

Metodología simplificada para la zonificación de riesgos geológicos

Márquez, O. A. M.

Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, marquezomar@cantv.net

RESUMEN: El mapa de zonificación de riesgo geológico muestra la manera como las variables físicas y de otro tipo se interrelacionan e interactúan entre sí, determinando la estabilidad o inestabilidad de los terrenos. Las variables físicas involucradas en este análisis son en orden de importancia: litología, estructuras geológicas, clinometría y geomorfología, aunque la metodología empleada admite la incorporación de las variables que se consideren necesarias, para cada una de las cuales se desarrolla un mapa temático y finalmente por superposición, se obtiene el mapa de Zonificación de Riesgos Geológicos.

Abstract: The map of zonification of geologic risk shows the way like the physical variables and of another type they interrelate and they interact between if, determining stability or instability of lands. The involved physical variables in this analysis they are in importance order: litology, structures geologic, clinometric and geomorphology, although the used methodology admits the incorporation of variables that are considered necessary, for each one of which it develops a thematic map and finally by superposition, the map is obtained of Zonification de Geologic Risks.

1 INTRODUCCION

La zonificación de riesgos geológicos es el resultado de un análisis secuencial integrado del conjunto de variables que inciden y causan la inestabilidad de los terrenos, en el cual se consideran los efectos expresados en los procesos de geodinámica externa

El mapa de sectorización de riesgos geológicos constituye la información fundamental para adaptar los proyectos a las condiciones geológicas de los terrenos y su realización es de vital importancia en toda área a ser desarrollada con fines urbanísticos, industriales, etc.

Este mapa de riesgos ofrece un diagnóstico geológico-geotécnico y se propone destacar los aspectos restrictivos de las condiciones geológico-geotécnicas y debe servir de orientación para la confección de planes de ordenamiento territorial.

2 VARIABLES TEMATICAS

Son todos aquellos aspectos físicos, geológicos, geotécnicos, biológicos, sociales, catastrales, etc. que están asociadas a la estabilidad y al comportamiento geomecánico de los terrenos.

Las variables físicas involucradas son en orden de importancia: cantidad probable de agua en el terreno, cantidad probable de agua, litología, estructuras geológicas, clinometría y pendiente, geomorfología, intervención antrópica, sismicidad, etc.

No obstante, la metodología admite la incorporación de otras variables que se consideren necesarias y para cada una de las cuales se debe realizar un mapa temático.

Las variables pueden ser de primer orden o primarias y de segundo orden o secundarias; las primarias son aquellas que son de carácter obligatorio su incorporación al análisis, sin las cuales se pudiera considerar incompleto el estudio, en este grupo se encuentran: litología, estructuras geológicas, cantidad probable de agua en el terreno, clinometría y pendiente, geomorfología, sismicidad. Entre las secundarias se pueden incluir variables como vegetación, etc.

Así mismo se pueden clasificar las variables como sencillas siendo aquellas de acción directa e individual como la litología y complejas aquellas que dependen a su vez de otras subvariables, como por ejemplo la cantidad probable de agua en el subsuelo.

3 CANTIDAD PROBABLE DE AGUA EN EL TERRENO

Los eventos recientes han demostrado que la cantidad probable de agua presente en el terreno, en un momento dado, juega un papel determinante como detonador de los movimientos de masa en zonas de desarrollo urbano descontrolado como nuestras barriadas populares; esta es una variable compleja ya que ella misma depende de otras subvariables, tales como:

- Índice de pluviosidad en la zona estudiada.
- Nivel y régimen freático.

- Densidad de población
- Calidad y cantidad de instalaciones sanitarias, servicios públicos de recolección de aguas negras y sistemas de drenajes y subdrenajes.

Para evaluar esta variable se debe recurrir a estudios multidisciplinarios realizados por equipos integrados por profesionales de las ciencias geológicas, hidrogeólogos, ciencias sociales, catastrales.

4 LITOLOGIA Y GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Se realiza un Levantamiento Geológico de Superficie, detallado, con descripción detallada de afloramientos y toma de muestras de mano.

Se deben definir unidades litológicas informales en base a las diferentes asociaciones mineralógicas presentes en la zona procediendo a establecer y cartografiar sus contactos.

