

# MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

*ESCALA 1:50.000*

INFORME COMPLEMENTARIO SOBRE LA TECTÓNICA ALPINA DE LA HOJA

*408 (24-16)*

**TORRIJO DE LA CAÑADA**

**J.L. Simón Gómez**  
(UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA)

**Noviembre-1989**

HOJA Nº 408. TORRIJO DE LA CAÑADA.

Tectónica alpina.

José Luis SIMON GOMEZ.

Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza.

## HOJA Nº 408. TORRIJO DE LA CAÑADA.

### Tectónica alpina.

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

#### 1. DESCRIPCION MACROESTRUCTURAL.

La hoja de Torrijo de la Cañada comprende porciones de tres grandes unidades macroestructurales. Al W de la línea Deza-Cihuela-Embid de Ariza se localiza la cuenca de Almazán, rellena fundamentalmente de depósitos continentales neógenos. Al E se extiende una de las dos grandes ramas paleozoicas que componen la arquitectura del sector central de la Cordillera Ibérica (macizo de Ateca), orlada al NE y al SW por sendas alineaciones de materiales mesozoicos plegados. Finalmente, en el ángulo más nororiental de la hoja aparece asimismo una pequeña porción de la fosa neógena de Calatayud. Desde el punto de vista del estilo y características de las macroestructuras alpinas, y dejando aparte por tanto el macizo paleozoico central, hemos distinguido tres sectores que pasaremos a continuación a describir: (1) borde NE del Paleozoico en su tránsito a la Cuenca de Calatayud; (2) borde SW de tránsito a la Cuenca de Almazán, y (3) el sector perteneciente ya propiamente a dicha cuenca neógena.



### 1.1. Borde NE del macizo paleozoico de Ateca (sector de Torrijo de la Cañada).

Tal como señalábamos, el núcleo del bloque central que se extiende entre Torrijo de la Cañada y la línea Deza-Embido de Ariza se halla constituido por materiales paleozoicos. Estos fueron plegados esencialmente por las etapas de deformación hercínicas, pero presentan asimismo una estructura grosso modo antiformal que es consecuencia de la tectónica alpina. En su borde NE, el Paleozoico cabalga sobre los materiales cretácicos y terciarios que afloran al W de Torrijo de la Cañada, los cuales se encuentran, a su vez, plegados en un anticlinal de la misma dirección NW-SE en cuyo núcleo aflora de nuevo el Paleozoico. El cabalgamiento se observa bien en el Collado de Valdesornil, al SW de Torrijo, donde aparece un plano de dirección N-S muy tendido (buzamiento de unos 20° al W). En el afloramiento se observan, en realidad, dos planos mecánicos entre el Paleozoico y el Terciario, entre los que aparece pinzada una escama constituida por arenas de facies Utrillas (fig. 1). En el entorno del plano superior se observa una fuerte cataclastización de los materiales: sobre el tramo de arenas de Utrillas aparece una brecha grosera rica en óxidos de hierro, mientras la base del Paleozoico se halla completamente reducida a una harina de falla.

### 1.2. Estructura de la zona de tránsito entre el Macizo de Ateca y la Cuenca de Almazán (sector de Embido-Deza-Torlengua-Bordalba).

En su borde occidental, el Paleozoico aparece cubierto por la discordancia basal del Buntsandstein, en general poco inclinada (20-25°). La orla mesozoica presenta una anchura mayor que en el área de Torrijo de la Cañada (en torno a 3 km), y en ella aparecen numerosos pliegues de dirección ibérica afectando especialmente a las calizas del Cretácico



superior marino. Las capas de facies Utrillas que yacen por debajo se apoyan directamente sobre el Triás inferior-medio (sector centro-meridional) o incluso sobre el Paleozoico (sector meridional), constituyendo un nivel incompetente que propicia cierta disarmonía en el plegamiento de los niveles del Cretácico superior en relación al zócalo paleozoico y a su tegumento de Triás inferior-medio.

El Terciario que rellena la cuenca de Almazán comprende términos tanto paleógenos como neógenos. A lo largo de todo su límite con la Cordillera Ibérica, y en relación con los mismos pliegues SE a SSE existentes en el Mesozoico, el conjunto de la serie describe una gran discordancia progresiva. Los términos inferiores paleógenos se disponen paraconcordantes sobre el Cretácico superior, con el cual se hallan plegados conjuntamente. El contacto entre ambos llega a estar claramente invertido en los extremos meridional y septentrional de la hoja, mientras en el área entre Embid y Cihuela aparece vertical o con buzamientos normales muy pronunciados. Las deformaciones van atenuándose progresivamente hacia el centro de la cuenca y hacia depósitos de edades más modernas, llegándose a detectar a escala de afloramiento algunos indicios de deformaciones sinsedimentarias a las que más tarde haremos referencia.

El área con mayor densidad de deformaciones es, sin duda, la de Embid de Ariza. En la figura 2 se muestran tres cortes seriados donde puede observarse con claridad el estilo del plegamiento en esta área. Se trata de pliegues isopacos, en algún caso angulares. Las vergencias en general son hacia el W, si bien localmente se aprecia también alguna en sentido contrario (fig. 2.B). Los ejes presentan una dirección dominante muy marcada según 150, siendo la única excepción el anticlinal situado más al SW de los que aparecen en el corte 2.B, el cual se orienta próximo a

120. Los pliegues afectan tanto al Cretácico como al Paleógeno, e incluso, en el caso del sinclinal suave que discurre 1 Km. al W de Embid (Alto de las Hoyas-El Blanquero), a los primeros niveles neógenos.

Un repliegue anticlinal-sinclinal de amplitud decamétrica localizado en las inmediaciones de Cihuela (fig. 3) nos ha permitido realizar observaciones interesantes acerca de la geometría, mecanismos y edad relativa de los pliegues de este sector. En él se han tomado medidas de la orientación de las capas afectadas, así como de algunas estrias de deslizamiento capa sobre capa localizadas en su superficie. Unas y otras definen un "cuasi-plano de movimiento" del pliegue (en realidad es una superficie de cono muy abierta, debido a que el pliegue tiene un cierto carácter cónico) en torno a un eje de plegamiento orientado 132, 25 W. No existen rasgos de deformación interna en la zona de charnela. Todo ello permite atribuir la génesis de estos pliegues a un mecanismo dominante de flexo-deslizamiento. Por otra parte, se comprueba cómo las capas terciarias y cretácicas no han sido plegadas por igual. En sus flancos puede observarse una ligera discordancia angular de las primeras sobre las segundas, así como un carácter "supratenuado" en el sinclinal, todo lo cual permite pensar en un desarrollo del plegamiento sincrónico de la sedimentación.

Al N de Cihuela, y en general en todo el cuadrante NW de la hoja, la dirección de los pliegues cambia en relación con la observada en el área de Embid, situándose en 110-120. Pliegues con esta orientación aparecen en el Cretácico aflorante al NE de Deza; al menos un sinclinal y un anticlinal poco pronunciados, cuyos ejes discurren, respectivamente, al N y S de esa localidad, afectan también al Paleógeno. Conforme nos desplazamos hacia el W y ascendemos en la serie terciaria los buzamientos van atenuándose progresivamente, de forma que en algunos puntos se pasa insensiblemente,

sin discordancia angular clara, a las capas conglomeráticas atribuibles ya al Mioceno (tal es lo que se observa, por ejemplo, al SW de Deza, en la carretera a Bordalba). Estas últimas, sin embargo, llegan a disponerse en onlap sobre el Paleógeno plegado, "cerrando" así la discordancia progresiva. Así se ve al SE de Deza, o también en el área de Las Muelas (5 km al NW de la misma localidad, en el límite septentrional de la hoja), a la que corresponde la parte derecha del corte de la figura 4.

Nos resta por describir un pliegue de gran envergadura que se extiende algo más al S, y que aparece reflejado en la parte izquierda de la misma figura 4. Se trata de un anticlinal de dirección próxima también a 110-120, cuyo eje puede seguirse a lo largo de casi 20 Km. entre un poco al N de Torlengua y el W de Cihuela. La traza de dicho eje parece interrumpida y ligeramente desplazada en sentido dextral (algo más de 0.5 Km.) hacia la mitad de su recorrido, con sendas terminaciones periclinales a ambos lados (se trata, por tanto, de dos segmentos del pliegue que se relevan, y no de un pliegue cortado por una falla de desgarre posterior). En su núcleo afloran los materiales paleógenos, en continuidad espacial con los del área de Cihuela-Embíd. La geometría está próxima a la de un pliegue monoclinal, ya que es fundamentalmente su flanco norte el que, con una dirección extremadamente constante y un buzamiento próximo a la vertical (entre 70 y 80°, por término medio) determina el carácter de la estructura. El flanco sur, por el contrario, presenta buzamientos muy raramente superiores a los 15°, al igual que ocurre con el otro flanco del sinclinal que queda configurado inmediatamente al N, sobre el Neógeno que constituye el ciclo superior de la discordancia progresiva. Sin por ello descartar su relación con un régimen tectónico de signo compresivo, las características generales de la estructura sugieren la presencia de un escalón tectónico en el basamento como posible determinante de su ubicación y desarrollo. Sólo así es posible entender su geometría y su



vergencia totalmente contraria a la de las estructuras del límite de la cadena. El funcionamiento habría sido probablemente sinsedimentario, produciéndose sobre el labio septentrional la acumulación de una serie de sedimentos detríticos y arcillosos mucho más potente (quizá próxima a los 2000 m.) que la que parece existir al S.

### 1.3. Cuenca de Almazán (sector de Bordalba-Monteagudo).

El Neógeno del cuadrante suroccidental de la hoja, ya en el interior de la Cuenca de Almazán, presenta deformaciones mucho menos acusadas que las existentes en los otros sectores. Entre Torlengua y Fuentelmonge se observa todavía un anticlinal y un sinclinal con la misma orientación 110-120 de los descritos anteriormente, si bien su desarrollo longitudinal es bastante menor y los buzamientos de los flancos suelen alcanzar escasamente los 10°. Entre Fuentelmonge y Monteagudo de las Vicarías se observa ya únicamente un basculameinto suave y constante de las capas hacia el S (unos 5°), hasta pasar éstas a una disposición horizontal en toda la parte sur de la hoja.

## 2. ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL.

Con el fin de profundizar en el conocimiento de las sucesivas etapas tectónica acaecidas en el área, se ha procedido a estudiar un total de cinco estaciones microestructurales repartidas en materiales de edades distintas. Dos lo están en calizas del Cretácico superior-terminal (estaciones 1 y 2) y las otras tres en materiales terciarios (4, 5 y 6). Hemos prestado una atención especial a las microestructuras frágiles, aplicando métodos de análisis estadístico de poblaciones de fallas que

permiten la reconstrucción de los estados de paleoesfuerzo que caracterizan la evolución tectónica del área (método de ETCHECOPAR et al., 1981; diagrama  $\gamma$ -R de SIMON GOMEZ, 1986). Los resultados del análisis microestructural se recogen en la figura 5 y en los anexos I a IV.

La estación 1 (Torrijo de la Cañada) se sitúa en las calizas del Cretácico superior que afloran en una franja de dirección Ibérica al W de dicha localidad, junto al camino que bordea por el S el alto de Mesa. Se ha medido en ella una población de picos estilolíticos horizontales concentrados en torno a la dirección 150 (incompatibles, por tanto, con la dirección de compresión que indican los pliegues y cabalgamientos del área). Asimismo se han observado algunas fallas sinestrales de dirección NE que pueden estar relacionadas con ellos, pero cuyo escaso número no permite un análisis dinámico.

La estación 2 (Embid 1) se localiza en el flanco E de uno de los anticlinales que aparecen en las calizas del Cretácico terminal al S de Embid de Ariza (Km. 14 de la carretera Deza-Cetina). La orientación de las capas es 152, 20 E. Se han medido picos estilolíticos de dirección media 025, así como una población de fallas de desgarre (direcciones preferentes NNE y ENE) e inversas (dirección preferente SE). Un total de 12 de las fallas definen un elipsoide de esfuerzos compresivo con  $\sigma_1$  046, 10 W;  $\sigma_3$  124, 51 E, y una relación de esfuerzos  $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.29$ . La orientación del eje  $\sigma_1$  está próxima a la indicada por la familia de picos estilolíticos. Por otra parte, la inmersión que presentan uno y otros (bastante pequeña y con sentido W), comparada con el valor y sentido del buzamiento del flanco en que se encuentran, sugiere que corresponden a un estado de esfuerzos posterior al desarrollo del pliegue. Existe otro pequeño número de fallas (6) que son explicadas por otra compresión

con  $\sigma_1$  según 071,  $\sigma_2$  vertical y  $R = 0.58$ ; sin embargo, el elipsoide de esfuerzos en este caso no se halla tan definido; no todos los planos de falla presentan orientaciones favorables para la rotura, y su relación cronológica con la otra compresión es incierta.

De las tres estaciones situadas en materiales terciarios, una lo está en el Paleógeno. Se trata de la estación 3 (Embid 2), que se localiza aproximadamente 1.5 km al SSW de esa localidad, en el barranco llamado de las Alguercas. En ella se han observado y medido una serie de fallas de dimensiones métricas y decamétricas, que cortan a un banco calcáreo inclinado  $20^\circ$  al NNE y presentan orientaciones preferentes N y NE. Algunas de ellas produce un desplazamiento aparente de varios metros en dicho banco, como es el caso de la falla dextral-normal representada en el esquema de la figura 5.A, que produce un desplazamiento real en el muro del estrato de unos 20 m (= salto según el buzamiento/seno del ángulo de cabeceo de la estría =  $10 \text{ m} / \sin 30^\circ$ ). Esta falla, por otra parte, tiene un claro carácter intrasedimentario: en el labio hundido el espesor del banco calcáreo y del tramo lutítico que yace por debajo del mismo es, respectivamente, de 3.5 y  $>6$  m., mientras en el labio levantado es de 1 y 3 m.; los depósitos detriticos que se encuentran algo más arriba, pertenecientes ya probablemente al Neógeno, no aparecen afectados. Puede afirmarse que el movimiento de la falla y, por tanto, la actuación del estado de esfuerzos responsable del mismo, fue globalmente sincrónica de la sedimentación de estos niveles paleógenos. Dicho estado de esfuerzos, que explica la falla descrita y un total de 9 más en perfecta coherencia geométrica con ella (fig. 5.3) presenta un eje  $\sigma_1$  orientado según 025, 27 S,  $\sigma_3$  según 107, 14 E y  $R = 0.27$ .

Ya en depósitos neógenos, se encuentran las estaciones 4 y 5. La



estación 4 (La Trasca) se localiza en el Km. 5 de la carretera de Ariza a Bordalba, muy cerca, geográficamente, y sólo unos 20 m por encima, estratigráficamente, de un yacimiento de vertebrados atribuido a la biozona MN 2 (Ageniense) (CUENCA, com. personal). La edad de los depósitos afectados por las estructuras que se estudian queda, por tanto, bien precisada. No así la interpretación de los datos estructurales, que resulta bastante complicada. El análisis de la población de fallas (esencialmente normal-direccionales y con orientación preferente ENE) permite inferir un tensor principal distensivo con  $\sigma_1$  subvertical,  $\sigma_3$  070, 07 E y  $R = 0.51$ , el cual explica un total de 11 fallas. Sin embargo, la geometría del conjunto de planos de rotura resulta poco acorde con los ejes obtenidos, situándose en posiciones mecánicamente poco favorables para su movimiento, según se desprende de su representación en el círculo de Mohr de esfuerzos (anexo III) y teniendo en cuenta el criterio de fractura de Coulomb. Para el resto de fallas es imposible encontrar soluciones aceptables, por el método de ETCHECOPAR et al. (1981), que expliquen más de 6 movimientos. Sin embargo, agrupando una parte de ellas bajo distintas combinaciones, pueden obtenerse varios tensores próximos entre sí que, según muestra el diagrama  $\gamma$ -R (anexo III), se sitúan en la zona de  $\sigma_y = 0.15$  a  $0.25$  y  $R_B = (\sigma_z - \sigma_x) / (\sigma_y - \sigma_x)$  próxima a 1 ( $R_B$  es la relación de esfuerzos que aparece en la ecuación de BOTT, 1959, siendo aquí  $\sigma_z$  vertical y  $\sigma_y > \sigma_x$  horizontales) Ello configura un estado medio de esfuerzos, quizá variable en el tiempo, pero caracterizado sin duda por un  $\sigma_3$  horizontal según 110 y unos  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  que pueden intercambiarse dentro de un plano vertical 020, lo que sugiere un elipsoide medio de extensión uniaxial ( $\sigma_1 \approx \sigma_2$ ).

