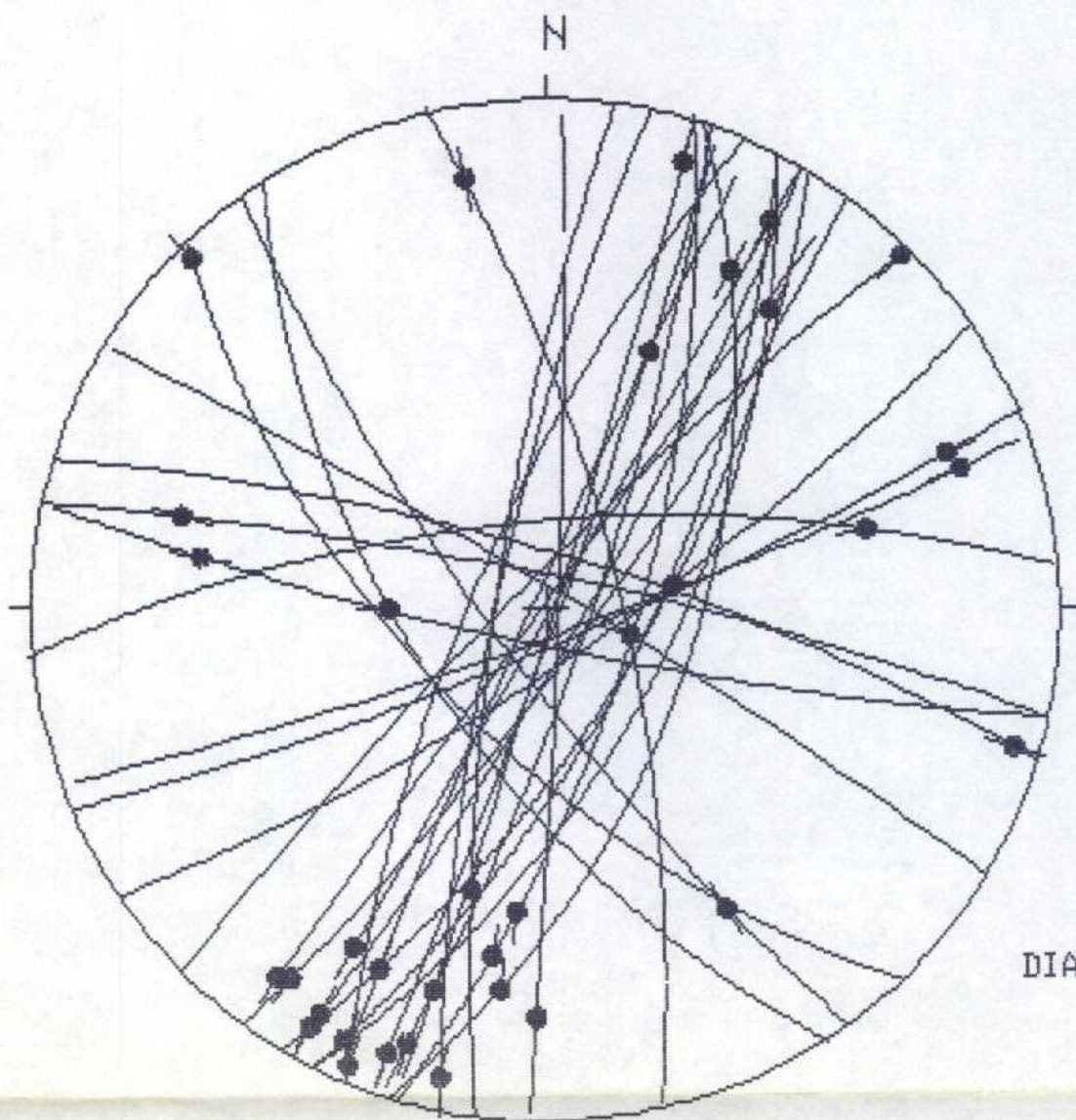
(d) Histograma de desviaciones angulares (en radianes) entre estrias teóricas y reales, donde se sitúan todas las fallas de acuerdo con su numeración en el listado inicial.

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

ANEXO I.

ESTACION 1 (ALCUBILLA)  
RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.





HOJA No. : 435

COORDENADAS UTM:

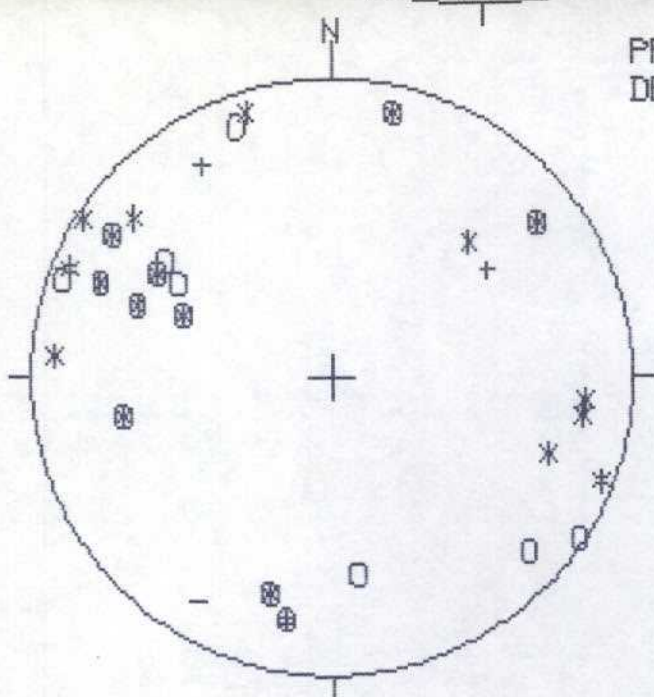
30TWL423683

So: PLEGADA

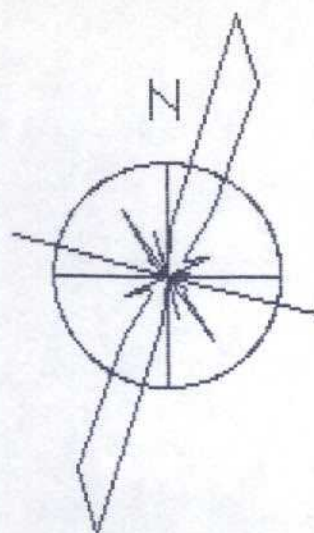
EDAD/FACIES JURAS

NUMERO DE DATOS:41

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



PROYECCION  
DE POLOS



O: POLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ : POLOS DE FALLAS NORMALES

