

f66

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

VI JORNADAS GEOTECNICAS

Oct 10 al 13 de 1990

Bogotá

Tomo II

UN METODO DE ZONIFICACION GEOTECNICA PARA POBLACIONES

UNIVERSIDAD EAFIT  
Ingeniero Michel Hermelín  
Director Línea de Geología Ambiental

f67

## INTRODUCCION

Este trabajo , más bien que la presentación de un método original, intenta hacer hacia un análisis de las ventajas y limitaciones de las zonificaciones geotécnicas y comentar la metodología seguida en Colombia para varios estudios emprendidos desde hace aproximadamente una década.

Una zonificación, cualquiera que sea su objetivo significa una extrapolación, una regionalización de las variables consideradas. La elaboración de los mapas debe partir de una evaluación rigurosa de las variables, así como de la densidad de observaciones que corresponde a una escala dada.

Desde la publicación de las primeras normas (UNESCO-IAEG, 1976), se ha considerado que un mapa geotécnico o de ingeniería geológica debe ofrecer la información necesaria para la toma de decisiones acertadas acerca del uso de un área determinada: urbanización, construcción de vías, desarrollo regional. Es por lo tanto un documento pragmático que debe diseñarse en función de los usuarios: ingeniero, arquitecto, urbanista, planificador. El ignorar esa condición, como lo hicieron los primeros investigadores que produjeron mapas de geomorfología aplicada, equivale muchas veces a inutilizar el documento, pues muchas veces el usuario no esta dispuesto a aprender el lenguaje técnico del productor del mapa para poder entender su significado. Esa renuencia a utilizar un lenguaje accesible para el común de los mortales ha sido bastante comun en las ciencias de la tierra.

En síntesis, un mapa geotécnico debe contener, para una zona determinada, información tanto acerca de sus recursos como acerca de sus limitantes. Sin esos conocimientos, no puede pretender planificar objetivamente ninguna actividad.

#### Escalas y variables

La escala de un mapa se selecciona en función de su utilización; suelen considerarse informalmente tres tipos, sin que exista nada estatuido al respecto.

Regional < 1:25.000

Local 1:10.000 a 1:5000

De sitio > 1: 2.000

En cuanto a los recursos, es recomendable, antes de iniciar el diseño del proyecto, verificar la presencia en el área de materiales o minerales económicamente aprovechables, cuyo beneficio pueda eventualmente realizarse previamente. No debe olvidarse que una construcción u obra cualquiera localizada sobre un depósito significa su pérdida total por imposibilidad de explotación.

La superficie de la tierra, entendiéndola como recurso ya que es la base que soportará cualquier tipo de obra o urbanización, debe evaluarse en cuanto a sus propiedades mecánicas. El conocimiento detallado de la geología del área, superficial o profunda según el tipo de proyecto, así como y la experiencia deben permitir la

selección de los métodos de ensayo de campo y de laboratorio mas adecuados para obtener resultados satisfactorios, tanto para rocas como para suelos.

El tercer aspecto de tener en cuenta es la eventual presencia de amenazas naturales: sismos, volcanismo, erosión, inundaciones. El menosprecio o la evaluación incorrecta de ese aspecto han causado muchas víctimas y cuantiosas pérdidas, particularmente en un país como Colombia donde la amenaza solo se determina para macroproyectos como los hidroeléctricos. Estas amenazas naturales, a veces reforzadas por la intervención humana (tala de bosques, obras civiles mal diseñadas, etc), pueden poner en peligro:

- vidas humanas
- estructuras, construcciones
- bienestar social
- preservación de terrenos y suelos

La calidad de la determinación de una amenaza varia ampliamente en función de la información y de los recursos disponibles.

El cuadro No 1 (Kienholz, 1978) es una clasificación tentativa de los niveles de confiabilidad o de objetividad que un método determinado puede suministrar. Es claro que obtener una evaluación altamente confiable es costoso y en muchos casos imposible, si se carece de una acumulación suficiente de datos en el tiempo.

