

Análisis cinemático de cortes de carreteras en la Sierra Madre Oriental, Noreste de México.

Kinematic analysis of slope rock for the road embankment in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico.

F. Medina-Barrera, H. De León-Gómez, D. Masuch-Oesterreich

Facultad de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Nuevo León, A.P. 104, 67 700 Linares, N.L., México.

ABSTRACT

The present work is the documentation, utilization and application of a method for the kinematic study of problems related to slope stability along the La Palma-Rayones road. The orientation of the road is more or less perpendicular to the Sierra Madre Oriental folded structures. Surficial investigations were carried out with the application of the Markland plane method for the kinematics of rock slope.

Key words: Markland plane, kinematic analysis, rock slope

Geogaceta 23 (1998), 95-98

ISSN: 0213683X

Introducción

En la Sierra Madre Oriental (SMO) en el Noreste de México (Fig. 1) se han realizado diferentes trazos carreteros con la finalidad de acortar las distancias entre la zona de planicie y las ciudades ubicadas en el Altiplano mexicano. Para ello ha sido necesario la realización de cortes en las laderas naturales ocasionando con esto una alteración en el ángulo de reposo que estas mantienen en la SMO. Esto ha traído como consecuencia el deslizamiento de paquetes de rocas a lo largo de sus superficies de debilidad. Dentro de los trabajos geológicos existentes, se ha hecho énfasis a la parte estratigrafía, bioestratigrafía y facies de las secuencias sedimentarias de la SMO, sin considerar la parte de geología aplicada en esta región.

El presente trabajo permitirá contar con experiencias relacionadas con la estabilidad de taludes dentro de las zonas montañosas constituidas por rocas estratificadas, en especial sobre el trazo carretero La Palma-Rayones en el Noreste de México, en la municipalidad de Montemorelos, Nuevo León. Los datos obtenidos están directamente tomados atendiendo al número de fracturas presentes en los macizos rocosos. Ya que estos elementos estructurales forman acunamientos e intersecciones entre sí, que originan la separación de bloques de los macizos rocosos, ocasionando caídos en la primera etapa y dando lugar a grandes deslizamientos.

Metodología

El análisis se basa en los criterios de

evaluación establecidos por Talobre (1957) y por autores como John (1968), así como Hoek y Bray (1977) y Medina-Barrera (1996). Esta metodología mues-

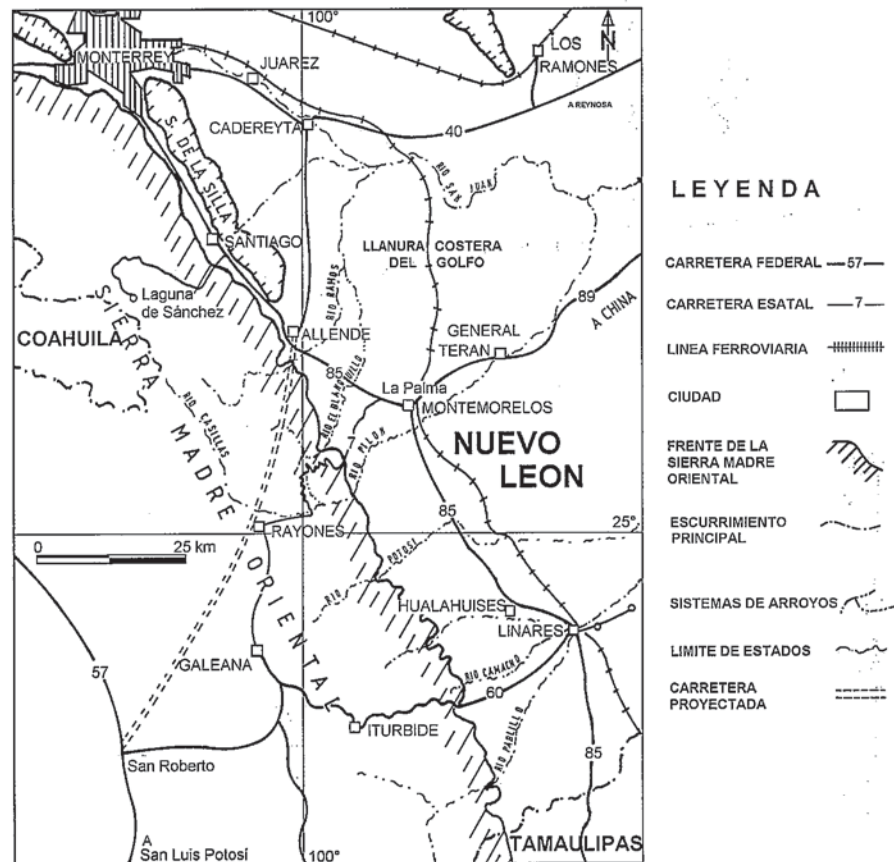


Fig. 1.- Trazo actual de las carreteras a través de la SMO.