La estación 5 (Monteagudo) se localiza también en un tramo calcáreo

situado en la parte inferior de la serie neógena, quizá algo más bajo que el de La Trasca. Se han medido en ella un total de 38 fallas, entre las que cabe distinguir una subpoblación dominante de fallas inversas de dirección SE a SSE y dos familias direccionales N a NNE. A partir de ellas se han inferido dos tensores de esfuerzo compresivos distintos entre sí. Aunque existe una cierta mezcla de los dos tipos mencionados de fallas en las dos soluciones obtenidas, puede decirse que, en líneas generales, una mayoría de las inversas definen un tensor de compresión perfectamente triaxial, con  $\sigma_1$  horizontal según 066,  $\sigma_3$  subvertical y  $R=0.44$ ; por otra parte, una mayoría de las direccionales definen un elipsoide con compresión uniaxial, con  $\sigma_1$  horizontal según 034 y  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  de valores muy próximos entre sí ( $R=0.01$ ). El orden en que actuaron ambos estados de esfuerzo puede deducirse de las superposiciones de estrías correspondientes a uno y otro encontradas en dos planos de falla. Las dos coinciden en señalar que la compresión según 066 actuó antes que la 034.

### 3. INTERPRETACION TECTONICA.

Desde el punto de vista macroestructural, y a tenor de lo descrito en el primer apartado, es posible diferenciar en el área dos generaciones de pliegues, aunque su desarrollo pueda haberse solapado algo en el tiempo. La primera es, básicamente, la que determina la estructura del contacto entre la Cordillera Ibérica y la Cuenca de Almazán, con toda la serie de pliegues paralelos entre sí que afectan tanto al Mesozoico como al Terciario, y que llevan una dirección preferente 150 (algo menos norteados en la parte septentrional de la hoja). A ella se debería la estructuración antiformal del bloque de Ateca, así como el cabalgamiento del Paleozoico

de su núcleo sobre el Cretácico y Terciario del sector de Torrijo. A la segunda generación pertenecen los pliegues de dirección 110 que ocupan el cuadrante noroccidental de la hoja.

La edad de ambos sistemas de pliegues puede establecerse en virtud de su relación con las unidades que componen la serie terciaria en la zona marginal de la Depresión de Almazán. Los pliegues 150 debieron de desarrollarse durante una parte importante del Paleógeno, tal como indica la discordancia progresiva que la serie paleógena describe en relación con ellos. El cese de su actividad habría que situarlo probablemente en el inicio del Mioceno, puesto que en el tránsito entre las capas sín- y postectónicas en relación a dicho plegamiento 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: DAAMS, 1976). La unidad siguiente en la serie (probablemente Ageniense-Aragoniense) cierra la discordancia progresiva, fosilizando las estructuras del contacto Mesozoico-Paleógeno (éste se encuentra completamente cubierto por dicha unidad en el sector entre Deza y Cihuela). Sin embargo, los depósitos del Mioceno inferior son afectados, a su vez, por los pliegues 110. En realidad, dichos pliegues deben de ser más o menos sincrónicos de la unidad micena inferior, e incluso, en el caso del anticlinal de Torlengua-Cihuela, también parcialmente del Paleógeno.

Los resultados obtenidos del análisis de microestructuras frágiles corroboran, en lo esencial, esta secuencia de dos etapas compresivas principales según direcciones ENE y NNE. En la estación 5, por ejemplo, en depósitos atribuibles al Mioceno basal, se ha registrado la actuación de una compresión con  $\sigma_1$  según 066 seguida de otra con  $\sigma_1$  según 034. En la estación 2, una compresión entre 025 y 046 (dirección media de los



estilolitos y eje  $\sigma_1$  inferido del análisis de fallas, respectivamente) es posterior a un pliegue 150. Por otra parte, la edad intrapaleógena asignada al tensor de esfuerzos obtenido en la estación 3 sugiere también que una compresión en dirección NNE pudo haber actuado localmente mientras el plegamiento dominante en ese sector era de dirección 150 (compresión ENE), bien debido a una alternancia de ambas en el tiempo a escala regional o bien a modificaciones secundarias de las trayectorias del campo de esfuerzos. En otro orden de cosas, en la estación 4 se ha interpretado un elipsoide de esfuerzos que podría ser compatible con la compresión NNE, pero que muestra una posibilidad de permutación de los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  manteniendo constante un  $\sigma_3$  de dirección aproximada 110; se trataría de un elipsoide uniaxial a caballo entre el régimen compresivo y el distensivo.

Los datos microestructurales contribuyen asimismo a completar los rasgos de la evolución tectónica, en la medida en que registran episodios que no han tenido reflejo a escala macroestructural. Así, puede reconocerse una compresión 150 a partir de los estilolitos de la estación. Aunque no contamos con observaciones que permitan establecer su relación cronológica con las otras dos etapas compresivas, los datos que existen en áreas contiguas (hojas 1:50.000 de Arcos de Jalón y Alhama) sugieren que sería anterior a ellas. Para terminar, se encuentran también indicios de una distensión con  $\sigma_3$  según 070 (estación 4), la cual, al igual que en las hojas vecinas, afecta al Mioceno inferior. Puede añadirse también que algunas fallas normales NW-SE encontradas en las proximidades de Blocona (hoja de Arcos de Jalón), y compatibles con ella, actúan sincrónicamente con la sedimentación de capas atribuibles aproximadamente al Mioceno medio, lo cual sugeriría para esta distensión una edad relativamente tardía con respecto al resto de etapas descritas.

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

- Compresión 150, registrada sólo a escala microestructural y escasamente documentada. Probable edad paleógena temprana.
- Compresión 060, responsable de las estructuras de plegamiento en la zona de contacto de la Cordillera Ibérica y la Cuenca de Almazán, y reflejada asimismo en microestructuras frágiles. Edad comprendida entre mediados del Paleógeno, aproximadamente, y el Ageniense.
- Compresión 020-030, responsable de los pliegues ESE del cuadrante NW de la hoja. Quizá es activa ya durante el Paleógeno (fallas de la estación 3, anticlinal de Torlengua-Cihuela), pero su desarrollo principal tiene lugar durante el Mioceno inferior. En algún momento puede haber cierta tendencia a pasar a un régimen distensivo por permutación de los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$ .
- Distensión con  $\sigma_3$  en torno a 070. Sólo registrada en microestructuras. Edad probable en torno al Mioceno medio.

La evolución tectónica interpretada aquí es común a las áreas vecinas encuadradas en las hojas de Arcos de Jalón 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 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 060 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, con cierta variabilidad en su dirección pero casi siempre próxima a N-S. Con una dirección similar a la encontrada aquí (entre 000 y 030) aparece asimismo 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 070 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 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). En cualquier caso, el tránsito progresivo desde la compresión anterior N-S a esta distensión E-W, por intercambio de los ejes  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  (fenómeno advertido como posible en una de nuestras estaciones), parece ser 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 Castillane. C. R. Acad. Sc. Paris, 291 (D), 873-876.



**FIGURA 5.** Resultados del análisis microestructural. 1: Estación de Torrijo de la Cañada (coordenadas UTM: 931917). 2: Estación de Embid 2 (856804); A: detalle de una de las fallas sinsedimentarias medidas en la misma; P: Paleógeno, N Neógeno.

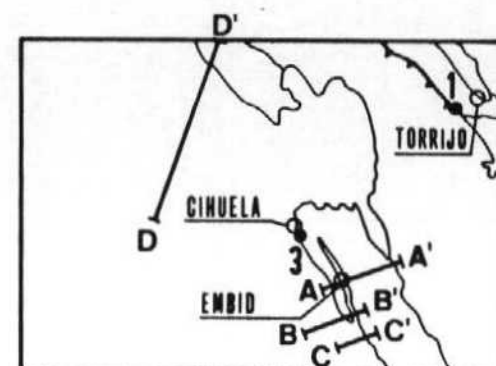
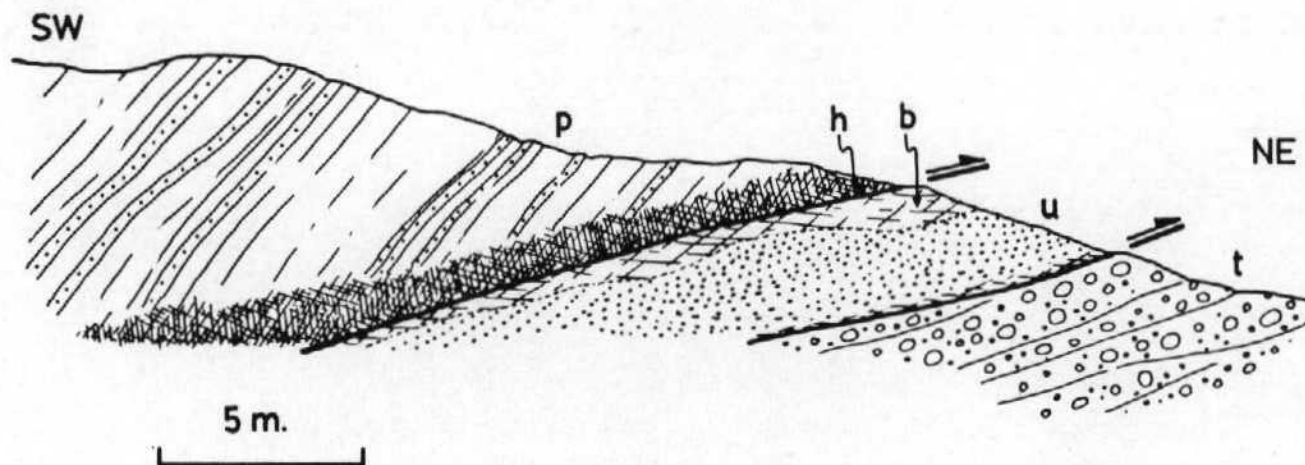
**PIES DE FIGURAS.** 3: Estación de Embid 2 (856804); A: detalle de una de las fallas sinsedimentarias medidas en la misma; P: Paleógeno, N Neógeno. 4: Estación de La Trasca (780774). 5: Estación de Monteagudo (698700).

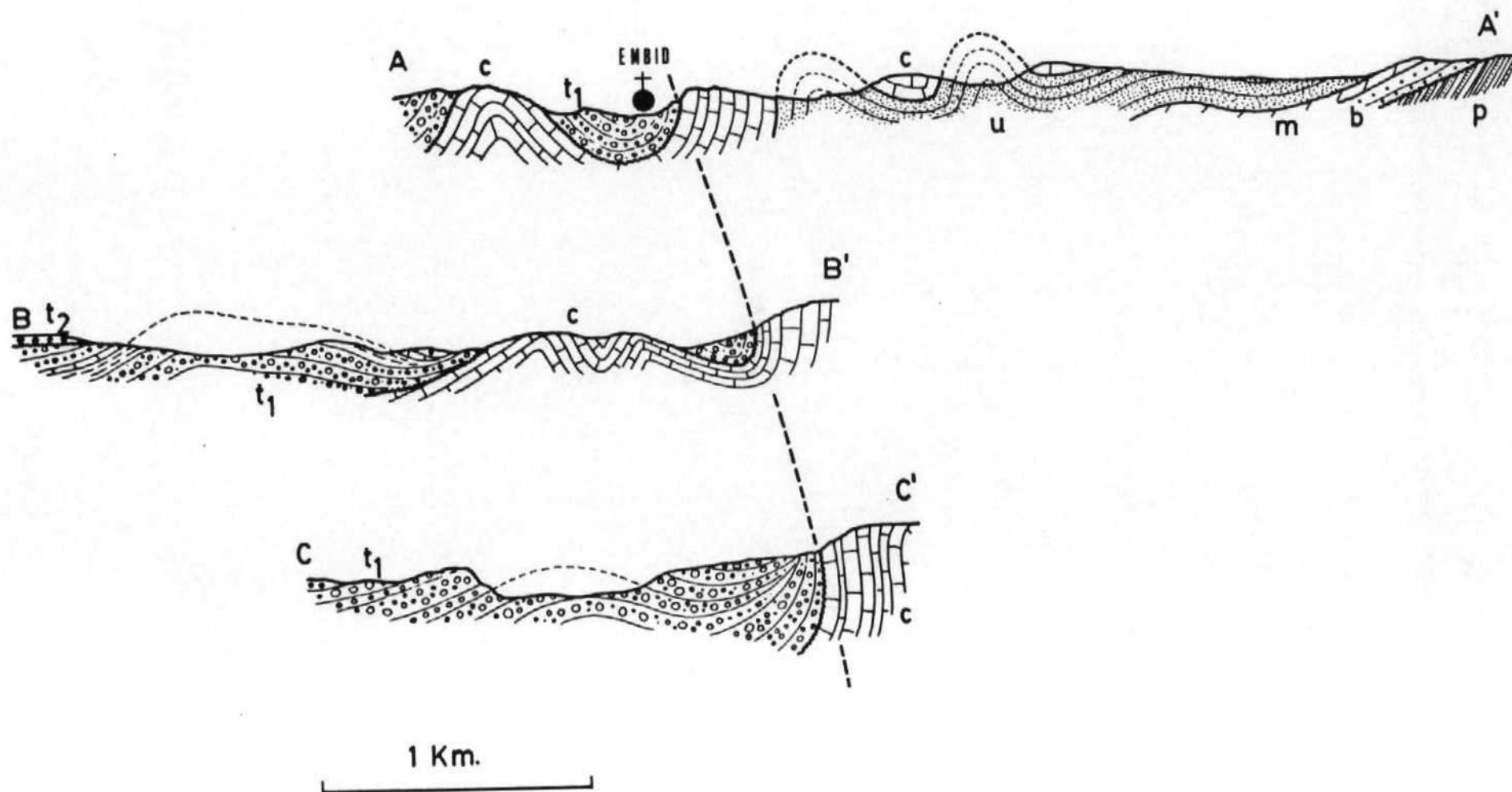
**FIGURA 1.** Esquema del cabalgamiento del Paleozoico sobre el Terciario y Cretácico en el sector de Torrijo de la Cañada. Leyenda de los cortes de las figuras 1, 2 y 4: p: Paleozoico; b: Buntsandstein; m: Muschelkalk; u: arenas de Utrillas; c: Cretácico superior carbonatado; t: Terciario;  $t_1$ : Paleógeno;  $t_2$ : Mioceno inferior s.l.;  $t_3$ : Mioceno medio-superior s.l.; b: brecha de falla; h: harina de falla. Esquema de situación de dicho corte, así como de los representados en las figuras 2, 3 y 4. Coordenadas UTM: 1: 925912; 3: 840843; A: 851817; A': 889831; B: 844796; B': 870809; C: 855790; C': 877799; D: 758848; D': 793949.

**FIGURA 2.** Cortes estructurales en el área de Embid de Ariza. Ver leyenda y situación de los mismos en la figura 1.

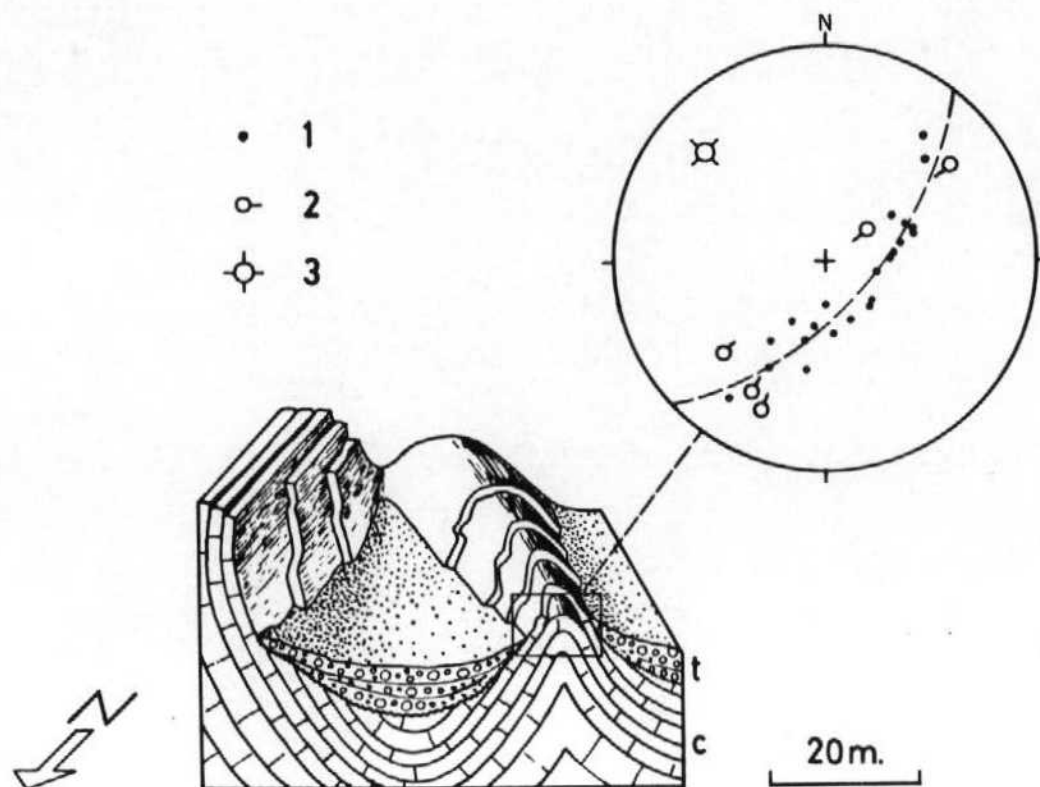
**FIGURA 3.** Esquema de pliegues sinsedimentarios en el contacto Cretácico-Terciario de las inmediaciones de Cihuela. Ver situación en la figura 1. c: Cretácico superior; t: Terciario; 1: polos de estratificación; 2: estrías de deslizamiento "capa sobre capa"; 3: eje de plegamiento deducido.

