

HOJA Nº 285 (ALMUDEVAR).**NEOTECTONICA.****José Luis SIMON GOMEZ.****Departamento de Geología. Universidad de Zaragoza.****INTRODUCCION.**

Antes de pasar a describir e interpretar las estructuras neotectónicas que aparecen en el ámbito de la hoja estudiada conviene explicar cuáles son los límites cronológicos que se han establecido para definirlos, así como los criterios por los que pueden reconocerse e identificarse sus distintos tipos. En este trabajo se han considerado como estructuras pertenecientes al ámbito de la neotectónica aquellas cuya edad, comprobada o interpretada, se sitúa en el Mioceno superior, Plioceno o Cuaternario. Hay que dejar claro que ello no implica que nuestro estudio deba limitarse estrictamente a las deformaciones que afectan a depósitos datados en estos periodos. De hecho, si siguiéramos este criterio no podríamos hablar en la hoja de Almedívar de ninguna estructura neotectónica, puesto que no existen en todo el territorio abarcado por la misma materiales atribuidos con claridad al Mioceno superior y Plioceno, y en el Cuaternario no se han observado deformaciones.

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

(a) Basculamientos de conjunto de la serie miocena, que afectan a extensiones de bastantes kilómetros cuadrados y que deben de haberse producido en etapas tardías o posteriores respecto a la sedimentación de la misma.

(b) Sistemas de diaclasas de escala generalmente decimétrica a métrica, que afectan a los niveles competentes miocenos (calizas y areniscas, fundamentalmente) y que siguen unos patrones geométricos bastante sistemáticos que, según veremos, permiten relacionarlas con las trayectorias regionales del campo de esfuerzos reciente.

En el contexto de las deformaciones que afectan al Mioceno deben excluirse de nuestro estudio otras estructuras que no parecen tener carácter de neotectónicas. Nos referimos a los pliegues de escala generalmente decimétrica a métrica que afectan a los niveles bien estratificados de la Formación de Yesos de Zuera (Aragoniense inferior *s.l.*). Muchos de estos pliegues probablemente no sean debidos a la tectónica regional, sino a procesos halocinéticos o incluso gravitacionales. Así parecen mostrarlo su apariencia geométrica y, sobre todo, la extraordinaria variedad de orientaciones de ejes que pueden medirse en ellos (figura 1.A). Otros puede que sean realmente de origen tectónico, producidos por episodios compresivos tardíos. De hecho, algunos de estos pliegues presentan geometrías angulares (en ocasiones asimétricas, de tipo *kink-band*: figura 1.B) y una orientación entre E y ESE, es decir, perpendicular a la compresión regional tardía en el ámbito de la Cordillera Ibérica y Cuenca del Ebro (GRACIA y SIMON, 1986; CASAS SAINZ, 1988; SIMON y PARICIO, 1989). En cualquier caso, se trata casi con seguridad de estructuras producidas en el contexto tectónico del Mioceno inferior-medio (no existe ningún indicio de compresión más reciente en el sector central de la Depresión del Ebro), y por tanto es bastante improbable que pudieran entrar en los límites temporales de la neotectónica. Es por ello por lo que estas estructuras no han merecido una atención más profunda en nuestro estudio.

Fuera de los niveles yesíferos se ha observado asimismo algún pliegue aislado que, aunque probablemente relacionado con la tectónica compresiva regional, también debe de tener una edad anterior al Mioceno superior. El mayor de los observados se encuentra en las inmediaciones de El Balsón, junto al Km. 17 de la carretera de Zuera a Las Pedrosas, afectando a materiales del Aragoniense medio *s.l.* Tiene una dirección ESE y la inclinación de sus flancos es suave (unos 15').

Tampoco han sido estudiadas exhaustivamente (pero sí citado y descrito un caso) otras estructuras que, aunque muy probablemente tengan edad reciente, son de carácter esencialmente atectónico. Nos referimos a las producidas por fenómenos de colapso, que tienen una expresión muy puntual, pero que sobresalen por la espectacularidad con la que a veces se manifiestan.

BASCULAMIENTOS DE CONJUNTO DE LA SERIE MIOCENA.

La serie miocena dentro de la hoja de Almudévar se encuentra en general subhorizontal, exceptuando los pequeños pliegues mencionados anteriormente y algunas suaves ondulaciones de las que no pueden inferirse direcciones de plegamiento precisas.

Sin embargo, en la parte oriental de la hoja es de destacar (y entra en el campo de las estructuras neotectónicas) el extenso basculamiento de conjunto que afecta a toda la serie ageniense que forma los relieves situados al N de Almudévar (Saso Plano, Tormo, Mascariello) (ver figura 2). Este basculamiento tiene sentido hacia el SSW y es muy tenue (comprendido entre 1 y 3°), de manera que no puede ser puesto de manifiesto por la medición directa de la estratificación en el campo (salvo en algunos lugares en los que el buzamiento es algo mayor). Sin embargo, sí es fácil detectarlo y evaluarlo a partir de la traza de determinadas líneas de capas competentes sobre el mapa topográfico. En el mapa a escala 1:50.000 se han representado estos basculamientos mediante la utilización de los símbolos correspondientes repartidos en todo el ámbito espacial en que se observan, junto con la traza de las líneas de capa que han sido utilizadas para su cálculo.

Estos basculamientos, aunque han sido puestos de manifiesto en un sector restringido de la hoja y en niveles relativamente bajos de la serie, pueden correlacionarse con los que aparecen hacia el S en la vecina hoja de Zuera. En esta se observan basculados los niveles del Aragoniense medio y superior, con una

dirección y buzamiento muy similar a los descritos aquí. La razón por la que no puede evidenciarse la continuidad de la estructura en las dos hojas debe de estar simplemente en la falta de resaltes litológicos que permitan seguir líneas de capa en la zona de contacto entre ambas. Así pues, es razonable pensar que, efectivamente, se trata de un único basculamiento conjunto de toda la serie del Mioceno inferior-medio.

SISTEMAS DE DIACLASAS.