Fig. 1.- Actual course of the roads across the SMO.

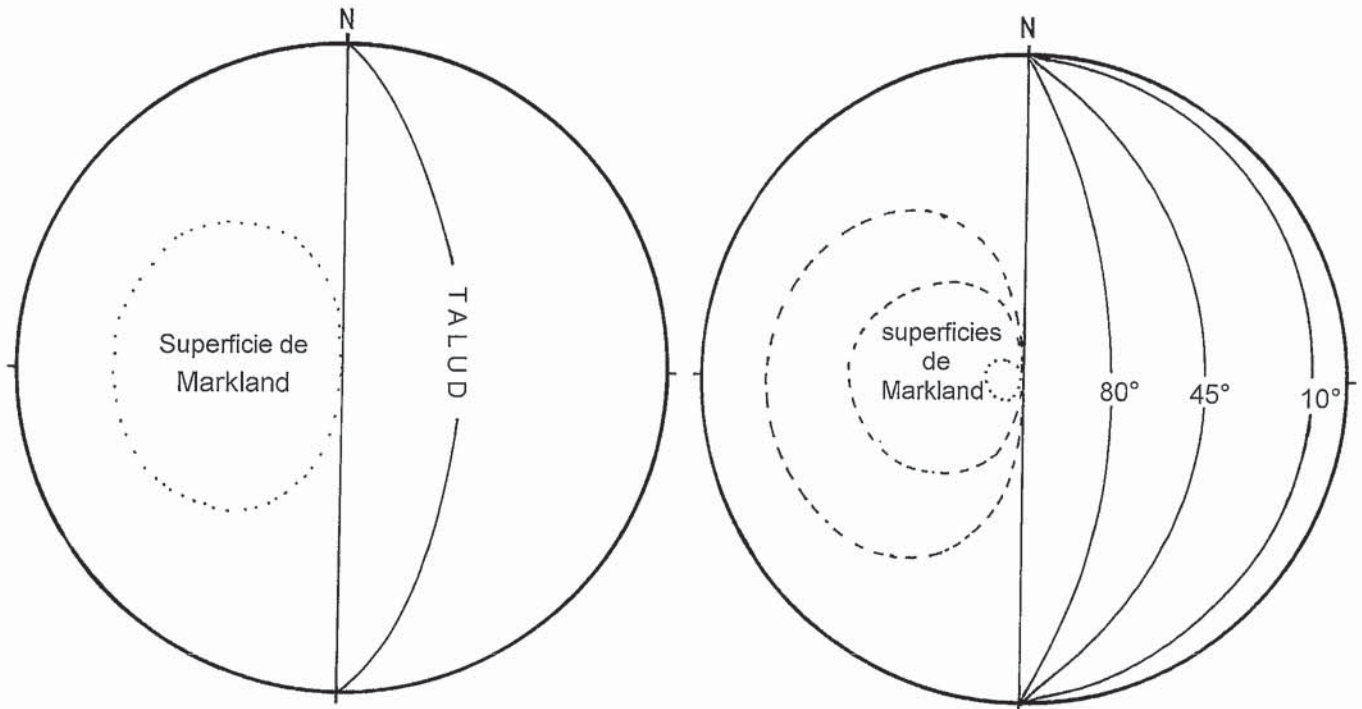


Fig. 2.- Representación de la superficie de Markland para diferentes ángulos de talud de corte según Markland 1972 (cit: en John & Deutsch, 1974).

Fig. 2: Representation of the Markland plane for different slope angles after Markland 1972 (cit: in John & Deutsch, 1974).