Las características estructurales deberán ser definidas con un alto nivel de detalle y si es posible definir bloques estructurales, detectando la presencia de discontinuidades, para establecer la orientación espacial de las estructuras geológicas se deberán hacer mediciones en sitio de rumbo y buzamiento con brújula del tipo Brunton.

Procesando esta información y vaciándola sobre la base topográfica se construye el mapa litológico estructural.

5 EVALUACION DE LA GEODINAMICA EXTERNA

Las características geodinámicas del área se determinan en base a la fotointerpretación detallada de la zona, para lo cual se pueden utilizar fotografías aéreas u otras tecnologías de información.

Producto de la fotointerpretación se elabora un mapa de Procesos Geodinámicos en el que se recoge individualmente y en conjunto todos

los procesos tanto antiguos como recientes que afectan el área estudiada.

Para facilitar la interpretación geodinámica del área estudiada, se definen tres zonas con características geomorfológicas similares identificadas como I, II y III según la cantidad, tipo, intensidad, y carácter natural o inducido de los procesos inventariados.

Los procesos geodinámicos inventariados incluyen desde erosión difusa superficial hasta movimientos de masa tanto planares como rotacionales.

Zona I: Sectores de topografía plana y semiplana en filas y fondo de valle de algunas vertientes, en suelos aluviales y en mezcla de suelos aluvio coluviales. Procesos geomorfológicos incipientes.

Zona II: Sectores medios montañosos, poco o medianamente intervenidos. Procesos geomorfológicos moderados: movimientos de masa significativos en partes baja y media de algunas vertientes, erosión superficial difusa a intensa, zonas con vegetación medianamente intervenida. Algunos focos de inestabilidad potencial, taludes de corte en equilibrio precario.

Zona III: Sectores montañosos, altamente intervenidos con poca o ninguna protección vegetal., movimientos de masa acelerados por la actividad antrópica, erosión superficial intensa tanto en surcos como en cárcavas. Focos de inestabilidad potencial. Taludes de corte en equilibrio precario. Presencia de botes y relleños.

6 EVALUACION DE PENDIENTES.

Para la evaluación de pendientes en el área se elaborará un mapa de pendientes el cual contiene dos tipos de información, una referida a las características clinométricas (pendiente de cada talud) y la otra se refiere a la orientación de esa pendiente, definida por la dirección del

vector inclinación de la recta de máxima pendiente.

Se configuran rangos de pendientes que van desde zonas planas con 0% hasta zonas muy inclinadas con 100% de pendiente y mayores, así mismo se definen zonas clinométricas según la orientación de la cara libre de los taludes naturales.

La orientación de taludes se hace en base a la dirección de la recta de máxima pendiente de cada talud, la cual es perpendicular a las líneas de rumbo (recta horizontal).

Los rangos de orientación de taludes establecidos tienen 45° de amplitud y barren la circunferencia completa en sentido horario, para lo cual se puede usar la herramienta denominada taludómetro, el cual es un círculo dividido en ocho sectores de 45° cada uno.,

7 ANALISIS DE ESTABILIDAD GEOESTRUCTURAL.

Este análisis tiene por objeto delimitar áreas de características similares desde el punto de vista de la estabilidad geoestructural.

Para definir las características geoestructurales de la zona se toma en cuenta la relación existente entre la orientación espacial de los planos de las discontinuidades y la orientación espacial de la cara libre de los taludes.

Producto de este análisis se elabora un mapa de estabilidad geoestructural, lo cual se logra por superposición del mapa geológico y el mapa de pendientes.

Seguidamente se evalúa la posibilidad cinemática de que se produzcan movimientos, tanto planares como de cuña de acuerdo a la configuración geométrica-estructural en cada sector.

Se consideran zonas de estabilidad estructural aquellas en las que la discontinuidad dominante buza en sentido contrario al frente de

exposición de talud en una clara situación de contracuesta de buzamiento, así mismo las discontinuidades no son paralelas al plano del talud y no se detectan líneas de intersección de discontinuidades que se inclinen en la misma orientación del talud.

