

FACTORES ALUSIVOS DE RIESGO DE TIPO CUALITATIVO EN LOS MOVIMIENTOS DE LADERA

GARCIA SANCHEZ, Ramón J. ICCP. D.E.A. Ingeniería Civil. Junta de Andalucía
HERNÁNDEZ DEL POZO, J. Carlos. Dr. ICCP. Universidad de Granada.
OCETE RUIZ, Isidro. Ldo. C. Geológicas. D.E.A. Ingeniería Civil. Geotécnica del Sur, S.A.
HERNÁNDEZ GARVAYO, J. Carlos. ICCP. D.E.A. Ingeniería Civil. Geotécnica del Sur, S.A.

RESUMEN: En este artículo se presenta una relación de factores cualitativos de riesgo que sugieren la posibilidad de inestabilidad en el terreno en el que se va a trabajar. Además de los factores cuantitativos que tradicionalmente se vienen estudiando para la evaluación de riesgos de movimientos en masa, aquí se desarrolla una metodología sencilla y económica que, teniéndose en cuenta, proporcionará una información inmediata sobre el terreno en cuestión.

1 INTRODUCCIÓN

La movilización de los suelos y los macizos rocosos se produce mediante procesos de meteorización física y química, bajo la acción de los cambios térmicos, de la lluvia y el viento, todo ello alimentando un proceso erosivo que afecta a volúmenes enormes de partículas y produce el modelado del relieve. Este artículo se centra, sin embargo, en el modelado en masa del relieve mediante los movimientos gravitatorios que se engloban dentro de los términos “movimientos o deslizamientos de laderas y taludes” en función de que afecten a superficies inclinadas naturales (laderas) o artificiales (taludes).

La clasificación de los tipos de movimientos de ladera, ha sido objeto de numerosos trabajos, aunque destacan los de Varnes (1978, 1984), Hutchinson (1988), Cruden y Varnes (1999) y Corominas y García Yagüe (1997). Los criterios relativos a geometría y dinámica de los movimientos se exponen de acuerdo con Chacón (2003), Chacón et al (1997) y WP/WLI (1990-1993). Se emplearán los términos “movimientos de masa, ladera o talud” y “deslizamientos de suelos” para referirse, en general, a todos los tipos de movimientos.

Entre otros, actualmente se analizan como factores determinantes de las condiciones de estabilidad los siguientes: Litología, vegetación, unidades tectónicas, pendientes, elevación, formas, curvatura vertical, exposición, cauces, cuencas segmentos, rugosidad, amplitud, contactos, recubrimiento, densidad de drenaje, índices de tectónica activa, etc.

Se define como riesgo específico al grado esperado de pérdidas debido a un fenómeno natural particular.

Definimos riesgo: $Riesgo = A \cdot B \cdot C$

- A = costo de los elementos bajo riesgo
- B = vulnerabilidad
- C = probabilidad de ocurrencia del fenómeno

La vulnerabilidad es el grado de pérdida de uno o más elementos en riesgo debido a la producción de un fenómeno natural de una magnitud dada (Varnes, 1984).

La vulnerabilidad puede ser medida en una proporción del costo susceptible a ser perdido por la generación de un fenómeno (Sepúlveda, 1998).

Según Fournier Dálbe (1979), peligro es la probabilidad de que un área determinada sea afectada por procesos o productos potencialmente destructivos en un intervalo dado de tiempo.

Para Varnes (1984), peligro natural es la probabilidad de generación de un fenómeno potencialmente dañino dentro de un periodo de tiempo especificado en un área dada.

La zonación de peligro requiere de un conocimiento de los procesos que son o han estado activos en un área y de los factores que ocasionaron o determinan la ocurrencia de los fenómenos potencialmente dañinos.

Un mapa de peligros de movimientos en masa debe dar información de la probabilidad espacial y temporal, del tipo, magnitud, velocidad, distancia de alcance, y de los límites de un movimiento de remoción en masa esperado.