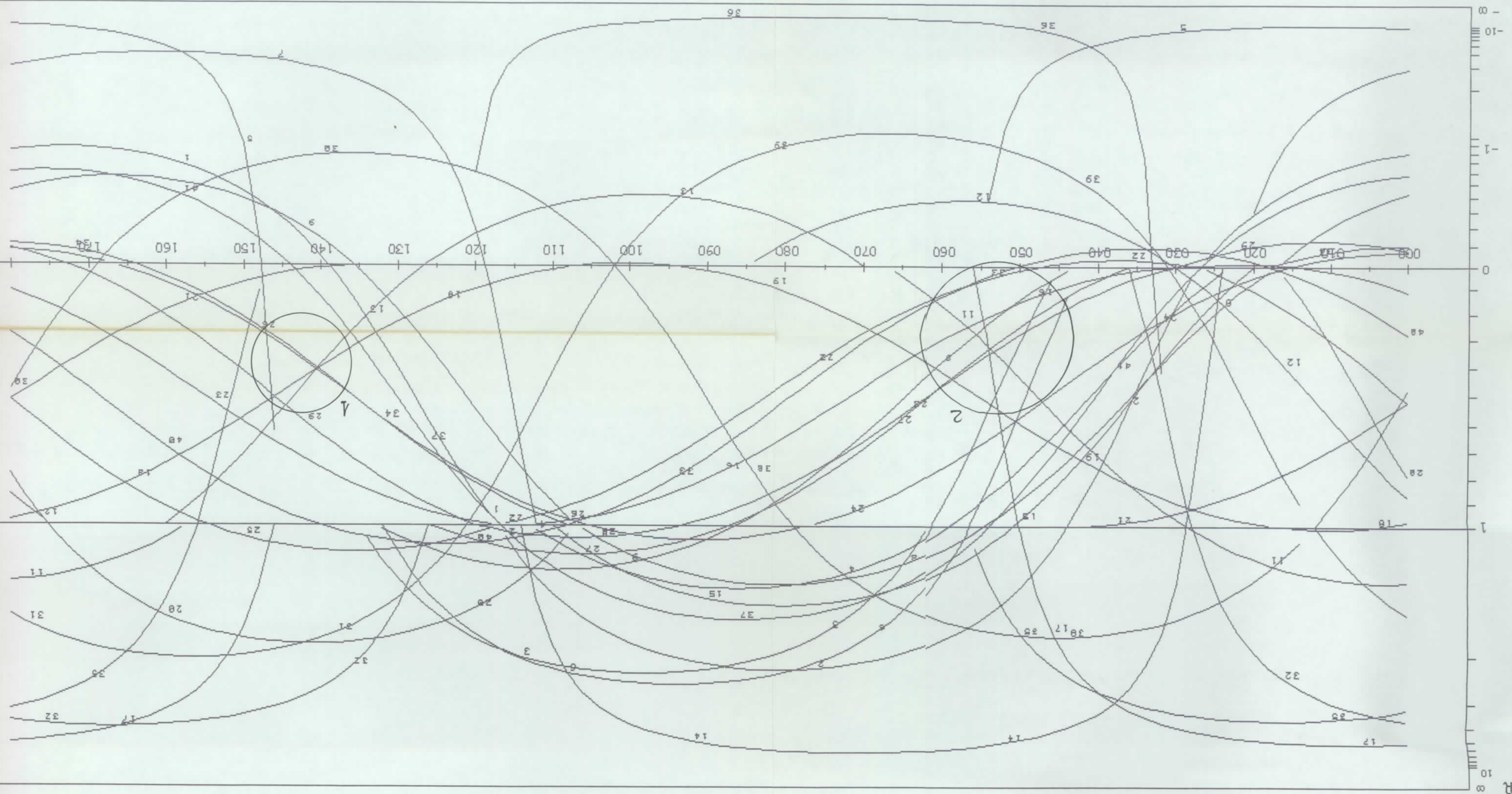
\*: POLOS DE FALLAS DEXTRALES

- : POLOS DE FALLAS INVERGAS

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%







ESTACION: ALCUBILLA  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza

METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ALCUB\_CON\_A\_AB

19	80	E	15	S	0	S	1
19	80	E	7	S	0	D	2
12	79	W	4	W	0	D	3
2	87	E	13	S	0	D	4
45	83	W	1	E	0	S	5
30	89	E	16	S	0	D	6
31	68	E	16	S	0	S	7
17	70	E	31	S	0	D	8
17	70	E	23	S	0	S	9
8	79	W	32	W	0	D	10
67	82	S	10	E	0	S	11
85	70	N	26	E	0	S	12
70	84	S	9	E	0	D	13
24	87	W	33	N	0	D	14
20	87	E	5	S	0	D	15
23	74	W	2	S	0	D	16
56	78	S	64	E	0	N	17
107	77	N	3	E	0	D	18
107	77	N	3	E	0	S	19
17	88	E	5	N	0	S	20
136	62	S	2	N	0	D	21
27	68	E	8	N	0	D	22
27	68	E	5	S	0	S	23
167	73	E	9	N	0	D	24
27	62	E	20	N	0	S	25
167	73	E	9	N	0	S	26
36	80	E	8	S	0	D	27
30	82	E	4	S	0	D	28
30	82	E	6	S	0	S	29
102	82	N	18	W	0	D	30
102	82	S	22	W	0	D	31
36	89	W	7	S	0	S	32
18	57	E	19	N	0	D	33
18	57	E	20	S	0	S	34
147	61	W	72	N	0	N	35
121	85	N	71	E	0	I	36
144	78	W	22	S	0	S	37
102	82	N	18	W	0	S	38
102	82	S	22	W	0	S	39
18	57	E	19	N	0	S	40
144	78	W	22	S	0	D	41
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).



ECART MOYEN EN DEGRES 9.88742

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	7.7	ERR SUR PEND	6.7
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	34.1	ERR SUR PEND	15.0
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	7.3	ERR SUR PEND	14.9

TENSOR DE ESFUERZOS 1.

ERREUR SUR R 0.33E+00

ALCUB\_CON\_A\_AB

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

SIGMA(1)=	0.51441	DIRECTION	331.1	PENDAGE	0.8
SIGMA(2)=	-0.02882	DIRECTION	65.2	PENDAGE	78.4
SIGMA(3)=	-0.48559	DIRECTION	240.9	PENDAGE	11.6

RAPPORT R = 0.46

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.2975 POUR LES 14 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROG  
ET A 172.2118 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET



L N. M GH

K

A E.

D.

C

B

I.

F.

---

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	7
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	35
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	26
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	32
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	29
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	13
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES	1
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES	30
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES	5
LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES	23
LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES	34
LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES	18
LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES	20
LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES	9

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

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

Universidad de Zaragoza

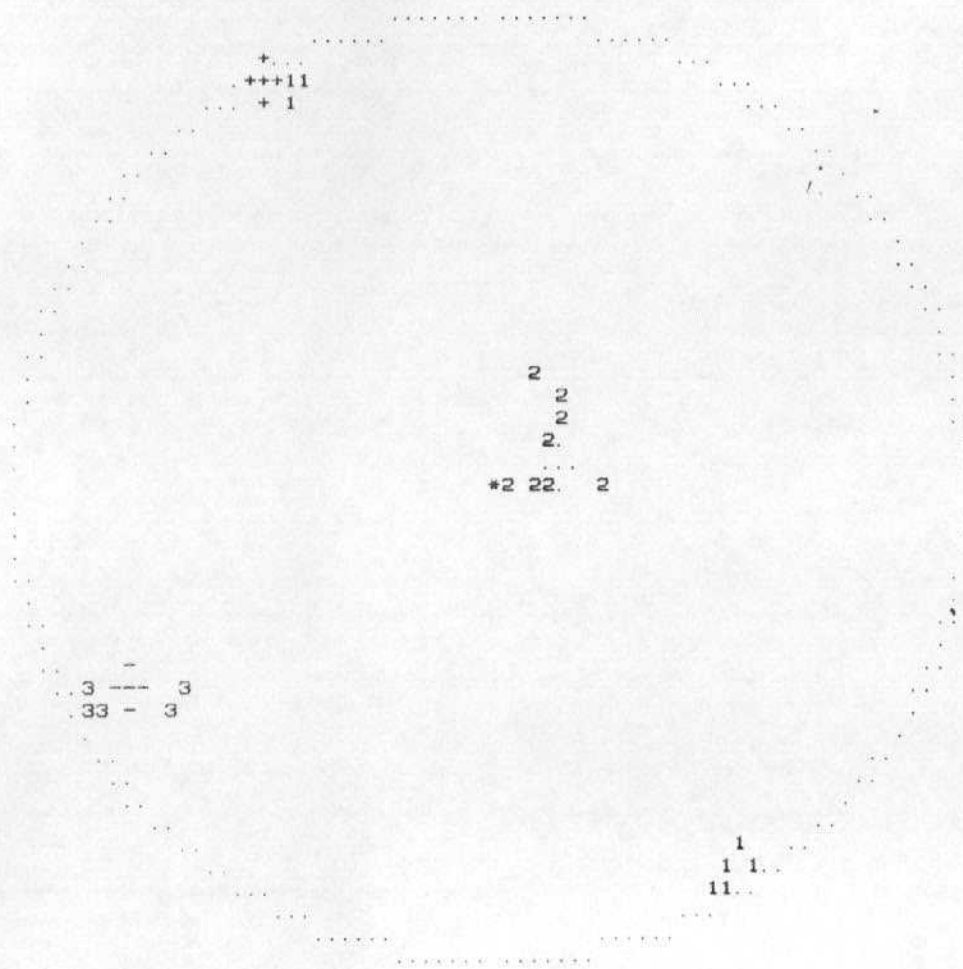
GAMME                      NBRE                      INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

1	0.0	0.1	6	7	35	26	32	29	13
2	0.1	0.2	11	1	30	5	23	34	
3	0.2	0.3	15	18	20	9	31		
4	0.3	0.4	15						
5	0.4	0.5	16	40					
6	0.5	0.6	16						
7	0.6	0.7	17	25					
8	0.7	0.8	18	21					
9	0.8	0.9	18						
10	0.9	1.0	18						
11	1.0	1.2	18						
12	1.2	1.4	19	41					
13	1.4	1.6	19						
14	1.6	1.8	21	36	37				
15	1.8	2.0	22	17					
16	2.0	2.2	22						
17	2.2	2.4	23	12					
18	2.4	2.6	24	14					
19	2.6	2.8	29	33	11	22	10	8	
20	2.8	3.0	33	39	19	6	38		
21	3.0	3.2	41	28	27	4	16	24	3 15 2

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

ALCUB\_CON\_A\_AB

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



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



ECART MOYEN EN DEGRES 9.06163

TENSOR DE ESFUERZOS 2.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	1.8	ERR SUR PEND	7.7
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	359.9	ERR SUR PEND	26.1
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	13.0	ERR SUR PEND	68.2

ERREUR SUR R 0.30E+00

ALCUB\_CON\_A\_AB

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****	
	SIGMA(1)= 0.63798	DIRECTION 233.7	PENDAGE 9.7
	SIGMA(2)= -0.27596	DIRECTION 73.2	PENDAGE 79.7
	SIGMA(3)= -0.36202	DIRECTION 324.3	PENDAGE 3.4

RAPPORT R = 0.09

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.2999 POUR LES 16 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRA  
ET A 38.2845 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

H . D . O . . . . . L . . . . C . . . . M . . . E . . . . F . . . .

G . . N . . . . . K . . . . .

I . . . . .

A . . . . .

B . . . . .