Se consideran zonas de inestabilidad geoestructural aquellas que presentan laderas con rumbo paralelo a las discontinuidades y con frentes de exposición que se inclinan en el mismo sentido del buzamiento de las discontinuidades y con ángulos de pendiente superiores al buzamiento

También se incluyen en esta zona aquellos sectores que presentan líneas de intersección de discontinuidades que se inclinan en el mismo sentido de inclinación de la cara libre del talud, lo cual favorece al deslizamiento.

También se puede definir un sector de estabilidad media caracterizado por una relación ortogonal o pseudo-ortogonal entre los planos de discontinuidad y el plano del talud. Esta situación de inestabilidad latente se podría eliminar al analizar el aporte a la estabilidad del componente friccional de la resistencia al corte.

Por otro lado, estos sectores podrían convertirse en inestables a corto y mediano plazo si se permite que avance la meteorización con el consiguiente deterioro de la condición física de las rocas.

En consecuencia se diferencian tres grandes sectores con condiciones de estabilidad geoestructural similares.

Sector 1 (S1): representa zonas inestables en las cuales los taludes naturales exponen en el mismo sentido de buzamiento de la foliación configurando una situación de cuesta de buzamiento, negativo para la estabilidad.

Sector 2 (S2): representa aquellas zonas de estabilidad media en las cuales hay una reilación pseudo-ortogonal a ortogonal, entre la superficie libre de los taludes naturales y los planos de foliación.

Sector 3 (S3): En este sector están representadas las zonas estables desde el punto de vista cinemático, en ellas al frente de exposición de las laderas tiene un sentido contrario a el buzamiento de los planos de foliación, configurando una situación de contracuesta de buzamiento, positivo para la estabilidad.

8 ZONIFICACION DE RIESGOS GEOLOGICOS.

Para la realización de una zonificación de riesgos geológicos se realiza un estudio en conjunto de todas las variables físicas que inciden en la estabilidad de los terrenos.

El método, consiste en la ejecución de un análisis físico integral de las variables que causan inestabilidad así como de los efectos expresados en los procesos geomorfológicos.

Cada variable se trata de manera aislada generándose un mapa temático y luego se tratan en conjunto realizándose un proceso de integración de variables por superposición generándose de esta manera el Mapa de Zonificación de Riesgos Geológicos.

El mapa de zonificación de riesgos ofrece un diagnóstico geológico-geotécnico y se propone destacar los aspectos restrictivos de las condiciones geológico-geotécnicas y debe servir de orientación para la confección de planes de ordenamiento.

El mapa de sectorización de riesgos geológicos constituye la información fundamental para adaptar los proyectos a las condiciones geológicas de los terrenos y su realización es de vital importancia en toda área a ser urbanizada.

Criterios de Zonificación.

Dependiendo de la interacción de las variables analizadas individualmente, se pueden diferenciar las siguientes condiciones de riesgo, identificadas con las letras A hasta la E:

- zonas A, estables: 100% de las variables positivas
- zonas B, parcialmente estables: 75% de las variables positivas
- zonas C, de estabilidad media: 50% de las variables positivas
- zonas D, inestables: 75% de las variables negativas
- zonas E, muy inestables: 100% de las variables negativas.

Zona A

Es una zona estable, caracterizada por presentar las cuatro variables geotécnicas positivas.

Comprende los terrenos ubicados en la zona S3 de estabilidad geoestructural, en las que hay una situación de contracuesta de buzamiento, favorable a la estabilidad, la litología esta representada por una unidad competente, las pendientes son bajas y los procesos geomorfológicos son incipientes o ausentes, con buena protección vegetal. (zona I de geodinámica externa)

En esta zona están comprendidos los terrenos de topografía plana o semiplana, topes de filas y fondos de valle, las cuales pueden ser aprovechados sin grandes restricciones geotécnicas.

Zona B

Es una zona parcialmente estable, con tres variables geotécnicas positivas y una negativa. Comprende terrenos ubicados en sectores de litología competente, pendientes medias y bajas, laderas que presentan situación de contracuesta de buzamiento (zona 3 de la estabilidad geoestructural), los procesos geomorfológicos son incipientes a inexistentes.

Sectores con situación de cuesta de buzamiento con pendientes bajas, procesos geomorfológicos incipientes en zonas poco intervenidas antrópicamente y con litología competente.