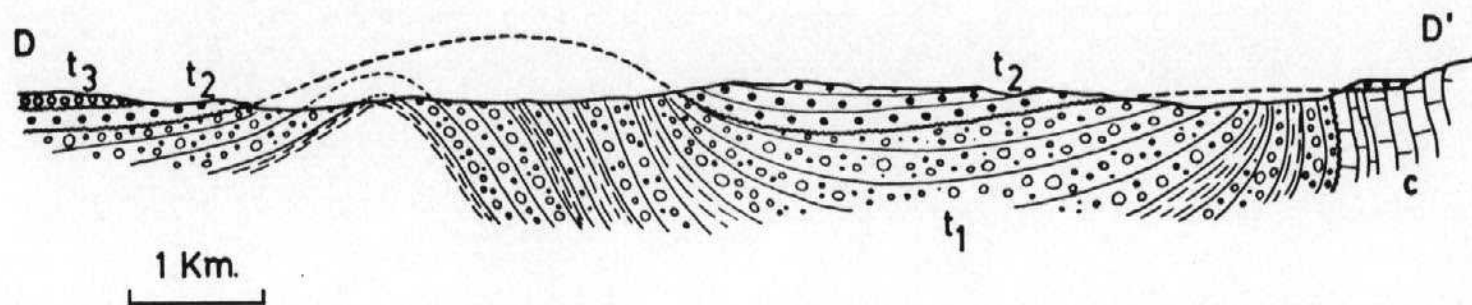
**FIGURA 4.** Corte estructural del Terciario en el sector al N de Bordalba. Ver leyenda y situación en la figura 1.



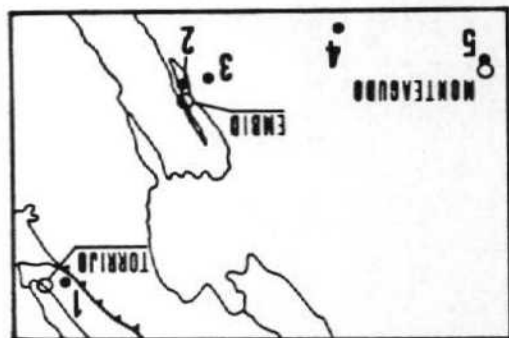
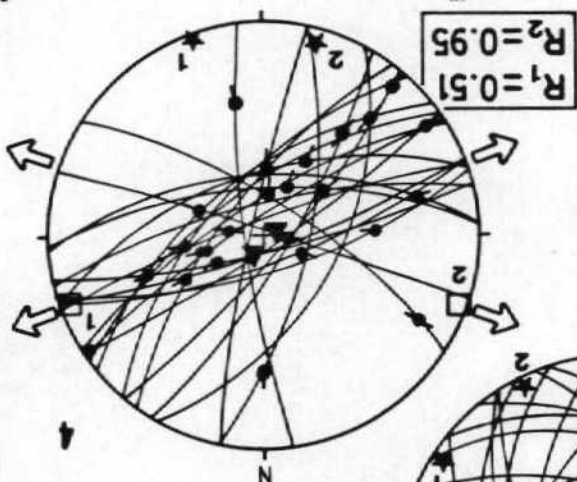
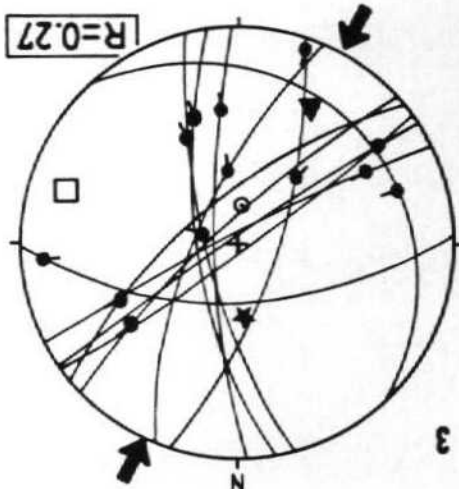
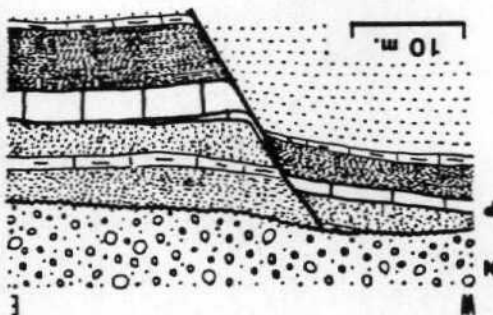




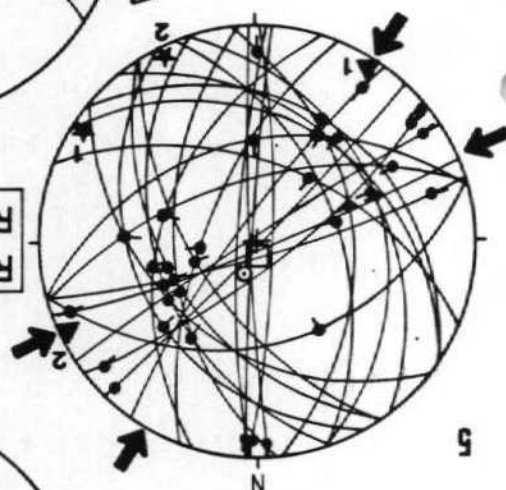




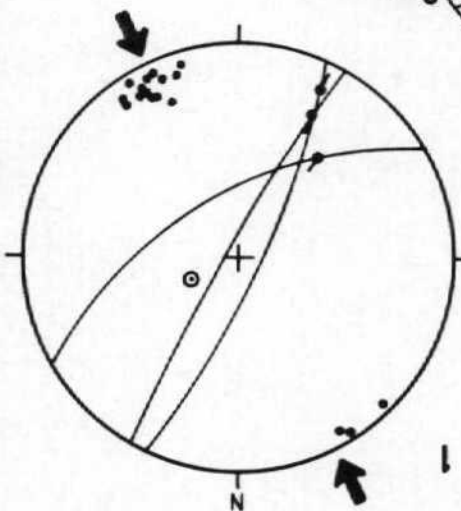
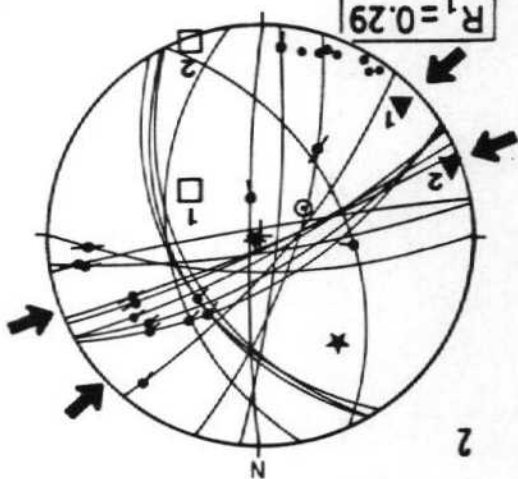
- 6 □
- 5 \*
- 4 ▼
- 3 ○
- 2 ↗
- 1 •



$R_1 = 0.01$   
 $R_2 = 0.44$



$R_1 = 0.29$   
 $R_2 = 0.58$





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 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  $\gamma$ - $R$ , y  $R_E$  a la utilizada por el método de Etchecopar, la relación existente entre ellas es la siguiente:

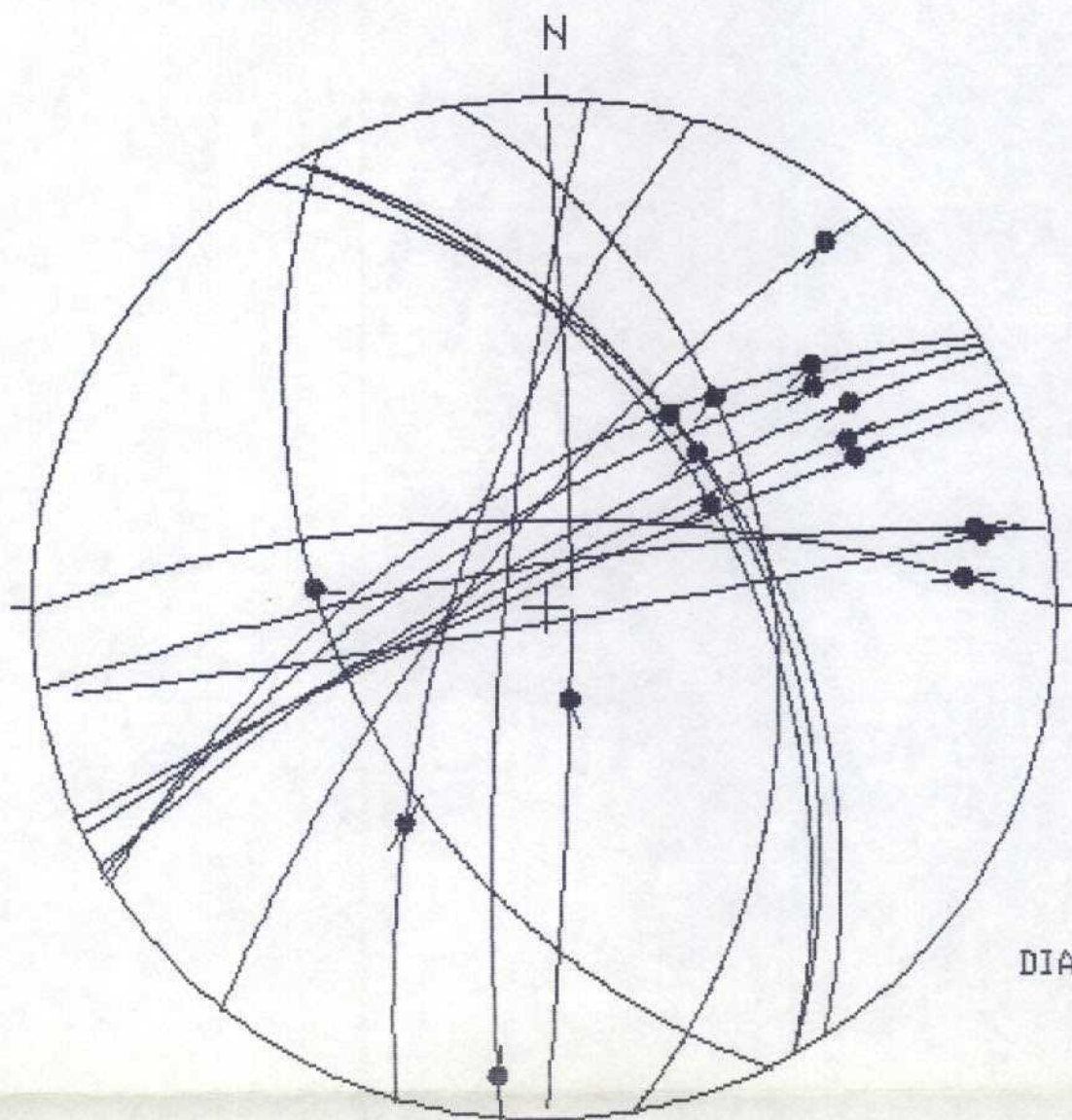
- Si  $\sigma_2 = \sigma_1$  (régimen de distensión):  $R_B = 1 / R_E$ .
- Si  $\sigma_2 = \sigma_2$  (régimen compresivo de desgarre):  $R_B = R_E$ .
- Si  $\sigma_2 = \sigma_3$  (régimen de compresión triaxial):  $R_B = R_E / (R_E - 1)$ .

(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 estrías 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.





HOJA No. : 408

COORDENADAS UTM:

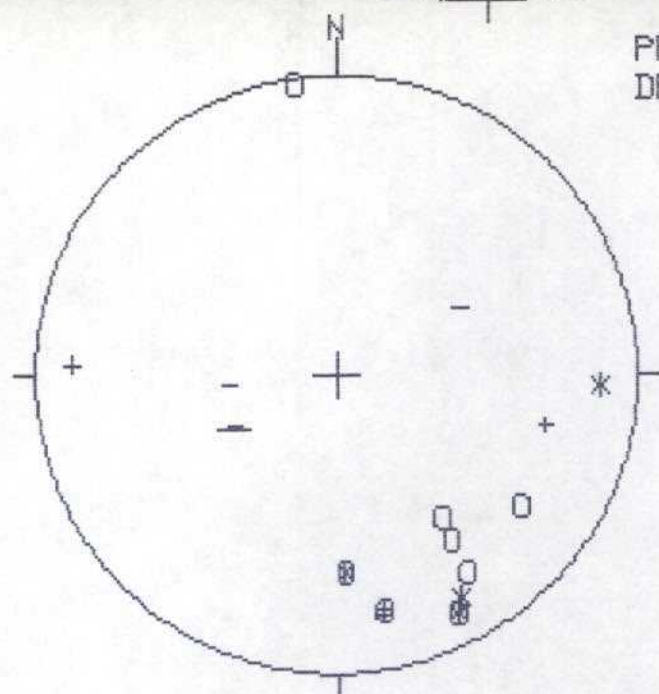
30TWL864805

So: 152, 20 E

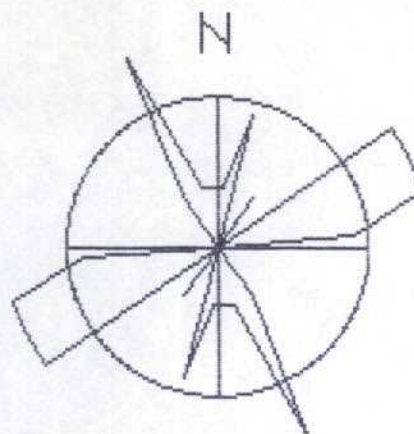
EDAD/FACIES Creta

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 INVERSAS

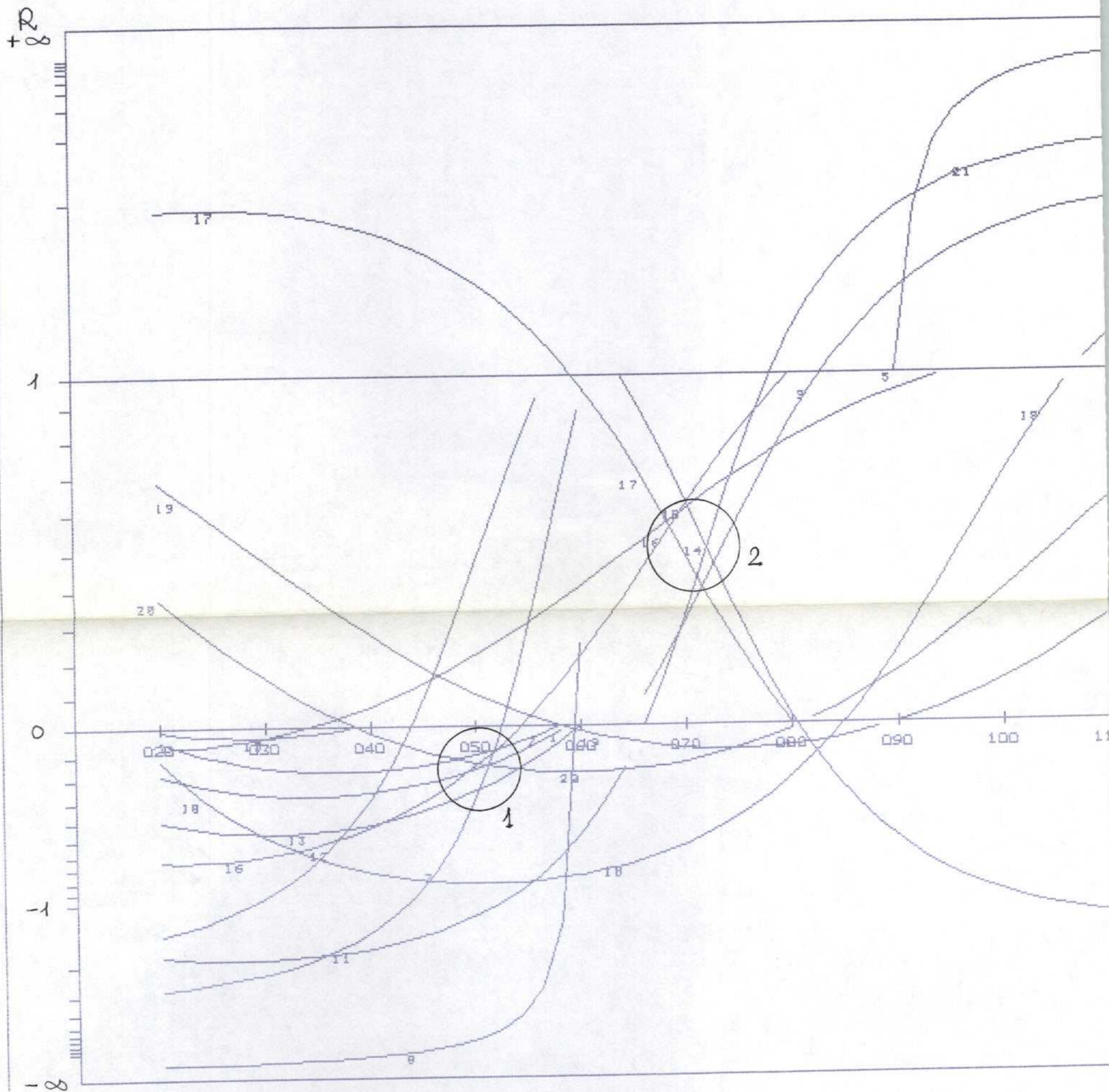
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%





# METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: EMBID 1



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

EMBED\_1

.33.