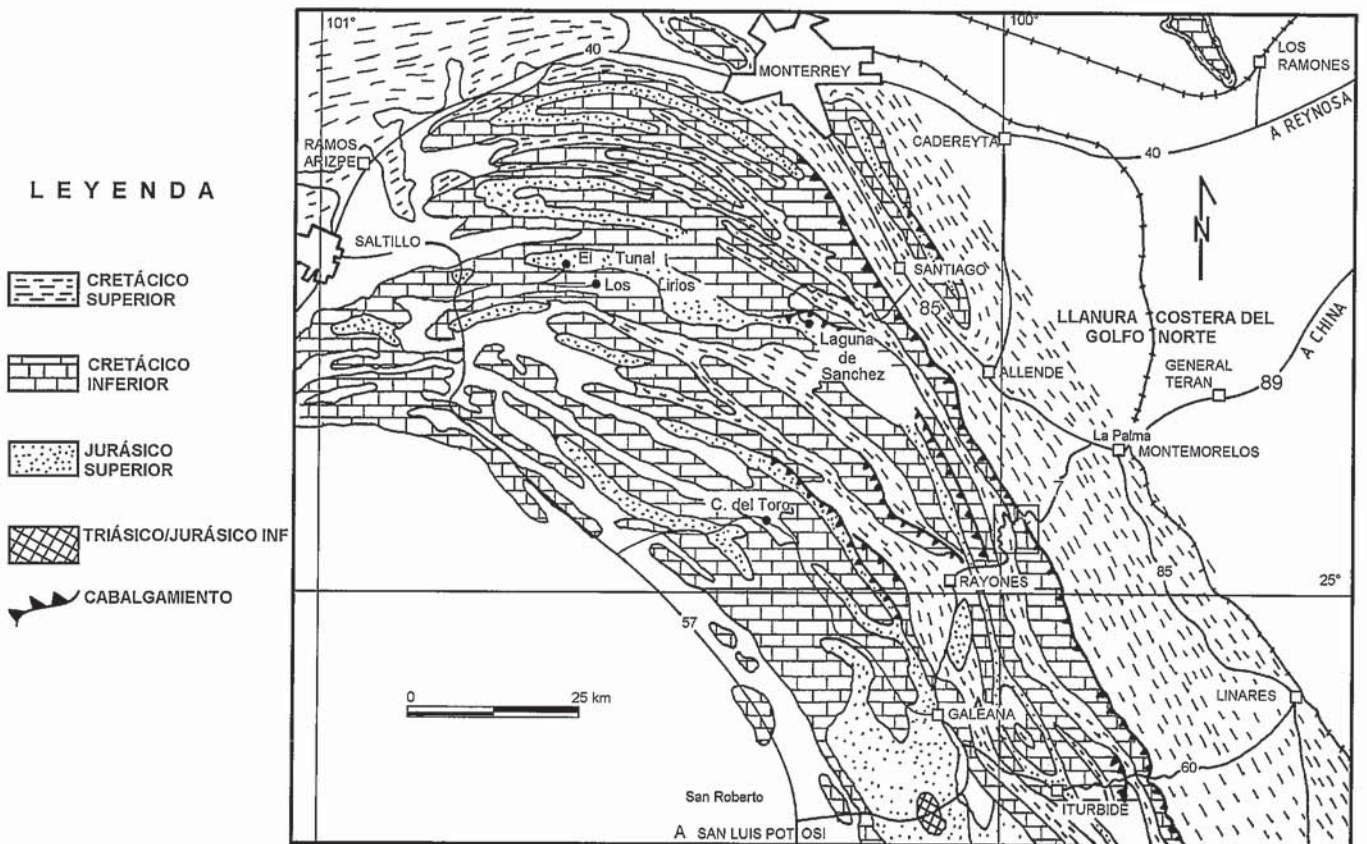


Fig. 3.- Esquema geológico de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México

Fig. 3.- Geological overview of the Sierra Madre Oriental in Northeast Mexico

tra una forma práctica de análisis mediante la falsilla o estereograma de Schmidt, la cual permite determinar las condiciones de estabilidad que presentan los taludes de carreteras en zonas montañosas, en función de la orientación de sus superficies expuestas al corte. La falsilla de Schmidt en su hemisferio inferior muestra la orientación de las diferentes familias de fracturas presentes en un macizo rocoso estratificado, así mismo la orientación del talud proyectado, lo cual permite visualizar la relación geométrica entre las superficies expuestas y su corte (Fig. 2). Markland (1972) definió la envolvente de falla del talud de corte y estableció que los polos de las superficies concentradas dentro de esta envolvente, presentan características potencialmente inestables, así que son las superficies a analizar dentro de la falsilla de Schmidt. Talobre (1957) analizó las intersecciones de las superficies y definió a estas como posibles cuñas de deslizamiento. En general a estos dos mecanismos de falla se pueden relacionar con deslizamientos planares por desarrollarse sobre las superficies estructurales del macizo rocoso.