Evaluar una amenaza significa ubicarla en el espacio (área que puede ser afectada) y en el tiempo (recurrencia del fenómeno).

CUADRO No 1

OBJETIVIDAD EN LA EVALUACION DE UNA AMENAZA

(adoptado de Kienholz, 1978)

RECOLECCION DE INFORMACION	EVALUACION DE LOS DATOS	OBJETIVIDAD DE LA EVALUACION DEL RIESGO
Medidas	Cálculos exactos	Alta
Estimación Cuantitativa	Estimación Aproximada	Intermedia
Estimación cualitativa	Estimación usando experiencia y comparación	Baja

Los resultados se expresan en forma de mapas como el de la figura 1, mal llamado de riesgo sísmico (Ramirez y Estrada, 1977), donde aparecen curvas que limitan áreas entre las cuales se infiere que estadísticamente pueden ser afectadas por un sismo de una intensidad determinada en un período de 50 años.

Como ejemplo de las dificultades, inherentes a la evaluación de una amenaza determinada, en este caso de deslizamientos, el cuadro No 2 (adoptado de Hansen, 1984) presenta las metodologías disponibles. Las dos primeras son netamente cartográficas y estadísticas. La tercera ya se basa en la aplicación del cálculo de estabilidad de pendientes, que se realiza para un área de extensión limitada. En un futuro se espera que la combinación de la tercera con las anteriores permita obtener una estimación probabilística de la amenaza, tanto en el espacio como el tiempo. Por ahora, en la mayoría de los casos, el análisis geomorfológico permite en la mayoría de los casos identificar las áreas más expuestas a la amenaza, mientras que el estudio geotécnico, por sus costos, sólo se utiliza para lugares muy específicos.

Es importante recalcar que la evaluación debe hacerse para cada una de las amenazas, con métodos que son obviamente diferentes.

Una zonificación geotécnica debe, en síntesis combinar los 3 aspectos mencionados:

- identificación de posibles recursos
- identificación de características geotécnicas de rocas y suelos
- identificación de amenazas

CUADRO No 2

APROXIMACION A UN ANALISIS DE LA AMENAZA POR DESLIZAMIENTO

(adoptado de Hausen, 1984)