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	27	
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	17	
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	39	
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	2	33
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	4	
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	19	
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES	28	
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES	15	
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES	24	
LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES	6	
LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES	22	
LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE M CORRESPOND AUX DONNEES	38	
LE CARACTERE N CORRESPOND AUX DONNEES	16	
LE CARACTERE O CORRESPOND AUX DONNEES	3	

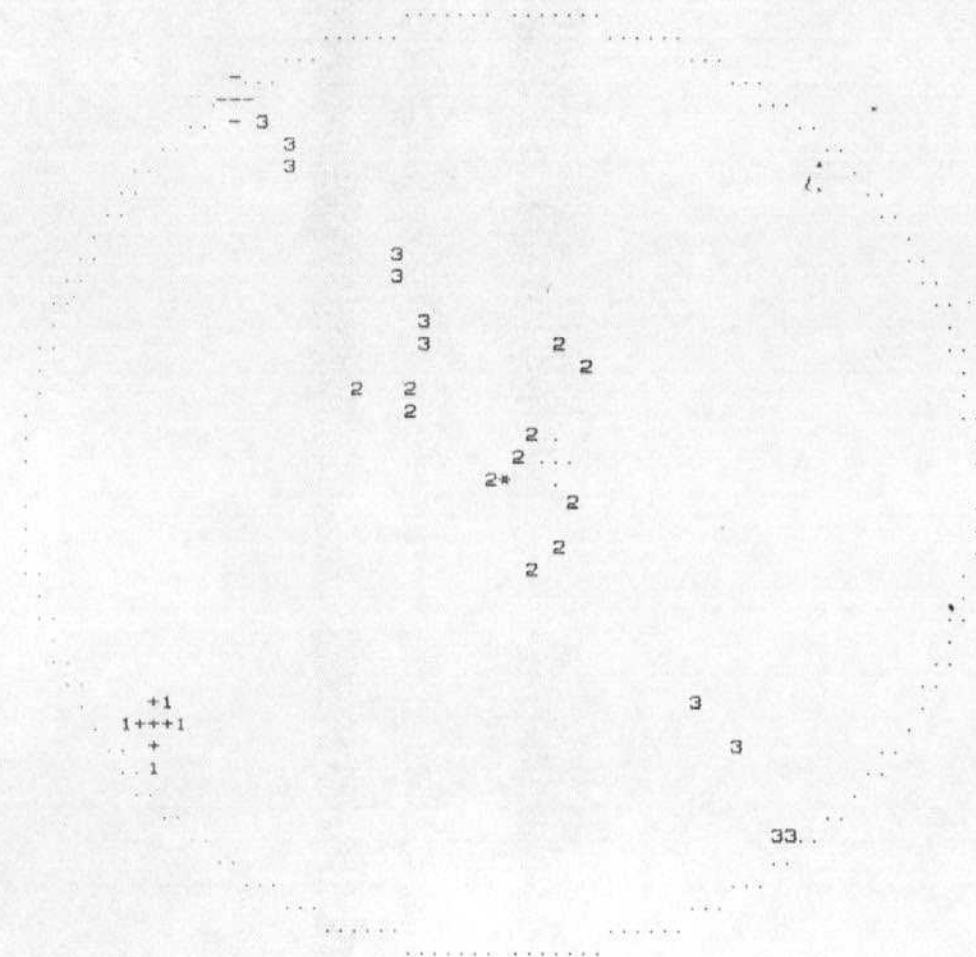
\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

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

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0.0 0.1	9	27 17 39 2 4 19 28 15 24
2 0.1 0.2	12	6 22 33
3 0.2 0.3	16	10 38 16 3
4 0.3 0.4	17	11
5 0.4 0.5	18	12
6 0.5 0.6	19	8
7 0.6 0.7	19	
8 0.7 0.8	20	14
9 0.8 0.9	20	
10 0.9 1.0	20	
11 1.0 1.2	21	41
12 1.2 1.4	21	
13 1.4 1.6	22	36
14 1.6 1.8	22	
15 1.8 2.0	24	21 37
16 2.0 2.2	24	
17 2.2 2.4	24	
18 2.4 2.6	24	
19 2.6 2.8	25	25
20 2.8 3.0	26	40
21 3.0 3.2	27	5



ALCUB\_CON\_A\_AB



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



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

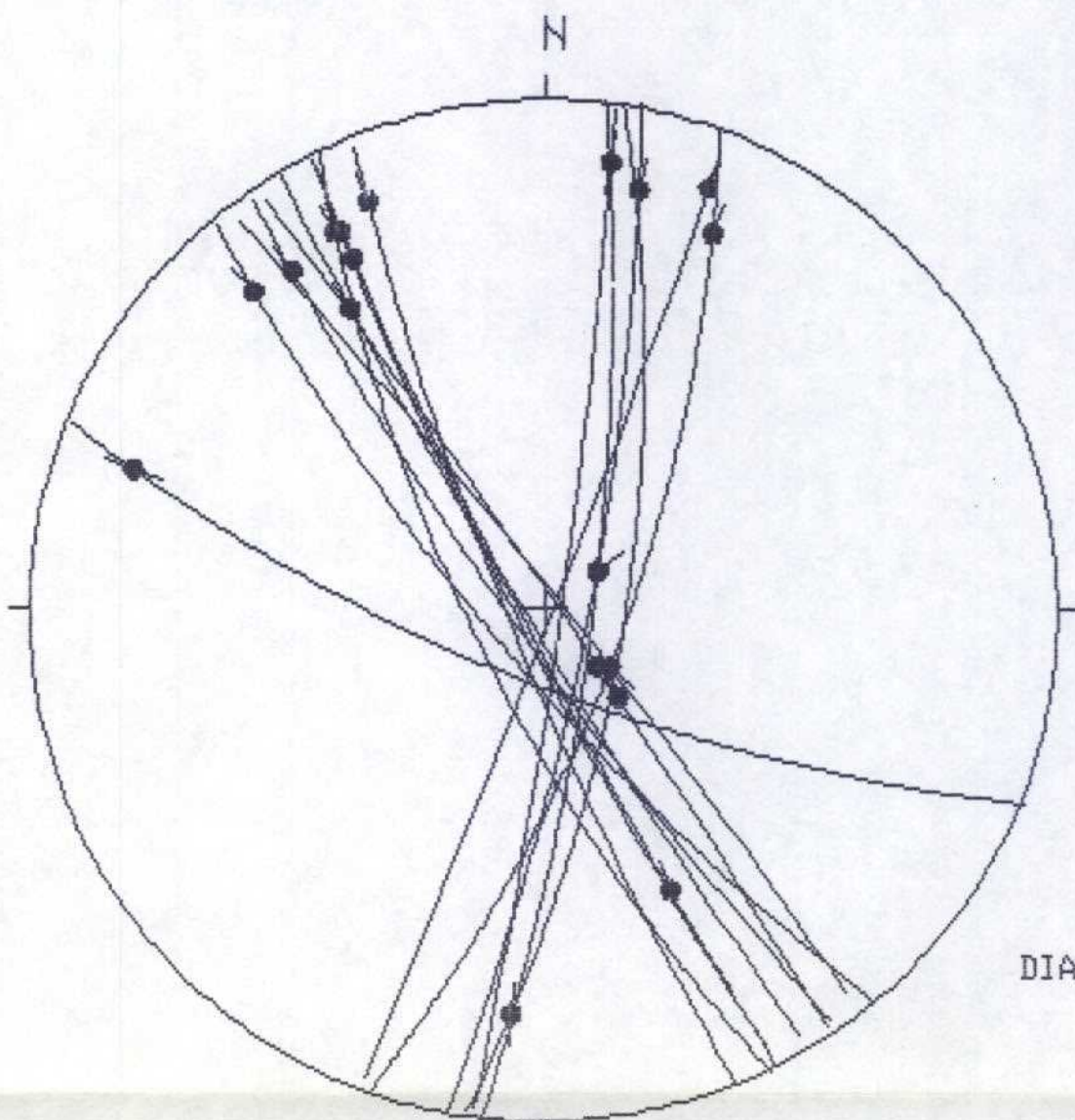


ANEXO II.

ESTACION 3 (PUERTO DE RADONA)  
RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.



ESTACION: PTO←RADONA



HOJA No. : 435

COORDENADAS UTM:

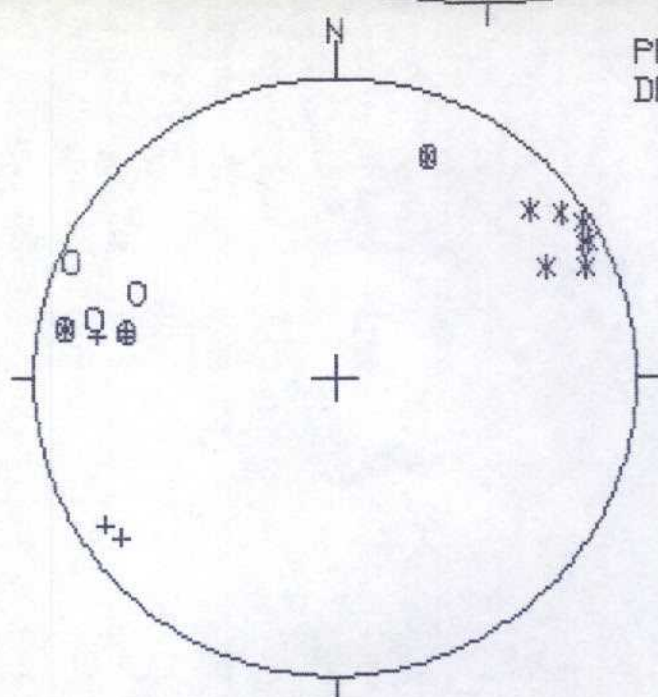
30TWL435739

So: 070, 16 N

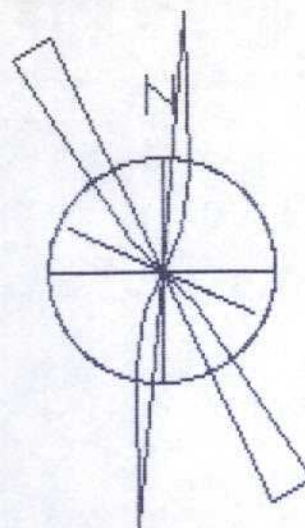
EDAD/FACIES Creta

NUMERO DE DATOS:21

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 INVERSA

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%

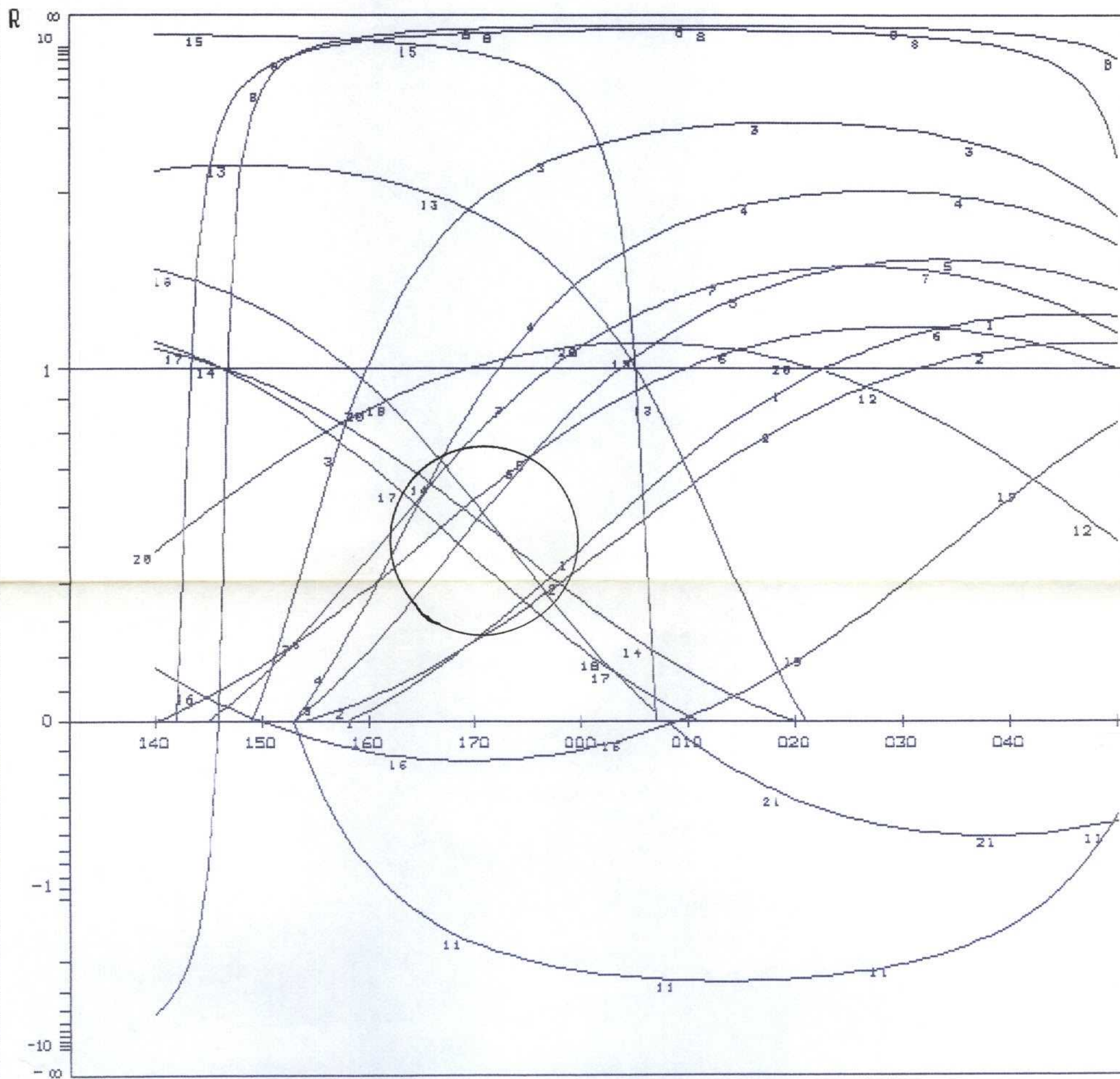




# METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: PUERTO DE RADONA.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



PUERTO DE RADONA

158	82	W	8	N	O	D	1
154	74	W	10	N	O	D	2
149	86	W	20	N	O	D	3
153	85	W	14	N	O	D	4
153	84	W	10	N	O	D	5
140	78	W	10	N	O	D	6
145	83	W	11	N	O	D	7
142	86	E	71	S	O	N	8
146	87	E	65	S	O	I	9
146	87	E	73	S	O	N	10
153	85	W	28	S	O	D	11
112	74	S	10	W	O	S	12
21	88	E	7	N	O	S	13
20	72	E	13	N	O	S	14
7	79	E	80	N	O	N	15
9	72	E	14	S	O	S	16
11	80	E	10	N	O	S	17
8	86	E	7	N	O	S	18
9	72	E	14	S	O	D	19
112	74	S	10	W	O	D	20
8	86	E	7	N	O	D	21
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).



Cent

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPL

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 12PLUS FAIBLES ECARTS



ECART MOYEN EN DEGRES 5.28738

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	15.1	ERR SUR PEND	3.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	69.1	ERR SUR PEND	16.6
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	16.2	ERR SUR PEND	26.1

ERREUR SUR R 0.32E+00

PUERTO DE RADONA

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

SIGMA(1)= 0.63944	DIRECTION	4.8	PENDAGE	15.5
SIGMA(2)= -0.27888	DIRECTION	149.2	PENDAGE	71.2
SIGMA(3)= -0.36056	DIRECTION	271.8	PENDAGE	10.4

RAPPORT R = 0.08

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0681 POUR LES 12 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAM  
ET A 35.9655 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

idad de Zaragoza

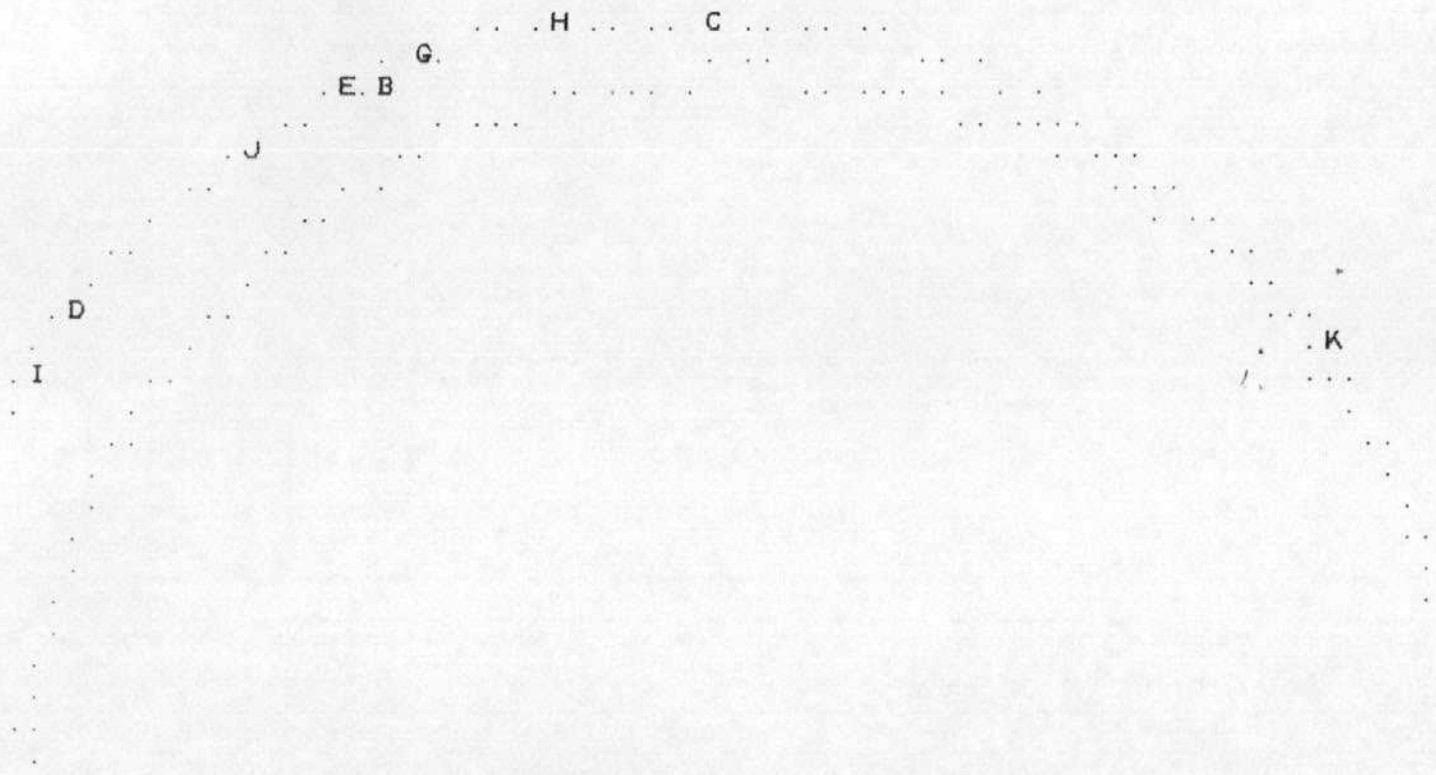


# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Universidad de Zaragoza

Centro de Cálculo de la



LE	CARACTERE	A	CORRESPOND	AUX	DONNEES	18
LE	CARACTERE	B	CORRESPOND	AUX	DONNEES	2
LE	CARACTERE	C	CORRESPOND	AUX	DONNEES	6
LE	CARACTERE	D	CORRESPOND	AUX	DONNEES	14
LE	CARACTERE	E	CORRESPOND	AUX	DONNEES	4
LE	CARACTERE	F	CORRESPOND	AUX	DONNEES	17
LE	CARACTERE	G	CORRESPOND	AUX	DONNEES	3
LE	CARACTERE	H	CORRESPOND	AUX	DONNEES	7
LE	CARACTERE	I	CORRESPOND	AUX	DONNEES	13
LE	CARACTERE	J	CORRESPOND	AUX	DONNEES	1
LE	CARACTERE	K	CORRESPOND	AUX	DONNEES	20