Todos los niveles competentes miocenos, con un especial desarrollo en las calizas y areniscas, muestran un diaclasado bastante intenso, con planos generalmente subverticales de escala decimétrica a métrica. El espaciado entre los planos de una misma familia suele variar entre los 10 cm y 1m., y es función del propio espesor de las capas afectadas, de forma que suele aumentar al hacerlo éste. El cociente entre espaciado de diaclasas y espesor de capas suele estar comprendido entre 1 y 2.5. HANCOCK (1989), en un estudio sobre diaclasas en el que presenta algunos ejemplos de la Depresión del Ebro, sugiere que, para un espesor dado de las capas, el espaciado de las diaclasas de una familia aumenta con la cota de la estación de medida. Este es un extremo difícil de precisar debido a la gran variabilidad que, de hecho, presenta dicho espaciado, pero a partir de nuestros datos sí parece desprenderse una cierta tendencia en ese sentido.

Se han estudiado un total de 18 estaciones de diaclasas, en cada una de las cuales se han tomado 50 medidas de direcciones. Anexos a esta memoria se presentan los diagramas en rosa correspondientes a todas ellas, mientras en el mapa 1:50.000 se hace una representación esquemática de las familias dominantes.

Los resultados muestran cómo en prácticamente todos los casos aparecen dos familias dominantes perpendiculares entre sí. Este patrón es sistemático en todo el ámbito de la Depresión del Ebro y Cordillera Ibérica (SIMON GOMEZ, 1989), y afecta por igual a materiales de diversas edades a lo largo de todo el Neógeno y

Cuaternario. Generalmente muestra una gran regularidad en su orientación, existiendo una familia principal próxima a N-S (frecuentemente algo desviada hacia NNW y, más raramente, hacia NNE) y una segunda familia menos importante próxima a E-W. En la hoja de Almudévar también se reconocen en parte esas características, si bien no con la claridad de otros sectores. En efecto, hay un cierto número de estaciones en las que la familia dominante aparece en dirección N a NNW y la familia secundaria ortogonal a la anterior, es decir, ENE. Tales estaciones aparecen en la parte central y noroccidental de la hoja, así como en las dos estaciones más orientales (números 17 y 18). Sin embargo, existen otras en las que, aún manteniendo la misma orientación las dos familias principales, se intercambia su importancia relativa, es decir, es dominante la familia ENE sobre la NNW: este es el caso de las tres estaciones que aparecen en el ángulo suroccidental de la hoja (números 7, 14 y 15), así como en la estación 3 (SE de la presa de la Sotonera). En el entorno de esta última existen otras tres en las que, en lugar de existir una familia dominante y otra subordinada, las dos familias ortogonales tienen una importancia similar. Las estaciones que presentan un patrón de diaclasado más anómalo son la 12 (con dos familias claramente oblicuas entre sí y ninguna de ellas paralela a las direcciones regionales más habituales) y la 13, ambas presentando una familia principal ESE.

El hecho de que, regionalmente, este patrón estándar de diaclasas N-S y E-W sea sistemático y afecte a depósitos de todo el Neógeno y Cuaternario permite explicarlo en el contexto del campo de esfuerzos reciente de la Cuenca del Ebro y la Cordillera Ibérica. El modelo propuesto por nosotros para dicho campo de esfuerzos (SIMON GOMEZ, 1989) postula, en síntesis, la superposición de una compresión N-S (originada por el acercamiento entre las placas Africana, Ibérica y Europea, muy activa en las Béticas en ese tiempo y mitigada al desplazarnos hacia el Norte) y una distensión radial o multidireccional (causada por un proceso de *doming* cortical ligado al *rifting* del Este peninsular). El resultado es un régimen de distensión tendente a multidireccional, con el eje σ_2 situado en dirección N-S, es decir, coincidente con el eje σ_1 del campo compresivo. Paralela a dicho eje se formaría la familia principal N-S de fracturas tensionales. En el momento en que esto ocurre el

esfuerzo σ_3 extensivo experimenta una relajación que da lugar a su intercambio con el eje σ_2 , lo que propicia la formación de nuevas fracturas perpendiculares a las primeras. Este tipo de intercambio de ejes, y las consecuencias que tiene sobre el esquema de fracturación, han sido demostrados recientemente mediante modelización de campos de extensión radial tanto desde el punto de vista matemático (utilizando el método de los elementos finitos) como experimental (SIMON *et al.*, 1988).

Por lo que respecta a las direcciones anómalas, éstas podrían interpretarse, según los mismos modelos de SIMON *et al.* (1988), por la existencia, en niveles más o menos profundos, de alguna línea de fractura de mayor escala. En efecto, en dicho modelo las trayectorias de σ_2 y σ_3 de un campo de extensión radial (y, por tanto, las direcciones de fracturas tensionales) son desviadas en las proximidades de los grandes accidentes hasta hacerse paralelas o perpendiculares a los mismos. En nuestro caso se observa cómo en la zona de direcciones de diaclasas anómalas, esto es, en el entorno del embalse de la Sotonera, existe una familia principal en dirección ESE. Posiblemente esta circunstancia no es ajena a la presencia del basculamiento de conjunto de la serie neógena en toda la parte oriental de esta hoja y de la vecina de Zuera, cuya dirección es precisamente la misma (basculamiento hacia el SSW). Se trata, en definitiva, de que el basculamiento y las direcciones anómalas de diaclasado podrían tener una causa común en accidentes de basamento de dirección ESE.

ESTRUCTURAS DE COLAPSO.

Hemos considerado interesante citar y describir brevemente este tipo de estructuras, a pesar de que no tienen un origen propiamente tectónico, por dos razones: por una parte, por la relativa frecuencia con que aparecen en el ámbito de la Depresión del Ebro y, por otra, porque es importante conocer sus características geométricas precisamente para poder diferenciarlas de otras deformaciones verdaderamente tectónicas.