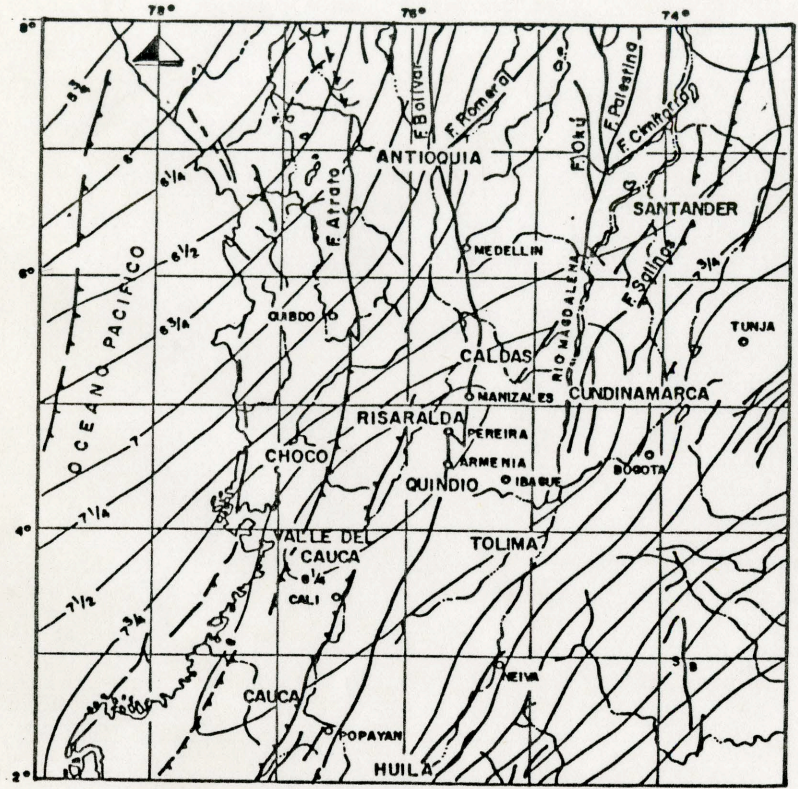


FIG.1 MAPA DE AMENAZA SISMICA (Ramírez & Estrada, 1977)

1) Cartografía Directa

- 1. Mapa de inventario
- 1a. Mapa de distribución de deslizamientos
- 1b. Inventario de deslizamientos (memoria computador).
- 1c. Incidencia regional de deslizamiento

2) Cartografía indirecta (extrapolación por comparación de parámetros)

- 2. Mapas geomorfológicos (incluyendo otras amenazas)
- 3. Zonificación geomorfológica
- 4. Isopletas de deslizamientos
- 4a. Identificación de variables, análisis estudio
- 5a. Isolneas de amenaza
- 5b. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos
- 6a. Evaluación de estabilidad
- 6b. Predicción de deslizamientos

3) Metodología Geotecnia (análisis de estabilidad de sitios)

Método: instrumentación ensayos de laboratorio.

Una interesante relación entre la magnitud y complejidad de un proyecto y el costo relativo de las metodologías recomendables se presenta en la fig 2 (adaptada de Brink et al, 1984). En las ordenadas se colocan los alcances o costo total del proyecto; en las abscisas el costo relativo de los estudios necesarios. Las líneas oblicuas con porcentajes representan el grado de suficiencia de los datos obtenidos. La zona del diagrama localizado a la derecha de la oblicua de 100% (datos suficientes) corresponde a la obtención de datos innecesarios. Para un proyecto de magnitud A, el sentido común y la aplicación del conocimiento geológico y geomorfológico general disponible, adicionados a la experiencia del evaluador (B) permitirían obtener 70% de la información necesaria. En C se tendrá el 100% de la información disponible y en D se estarían generando datos inútiles. Es interesante anotar que sobre la oblicua de 100% (datos suficientes) se pueden representar las diferentes etapas que pueden seguirse para un estudio.

Como última conclusión, debe señalarse que no se intenta presentar a los mapas geotécnicos como sustitutos de evaluación de sitio de implantación para una obra de mediana o gran magnitud (ver fig. 2); en cambio si pueden ser una herramienta muy objetiva para localizar dicho sitio.

#### Situación en Colombia.

Los ingenieros colombianos manejan satisfactoriamente, desde hace

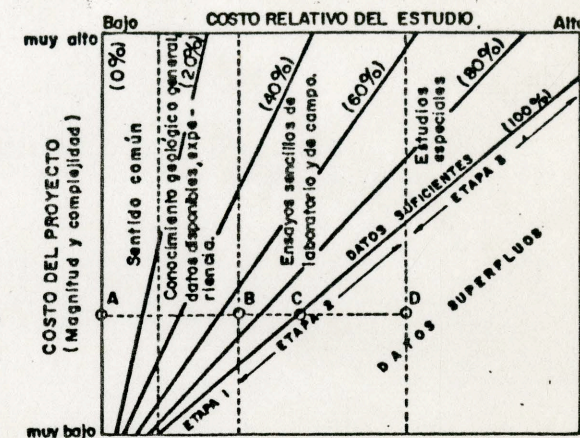


FIG. 2 RELACION ENTRE COSTO DEL PROYECTO Y COSTO RELATIVO DEL ESTUDIO.  
(Adaptado de Braule et al, 1984)  
Para explicación ver texto.

ya varias décadas, la metodología de estudio para sitios de obras civiles mayores (edificios, presas, tuneles). Últimamente también se han realizado estudios para estabilidad de vertientes a lo largo de carreteras (Montero et al, 1988 ) y en la periferia de áreas ocupadas por embalses ( Mesa, et al, 1989).