5

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

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

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





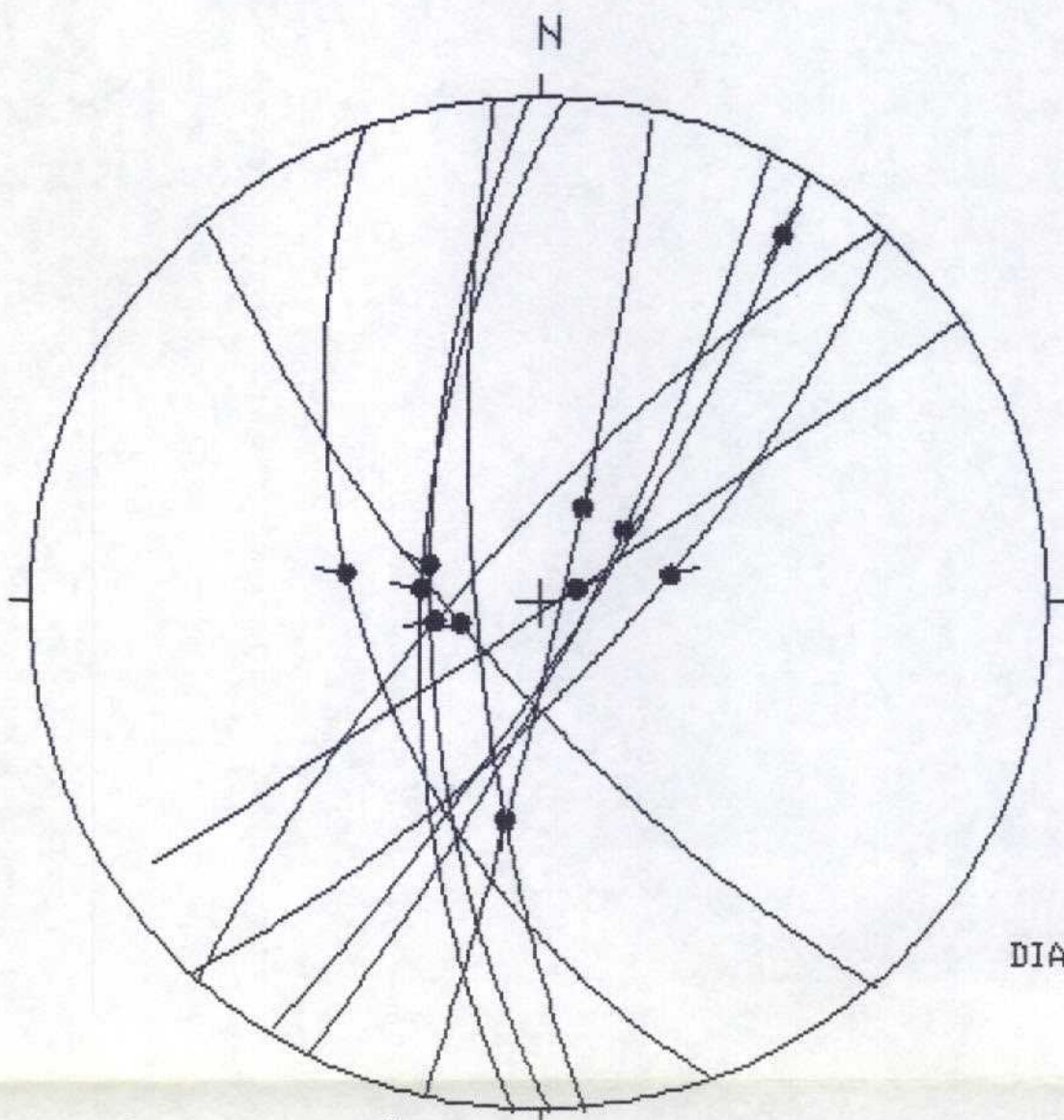
ANEXO III.

ESTACION 4 (ARCOS DE JALON)

RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ESTACION: ARCOS



HOJA No.: 435

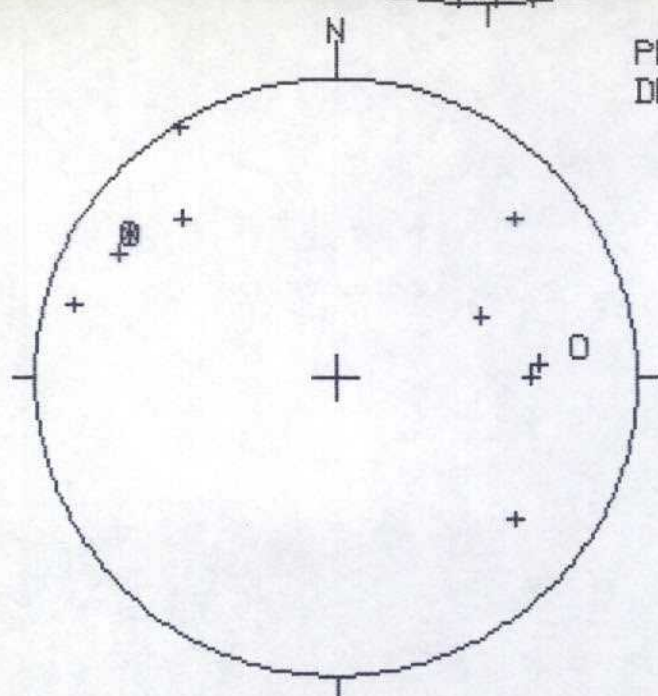
COORDENADAS UTM:  
30TWL599655

So: HORIZONT

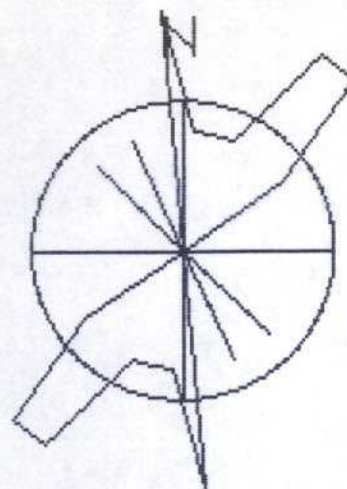
EDAD/FACIES MIOCE

NUMERO DE DATOS:12

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



PROYECCION  
DE POLOS



0: POLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ : POLOS DE FALLAS NORMALES

\* : POLOS DE FALLAS DEXTRALES

- : POLOS DE FALLAS INVERSAS

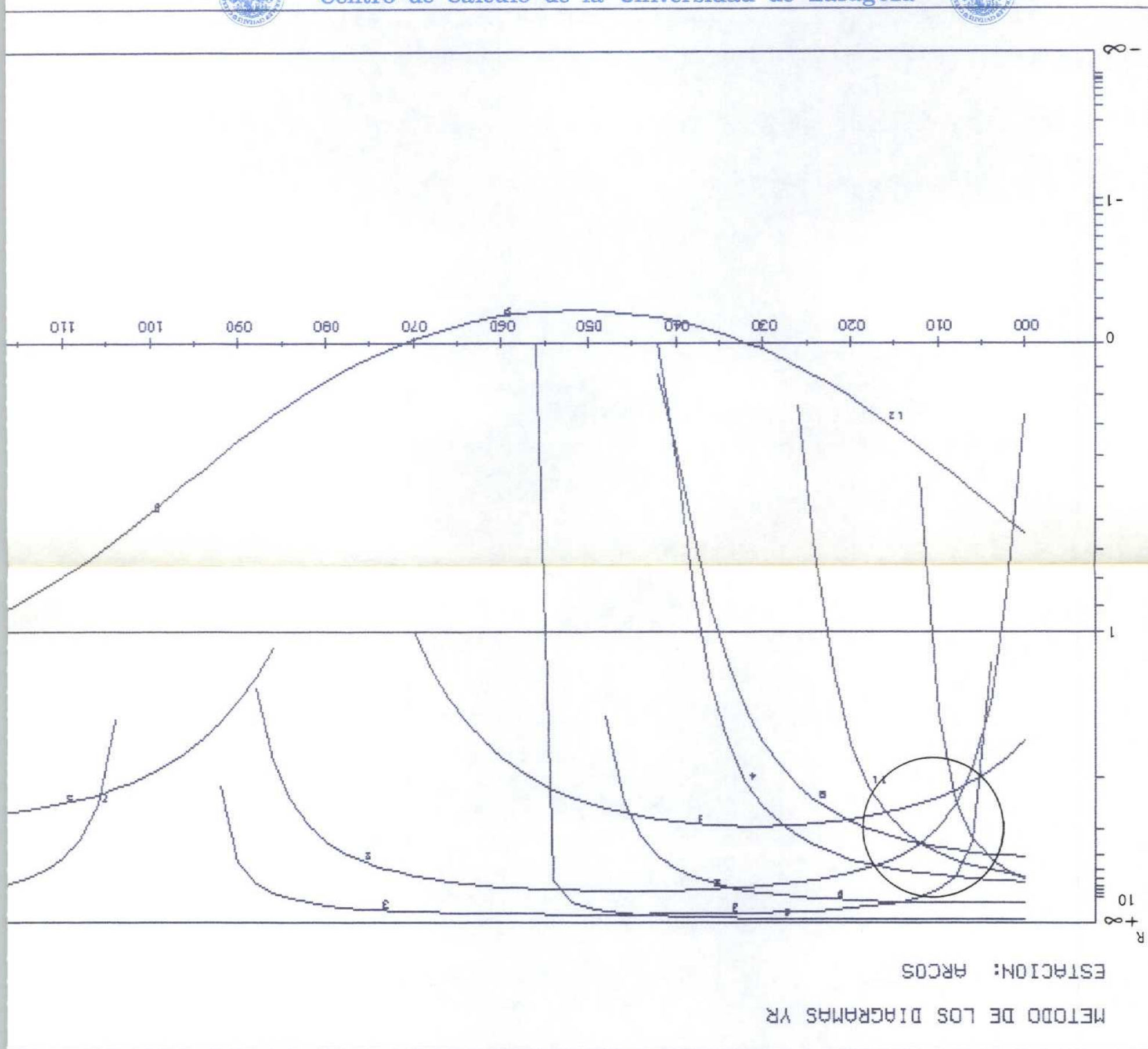
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza









# ARCOS

160	52	W	71	N	0	N	1
179	66	W	81	N	0	N	2
3	64	W	88	E	0	N	3
42	75	N	72	W	0	N	4
175	76	W	45	S	0	S	5
56	88	S	81	E	0	N	6
13	85	E	67	N	0	N	7
43	72	S	66	N	0	N	8
139	74	W	82	N	0	N	9
32	80	E	8	N	0	D	10
27	80	E	67	N	0	N	11
32	80	E	8	N	0	S	12
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).