Las estructuras observadas en la hoja de Almudévar que pueden ser interpretadas en virtud de fenómenos de colapso se localizan exactamente al norte de la desembocadura del Barranco de la Rabosera, en un escarpe artificial abierto para la construcción del canal de Marracos. En la figura 3 aparece una representación esquemática de una parte de dichas estructuras, que en realidad se observan a lo largo de unos 120 m. Como se observa, son dos los elementos principales de esa deformación. Por una parte existen sinclinales relativamente estrecho, que apuntan cierto carácter angular, separados por áreas antiformes laxas de mayor anchura. Cabe interpretar las áreas sinformes como las situadas precisamente sobre los embudos de colapso, y serían, por tanto, las que han sufrido preferentemente dicho fenómeno. La segunda característica importante la constituye la existencia de amplios volúmenes de sedimentos en los que la estratificación ha quedado absolutamente destruida como consecuencia del colapso, y en su lugar sólo se observa una masa caótica de bloques.

Las causas del proceso de colapso podrían encontrarse tanto en la disolución de posibles niveles de yesos infrayacentes (que en realidad no afloran en el entorno del afloramiento descrito) como en procesos de *pipíng* que sí parecen frecuentes en los materiales limosos y arcillosos del Terciario de esta área.

CONCLUSIONES.

Hacia el Mioceno superior-Plioceno se produjo en la región una tectónica de tipo distensivo que, aunque no se manifiesta por fallas cartográficas, sí produjo un sistema de diaclasado bastante homogéneo y débiles pero extensos basculamientos probablemente controlados por fracturas del subsuelo. El campo de esfuerzos sería una distensión tendente a radial con σ_3 próximo a E-W, lo que hace que se forme una familia principal de diaclasas en torno a N-S. El intercambio de σ_2 y σ_3 en la horizontal tras producirse dichas fracturas daría lugar a una familia secundaria en dirección E-W.

BIBLIOGRAFIA

- CASAS SAINZ, A. (1988). El estado de esfuerzos durante el Terciario en la Depresión de Arnedo (La Rioja). Acta Geol.Hisp., 23 (3), 223-231.
- GRACIA PRIETO, F.J. y SIMON GOMEZ, J.L. (1986). El campo de fallas miocenas de la Bardena Negra (provs. de Navarra y Zaragoza). Bol. Geol. Min., 97 (6), 693-703.
- HANCOCK, P.L., y ENGELDER, T. (1989). Neotectonic Joints. Geol. Soc. Am. Bull., 101, 1197-1208.
- SIMON GOMEZ J.L. (1989): Late Cenozoic stress field and fracturing in the Iberian Chain and Ebro Basin. J. Struct. Geol., 11 (3), 285-294
- SIMON GOMEZ, J.L. y PARICIO CARDONA, J. (1988): Sobre la compresión neógena en la Cordillera Ibérica. Estudios Geol., 44, 271-283.
- SIMON, J.L.; SERON, F.J. y CASAS, A.M. (1988): Stress deviation and fracture development under multidirectional extension regime. Mathematical and experimental approach with field examples. Annales Tectonicae, 2 (1), 21-32.

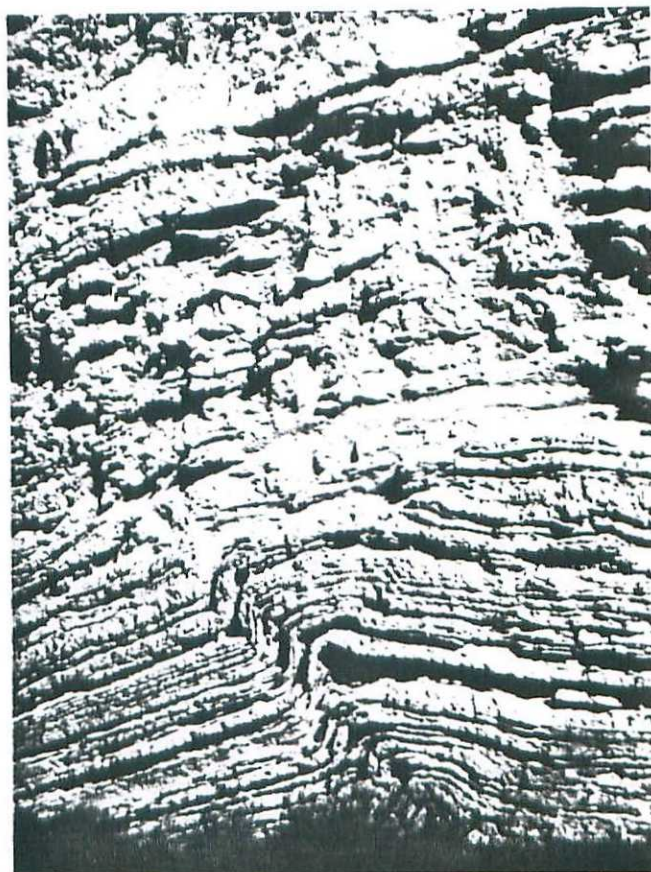
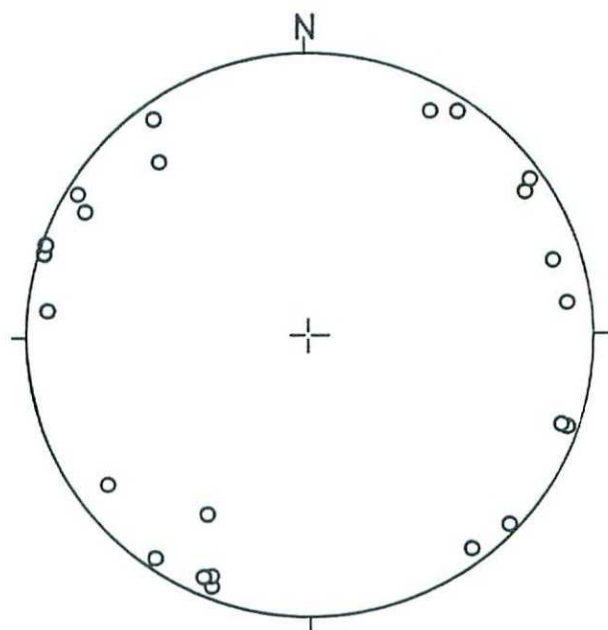


FIGURA 1. Representación estereográfica de los ejes de pliegues observados en niveles yesíferos de la Formación de Zuera. Ejemplo de uno de ellos en las inmediaciones de Gurrea de Gállego.