Hernández del Pozo (1998) señala que el desarrollo de la Cartografía Geotécnica y la incidencia cada vez mayor de los problemas Geomecánicos en la ordenación territorial y urbana y las obras públicas, ha hecho sentir la necesidad de unificar la información geotécnica y hacerla disponible al mayor número de usuarios evitando la duplicidad de las prospecciones y ensayos, reduciendo los costes y la dispersión de los estudios geotécnicos.

Se pretende con esto conseguir los siguientes objetivos:

- Creación de Bases de Datos (o Banco de Datos), cuyo objetivo es obtener un almacenamiento de los datos, que facilite herramientas de análisis y optimice su explotación.
- Programas de explotación, cuyo objetivo es el tratamiento matemático, estadístico y eventualmente geoestadístico de los datos.
- Programas de cartografía, cuyo objetivo es la restitución de datos geológicos y geotécnicos en forma gráfica.

2. PROPUESTA DE NUEVA DIRECCIÓN EN EL ESTUDIO DE FACTORES DE RIESGO

Además de los factores detallados anteriormente aquí se van a tratar como complementarios, dentro de la cultura básica de información, otro tipo de factores más intuitivos que pueden alertar sobre la posibilidad de ocurrencia de movimientos de ladera y taludes.

Dentro de los estudios de la estabilidad de taludes, este trabajo desarrolla la búsqueda de información previa dentro de lo que se denomina cultura de información básica, entendiendo por tal la que no tiene información geotécnica al uso.

Este trabajo se presenta el resultado de un test que se ha preparado sobre la red de Carreteras de la Junta de Andalucía en Andalucía Oriental, con una proyección claramente internacional por la similitud de formaciones en muchos otros lugares del planeta, en el que se ponen en evidencia los hechos antes comentados, habiendo tenido especial resonancia la comparación de las incidencias ocurridas después de las fuertes y continuas lluvias de la época de los años 95-98 con la edad geológica de los terrenos, sobre todo porque se ha podido comprobar que la palabra triás o mioceno no responde a un modelo de riesgo, en contra de lo que se creía.

3. FACTORES DE RIESGO ESTUDIADOS

Son objeto de este estudio los siguientes factores de riesgo:

- Existencia de cruces de carretera.
- Toponimia.
- Riesgos basados en la edad de los materiales.
- Curvatura en planta del terreno.

3.1 Inestabilidades en cruces de carretera

3.1.1 Introducción

Se ha observado que existe una relación entre la ocurrencia de deslizamientos y la existencia de cruces de carretera cercanos. Esto se debe a la insuficiencia o deficiencia en las redes de drenaje asociadas a las carreteras concluyentes al cruce.

3.1.2. Fuentes y métodos

Como fuentes, se han utilizado más de 200 estudios sobre incidencias en el terreno. Aquí se va a presentar como ejemplo de ellos el que se ha llevado a cabo, dentro de la provincia de Jaén, en el tramo que va desde Úbeda al cruce de Huelma, pasando por Jódar de la carretera A-301 donde se han inventariado las siguientes incidencias geotécnicas:

- Problemas de estabilidad del terraplén del P.K. 50+000 de la A-301.
- Problemas de estabilidad del terraplén del P.K. 51+500 de la A-301.
- Deslizamiento de desmonte en el P.K. 75+100 de la A-301.
- Deslizamiento de terraplén en el P.K. 76+500 de la A-301.
- Deslizamiento de terraplén en el P.K. 77+500 de la A-301.

- Deslizamiento de ladera del P.K. 4+800 del tramo Cortijo Nuevo - Bélmez en la A-301.

Como se puede observar en la figura 1, las incidencias señaladas se sitúan junto a cruces de carretera.

En el tramo estudiado se observa que el 67% de los deslizamientos se encuentran cercanos a cruces de carreteras, lo cual hace concluir que se puede incorporar este factor como uno más que se debe tener en cuenta en esa cultura de información básica a la que se ha aludido anteriormente.