ECART MOYEN EN DEGRES 6.70725

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	61.3	ERR SUR PEND	10.0
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	20.6	ERR SUR PEND	10.6
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	20.9	ERR SUR PEND	4.6

ERREUR SUR R 0.13E+00

ARCOS

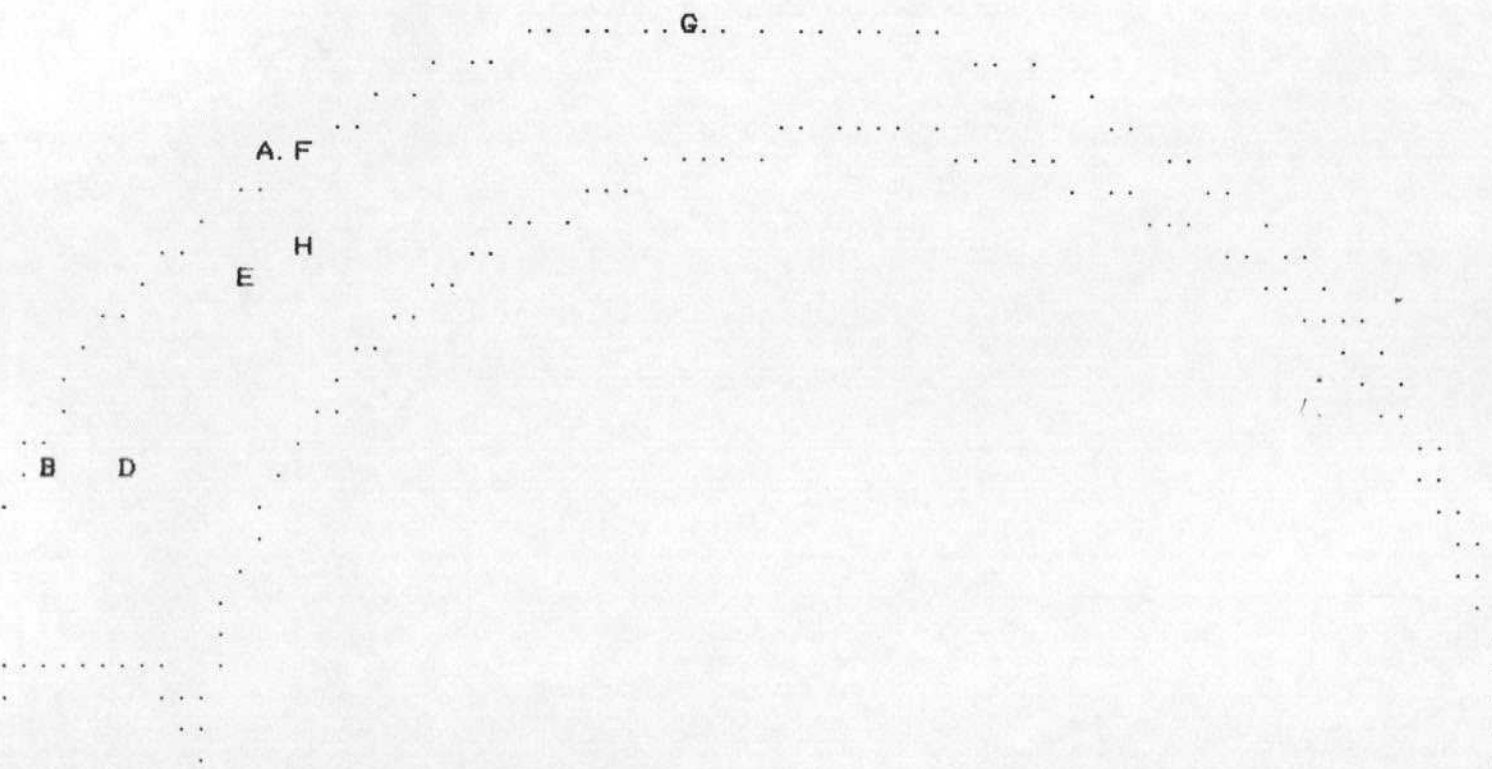
NO TENSEUR EN X Y Z DANS LES AXES PRINCIPAUX \*\*\*\*\*

SIGMA(1)=	0.61374	DIRECTION	17.6	PENDAGE	82.1
SIGMA(2)=	-0.22749	DIRECTION	184.3	PENDAGE	7.7
SIGMA(3)=	-0.38626	DIRECTION	274.5	PENDAGE	1.8

RAPPORT R = 0.16

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0548 POUR LES 8 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 6.9693 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND AUX DONNEES	2
LE CARACTERE B	CORRESPOND AUX DONNEES	11
LE CARACTERE C	CORRESPOND AUX DONNEES	7
LE CARACTERE D	CORRESPOND AUX DONNEES	4
LE CARACTERE E	CORRESPOND AUX DONNEES	8
LE CARACTERE F	CORRESPOND AUX DONNEES	3
LE CARACTERE G	CORRESPOND AUX DONNEES	1
LE CARACTERE H	CORRESPOND AUX DONNEES	9

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

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

0.821212E+02 0.766764E+01 0.180116E+01 0.176361E+02 0.184259E+03 0.274501E+03

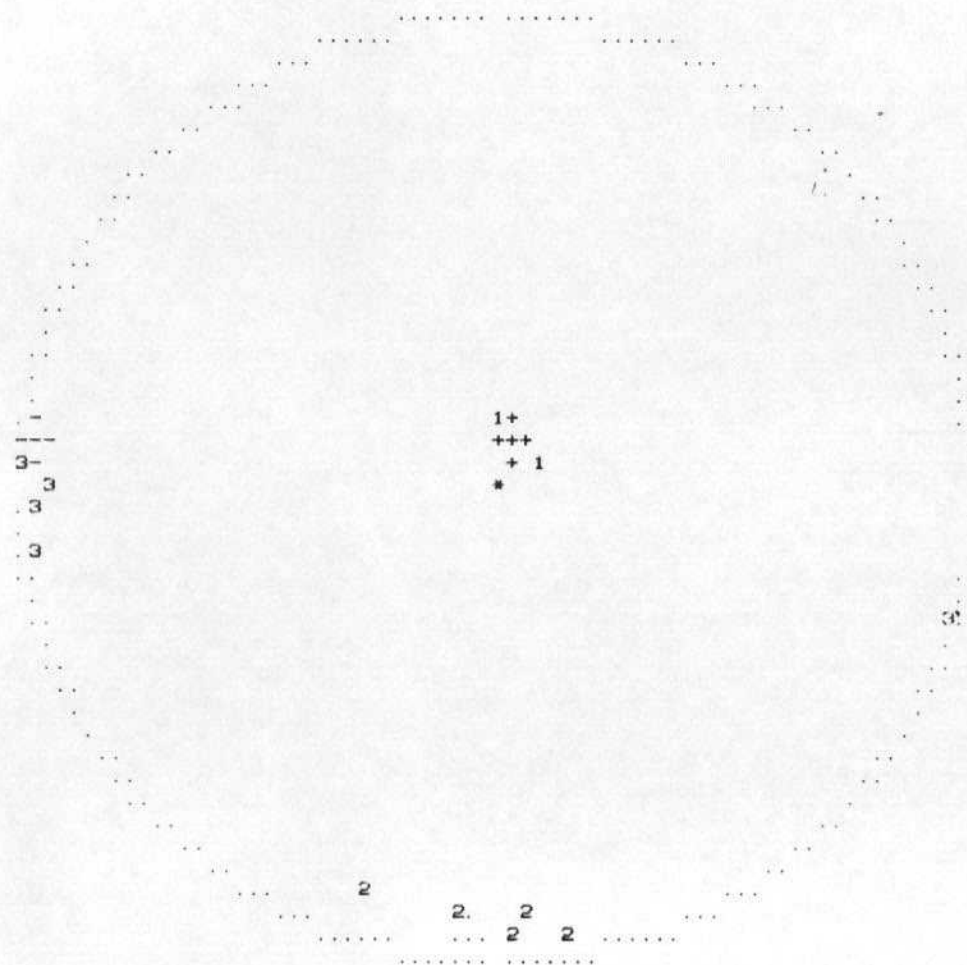


# ARCOS

GAMME                      NBRE                      INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