FIGURA 2. Suave basculamiento de la serie Miocena en la zona del Saso Plano, al E del Embalse de la Sotonera.
(Norte hacia la izquierda).

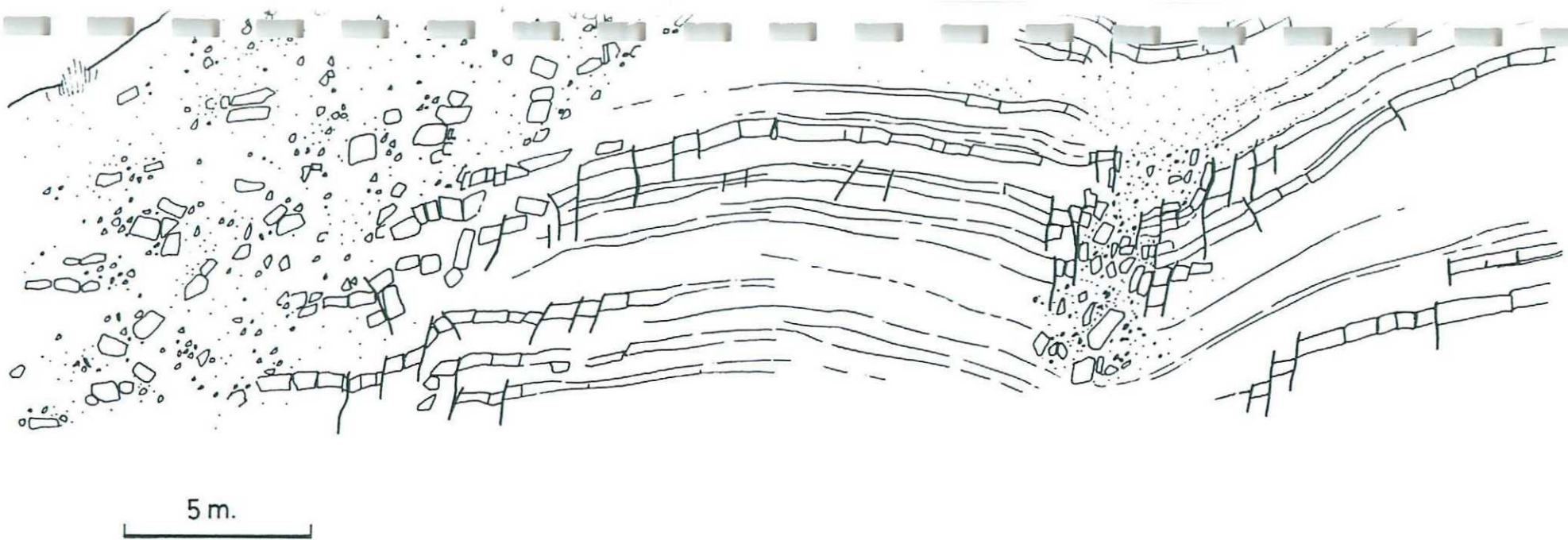


FIGURA 3. Estructuras de colapso en materiales miocenos. Desembocadura del Barranco de la Rabosera.

ANEXO

Diagramas en rosa de las poblaciones de diaclasas medidas en las distintas estaciones estudiadas.

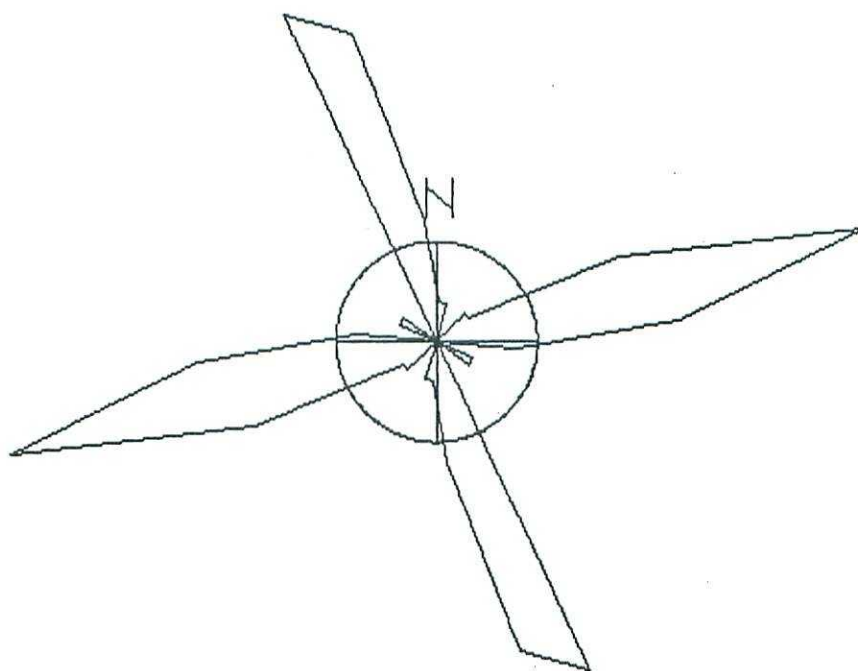
Cada diagrama representa 50 datos. El diámetro del círculo equivale a un 5 % de los mismos, para clases de 10°. Los diagramas están referidos al N magnético, si bien posteriormente, al hacer la representación esquemática e el mapa 1:50.000, se han corregido las direcciones para referirlas al N geográfico.