Por otra parte se ha empezado a identificar , desafortunadamente en forma posterior a ocurrencias catastróficas como Quebrada Blanca (1974), Tumaco (1979), Popayán (1983), Armero (1985) y Villa Tina (1987), la exposición de la parte mas poblada del territorio colombiano a amenazas naturales. Cordilleras altas, pendientes fuertes, altas precipitaciones, sismicidad y volcanismo contribuyen en hacerlo un verdadero muestrario de peligros geológicos que la acción humana ha incrementado.

Los riesgos sísmicos y volcánicos también son de gran importancia, aunque hasta hace poco su frecuencia relativamente baja tendía a hacerlos olvidar. Hoy en día estos dos fenómenos estan siendo estudiados por entidades como el INGEOMINAS y el Observatorio Sísmico del Suroccidente de la Universidad del Valle. A pesar de la vigencia del Código de Construcciones Anti-Sísmicas, desde 1984, y el establecimiento del Observatorio Vulcanológico Nacional, aun falta mucha investigación en esos campos.

El caso mas patético de concentración de riesgos (amenaza por vulnerabilidad) se da en las ciudades, particularmente en las áreas ocupadas por poblamientos sin control. El enorme aumento de la población urbana de las últimas décadas, que representa

172

áreas prioritarias para estudios posteriores.

La segunda opción es obviamente la mas atractiva, ya que ademas debería permitir cumplir en parte con los requisitos de la Reforma Urbana. Sin embargo su aplicación no esta exenta de peligros, como lo demuestra la experiencia vivida en Medellín en 1986: las autoridades municipales seleccionaron 10 áreas de peligro e hicieron en cada una estudios geotécnicos detallados. Al año siguiente ocurrió el desastre de Villa Tina, que dejo unas 500 víctimas. Solo parte del área destruida estaba comprendida dentro de una zona de "riesgo moderado".... (Bustamante, 1987, 1988).

#### Desarrollo de una metodología

La zonificación que se presenta en este trabajo es el fruto de numerosas investigaciones realizadas durante los últimos 15 años en el país. No pretende de ninguna manera ser única ni original, sino adaptada a las necesidades actuales del país para las zonas urbanas, para dar cumplimiento a la Ley de Reforma Urbana.

En 1976, siguiendo una metodología inspirada en parte en la que el Centro de Geomorfología Aplicada de la Universidad de Estrasburgo habia utilizado para el estudio de la cuenca del Rio Lebrija (Santander) (Usselman, 1974), se preparó el mapa geomorológico del Oriente Antioqueño, a escala 1:10.000, destinado a la oficina del Plan Metropolitano de Medellín (1976). Cada unidad geomorfológica se discutia en cuanto a su aptitud para el aprovechamiento y sus limitantes, pero la terminología y la orientación eran

actualmete mas de las 2/3 partes de la población total, ha llevado a la ocupación de áreas no aptas para la construcción de viviendas; es precisamente allí donde se presentan los mayores problemas, causados a menudo por inundaciones y movimientos de masa (ver por ejemplo Bustamante, 1988).

La Reforma Urbana aprobada en 1989 plantea entre otros un concepto de importancia: la necesidad de darles a los habitantes de las ciudades una mínima seguridad ante las amenazas naturales, a partir de dos tareas específicas comprendidas dentro de los planes de desarrollo:

- identificar las áreas con viviendas en peligro
- identificar las áreas de futuro desarrollo urbanístico en función de la ausencia de amenazas naturales.