1	0.0	0.1	5	2	11	7	4	8
2	0.1	0.2	8	3	1	9		
3	0.2	0.3	8					
4	0.3	0.4	8					
5	0.4	0.5	8					
6	0.5	0.6	9	6				
7	0.6	0.7	9					
8	0.7	0.8	9					
9	0.8	0.9	9					
10	0.9	1.0	11	5	12			
11	1.0	1.2	11					
12	1.2	1.4	11					
13	1.4	1.6	11					
14	1.6	1.8	11					
15	1.8	2.0	11					
16	2.0	2.2	12	10				

ARCOS

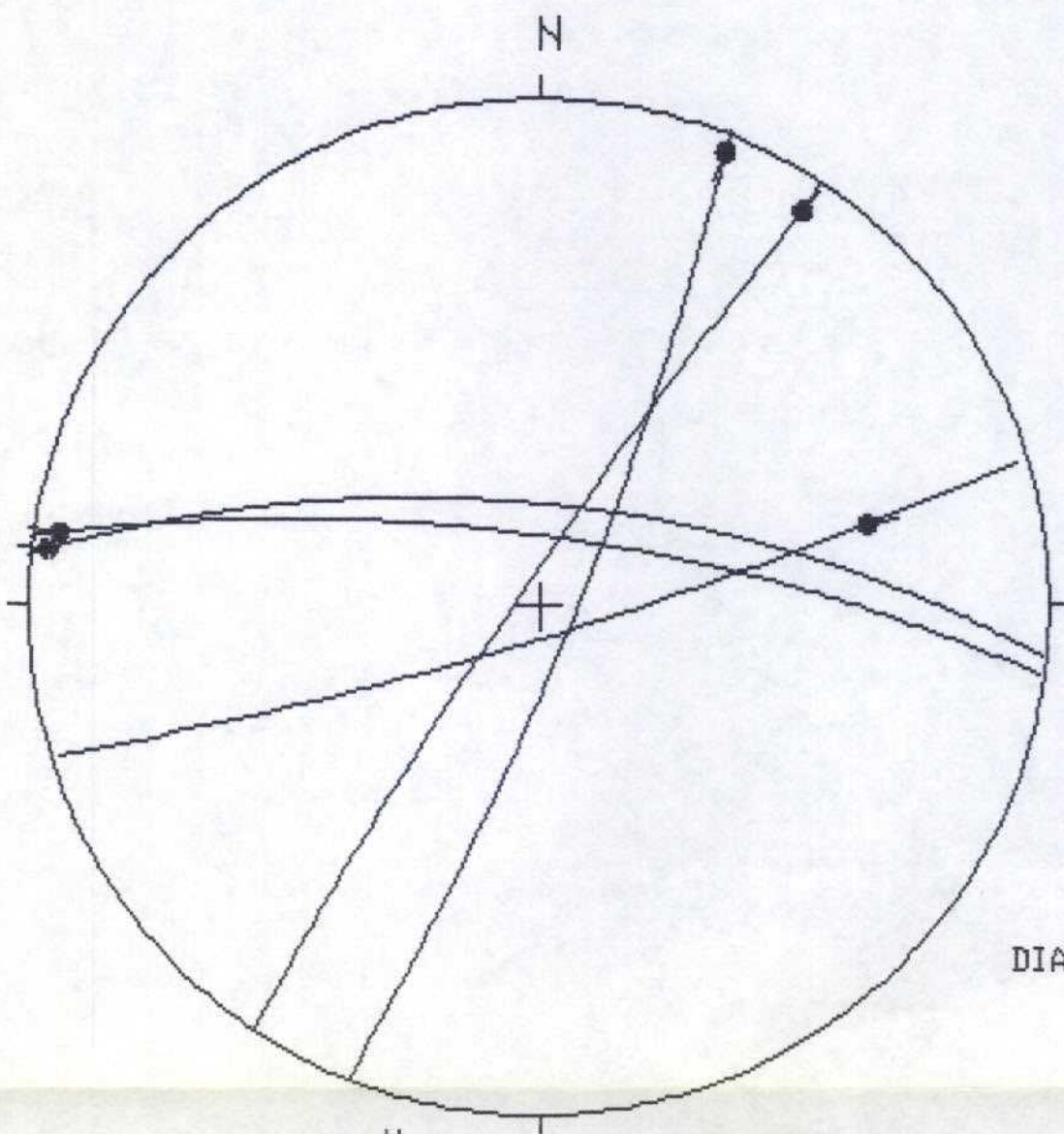


\*\*\*\*\*FIN FINALE

ANEXO IV.

ESTACION 5 (RADONA)  
RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.





HOJA No. : 435

COORDENADAS UTM:

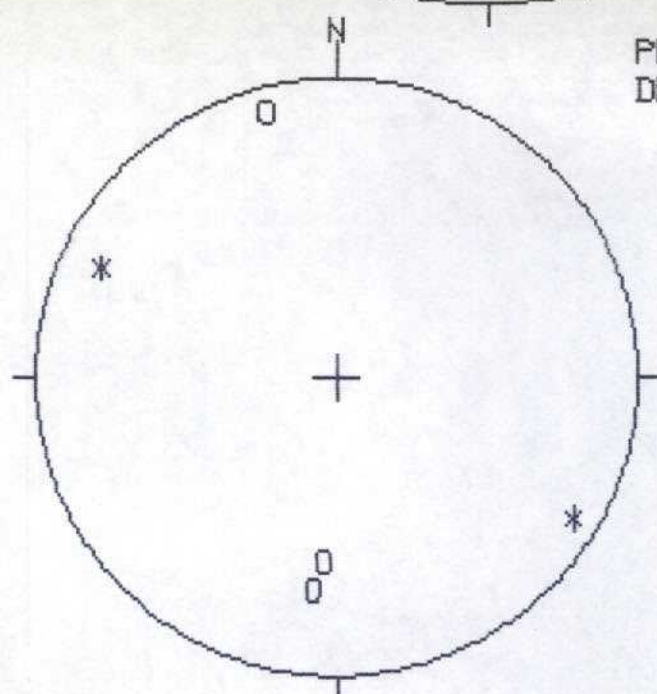
30TWL469698

So: HORIZONT

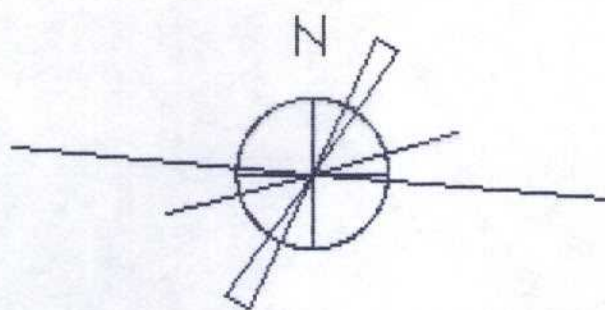
EDAD/FACIES PARAM

NUMERO DE DATOS:5

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



PROYECCION  
DE POLOS



O: POLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ : POLOS DE FALLAS NORMALES

\* : POLOS DE FALLAS DEXTRALES

- : POLOS DE FALLAS INVERSAS

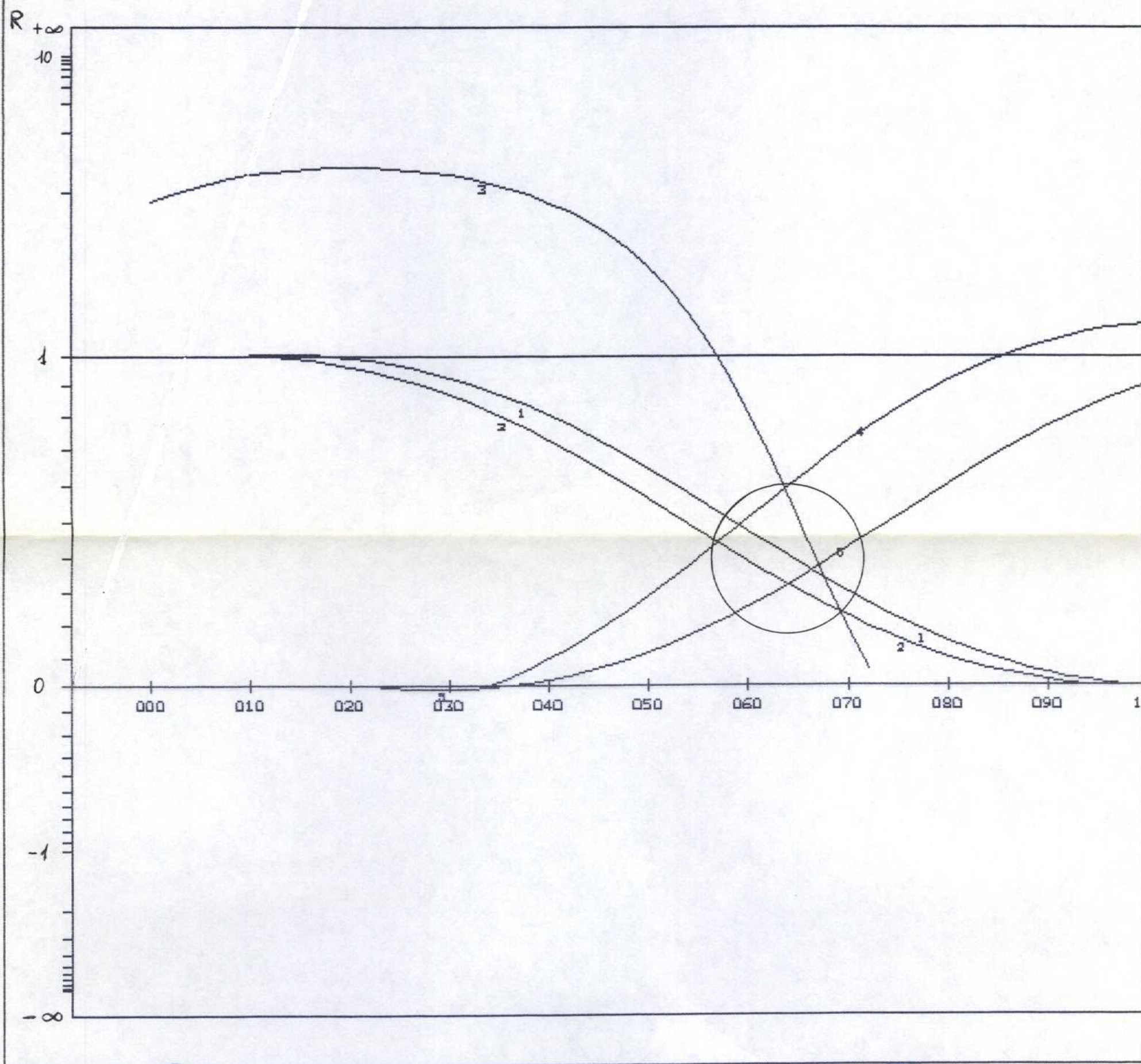
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%





# METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: RADONA



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



RADONA

98	74	N	3	W	0	S	1
96	67	N	2	W	0	S	2
73	83	S	23	E	0	S	3
34	85	W	4	N	0	D	4
22	82	E	2	N	0	D	5
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).