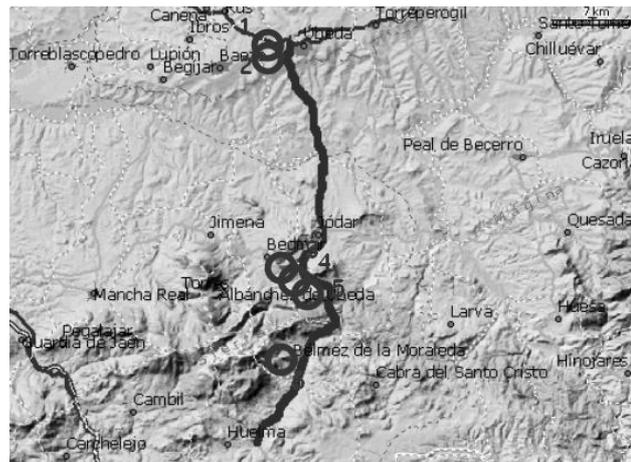


Figura 1

3.2. Toponimia

3.2.1. Introducción

Toponimia es un nombre propio que sirve para distinguir un lugar preciso, en un contexto determinado.

Se trata la idea de que la denominación de un lugar puede proporcionar conocimiento sobre el terreno y podría servir para formar parte de la información básica que se debe abordar en el estudio de deslizamientos.

Origen y significado de la toponimia

Estructura y conceptos

A pequeña escala, los mecanismos de formación de los topónimos son espontáneos, ríos, sierras, crestas, accidentes, pueblos, etc. Tienen denominaciones que pueden variar con el tiempo aunque siguen una pauta.

Etimología y etiología

Cuanto más antiguo es un topónimo más fiel será, aunque plantea un problema ya que la documentación antigua está en latín y hay muchos topónimos que se han traducido, perdiendo parte de su significado original.

3.2.2. Fuentes y métodos

Cartografía

Los mapas topográficos suelen ser de escalas 1:10000, 1:25000 y 1:100000 en los cuales aparecen topónimos de más a menos respectivamente.

El S.I.G. procesa la información en capas sucesivas de topónimos con arreglo a su importancia, por ejemplo: capa número 1 = toponimia de primera categoría, capa número 2 = toponimia de segunda categoría.

Implantación de topónimos en el mapa

Hay tres tipos de topónimos:

- Puntual; por ejemplo en un mapa a 1:50000 se tiene la norma de que el topónimo esté delante o detrás del punto.

- Lineal; hay que poner el topónimo siguiendo la disposición del camino, del río o de la senda etc.
- Superficial o areal; donde en el caso de que la comarca o la provincia esté marcada, el topónimo se pone en el centro de dicha superficie.

La bibliografía especializada “local” es uno de los instrumentos básicos para realizar el corpus toponímico y para aclarar la evolución, significación, grafía y la etimología.

El sistema de presentación es por orden alfabético y estos trabajos suelen tener alguna aportación extra o explicaciones.

Coincidencias Incidencia – Topónimo

Como muestra de la importancia del estudio del topónimo se citan a continuación una serie de incidencias ocurridas dentro o junto a las zonas de nombre que avisa de posibles peligros en la mencionada provincia en estudio de Jaén:

Las Quebradas (Baeza), Pitón de Fuentes (Úbeda – Jódar), Cañada Malavista (Jódar – Guadahortuna), Cerro de Mataborriscos (Arjona – La Higuera), Quebradillas, Caballico, Cerro de Pecho (Torredelcampo – Torredonjimeno), La Cobatilla, Cerro Calabrún, Pasada Arrabal, Cerro Arenoso (Torredonjimeno – Martos).

Además, se produce un hecho que se tiene que destacar como es el de las repeticiones de topónimos que se encuentran en distintas zonas. Esto ayuda a la localización de terrenos inestables, puesto que si se encuentra en un lugar un topónimo alusivo de riesgo ligado a inestabilidad en el terreno, al localizar el mismo topónimo o alguno parecido en otra zona, se tendrá otro más que probable terreno inestable.