2.

\*

1

+

+

+

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





EMBED\_1

59 69  
58 63  
39 74  
17 70  
0 84  
90 70  
151 45  
151 48  
64 82  
81 80  
66 85  
147 44  
60 78  
154 46  
5 81  
170 42  
80 87  
17 70  
90 70  
81 80  
66 85  
450 0

N N N W E N E E E N N N E N W W E S W N N N

23 22 6 40 70 12 78 88 22 9 22 72 19 67 5 57 8 40 12 9 22 0

E E E S S E N N E E E N E N S N E S E E E

0 0

S S S N N D I I D D S I S I D I S I D S D

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 0



Centro  
dad de Zaragoza

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETA

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 11 PLUS FAIBLES ECARTS

TENSOR DE ESFUERZOS 1.

ECART MOYEN EN DEGRES 7.85614

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	10.4	ERR SUR PEND	11.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	17.9	ERR SUR PEND	23.7
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	14.9	ERR SUR PEND	24.4

ERREUR SUR R 0.22E+00

EMBID 1

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

SIGMA(1)=	0.56946	DIRECTION	226.5	PENDAGE	9.7
SIGMA(2)=	-0.13893	DIRECTION	324.0	PENDAGE	37.6
SIGMA(3)=	-0.43054	DIRECTION	124.4	PENDAGE	50.7

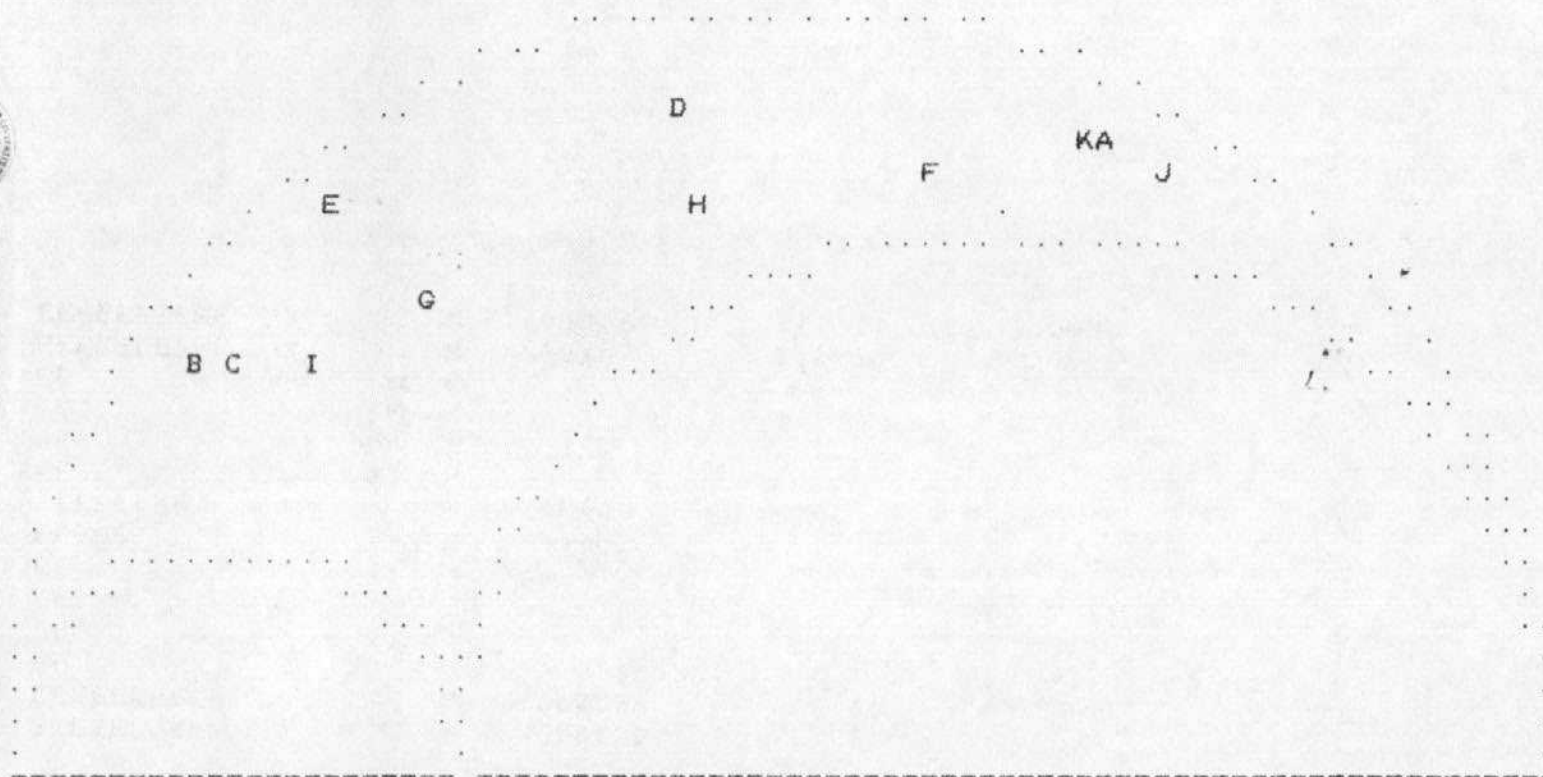
RAPPORT R = 0.29

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.1315 POUR LES 11 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 61.8649 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



LE	CARACTERE	A	CORRESPOND	AUX	DONNEES	7
LE	CARACTERE	B	CORRESPOND	AUX	DONNEES	2
LE	CARACTERE	C	CORRESPOND	AUX	DONNEES	1
LE	CARACTERE	D	CORRESPOND	AUX	DONNEES	20
LE	CARACTERE	E	CORRESPOND	AUX	DONNEES	18
LE	CARACTERE	F	CORRESPOND	AUX	DONNEES	16
LE	CARACTERE	G	CORRESPOND	AUX	DONNEES	11
LE	CARACTERE	H	CORRESPOND	AUX	DONNEES	17
LE	CARACTERE	I	CORRESPOND	AUX	DONNEES	13
LE	CARACTERE	J	CORRESPOND	AUX	DONNEES	8
LE	CARACTERE	K	CORRESPOND	AUX	DONNEES	12

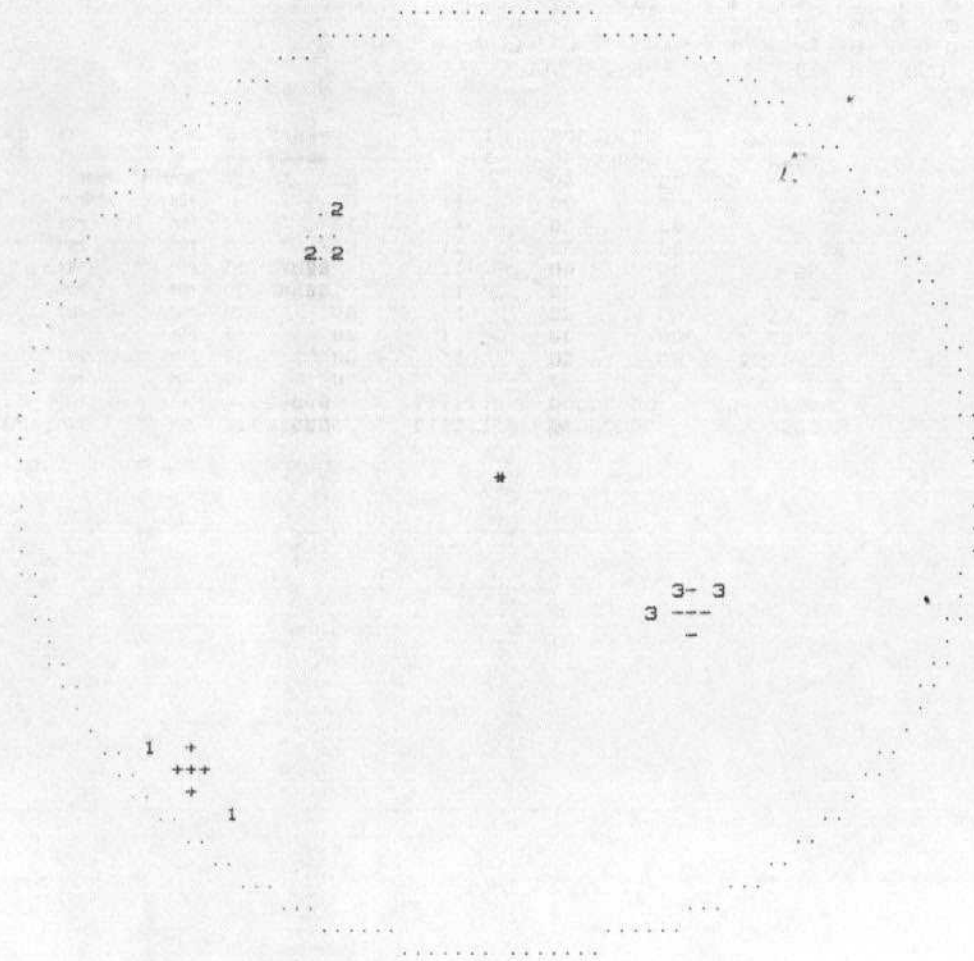
\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

DEBUT DE L ETAPR NO 4

EMBED 1



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



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



EMBIID 4.

GAMME                      NBRE                      INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

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



\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAP

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 6PLUS FAIBLES ECARTS

TENSOR DE ESFUERZOS 2.

ECART MOYEN EN DEGRES 8.60154

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	2.8	ERR SUR PEND	12.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	118.5	ERR SUR PEND	12.4
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	2.8	ERR SUR PEND	2.8

ERREUR SUR R 0.18E+00

EMBED\_1

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

SIGMA(1)=	0.47480	DIRECTION	251.5	PENDAGE	2.0
SIGMA(2)=	0.05041	DIRECTION	53.4	PENDAGE	87.9
SIGMA(3)=	-0.52520	DIRECTION	161.4	PENDAGE	0.7

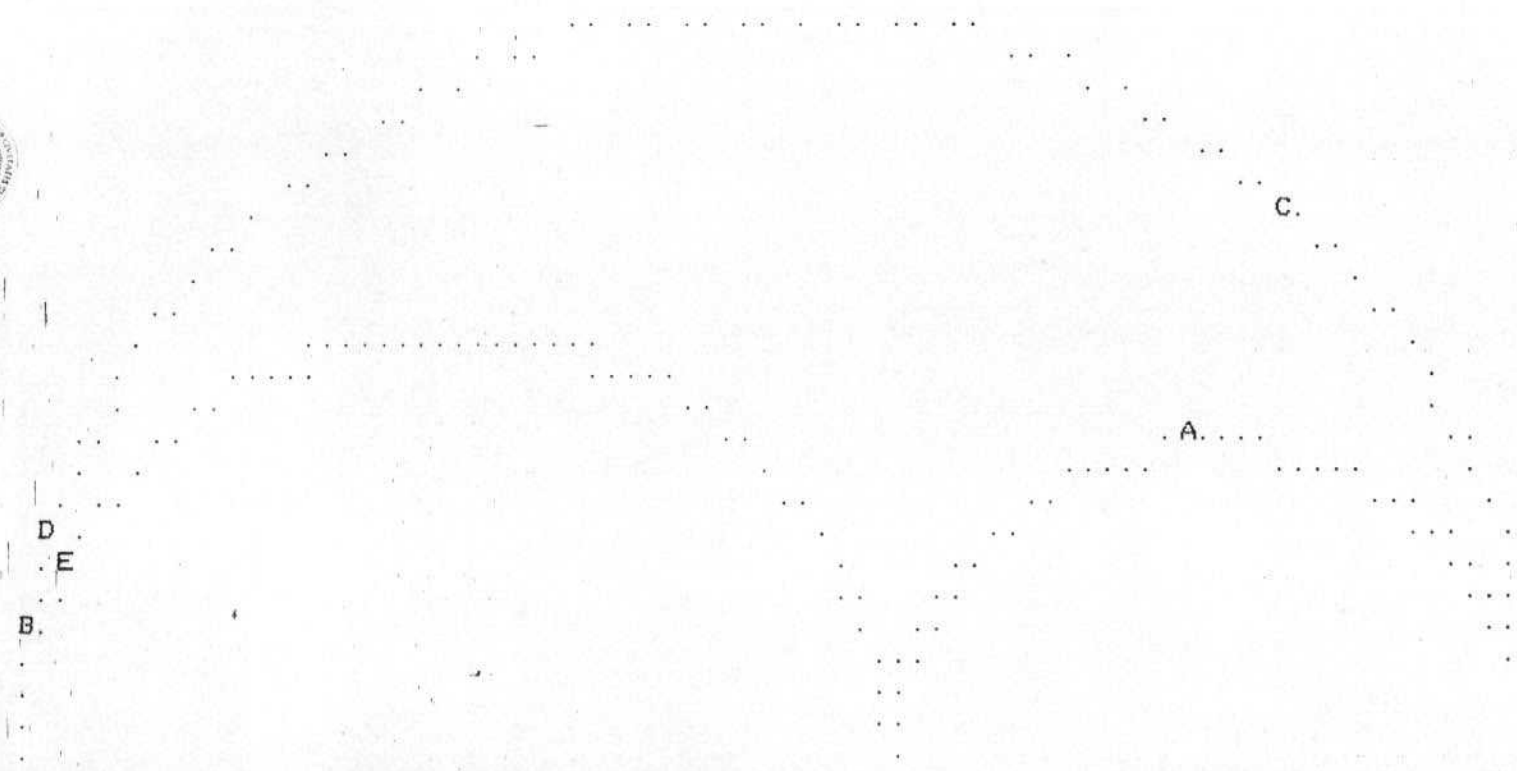
RAPPORT R = 0.58

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0450 POUR LES 6 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE  
ET A 72.7654 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	14	16
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	21	
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	15	
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	17	
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	9	

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

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

0. 204195E+01 0. 878527E+02 0. 663910E+00 0. 251454E+03 0. 534285E+02 0. 161431E+03

EMBIID\_1

GAMME                      NBRE                      INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME

1	0.0	0.1	4	14	21	15	17
2	0.1	0.2	6	9	16		
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	9	18	8	20	
8	0.7	0.8	9				
9	0.8	0.9	10	7			
10	0.9	1.0	10				
11	1.0	1.2	11	12			
12	1.2	1.4	12	5			
13	1.4	1.6	12				
14	1.6	1.8	12				
15	1.8	2.0	12				
16	2.0	2.2	12				
17	2.2	2.4	12				
18	2.4	2.6	16	6	19	10	4
19	2.6	2.8	17	2			
20	2.8	3.0	19	4	13		
21	3.0	3.2	21	3	11		



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



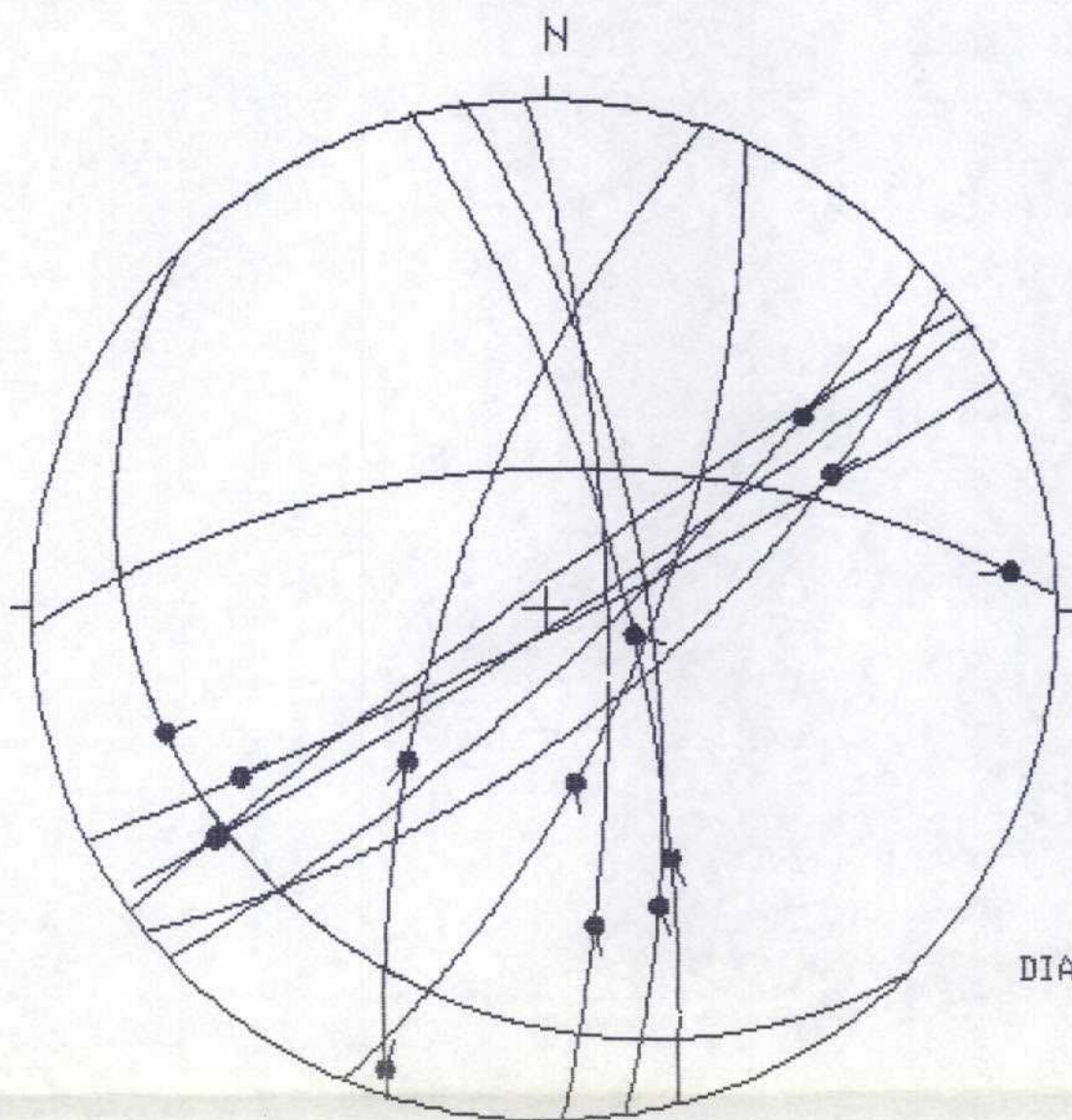
ANEXO 11.