ECART MOYEN EN DEGRES 3.62956

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	4.5	ERR SUR PEND	4.4
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	29.8	ERR SUR PEND	4.3
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	4.3	ERR SUR PEND	2.0

ERREUR SUR R 0.12E+00

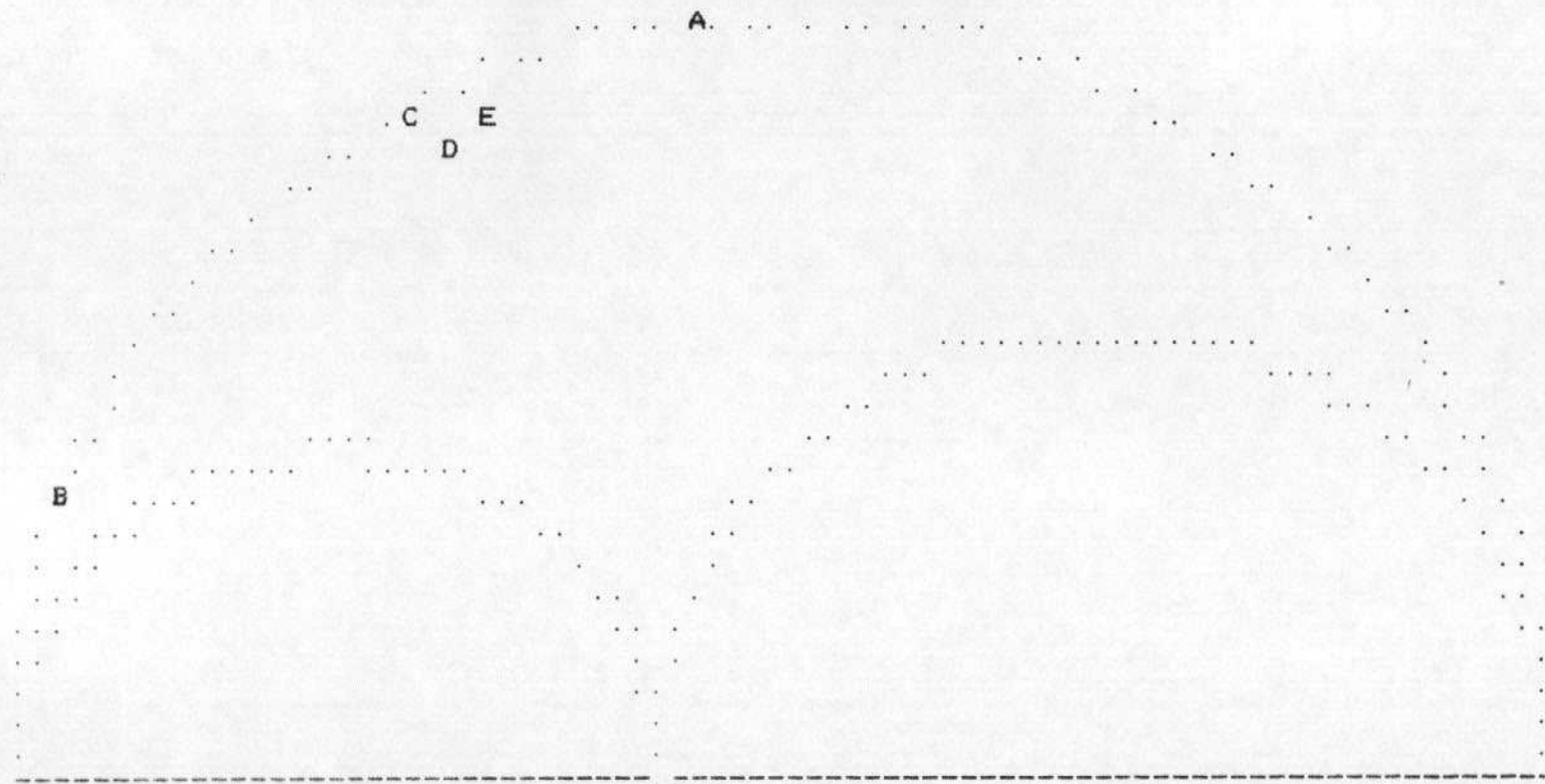
RADONA

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****			
	SIGMA(1)= 0.52687	DIRECTION	64.0	PENDAGE	3.7
	SIGMA(2)= -0.05375	DIRECTION	267.3	PENDAGE	85.9
	SIGMA(3)= -0.47313	DIRECTION	154.1	PENDAGE	1.6

RAPPORT R = 0.42

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0040 POUR LES 5 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 0.0040 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A	CORRESPOND	AUX	DONNEES	5
LE CARACTERE B	CORRESPOND	AUX	DONNEES	3
LE CARACTERE C	CORRESPOND	AUX	DONNEES	4
LE CARACTERE D	CORRESPOND	AUX	DONNEES	2
LE CARACTERE E	CORRESPOND	AUX	DONNEES	1

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

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

0. 373626E+01 0. 859356E+02 0. 159768E+01 0. 640412E+02 0. 267258E+03 0. 154146E+03

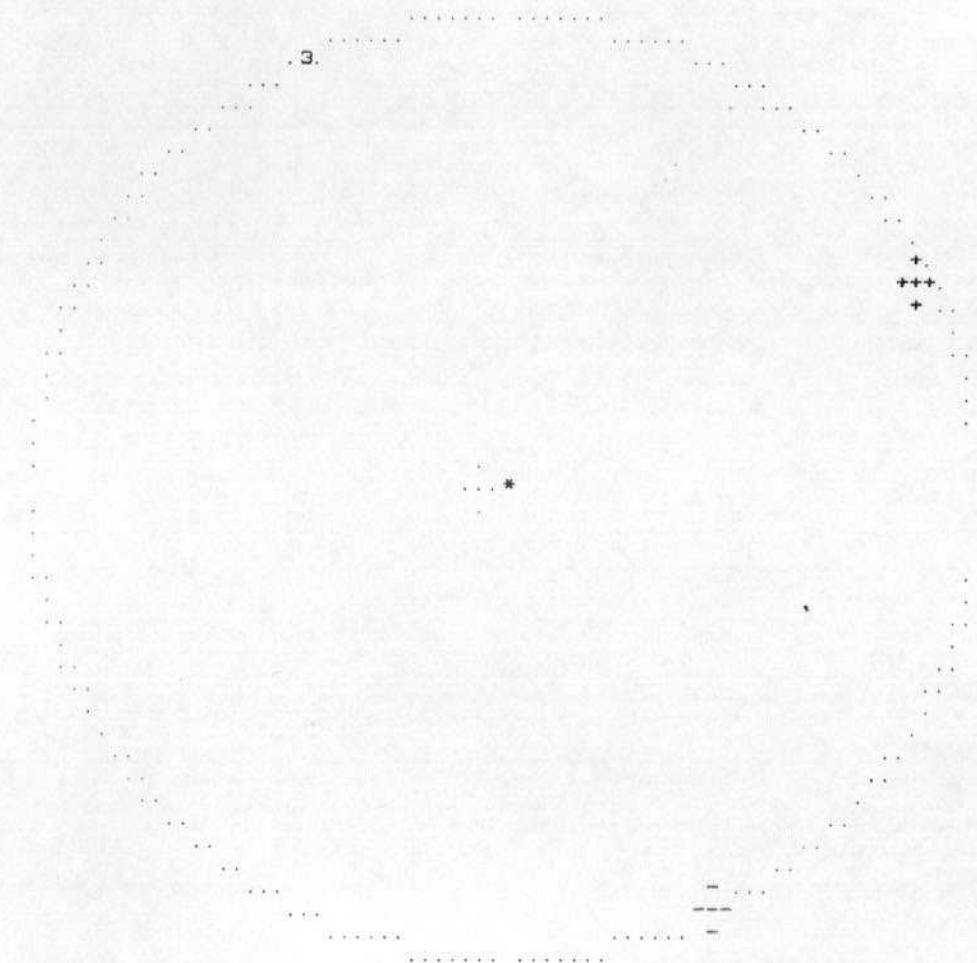
# RADONA

GAMME	NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1 0.0 0.1	5	5 3 4 2 1



PROJECTION SUR DIAGRAMME D'EGALISSEMENT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHAQUE STRIE

RADONA



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