Haciendo un barrido por un mapa toponímico de la provincia de Jaén se ha constatado la gran cantidad de topónimos repetidos en zonas distintas:

- Los Hundideros en los términos municipales de Alcalá la Real, Jaén, Linares y Valdepeñas de Jaén.
- Cañada, Cañadas o Cañadillas en Aldeaquemada, Arquillos, Jódar, Linares, Navas de San Juan, Pegalajar y Vilches.
- El Hoyo en Baños de la Encina, Hoyera y Hoya Honda en Beas de Segura, el Hoyón en Bélmez de la Moraleda, la Hoya del Peñón en Hornos de Segura, Dehesa Hoyo Hondo en Montizón y la Hoyuela en Villarrodrigo.
- Matavacas en Andujar, Matababras en Bailén, Matamulas en Chiclana de Segura y Matarribazos en Jódar.
- Roturas en Cárcheles y Jódar.
- Hoya Honda y Ramblas Hondas en Beas de Segura, Hondos en Castellar, Navahondo en Cazorla, Cerro de Cañada Honda en Jódar, Valhondillo en Marmolejo, Dehesa del Hondillo en Montizón, Arroyo de Barranco Hondo en Navas de San Juan, Navahondona y Cerro de Navahonda en Peal de Becerro y Cerro Hondo y Arroyo Barranco Hondo en Sabiote.

3.3. Riesgos basados en la edad de los materiales

3.3.1. Introducción

Es una posibilidad el hecho de que dependiendo de la edad de los materiales del terreno pueda haber una mayor o menor probabilidad de que se produzca algún tipo de incidencia geotécnica, y por eso se ha analizado también esta propiedad como posible factor de riesgo.

3.3.2. Fuentes y métodos

Como fuentes, se han utilizado los archivos de la Oficina Técnica de Carreteras de la Junta de Andalucía.

En la metodología se toma como ejemplo un estudio que se realizó en toda la provincia de Jaén, en el que al superponer el mapa geológico y el de incidencias donde se apreció que las incidencias estaban concentradas en terrenos de edad miocénica con un 58%, seguido del Triásico con un 30%. Los demás se distribuyen como sigue:

- Cretácico 6%.
- Cuaternario 3%.
- El resto solo abarca el 3% restante.

A continuación se muestran los diagramas que representan la relación de la geología con las incidencias.

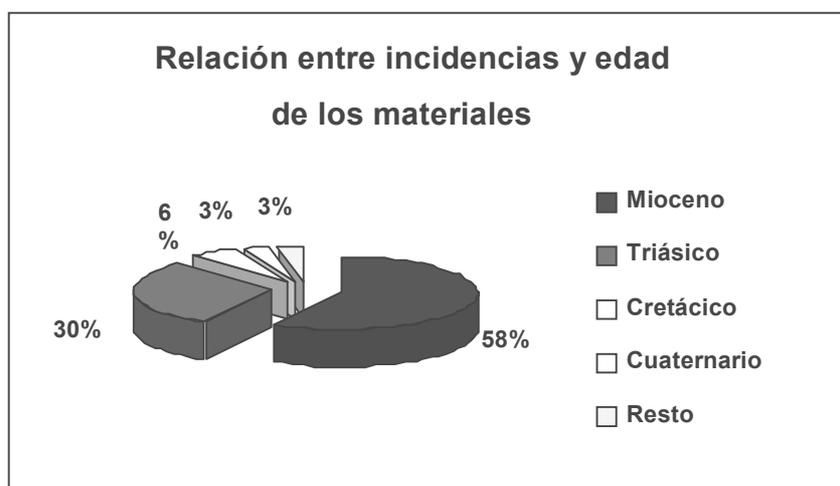


Figura 2

3.4. Influencia de la curvatura en planta de la ladera o talud en la estabilidad del terreno

3.4.1. Introducción

Es obvio pensar que la forma del terreno influya en los movimientos de éste, puesto que tanto centros de gravedad como momentos que pueden desenlazar en movimientos, están condicionados por las formas del relieve.