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 1



Radio de la circunferencia=5



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

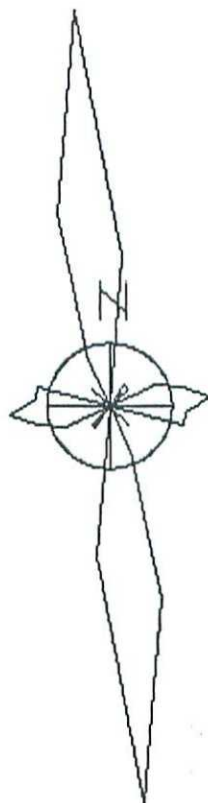


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION*

ALMUDEVAR 2



Radio de la circunferencia=5%



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza





Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



Radio de la circunferencia = 5%

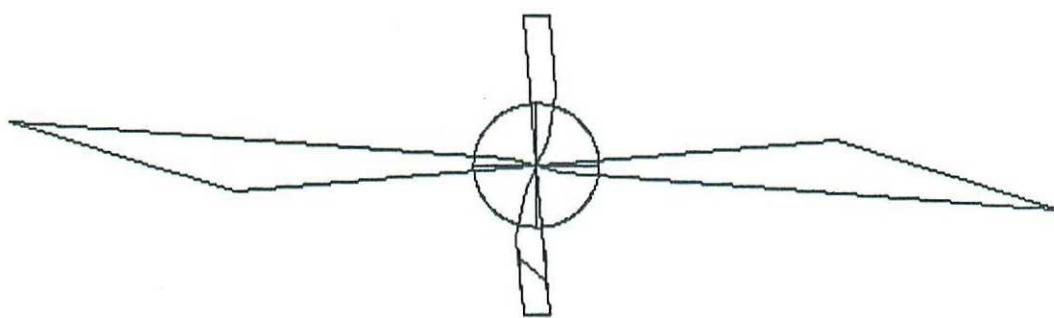


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

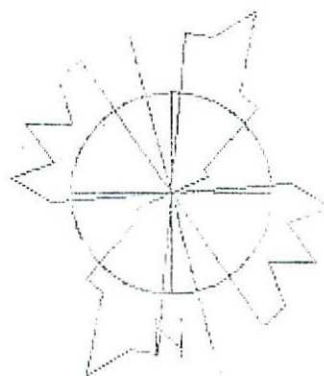
ALMUDEVAR 3



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



Buño 1 e 19. Circunferencia=54.