ESTACION 3 (EMBID 2)

RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.

Geología Estructural  
Univ. de Zaragoza

ESTACION: EMBID<2



HOJA No.: 408

COORDENADAS UTM:

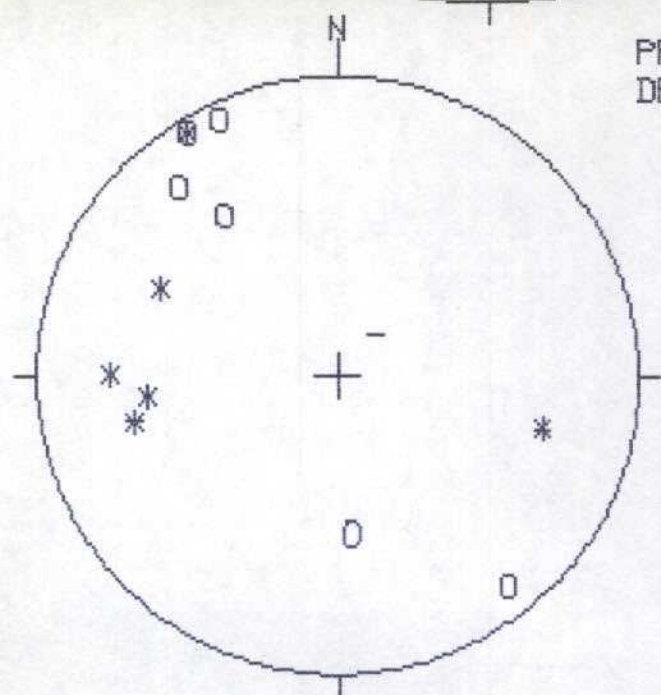
30TWL856804

So: 097, 21 N

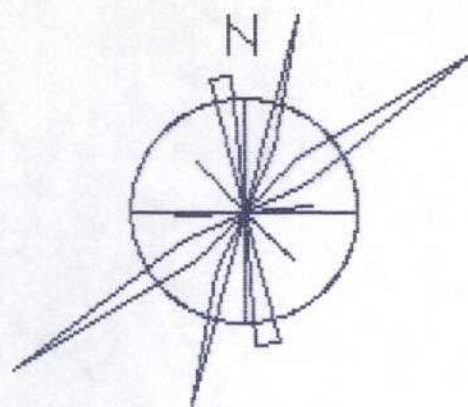
EDAD/FACIES PALEO

NUMERO DE DATOS:16

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 INVERSAS

RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA=10%



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

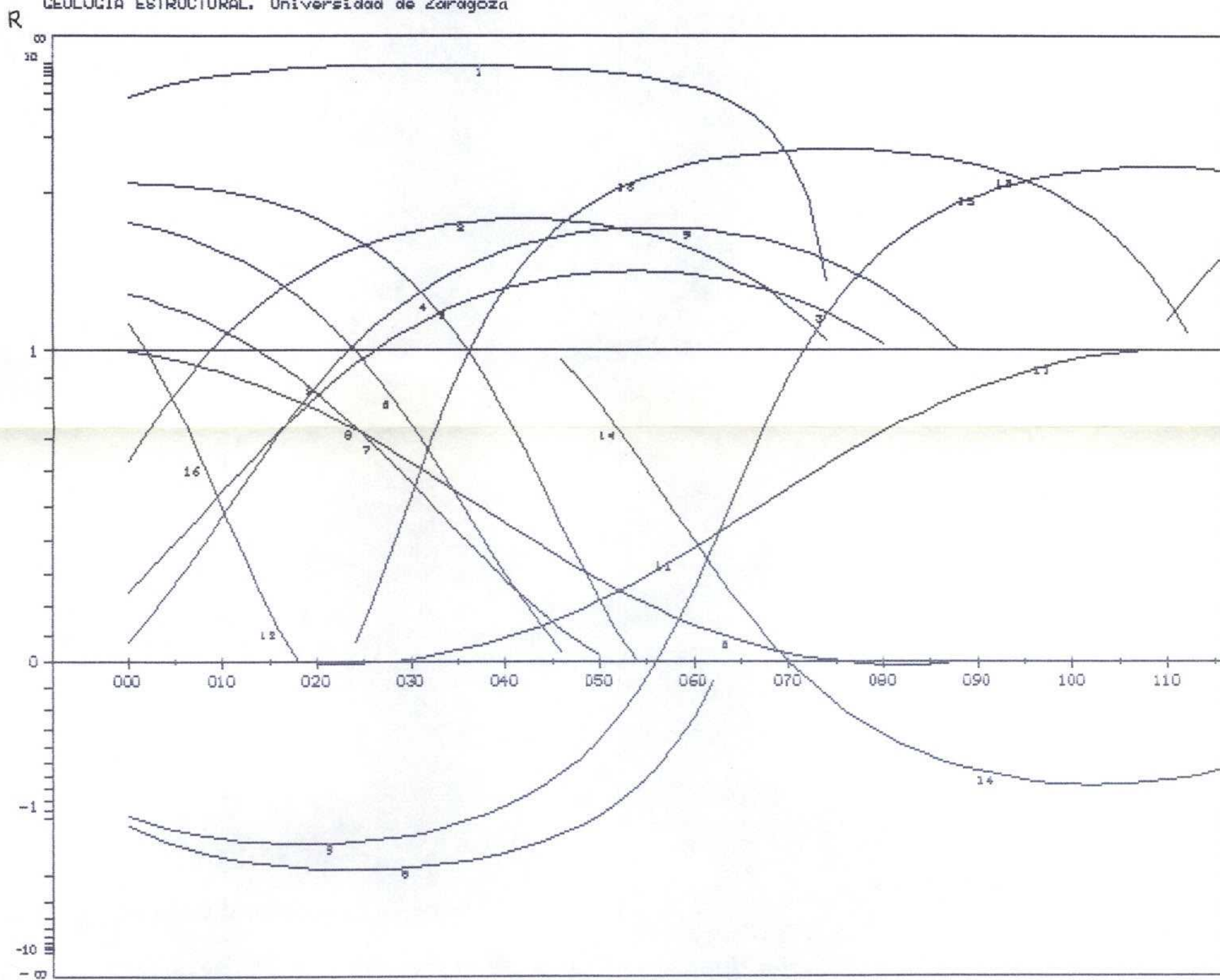




# METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: EMBID 2

GEOLOGIA ESTRUCTURAL, Universidad de Zaragoza



EMBID 2

165	72	E	80	S	0	D	1
165	72	E	35	S	0	D	2
171	67	E	29	S	0	D	3
54	85	N	15	W	0	S	4
63	85	S	22	W	0	S	5
47	78	S	26	E	0	S	6
51	65	S	29	E	0	S	7
88	59	N	6	E	0	S	8
56	86	S	14	W	0	S	9
178	76	E	27	S	0	D	10
18	69	W	3	S	0	D	11
18	69	W	51	S	0	N	12
23	67	E	59	S	0	D	13
135	16	S	64	W	0	I	14
56	86	S	14	W	0	D	15
18	69	W	51	S	0	N	16
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).



\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 10 PLUS FAIBLES ECARTS

ECART MOYEN EN DEGRES 4.53580

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	4.7	ERR SUR PEND	4.2
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	10.5	ERR SUR PEND	5.6
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	1.4	ERR SUR PEND	7.4

ERREUR SUR R 0.64E-01

EMBED 2

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****			
	SIGMA(1)= 0.57681	DIRECTION	204.9	PENDAGE	27.3
	SIGMA(2)= -0.15363	DIRECTION	353.1	PENDAGE	58.7
	SIGMA(3)= -0.42319	DIRECTION	107.4	PENDAGE	14.1

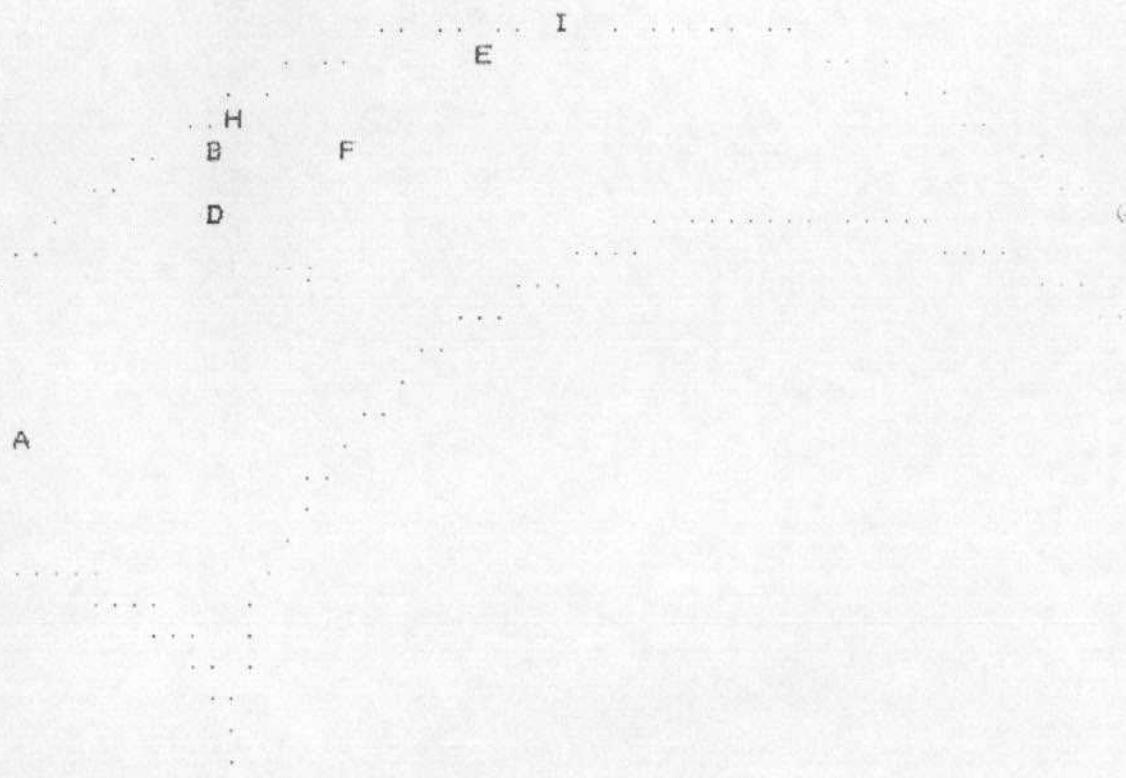
RAPPORT R = 0.27

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0376 POUR LES 10 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 24.6911 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Universidad de Zaragoza  
Centro de Cálculo de la



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	13	
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	4	
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	12	16
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	9	
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	3	
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	5	
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES	8	
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES	2	

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

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





EMBID 2



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



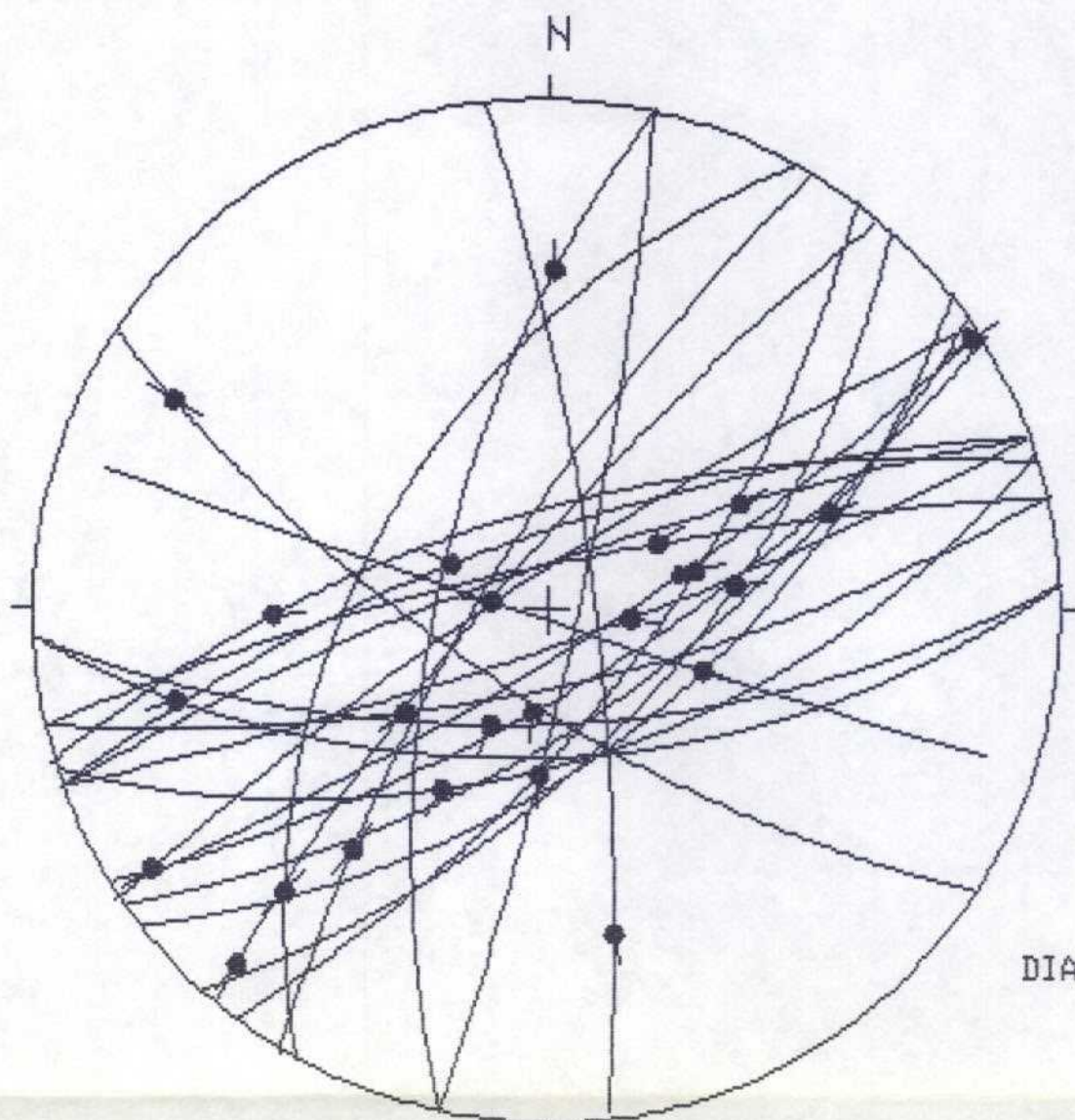
\*\*\*\*\*FIN FINALE

ANEXO III.