3.4.2. Fuentes y métodos

Para comenzar este estudio se analizaron varias características de forma de las laderas y taludes:

- **Inclinación:** Rasgo que Hernández del Pozo (2000) ha demostrado que es determinante como factor de riesgo si el valor del ángulo está entre 15° y 30°.
- **Curvatura en perfil:** Es un rasgo sobre el que ya se han hecho multitud de estudios.
- **Curvatura en planta:** La concavidad o convexidad en planta es un factor de fácil estudio, puesto que con un plano del lugar ya se tiene valor de juicio antes incluso de la visita a esa zona (Figura 3).

Nuestros estudios se centraron en la curvatura en planta, por haberse estudiado ya por otros autores ampliamente las otras dos características de forma descritas.

Al hablar de curvatura, se habla de concavidad o convexidad y para diferenciar entre estos dos términos se ha de tomar un sistema de referencia cuyo origen se sitúa en el observador mirando hacia aguas arriba de la zona curvada.

En este apartado se utiliza como ejemplo el estudio realizado en el tramo Ugíjar-Cádiar de la carretera A-348 en la Alpujarra de Granada. En las zonas cóncavas, los deslizamientos encontrados han sido de mayor envergadura. Las inclinaciones de estos deslizamientos oscilaron entre los 30° y los 40°. La concavidad no es en sí un factor determinante, sino que necesita que coincidan otros factores como la pendiente y la existencia de antecedentes. Es excesivamente peligroso concluir que la ausencia de movimientos pasados o presentes es garantía de estabilidad para el futuro (Flageollet, 1989).

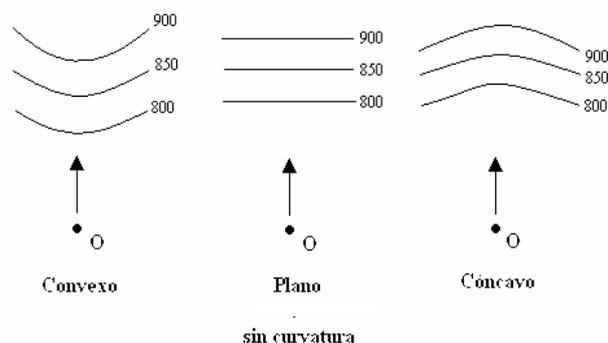


Figura 3

En los estudios de campo realizados en el tramo anteriormente citado y que se ha seleccionado como ejemplo para ilustrar este apartado se han obtenido los resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Localización (P.K.)	Concavidad
19+200	Sí
18+300	Sí
17+200	Sí
16+600	Sólo local
16+600	Sólo local
16+100	Sí
15+900	Sí
12+600	No
11+500	Sí

Se infiere a partir de este estudio que la concavidad en planta está relacionada con el riesgo de deslizamientos en materiales.

Como medida de la concavidad se ha tomado el ángulo que forman las tangentes a las curvas de nivel en la divisoria de la concavidad.

Hay que señalar que se detectó una mayor concentración de deslizamientos no en los vértices de las zonas cóncavas, sino en los puntos de cambio de curvatura de cóncava a convexa. Esto es un proceso de “desconcaización” o apertura de la concavidad, tal que si se tiene en cuenta el relieve de un material homogéneo, se tendería a la unión de concavidades contiguas y si se considera que los macizos convexos son más resistentes, quedarían aislados.

4. ANÁLISIS ZONAL SEGÚN LOS FACTORES DE RIESGO CUALITATIVOS PROPUESTOS

Una vez explicados los factores que se quieren tener en cuenta y estudiada la importancia que tienen en el suceso de movimientos de ladera o taludes, se propone la realización de un criterio múltiple basado en los factores de riesgo cualitativos citados anteriormente para aplicarlo a las zonas en las que se vaya a trabajar. Antes de postular este análisis multicriterio se va a realizar una matriz de decisión para ver cuales de los factores serán lo más importantes en el citado análisis.