Las superficies predominantes son diaclasas y planos de estratificación. La posición estructural de estas superficies en relación al talud de corte deberá ser analizado en la falsilla de Schmidt en su proyección ecuatorial del hemisferio inferior (Fig. 2). Una vez determinada la

envolvente del talud se analizan aquellas familias de fracturas que se encuentren dentro de esta envolvente para poder determinar su estabilidad para el corte planeado.

Geología

Las rocas que constituyen la SMO en la región estudiada (Fig. 3) son rocas sedimentarias marinas del Mesozoico compuestas principalmente por calizas, dolomías y calizas arcillosas. La secuencia sedimentaria inicia con sedimentos marinos del Jurásico Superior, hacia la base del Cretácico, se encuentran calizas arcillosas y lutitas, siguiendo una transición hacia el Cretácico medio con calizas densas con espesores mayores de 2 m. Estas secuencias se vuelven más arcillosas en la parte superior del Cretácico. Todas estas secuencias se encuentran concordantes entre sí. Además, es posible observar algunas intercalaciones de horizontes lutíticos y margosos, los cuales presentan superficies de debilidad en la planeación de taludes carreteros.

Geología estructural

Las secuencias sedimentarias en la región montañosa de la SMO presentan un fuerte plegamiento debido a los efectos de la orogenia Laramídica en el Eoceno, la cual plegó, fallo y cabalgó es-

tos paquetes sedimentarios, dando como resultado un transporte tectónico hacia el ENE (Fig. 3). Las estructuras que se pueden identificar son anticlinales y sinclinales recumbentes, algunos de ellos cabalgados, formando planos de falla con buzamientos menores de 20°. Los macizos rocosos presentan un fuerte diaclasamiento, lo cual favorece a la formación de bloques y al desprendimiento de la roca al realizar un corte artificial. La complejidad de las estructuras ha traído como resultado que dentro del tren montañoso de la SMO existan estructuras de deslizamientos, los cuales después de haberse mantenido en su estado de equilibrio, este se ha visto afectado con la construcción de nuevos trazos carreteros. Lo anterior presenta la dificultad de elaborar o diseñar taludes que permitan la seguridad del tráfico vehicular a través de esta cadena montañosa, en especial durante los meses de mayor precipitación, como son agosto y septiembre.

Análisis

Para llevar a cabo el siguiente análisis se analizaron 200 mediciones en promedio por afloramiento. Éstas fueron realizadas con brújula, considerando todas las estructuras planares presentes en los macizos rocosos con problemas de estabilidad a lo largo de la carretera La Palma-Rayones, en la municipalidad de Monte-