ESTACION 4 (LA TRASCA)

RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.





HOJA No. : 408

COORDENADAS UTM:

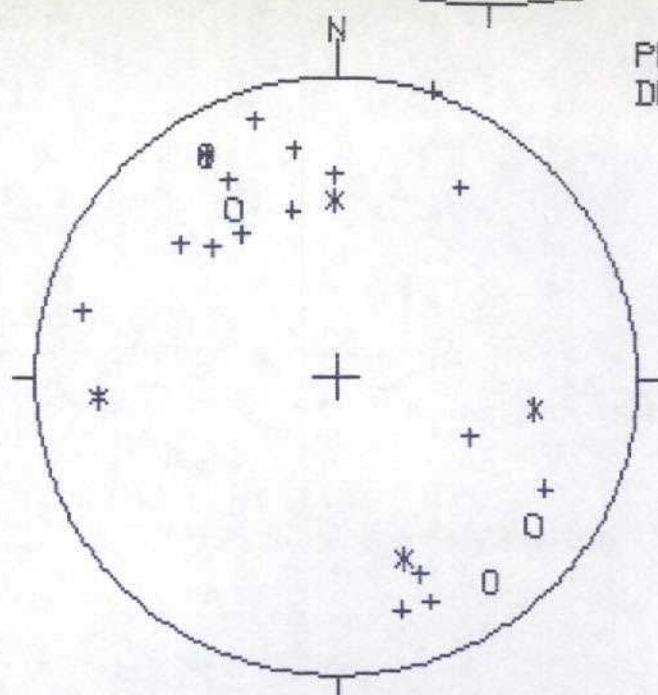
30TWL780774

So: HORIZONT

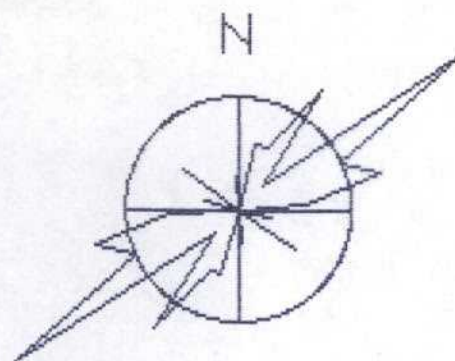
EDAD/FACIES MIOCE

NUMERO DE DATOS:29

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%



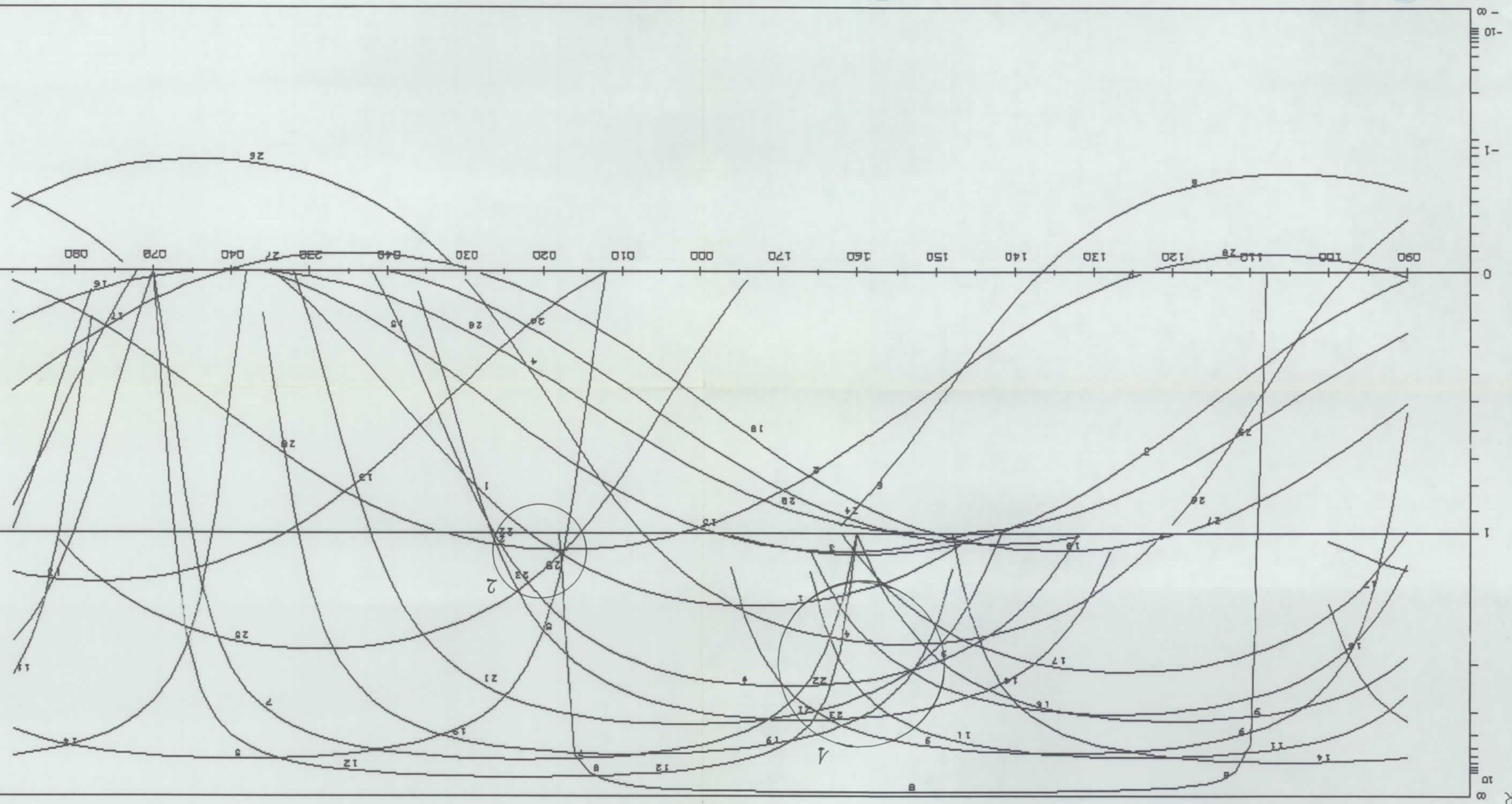




METODO DE LOS DIAGRAMAS YR

ESTACION: LA TRASCA

GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza



## LA TRASCA

55	65	S	33	E	0	S	1
123	71	S	11	W	0	N	2
87	58	S	20	W	0	D	3
31	76	W	29	S	0	N	4
12	83	E	55	S	0	N	5
73	68	N	37	W	0	D	6
70	73	N	74	W	0	N	7
108	88	S	78	W	0	N	8
87	65	S	77	W	0	N	9
70	80	N	44	E	0	N	10
77	80	N	63	E	0	N	11
70	82	S	73	E	0	N	12
12	66	W	25	N	0	D	13
58	72	S	76	W	0	N	14
56	82	N	5	W	0	S	15
77	73	S	56	W	0	N	16
72	57	S	59	W	0	N	17
29	51	W	21	S	0	N	18
57	80	S	61	E	0	N	19
57	80	S	1	E	0	S	20
52	58	S	72	E	0	N	21
42	61	S	60	E	0	N	22
37	68	S	64	E	0	N	23
40	79	W	5	S	0	S	24
173	79	E	25	S	0	D	25
31	76	W	29	S	0	I	26
29	51	W	21	S	0	I	27
123	71	S	11	W	0	I	28
57	80	S	1	E	0	D	29
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).



ECART MOYEN EN DEGRES 7.61771

TENSOR DE ESFUERZOS 1.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	32.6	ERR SUR PEND	2.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	3.2	ERR SUR PEND	4.0
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	3.0	ERR SUR PEND	3.2

ERREUR SUR R 0.88E-01

LA TRASCA

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

SIGMA(1)=	0.49829	DIRECTION	271.6	PENDAGE	82.2
SIGMA(2)=	0.00343	DIRECTION	160.2	PENDAGE	2.9
SIGMA(3)=	-0.50171	DIRECTION	69.8	PENDAGE	7.3

RAPPORT R = 0.51

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.1236 POUR LES 11 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROG  
ET A 47.1585 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

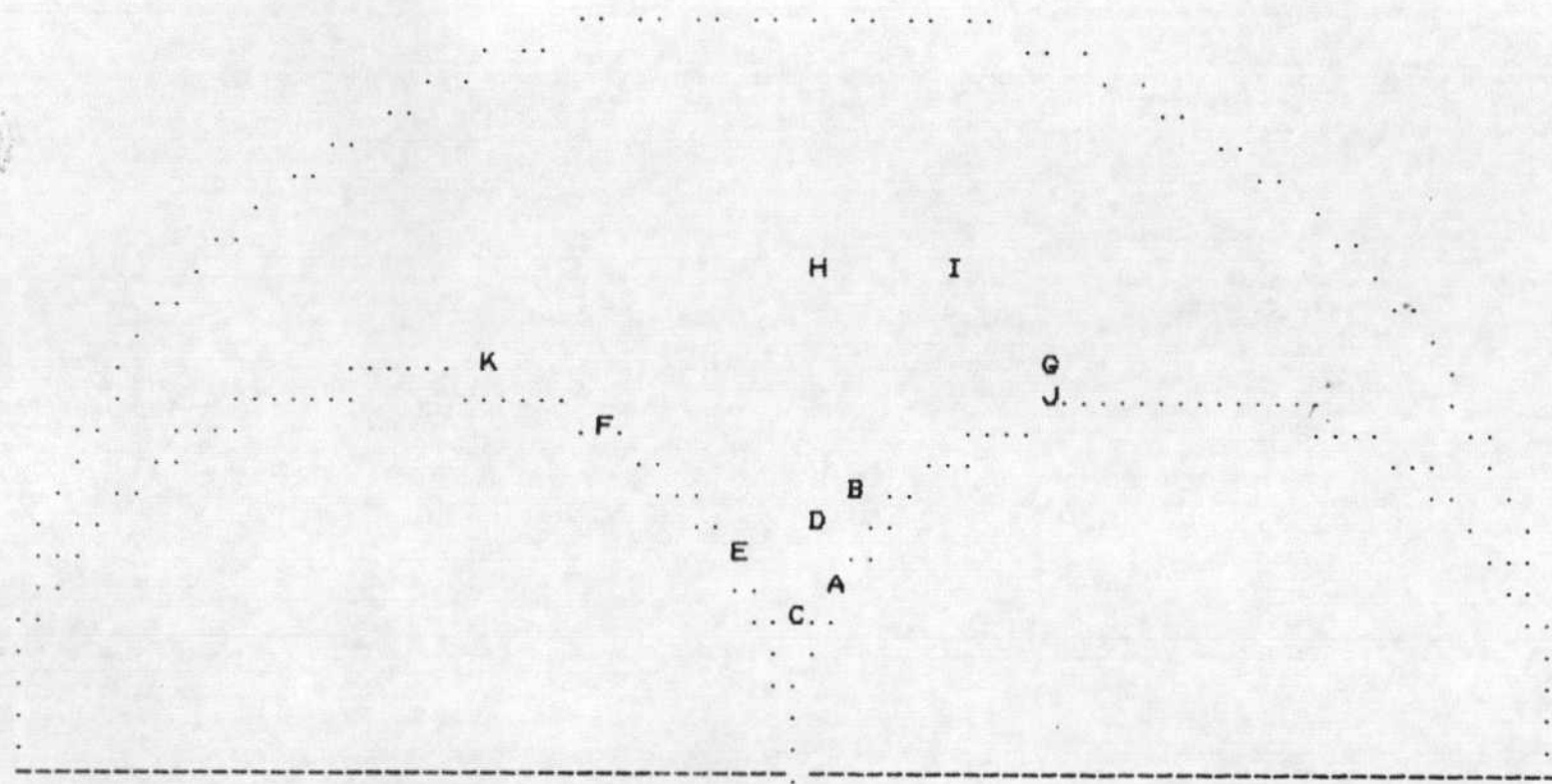




# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza




---

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	7
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	16
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	11
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	19
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	15
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	24
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES	21
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES	23
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES	22
LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES	17
LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES	4

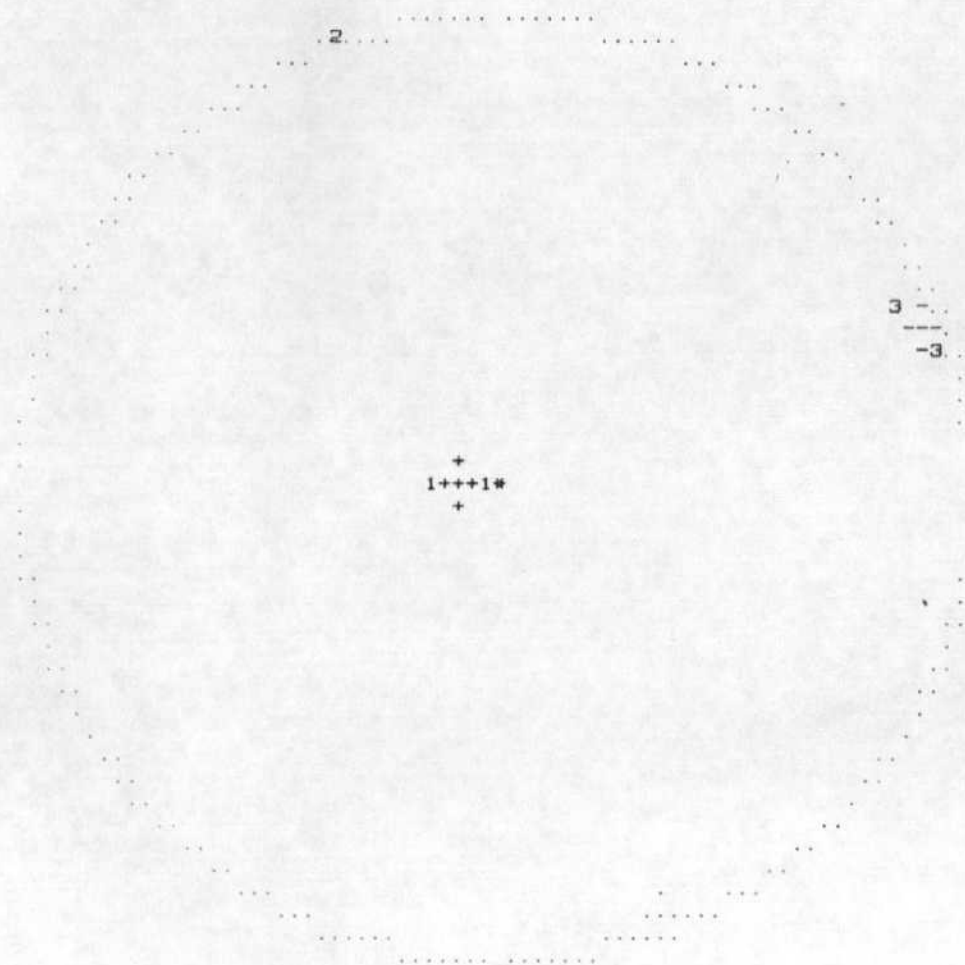
\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

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

GAMME			NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME							
1	0.0	0.1	8	7	16	11	19	15	24	21	23
2	0.1	0.2	10	22	17						
3	0.2	0.3	11	4							
4	0.3	0.4	11								
5	0.4	0.5	12	2							
6	0.5	0.6	17	14	9	3	12	18			
7	0.6	0.7	17								
8	0.7	0.8	18	1							
9	0.8	0.9	18								
10	0.9	1.0	18								
11	1.0	1.2	20	20	10						
12	1.2	1.4	21	5							
13	1.4	1.6	23	25	8						
14	1.6	1.8	23								
15	1.8	2.0	24	13							
16	2.0	2.2	25	29							
17	2.2	2.4	26	6							
18	2.4	2.6	27	27							
19	2.6	2.8	28	28							
20	2.8	3.0	29	26							

PROJECTION SUR DIAGRAMME DE SCHMIDT DES AXES DES TENSEURS CORRESPONDANT A CHACUNE DES STRIES

LA TRASCA



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



ECART MOYEN EN DEGRES 9.51009

TENSOR DE ESFUERZOS 2.