ALMUDÉVAR 4

ESTACION

COPIRIGHT Gerardo y Antonio

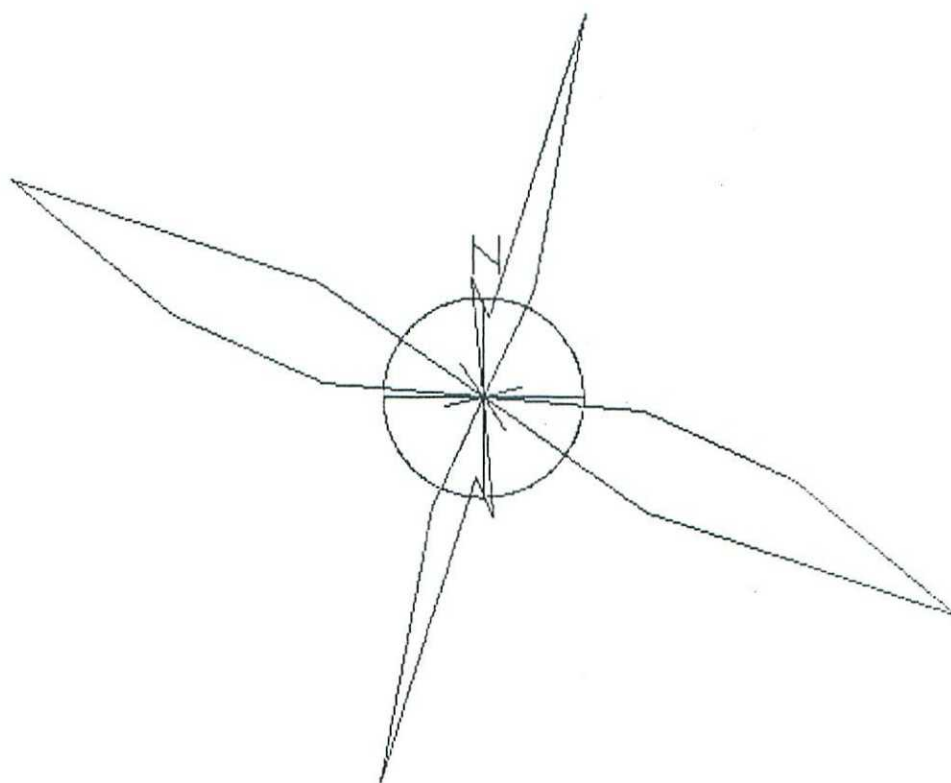
COPIRIGHT EN ROSA DE LOS VIENTOS

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 5



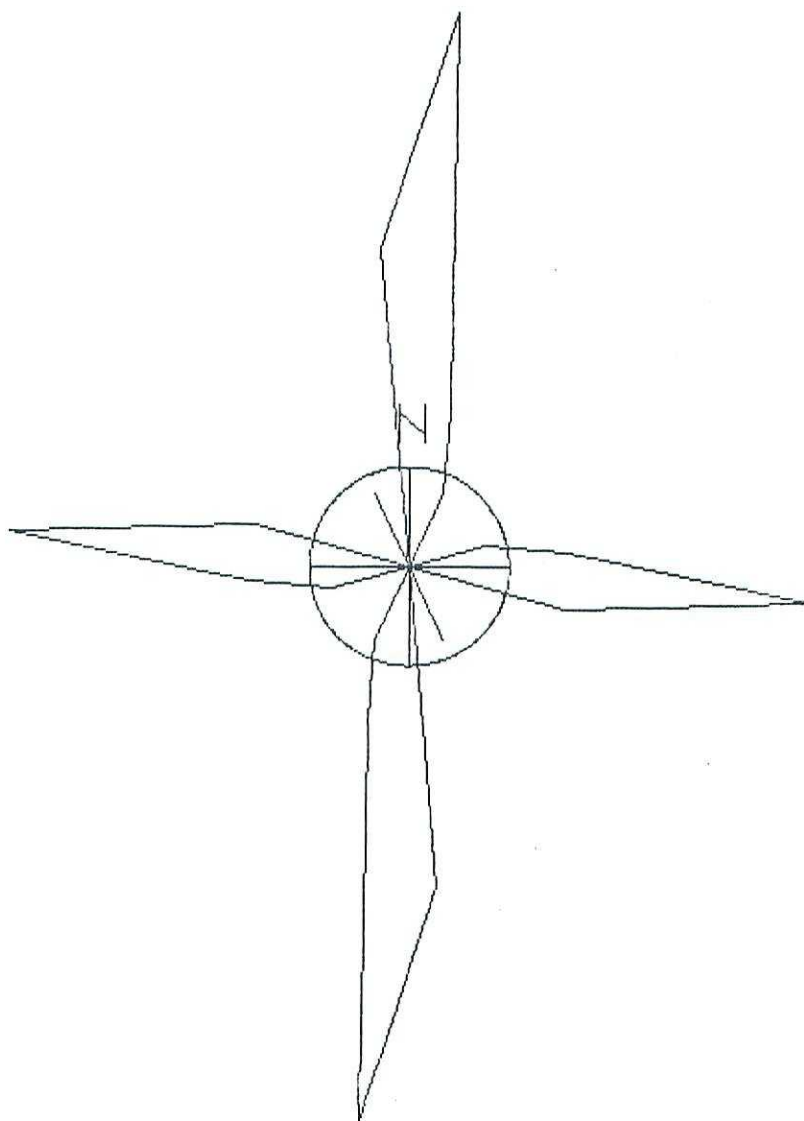
Radio de la circunferencia=5%

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION
ALMUDEVAR 6



Radio de la circunferencia=5%

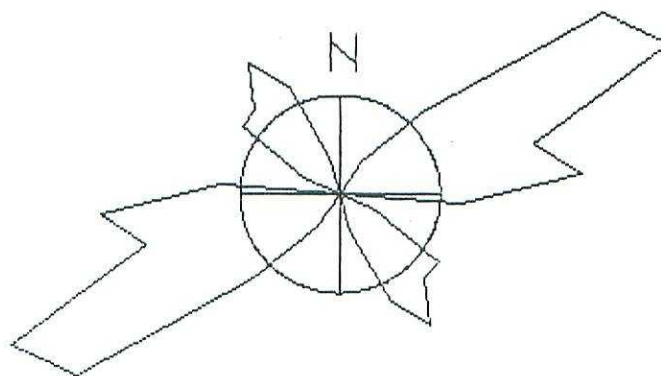
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 7



Radio de la circunferencia=5%

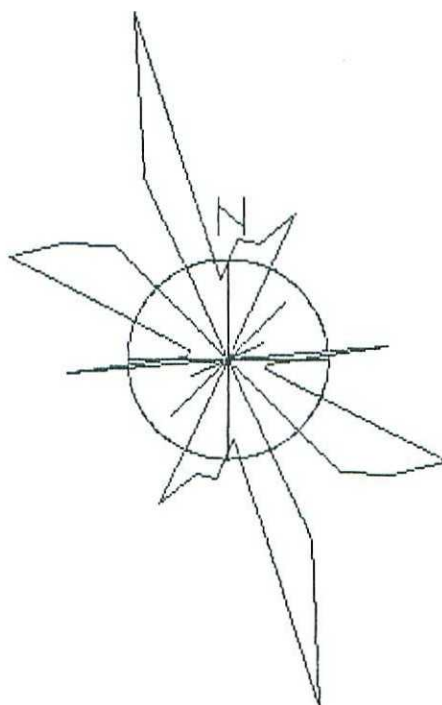
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 8



Radio de la circunferencia=5%

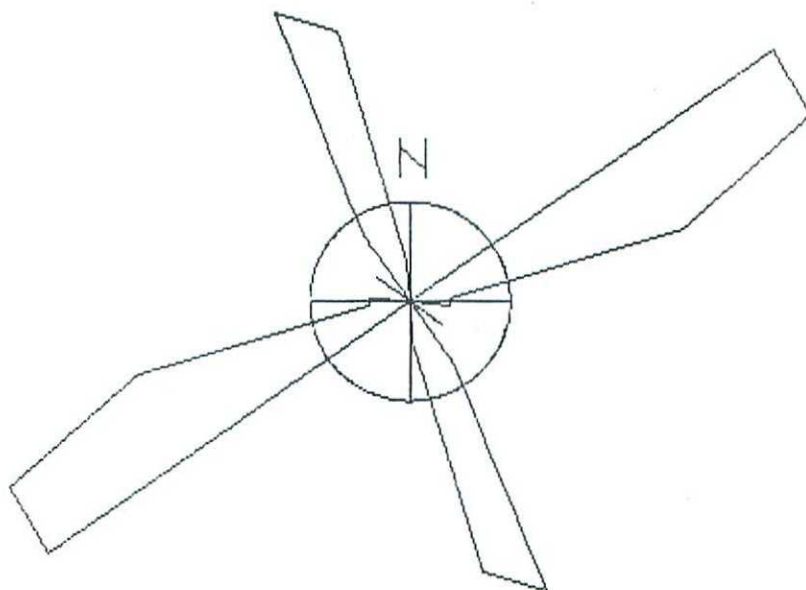
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 9