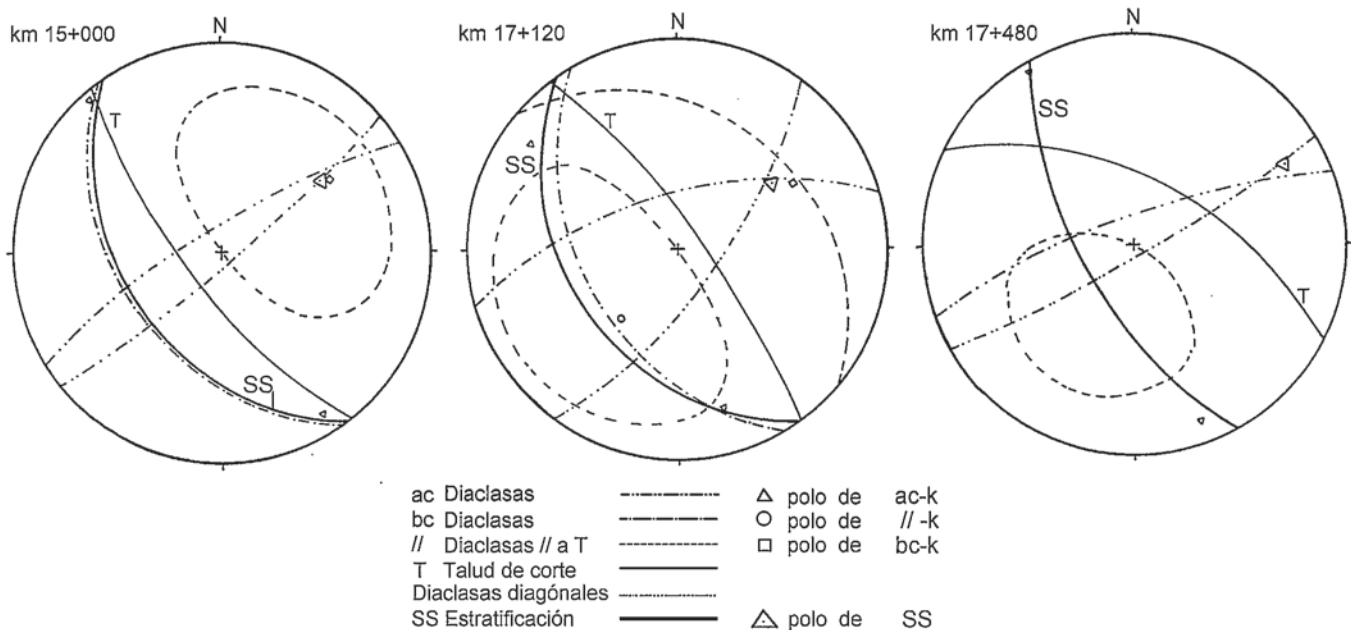


Fig. 4.- Representación de las superficies de Markland con los sistemas de familias representados como círculos máximos, en la proyección estereográfica.

Fig. 4.- Representation of the Markland plane showing the joint systems as great circles in stereographic projection

morelos, Nuevo León, Noreste de México. Se determinaron los grupos de familias predominantes y se obtuvieron sus círculos máximos, que posteriormente se representaron en la falsilla de Schmidt (Fig. 4). En esta falsilla se reconocen familias de fracturas que se encuentran afectadas por el talud de corte diseñado, lo cual nos indica una inestabilidad potencial del macizo rocoso en el momento de construir el talud a lo largo del trazo (Fig. 4). En este análisis vemos que la envolvente de falla o superficie de Markland encierra los polos de las familias de fracturas con una mayor densidad en el afloramiento, lo cual hace esperar un deslizamiento que presenta diferentes planos preferenciales de movimiento. Estos se desarrollarán a lo largo de los planos de estratificación y también a lo largo de las diaclasas paralelas al talud de corte, dando lugar a deslizamientos de tipo planar.

En las falsillas correspondientes al km 15+000, se observa una clara afectación del sistema a lo largo del plano de estratificación. En el caso del km 17+120

se observa un buzamiento contrario al talud de corte de las superficies de estratificación y diaclasamiento, así como una cuña que causará una inestabilidad en el momento de realizar el corte. Por último en el caso del km 17+460, vemos que no se presentará una inestabilidad por la verticalidad de las superficies de diaclasas que forman una cuña de deslizamiento, al ser afectadas por el talud de corte. Estos tres ejemplos no permiten visualizar la influencia de taludes de corte en trazos carreteros y elegir de esta forma la modificación de la única superficie que podemos cambiar como lo es la orientación del talud hasta que su envolvente de falla no encierre los polos de las familias de fracturas del macizo rocoso.

Discusión

Naturalmente la aplicación de este método podría parecer sencillo. Sin embargo, en países como el nuestro, podemos comprobar que en la actualidad, siguen existiendo problemas de inestabilidad de taludes en carreteras de primera

clase. Además vemos que, gran parte de los costos de mantenimiento que se hacen en cada vez que ocurre un deslizamiento, se pueden evitar considerando este método de análisis para la construcción de carreteras en zonas montañosas.

Referencias

- Hoek, E. and Bray, J.W. (1977): *Rock Slope Engineering*, Institute of Mining and Metallurgy, London.
- John, K.W. (1968): *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division*, ASCE, Vol. 88, No. SM2, Proc. Paper 5865, pp. 497-526.
- John, K.W. and Deutsch, R. (1974): *Festschrift Leopold Müller- Salzburg. z. 65. Geburtstag.*, S. 137-159. Karlsruhe.
- Markland, J.T. (1972): *Imperial College, Rock Mech. Research*, repor, 19: 1-10
- Medina-Barrera, F. (1996): *Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie*, Heft 62., S: 194., Aachen.
- Talobre, J. (1957): *La Mécanique des Roches.*- Dunop, S. 39-44., Paris.