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	19.0	ERR SUR PEND	185.1
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	1.9	ERR SUR PEND	185.1
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	1.5	ERR SUR PEND	3.0

ERREUR SUR R 0.17E+00

LA TRASCA

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

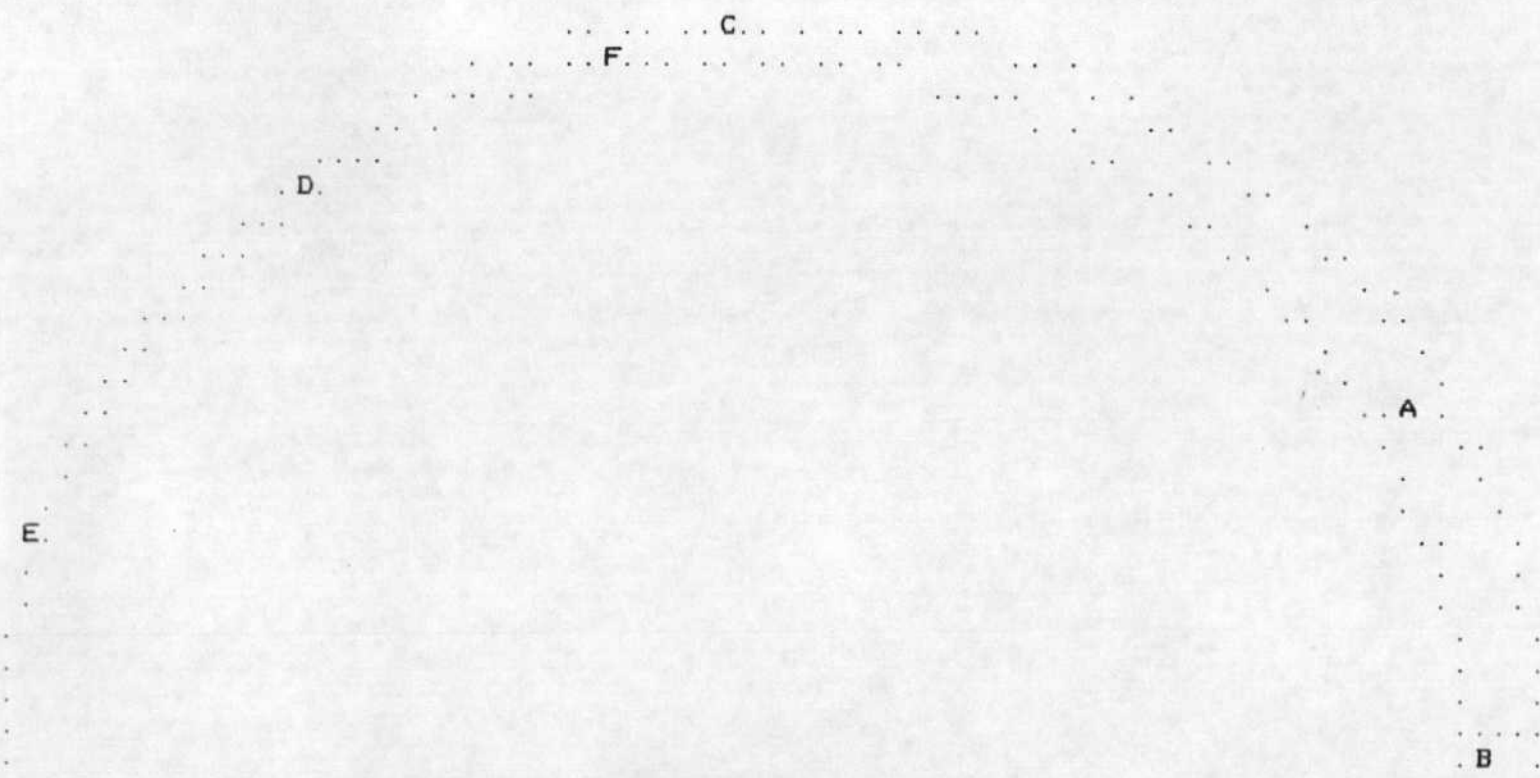
SIGMA(1)= 0.35053 DIRECTION 18.2 PENDAGE 77.6

SIGMA(2)= 0.29894	DIRECTION	197.8	PENDAGE	12.4
SIGMA(3)= -0.64947	DIRECTION	287.8	PENDAGE	0.1

RAPPORT R = 0.95

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0550 POUR LES 6 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 0.0550 POUR L'ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	2
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	8
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	1
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	25
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	5
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	20

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

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

0. 776409E+02 0. 123589E+02 0. 797577E-01 0. 181921E+02 0. 197811E+03 0. 287828E+03

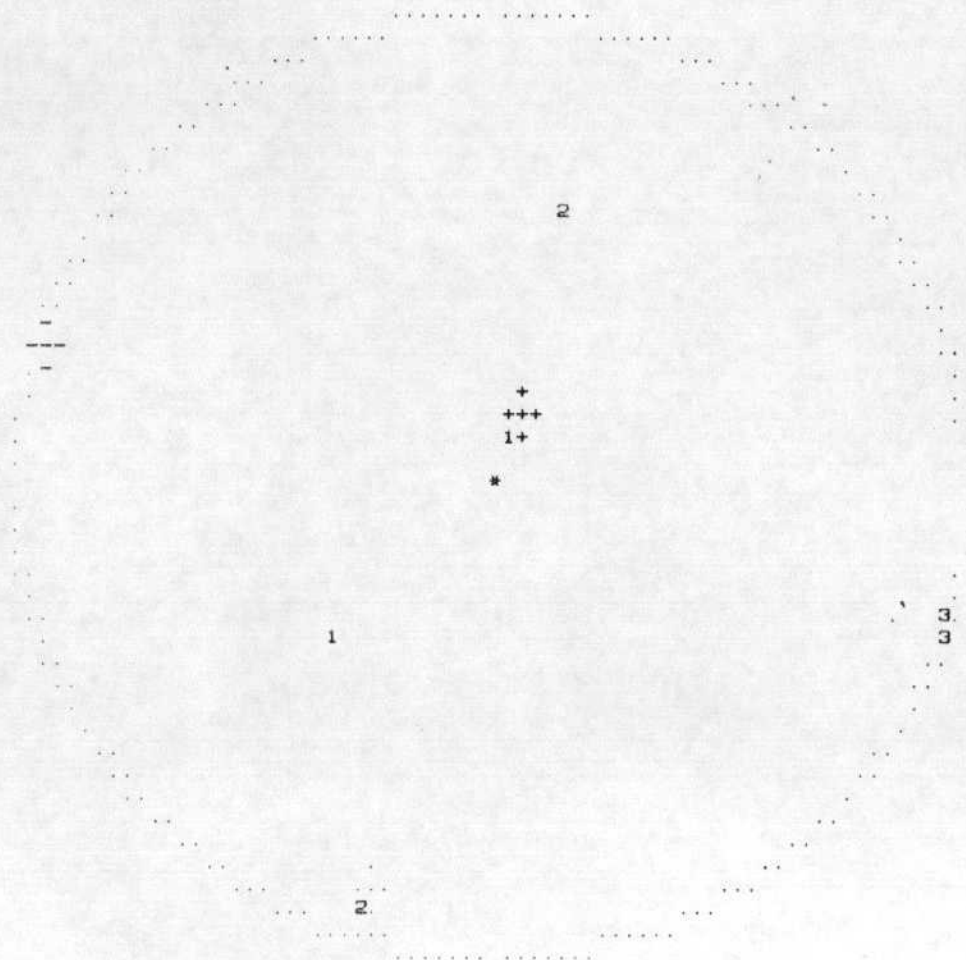
# LA TRASCA

GAMME		NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME
1	0.0 0.1	5	2 8 1 25 5
2	0.1 0.2	5	
3	0.2 0.3	6	20



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

LA TRASCA



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

ANEXO IV.

ESTACION 5 (MONTEAGUDO)  
RESULTADOS DEL ANALISIS DE FALLAS.



HOJA No.: 408

COORDENADAS UTM:  
30TWL698788

So: 102, 16 s

EDAD/FACIES MIOCE

NUMERO DE DATOS: 38

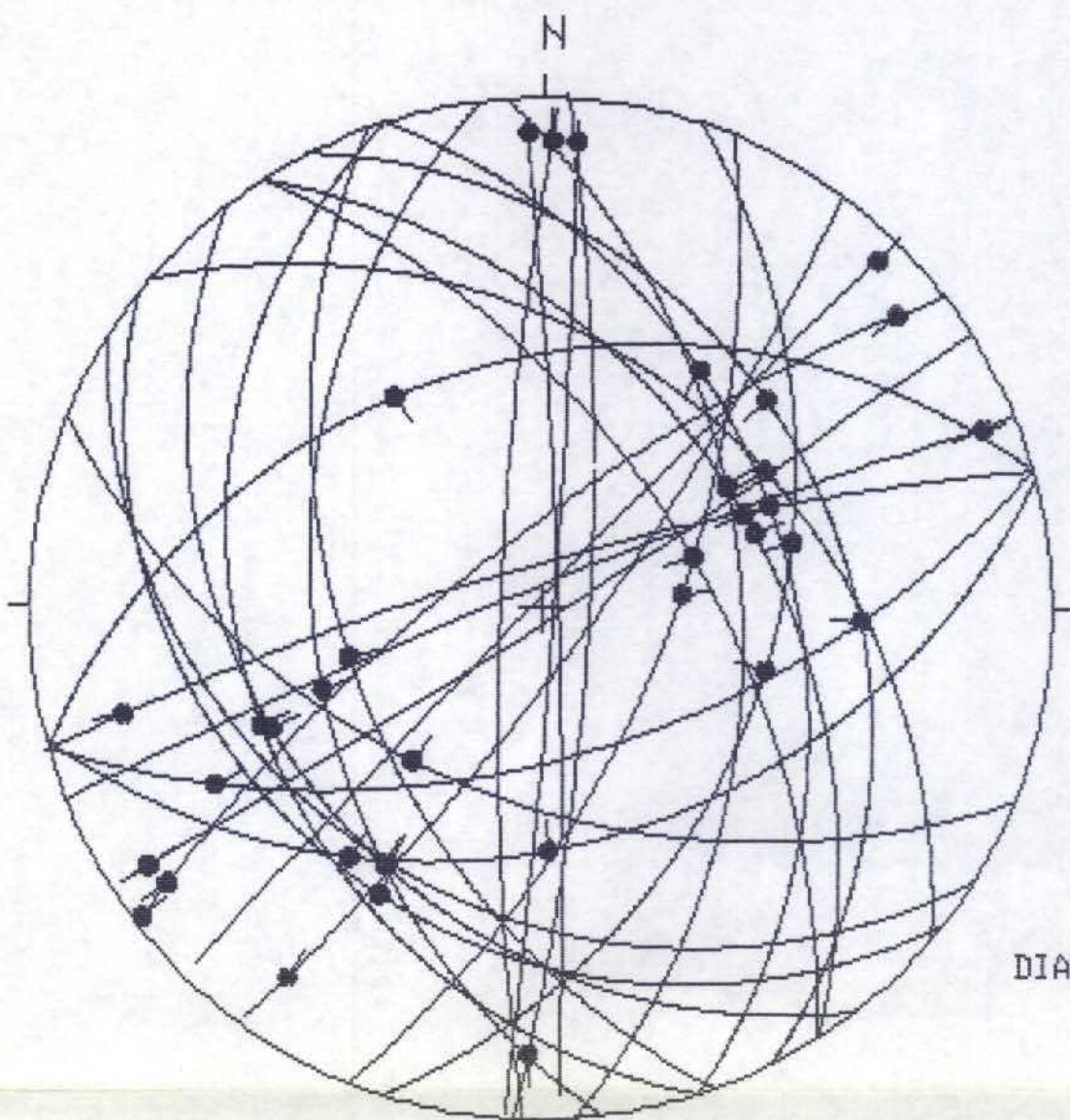
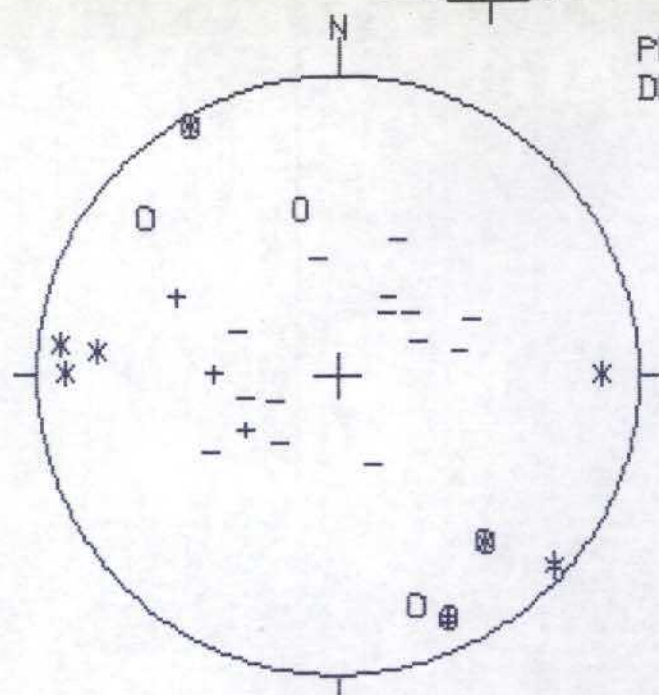
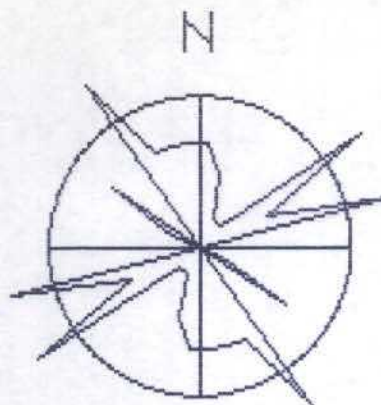


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS  
DE DIRECCIONES DE FALLA



PROYECCION  
DE POLOS



O: POLOS DE FALLAS SINISTRALES

+ : POLOS DE FALLAS NORMALES

\* : POLOS DE FALLAS DEXTRALES

- : POLOS DE FALLAS INVERSAS

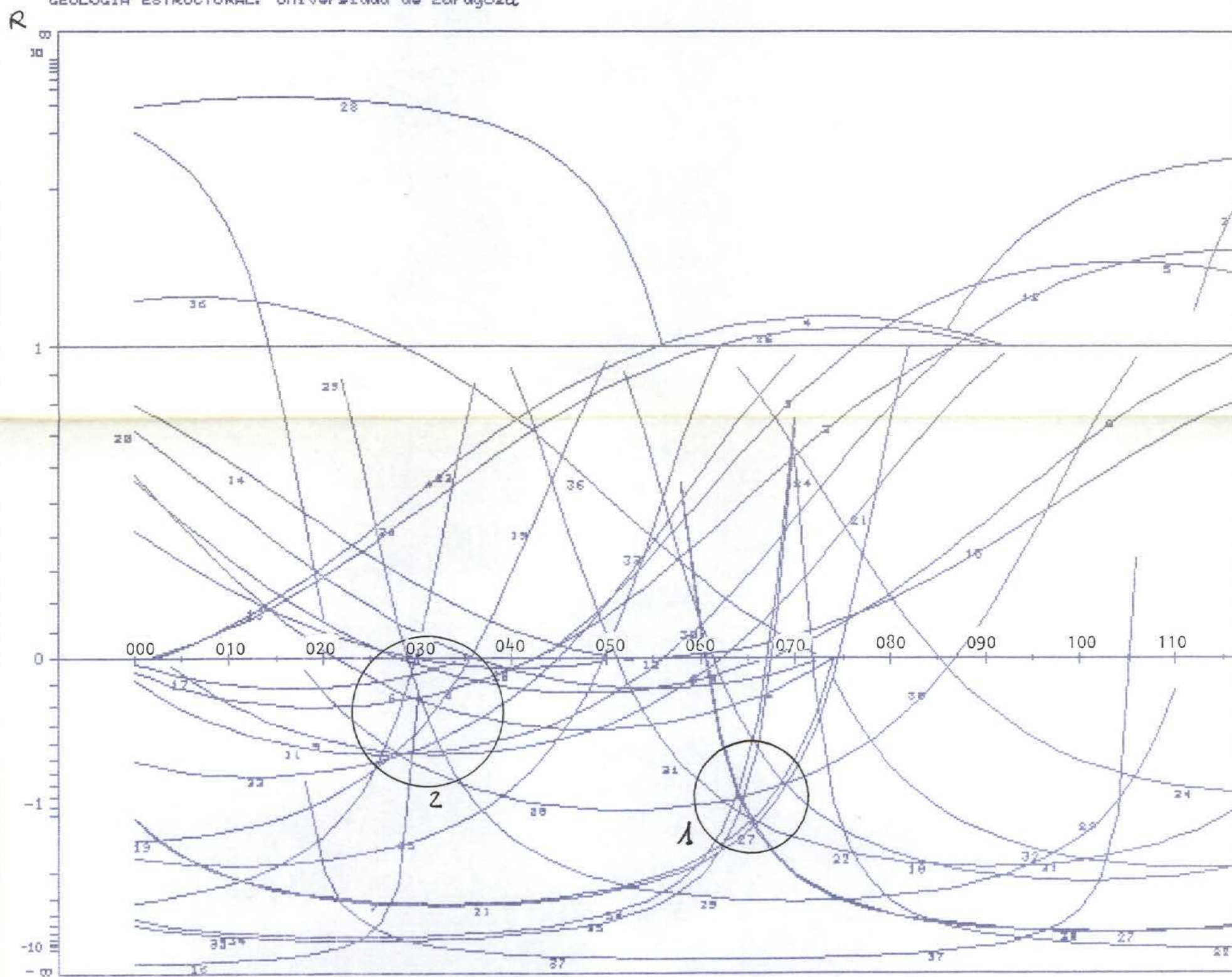
RADIO DE LA CIRCUNFERENCIA = 10%





ESTACION: MONTEAGUDO.  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza

ESTACION: MONTEAGUDO.  
GEOLOGIA ESTRUCTURAL. Universidad de Zaragoza.