Zona C

Zona de estabilidad media en la que se presentan dos variables geotécnicas negativas y dos positivas. Los terrenos ubicados en esta zona presentan litologías incompetentes. En su mayoría presentan una situación de contracuesta de buzamiento con pendientes medias

Los procesos geomorfológicos son intensos en sectores de topografía montañosa medianamente intervenidas, con poca protección vegetal.

Se incluyeron en esta zona laderas con relación ortogonal entre el plano de foliación y el plano de talud, procesos geomorfológicos que tienden a desestabilizar la ladera, topografía de pendientes bajas.

Zona D

Esta es una zona inestable en la cual se presentan tres variables geotécnicas negativas y una positiva. Comprende los siguientes subsectores.

D1: Terrenos con litología incompetente procesos geomorfológicos incipientes a ausentes, pendientes altas y muy altas con situación ortogonal entre los planos del talud y la discontinuidad.

D2: Laderas con litología incompetente situación de cuesta de buzamiento lo que le convierte en inestable cinemáticamente, pendiente baja y procesos geomorfológicos moderados.

D3: Laderas con litología incompetente, inestables cinemáticamente, pendientes bajas y procesos geomorfológicos moderados.

D4: Terrenos con litología incompetente estables cinemáticamente, pendientes altas y muy altas, procesos geodinámicos intensos.

D5: terrenos con litología incompetente, relación ortogonal entre plano de foliación y plano de talud, pendientes medias a altas, procesos geodinámicos intensos.

D6: laderas con litología incompetente relación ortogonal entre planos de talud y de foliación

ción, pendiente baja y procesos geomorfológicos intensos.

D7: Terrenos con litología incompetente, relación ortogonal entre planos, pendientes, bajas y procesos geomorfológicos moderados a intensos.

La existencia de planos de discontinuidad en situación de contracuesta de buzamiento, no garantiza la estabilidad totalmente ya que pudieran producirse intersecciones de planos de diaclasas con foliación que generarían cuñas y desestabilizarían la zona.

Estos terrenos representan sectores de uso conflictivo, cualquier proyecto que involucre estos sectores debe ser respaldado por estudios de gran detalle y el uso de técnicas altamente desarrolladas, las cuales suelen ser costosas y de difícil implementación.

Zona E

Zona muy inestable, en la cual todas las variables son negativas. Comprende laderas con alta densidad de procesos geodinámicos externos activos e intensos, pendientes altas y muy altas, cinemáticamente inestables y con una litología incompetente.

Estos terrenos presentan de procesos geomorfológicos activos superficiales y profundos, por condiciones naturales e inducidas, en pendientes altas y muy altas con cobertura vegetal escasa o nula.

Por combinación matricial de las distintas condiciones de las variables estudiadas se puede finalmente construir una Matriz de Riesgo Geológico.

9 REFERENCIAS

- Diniz, Ns (2000). Amenazas y Peligros Geoambientales. Evaluación de Riesgos Geológicos. Red XIII CYTED.
- Feliziani, P (1989). “Un modelo de predicción del comportamiento geotécnico de los terrenos. Evaluación metodológica y cartografía temática”
- Márquez, O (2004). Estudio Geotécnico para diseño de fundaciones y zonificación de riesgos geológicos. Urb. Los leones Municipio Carrizal, Estado Miranda. 2004. Informe.
- Márquez, O (2002). Estudio Geotécnico para diseño de fundaciones y zonificación de riesgos geológicos. Urb. El Faro, Municipio Carrizal, Estado Miranda. Informe.
- Márquez, O (2001). Estudio Geotécnico para diseño de fundaciones y zonificación de riesgos geológicos. Urb. Villas del campo, Municipio Carrizal, Estado Miranda. 2001. Informe.
- Márquez, O. (1993). “Zonificación de Riesgos Geológicos en la carretera Panamericana, Estado Miranda” TEG. Inédito.
- Perri, G. (1998). “Características de resistencia de los macizos rocosos y uso del GSI para evaluar las cargas sobre los túneles poco profundos excavados en roca”. Boletín de la Sociedad Venezolana de Geotecnia. N° 74.
- Salcedo, D (1978). “Uso de proyecciones Hemisféricas como técnica de Predicción de problemas relativos a estabilidad de macizos rocosos.” Trabajo de Ascenso. Inédito