Esta obligación plantea la necesidad de una zonificación, que sin tener en cuenta la amenaza volcánica y en menor grado la sísmica, deja dos posibilidades:

- hacer un trabajo geotécnico sistemático, que además del peligro de un "sobre-estudio" (ver fig 2), intolerable para un país de escasos recursos como Colombia, tendría el problema de ser tan costoso que sería casi irrealizable.
- buscar soluciones de tipo "tecnología apropiada", que aún con carencias y limitaciones, pudieran suministrar resultados acumulativos que sirvieran de base para estudios posteriores mas completos, conformándose como una primera etapa para localizar las

definitivamente geológicas, es decir de difícil comprensión para personas no preparadas en las ciencias de la tierra.

(Hermelin, 1976).

En 1981 se realizó para la Corporación de la Defensa de Bucaramanga un estudio similar para el área circundante a esa ciudad, con características similares al anterior, pero orientado a las posibilidades de urbanización.

En 1983 se preparó por solicitud de la oficina regional de Medellín Instituto de Crédito Territorial una serie de informes sobre lotes localizados en el Valle de Aburrá y zonas circundantes. Se necesitaba un método que permitiera, en forma objetiva, evaluar a un costo mínimo la aptitud de terrenos para construir viviendas de tipo popular. Se desarrollo ahí, en compañía de F. Hoyos, un método consistente en combinar la pendiente, la geología y los procesos geomorfológicos activos o recientes, en mapas a escala 1:2000. La superposición de los mapas permitía una clasificación de los terrenos en función de su aptitud para urbanización.

El método se utilizó para poblaciones enteras: Yarumal (Hermelin, 1984); Marsella, Risaralda (EGEO LTDA, 1978a); la zona norte del Valle de Aburrá (Hermelin & Bustamante, 1988); el área circundante del aeropuerto J. M Cordoba de Rionegro (EGEO LTDA, 1987 b); la zona occidental de Pereira (Hermelin, 1987); Andes (Antioquia) (Hermelin, 1989); la zona sur del Valle de Aburrá (Bustamante & Hermelin, 1989); Jardín (Antioquia) (Restrepo & Hermelin 1990) y 10



municipios del Occidente de Risaralda (Hermelin, 1990).

El caso del estudio de los 10 municipios de Risaralda es bastante ilustrativo de las dificultades encontradas y de las soluciones aportadas: se carecía de una cartografía adecuada ya que sólo existían mapas 1:25.000 del IGAC y fotografías aéreas a escala 1:25.000 aproximadamente. El tiempo disponible era de un año y los recursos limitados.