4.1. Matriz de decisión

Los axiomas de evaluación que se tienen en cuenta son:

- Simplicidad: El que sea simple el estudio de un factor de riesgo anima a utilizarlo para el estudio de una zona.
- Intuición: El que el estudio de un factor de riesgo resulte intuitivo evitará complejas explicaciones.
- Rapidez: Es importante que el estudio de un factor de riesgo sea rápido, puesto que cuanto más lo sea, más factible hará su consideración debido a que los encargados de su estudio podrán decidir en ocasiones con un solo vistazo.
- Economía: Es una propiedad que en ningún estudio se puede obviar. Cuanto más económico sea el estudio de un factor de riesgo, más fácil hará su uso.
- Probabilidad estudiada: Es una propiedad que se hereda de los estudios de campo realizados. Aquí se da valor al porcentaje de sucesos acaecidos con la presencia del factor de referencia.

Cada uno de los factores de riesgo que se van a someter a la matriz de decisión podrá obtener una valoración de 0 a 10 puntos, distribuyéndose el peso de las propiedades de la siguiente forma:

- Simplicidad (S): 0 a 1 punto
- Intuición (I): 0 a 1 punto
- Rapidez (R): 0 a 2 puntos
- Economía (E): 0 a 2 puntos
- Probabilidad estudiada (P): 0 a 4 puntos

	S.	I.	R.	E.	P.	Total
Cruces de carretera	1	0.7	2	2	2.8	8.5
Curvatura en planta	0.7	0.4	1.6	2	3.6	8.3
Edad de los materiales	0.5	0.4	0.6	1	0	2.8
Toponimia	0.5	1	2	2	2	7.5

Según esta matriz, se debe descartar el estudio de la edad de los materiales por no llegar a una puntuación de 5, lo que viene a confirmar que, como se había dicho anteriormente, no es un factor que merezca ser tenido en cuenta.

Sin embargo, se observa que las valoraciones obtenidas por cada uno de los otros tres factores de riesgo son altas, por lo que merecerán ser tenidos en cuenta para estudios sobre la estabilidad de laderas y taludes.

Como la puntuación que arroja la matriz es muy parecida en los factores de riesgo aceptados (cruces de carretera, curvatura en planta y toponimia), en adelante se dará la misma importancia y el mismo peso a cada uno de ellos en el momento de realizar análisis que los tengan en cuenta.

Antes de seguir adelante, se quiere alertar sobre la mala interpretación que se puede dar a estos factores:

Por ejemplo, la existencia de un cruce de carretera no implica necesariamente la posibilidad de que puedan existir deslizamientos cercanos. La lectura sería a la inversa: Cuando encontramos un deslizamiento, es posible que haya un cruce de carretera próximo que haya tenido algo que ver en ese deslizamiento por la posibilidad de deficiencia de la red de drenajes. Con esto se quiere decir que cuando se va a trabajar en un área hay que estudiar si existen y las condiciones en las que están los cruces de carretera de dicha zona, ya que se pueden convertir en factor que alerte de riesgo.

4.2. Análisis multicriterio

Este análisis se va a restringir a los tres factores cualitativos que se han considerado como válidos tras someterlos a la matriz de decisión anterior, no siendo definitivo para localizar una zona de peligro, pero sí puede evitar estudios convencionales que son mucho más costosos con sólo mirar un mapa de la zona y comprobar si allí existe alguna problemática. Se puede poner como ejemplo el hecho de que si hay una zona con el nombre de "Cerro Arenoso" (encontrada en el término municipal de Baeza) por la que se quiere pasar una carretera, se deberá prestar mucha atención a la estabilidad del terreno en esa zona. En el caso citado se encontraron varios movimientos de ladera, por lo que sin más estudios, si existe la posibilidad de desviar la carretera por otra zona y no es más caro que la corrección de esos movimientos, se han resuelto muchos problemas futuros con sólo haber mirado el mapa antes de empezar a proyectar.

Para el análisis multicriterio, como se está hablando de factores cualitativos, no se van a utilizar valores numéricos sino valores alfabéticos, utilizando las letras A, B y C.

Para el análisis del factor de riesgo que representa la existencia de cruces de carretera se elegirán las letras A, B y C en función a las siguientes consideraciones:

- A: Existen muchos cruces y las carreteras son antiguas, por lo que habrá una red de drenaje peor que si se está ante nuevos trazados.
- B: Hay cierta densidad de cruces pero las carreteras son nuevas o hay pocos cruces pero las carreteras son antiguas.
- C: No hay muchos cruces y las carreteras son recientes.