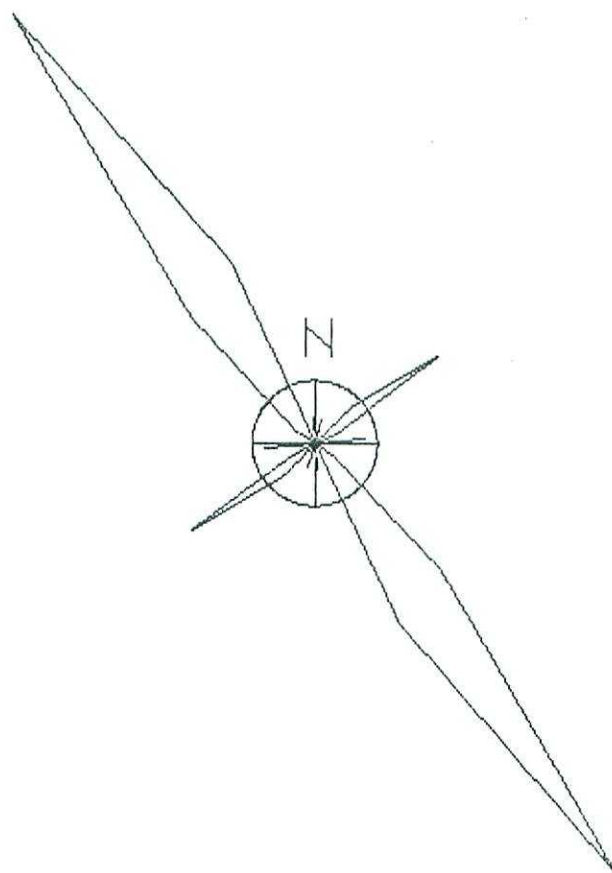
Radio de la circunferencia=5%

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION
ALMUDEVAR 10



Radio de la circunferencia=5%

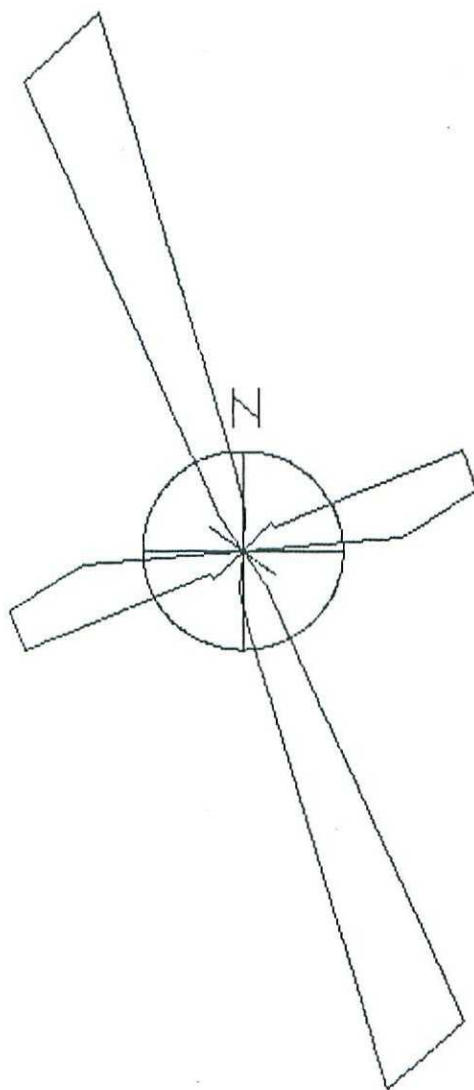
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 11



Radio de la circunferencia=5%



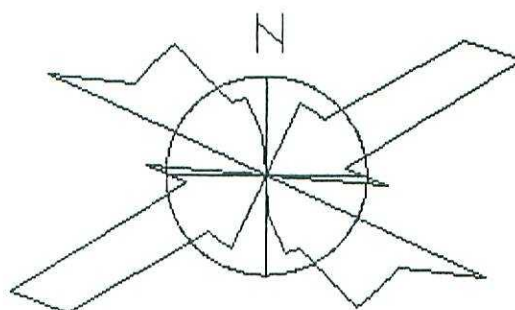
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 12



Radio de la circunferencia=5%

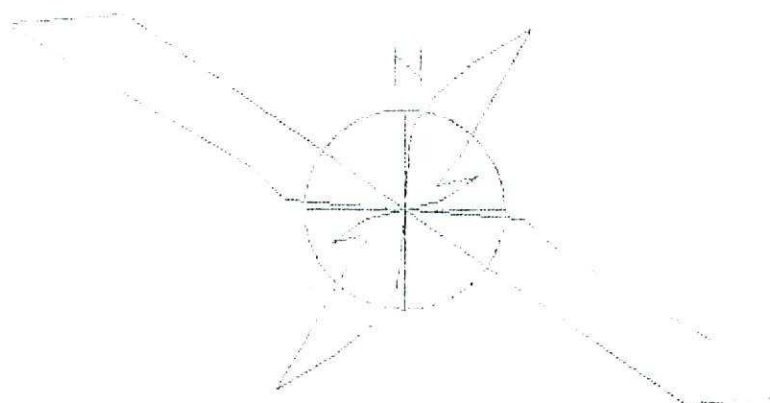
Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerard y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 13



Radio de la circunferencia=5%



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

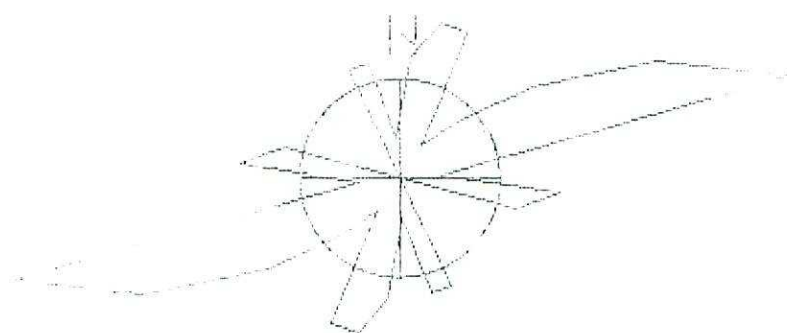


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 14



Radio de la circunferencia=5'

Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

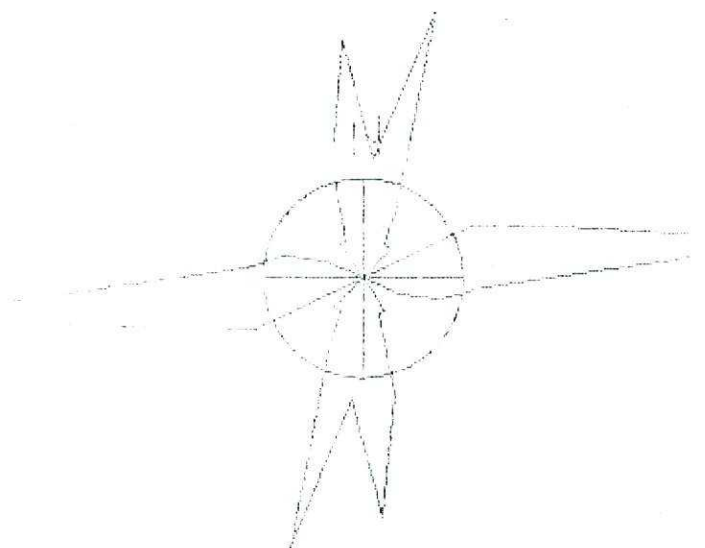


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 15



Radio de la circunferencia=5%



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza

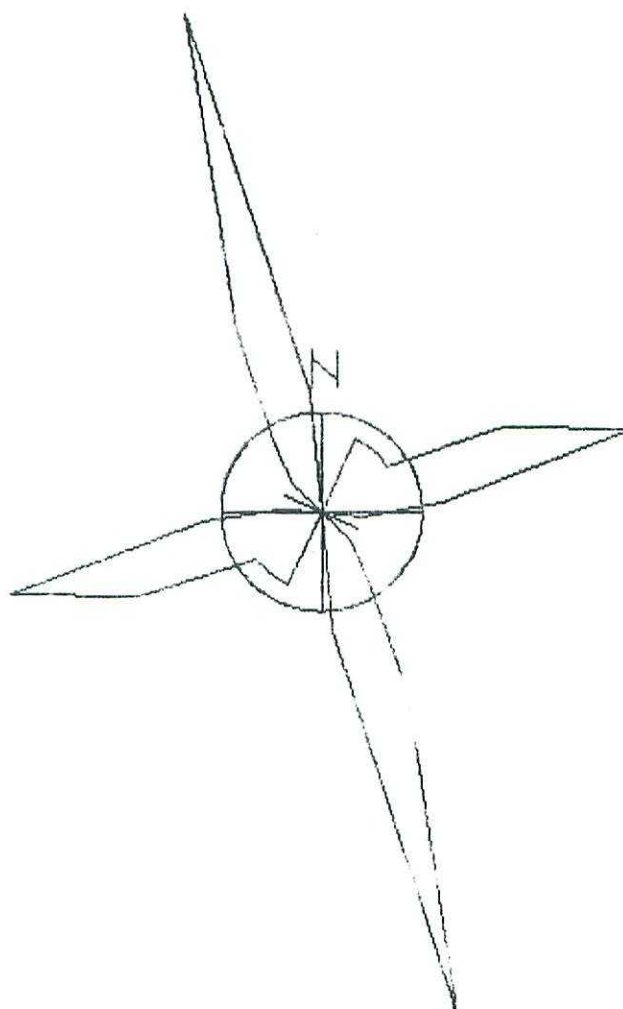


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

ALMUDEVAR 16





Radio de la circunferencia = 5%

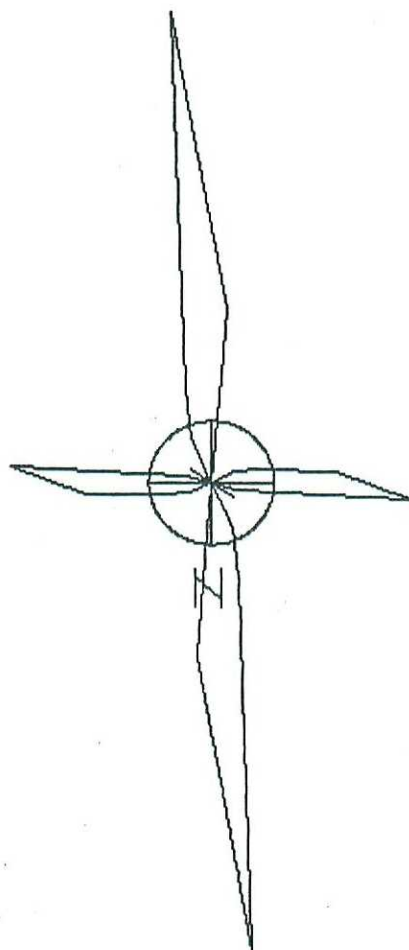


DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

ESTACION

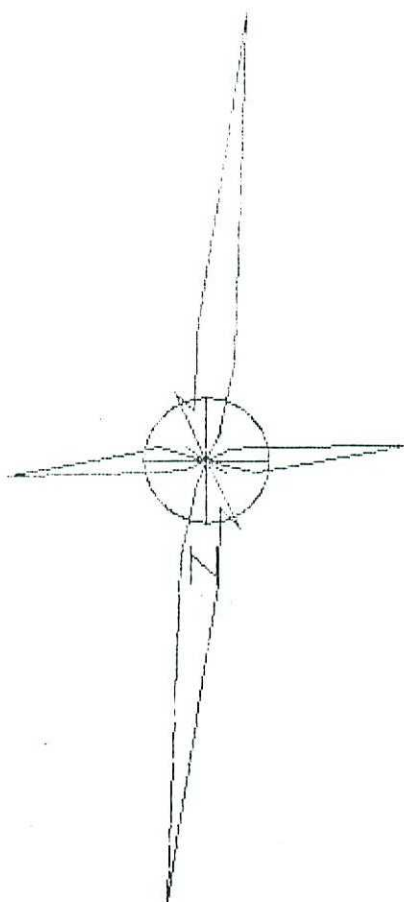
ALMUDÉVAR 17



Centro de Cálculo de la Universidad de Zaragoza



Radio de la circunferencia=5%



ESTACION
ALMUDÉVAR 18.

COPYRIGHT Gerardo y Antonio

DIAGRAMA EN ROSA DE LOS VIENTOS