# M\_VICARIAS

176	47	E	69	N	0	N	1
22	62	E	76	NN	0	NN	2
178	86	E	4	NN	0	DD	3
3	79	E	8	S	0	DD	4
44	88	W	3	NN	0	DD	5
75	40	S	45	W	0	II	6
75	40	S	80	W	0	II	7
68	85	N	4	E	0	DD	8
68	85	N	4	E	0	SS	9
4	87	E	5	NN	0	DD	10
57	87	S	5	W	0	SS	11
57	87	S	5	W	0	DD	12
52	74	NN	6	E	0	SS	13
52	74	NN	6	W	0	SS	14
52	74	NN	1	W	0	DD	15
122	30	S	89	E	0	II	16
36	79	E	8	S	0	SS	17
142	31	S	78	W	0	II	18
142	31	S	72	E	0	II	19
74	57	S	22	W	0	SS	20
173	42	W	80	S	0	II	21
160	48	W	86	N	0	II	22
128	25	S	82	E	0	II	23
153	29	E	64	S	0	II	24
153	29	E	76	NN	0	II	25
2	81	W	5	NN	0	DD	26
147	43	E	84	S	0	II	27
147	43	E	80	S	0	NN	28
112	49	S	78	W	0	II	29
147	56	E	82	S	0	II	30
130	37	NN	75	E	0	II	31
74	38	NN	75	W	0	II	32
162	38	E	58	NN	0	II	33
162	38	E	85	NN	0	II	34
162	29	W	86	S	0	II	35
74	80	NN	10	W	0	SS	36
18	41	E	88	NN	0	II	37
18	41	E	64	NN	0	II	38
450	0		0		0		0

METODO DE ETCHECOPAR ET AL. (1981).

\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 13PLUS FAIBLES ECARTS

TENSOR DE ESFUERZOS 1.

ECART MOYEN EN DEGRES 3.20787

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	4.1	ERR SUR PEND	1.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	4.1	ERR SUR PEND	0.8
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	19.7	ERR SUR PEND	0.7

ERREUR SUR R 0.11E+00

M\_VICARIAS

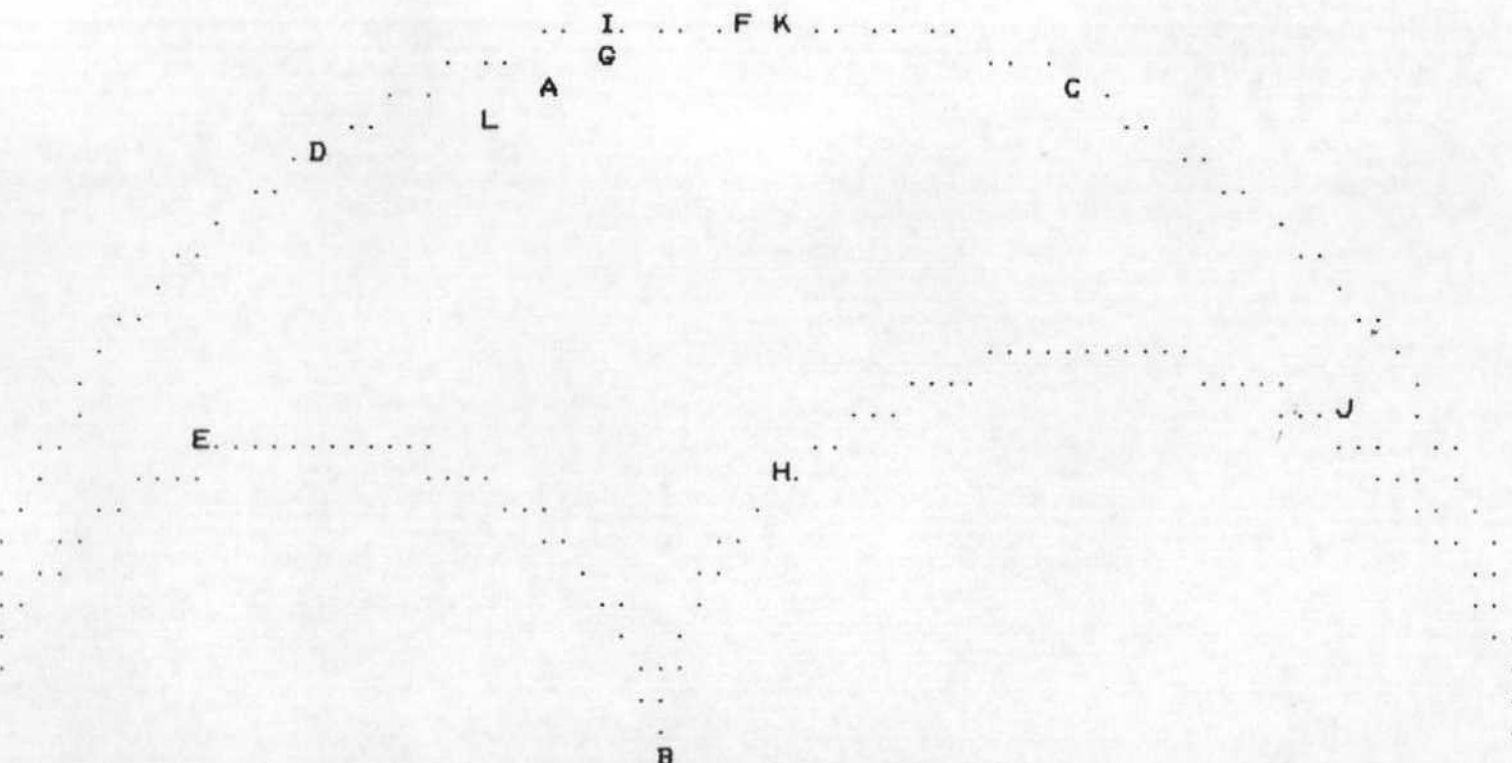
NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX *****		
	SIGMA(1)= 0.51954	DIRECTION 246.3	PENDAGE 1.8	
	SIGMA(2)= -0.03908	DIRECTION 156.1	PENDAGE 4.7	
	SIGMA(3)= -0.48046	DIRECTION 357.7	PENDAGE 85.0	

RAPPORT R = 0.44

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.0282 POUR LES 13 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAM  
ET A 66.0450 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET



# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR




---

LE CARACTERE A CORRESPOND AUX DONNEES	31	
LE CARACTERE B CORRESPOND AUX DONNEES	9	
LE CARACTERE C CORRESPOND AUX DONNEES	30	
LE CARACTERE D CORRESPOND AUX DONNEES	18	35
LE CARACTERE E CORRESPOND AUX DONNEES	7	
LE CARACTERE F CORRESPOND AUX DONNEES	27	
LE CARACTERE G CORRESPOND AUX DONNEES	21	
LE CARACTERE H CORRESPOND AUX DONNEES	5	
LE CARACTERE I CORRESPOND AUX DONNEES	34	
LE CARACTERE J CORRESPOND AUX DONNEES	10	
LE CARACTERE K CORRESPOND AUX DONNEES	22	
LE CARACTERE L CORRESPOND AUX DONNEES	38	

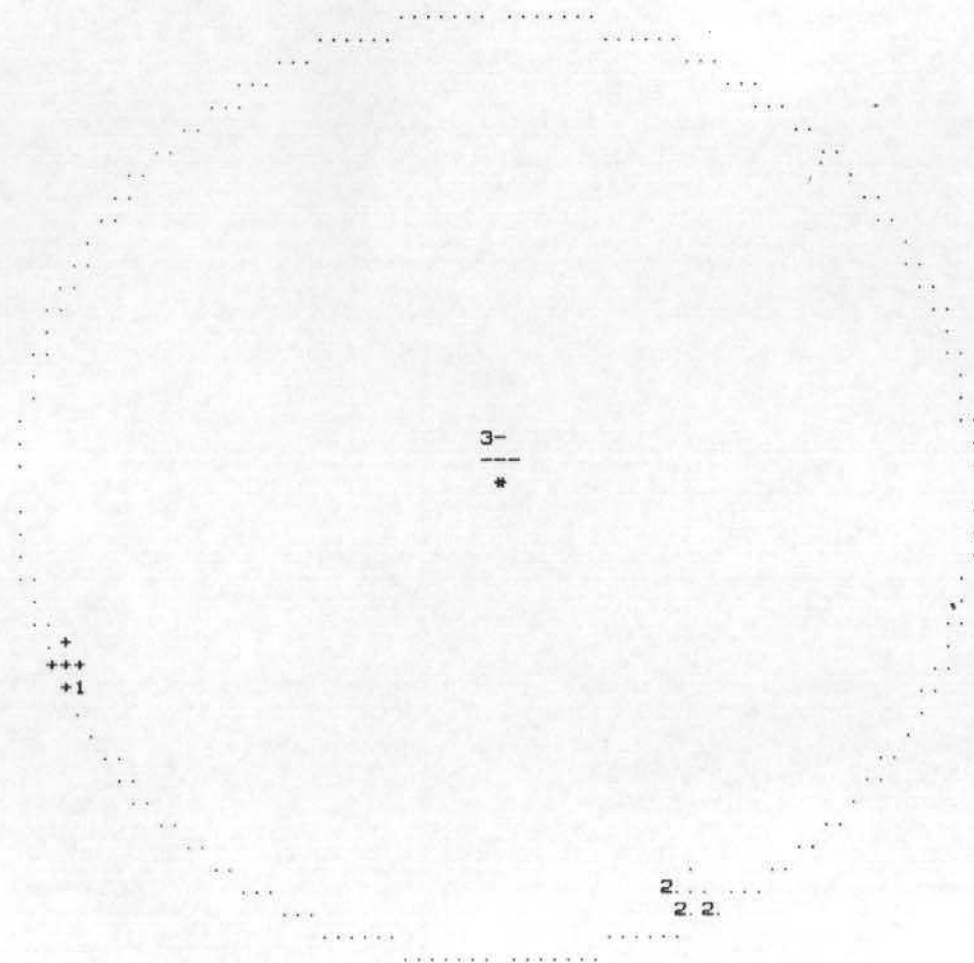
\*\*\*\*\* FIN DE L ETAPR NO 3

\*\*\*\*\* DEBUT DE L ETAPR NO 4

# M\_VICARIAS

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

M\_VICARIAS



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



\*\*\*\*\*DEBUT DE LA TROISIEME ETAPE

REGRESSION MOINDRE CARR SUR LES 15 PLUS FAIBLES ECARTS

TENSOR DE ESFUERZOS 2.

ECART MOYEN EN DEGRES 9.51262

COMP NO 1	ERR SUR DIREC	10.8	ERR SUR PEND	163.9
COMP NO 2	ERR SUR DIREC	51.2	ERR SUR PEND	641.5
COMP NO 3	ERR SUR DIREC	4854.5	ERR SUR PEND	266.7

ERREUR SUR R 0.18E+00

M\_VICARIAS

NO	TENSEUR EN X Y Z	DANS LES AXES PRINCIPAUX		*****
	SIGMA(1)= 0.66439	DIRECTION 213.8	PENDAGE 4.0	
	SIGMA(2)= -0.32878	DIRECTION 123.6	PENDAGE 2.7	
	SIGMA(3)= -0.33561	DIRECTION 359.8	PENDAGE 85.2	

RAPPORT R = 0.01

LA FONCTION A MINIM EST EGALE A: 0.3029 POUR LES 15 PREMIERES DONNEES TRIEES PAR LE PROGRAMME  
ET A 49.3440 POUR L ENSEMBLE DU PAQUET

# REPRESENTATION SUR CERCLE DE MOHR



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

... L... F...  
 H...  
 K. M  
 IN  
 CD  
 B.  
 EJ.  
 G.

LE	CARACTERE	A	CORRESPOND	AUX	DONNEES	17	
LE	CARACTERE	B	CORRESPOND	AUX	DONNEES	11	
LE	CARACTERE	C	CORRESPOND	AUX	DONNEES	19	
LE	CARACTERE	D	CORRESPOND	AUX	DONNEES	16	
LE	CARACTERE	E	CORRESPOND	AUX	DONNEES	23	
LE	CARACTERE	F	CORRESPOND	AUX	DONNEES	29	
LE	CARACTERE	G	CORRESPOND	AUX	DONNEES	13	14
LE	CARACTERE	H	CORRESPOND	AUX	DONNEES	9	
LE	CARACTERE	I	CORRESPOND	AUX	DONNEES	20	
LE	CARACTERE	J	CORRESPOND	AUX	DONNEES	6	
LE	CARACTERE	K	CORRESPOND	AUX	DONNEES	4	
LE	CARACTERE	L	CORRESPOND	AUX	DONNEES	36	
LE	CARACTERE	M	CORRESPOND	AUX	DONNEES	33	
LE	CARACTERE	N	CORRESPOND	AUX	DONNEES	26	

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

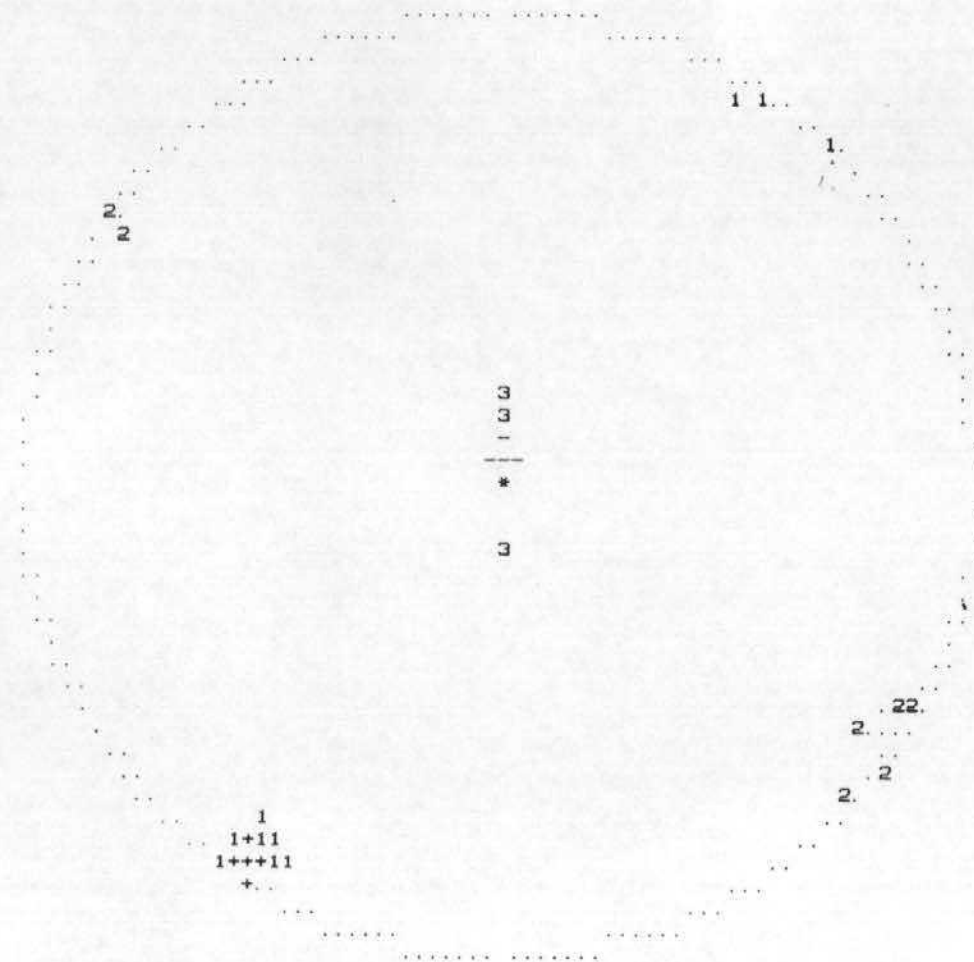
# M\_VICARIAS

GAMME				NBRE	INDICE DES VALEURS DANS CETTE GAMME									
1	0.0	0.1		8	17	11	19	16	23	29	13	9		
2	0.1	0.2		12	20	14	6	4						
3	0.2	0.3		15	36	33	26							
4	0.3	0.4		15										
5	0.4	0.5		15										
6	0.5	0.6		15										
7	0.6	0.7		15										
8	0.7	0.8		15										
9	0.8	0.9		15										
10	0.9	1.0		16	38									
11	1.0	1.2		17	24									
12	1.2	1.4		19	32	37								
13	1.4	1.6		19										
14	1.6	1.8		19										
15	1.8	2.0		20	2									
16	2.0	2.2		20										
17	2.2	2.4		21	1									
18	2.4	2.6		22	28									
19	2.6	2.8		22										
20	2.8	3.0		22										
21	3.0	3.2		25	8	15	12							



M\_VICARIAS

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



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