El factor de riesgo que presenta la curvatura en planta de las laderas y taludes se evaluará de la siguiente forma:

- A: Ladera o talud cóncavos en planta.
- B: Ladera o talud sin curvatura.
- C: Ladera o talud convexos.

La toponimia es el factor más intuitivo y que más va a dejar a la libre interpretación de quien estudie este factor. Según se considere la mayor o menor fuerza de alusión a riesgo del topónimo se tendrá:

- A: Topónimo que alude claramente a la posibilidad de inestabilidad. Por ejemplo “Haza Hundida” en el término municipal de de Beas de Segura (Jaén).
- B: Topónimo que alude no con una fuerza decisiva a la posibilidad de inestabilidad. Se puede tomar por ejemplo “Las Quebradas” en el término municipal de Martos (Jaén).
- C: Topónimos poco o nada alusivos a la posibilidad de inestabilidad.

Cuando se tengan asignados los valores alfabéticos a cada uno de los factores de riesgo según los criterios explicados anteriormente, se realizará una de las siguientes operaciones para obtener una valoración total de la zona estudiada:

A + A + A = A
A + A + B = A
A + A + C = A
A + B + B = B
A + B + C = B
A + C + C = B
B + B + B = B
B + C + C = C
B + B + C = B
C + C + C = C

Si el resultado final es A, se estará ante una zona en la que se debe trabajar con sumo cuidado, estudiar con mucha cautela otros factores de riesgo e incluso, si es factible, es recomendable no construir en esa área.

Si el resultado final es B, se tendrá que evaluar la zona más detenidamente y estudiar otros factores de riesgo que proporcionen más información que ayude a decidir.

Si el resultado final es C, se está en una zona que, según este análisis multicriterio, está fuera de peligro, por lo que habrá que estudiar los factores de riesgo tradicionales sin tener en cuenta ninguno de los aquí propuestos.

5 CONCLUSIONES

Se ha puesto de manifiesto que la cultura de información básica sobre factores de riesgo para la ocurrencia de deslizamientos es fundamental por los siguientes motivos:

- Alerta sobre las posibilidades del terreno sobre el que se va a construir.
- Evita, con un mínimo coste tanto de trabajo como económico futuros fallos que causen pérdidas tanto económicas como de vidas.
- Tras elaborarse una relación de posibles factores de riesgo en una zona, siempre se tendrá ahí para consultas futuras, evitando costes.

Se muestra estadísticamente cómo la existencia de cruces de carretera, puede determinar, junto a otros factores el suceso de un deslizamiento. Aunque en este artículo, en aras de la brevedad, no se puede mostrar más que el estudio de un tramo de carretera, se ha comprobado que es un factor determinante en los deslizamientos la existencia de cruces puesto que así ocurre en muchos de los tramos estudiados.

La explicación que se ha encontrado para la importancia que demuestra tener la existencia de cruces de carretera es la dificultad para evacuación de agua, creándose zonas de inundación que a la postre pueden desencadenar en mecanismos de deslizamientos del terreno.

La curvatura en planta de terreno se ha revelado como un dato de observación importantísimo, puesto que debido a factores de tipo hidrodinámico, se ha podido observar que los terrenos cóncavos son más propensos a sufrir incidencias geotécnicas; de hecho más del 90% de los deslizamientos se encuentran en zonas cóncavas.

El estudio sobre la toponimia nos pone en la pista de posibles fallos del terreno con sólo ver cómo se llama la zona en la que se está trabajando. Evidentemente se ha podido cotejar que no es un factor determinante, pero con la simple medida de tomar en cuenta el nombre del lugar e informarse de dónde procede, se podrá advertir que puede tratarse de algún terreno inestable.

REFERENCES

Bolton, J. (1989). Geological maps. Their solution and interpretation. Cambridge University Press.

Butler and J.D. Bell. (1988). Interpretation of geological maps. Longman Herat Science Series.

Chacón, J. (1999). Riesgos Naturales en el borde suroriental de la depresión de Granada. In RIVAS CARRERA, P. y GÓMEZ-CAMINERO GARCÍA, R. Edit. Ciclos Naturales y Desarrollo Sostenido. Grupo Editorial Universitario, pp. 71 a 134. Granada.

Chacón, J.; Irigaray, C.; Fernández, T. (1996 a). Landslides. Proceedings of the 8th ICFL. Madrid-Barcelona-Granada, Spain. Editorial Balkema, Róterdam.

Chacón, J.; Irigaray, C. (1999). Previsión espacial de movimientos de ladera y riesgos asociados mediante SIG. In L.LAÍN editor "Los Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente". Cap. 7, pp. 113 a 126. ITGME. Madrid.

Consejería de Obras Públicas y Transportes. Dirección General de Ordenación del Territorio y Urbanismo Junta de Andalucía (1999). Riesgos Catastróficos y ordenación del territorio en Andalucía.

Corominas, J.; García-Yagüe, A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. In E. Alonso, J. Corominas, J. Chacón et al., editores. IV Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Vol 3, pp. 1051 a 1072. Granada. Barcelona.

El-Ramly, H.; Morgenstern, N.R.; Cruden, D.M. "Probabilistic slope stability analysis for practice" - Canadian Geotechnical Journal, 2002, 39, pp. 665 a 683.

García Sánchez Ramón J.; Hernández del Pozo Juan C.; Hernández Garvayo, Juan C.; Ocete Ruiz Isidro. "Pantallas con el método descendente como corrección del deslizamiento de Navas de San Juan (Jaén)". III Congreso Andaluz de Carreteras. Sevilla 2003.

García Sánchez Ramón J.; Hernández del Pozo Juan C.; Hernández Garvayo, Juan C.; Ocete Ruiz Isidro. "Previsión de Movimientos de ladera: Incidencias geotécnicas y litología del substrato en la red de carreteras de la Junta de Andalucía (Provincia de Jaén)". III Congreso Andaluz de Carreteras. Sevilla 2003.

Hansen, A. (1999). Landslide Hazard Analysis. In "Slope Instability (S. Brunsden and D.B. Prior, eds.)". John Wiley & Sons. New York, pp. 523 a 595

Hernández del Pozo, J.C.; Menéndez Ondina, A.; Alejo García Mauricio, J.L. (La Serena, 2000). Propuesta metodológica mediante S.I.G. para la prevención de riesgos geotécnicos en infraestructuras viarias.

Irigaray, C.; Chacón, J. (2003). Métodos de análisis de susceptibilidad a los movimientos de ladera, pp. 21 a 37. In "Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG" Editores F.J. Ayala-Carcedo y J. Corominas. IGME. Ministerio de Ciencia y Tecnología. 191 pp. Madrid.

Lamas, F.; Irigaray, C.; Fernández, T.; El Hamdouni, R.; Chacón, J. (1997). Lluvias y movimientos de ladera durante el invierno 1996-97 en Andalucía Oriental. I Congreso Andaluz de Carreteras. Granada. Vol. 5, pp. 654 a 667.

Rodríguez Ortiz, J.M.; Prieto, C.; Hinojosa, J.A. (1978). Regional studies on mass movements in Spain. III International Congress of the I.A.E.G. Asociación Española de Geología Aplicada a la Ingeniería. Sección I, vol 1. Madrid., pp. 267 a 277.

Varnes, D.J. (1978). Slope movements types and processes. in SCHUSTER, R.L. AND KIZEK, R.J. (eds) Landslides: analysis and control. National Research Council Transp. Research Board Special rep. 176, pp. 11 a 33.

Varnes, D.J. (1984). Landslide hazard zonation: a review of principles and practice. Unesco, Paris.

Zuyu Chen, Hongliang Mi, Faming Zhang y Xiaogang Wang, "A simplified method for 3D slope stability analysis" - Canadian Geotechnical Journal, 2003, pp. 675 a 683.