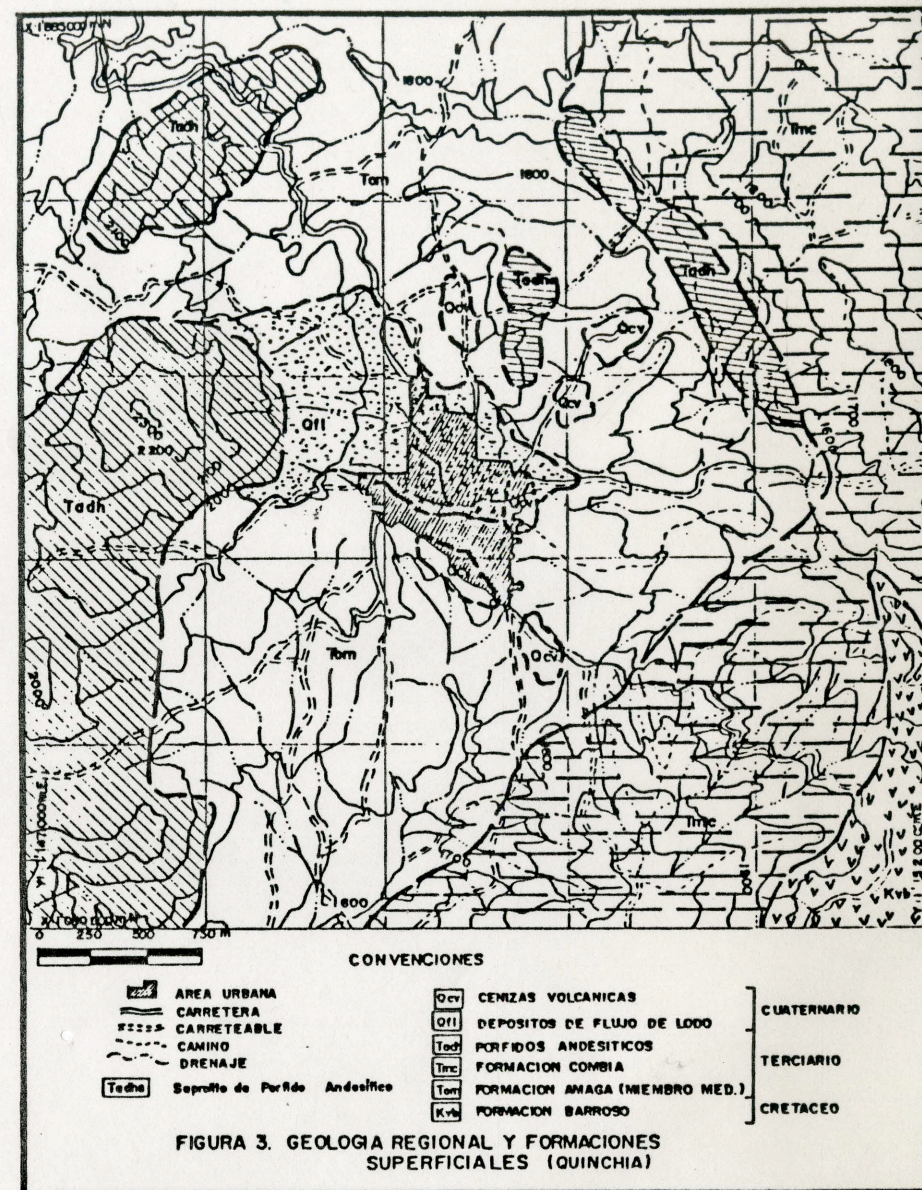
Se optó por ampliar la fotografía aérea más centrada para cada población, con el fin de obtener una base a escala 1:5000 aproximadamente. Sobre esa base se realizaron los siguientes mapas:

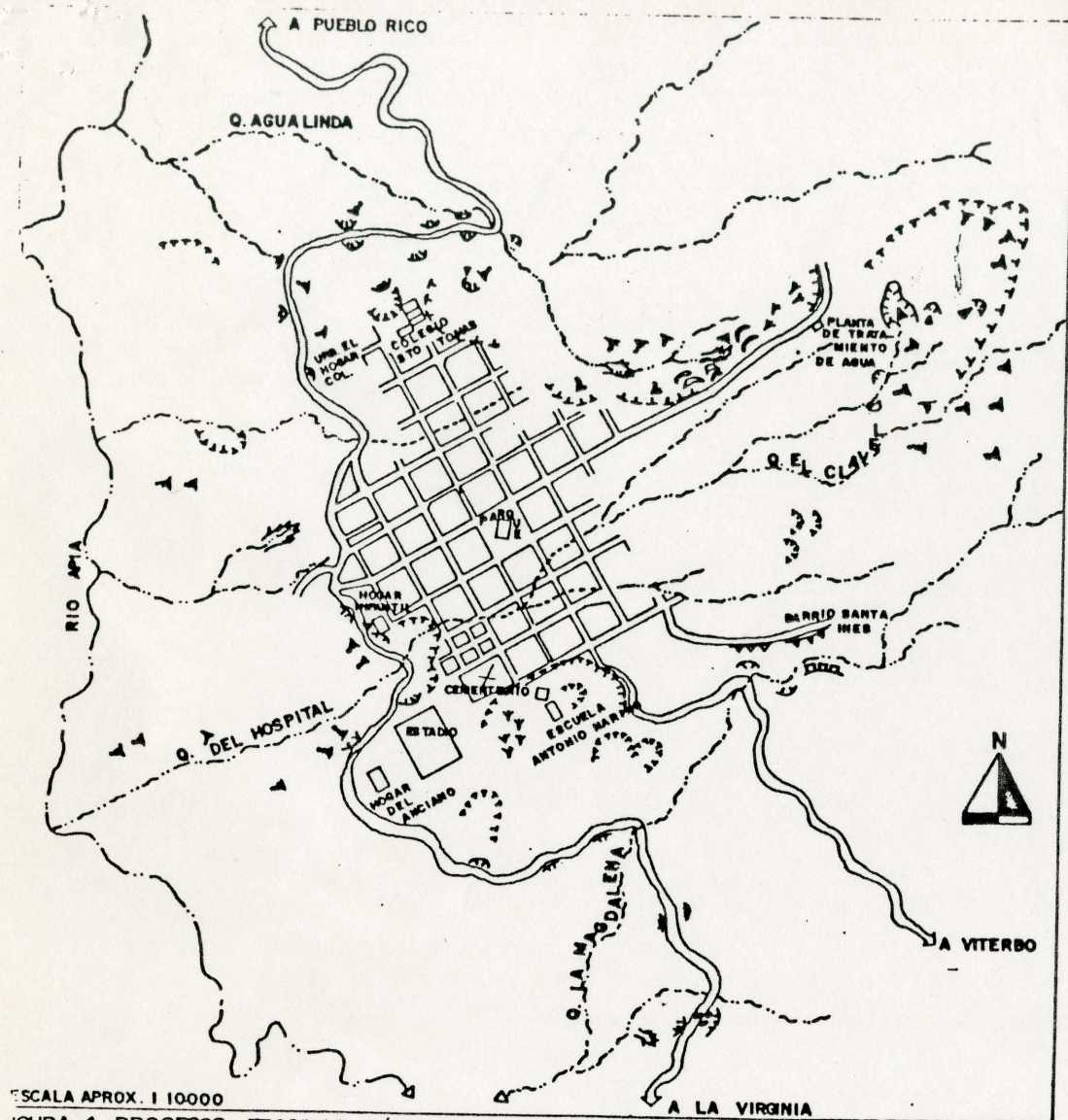
- distribución de pendientes, a partir de lecturas de campo y análisis estereoscópico.
- geología de detalle: litología, suelos, estructuras, nivel freático, etc (fotointerpretación y trabajo de campo). (Fig. 3).
- localización de procesos, principalmente movimientos de masa y zonas inundables (fotointerpretación y trabajo de campo) (Fig. 4).

Con los documentos anteriores se obtuvo un mapa de aptitud, que naturalmente incluía las áreas ya urbanizadas y cuyas clases eran:

Zonas urbanizadas

- sin problema aparente
- con problemas remediabiles
- que deben ser evacuadas





ESCALA APROX. 1:10000

FIGURA.4 .PROCESOS EROSIVOS EN EL MUNICIPIO DE APIA ( RISARALDA), (Posada & Vasquez, 1990)

CONVENCIONES

	MOVIMIENTO DE MASA ACTIVO		CARCAVAS
	CICATRIZ DE MOVIMIENTO DE MASA		ZONAS PANTANOSAS
	MOVIMIENTO DE MASA QUE INVOLUCRA CAIDOS		NACIMIENTO DE AGUA (Nivel freático superficial)
	ACTIVO		DESPLAZAMIENTO DEL TERRENO
	INACTIVO		RK/
	SOCAVACION DE ORILLAS		QUEBRADA
	TALUDES SUBVERTICALES		COLECTOR
	EROSION SUPERFICIAL		CARRETERA

Zonas sin urbanizar (periféricas o intercaladas).

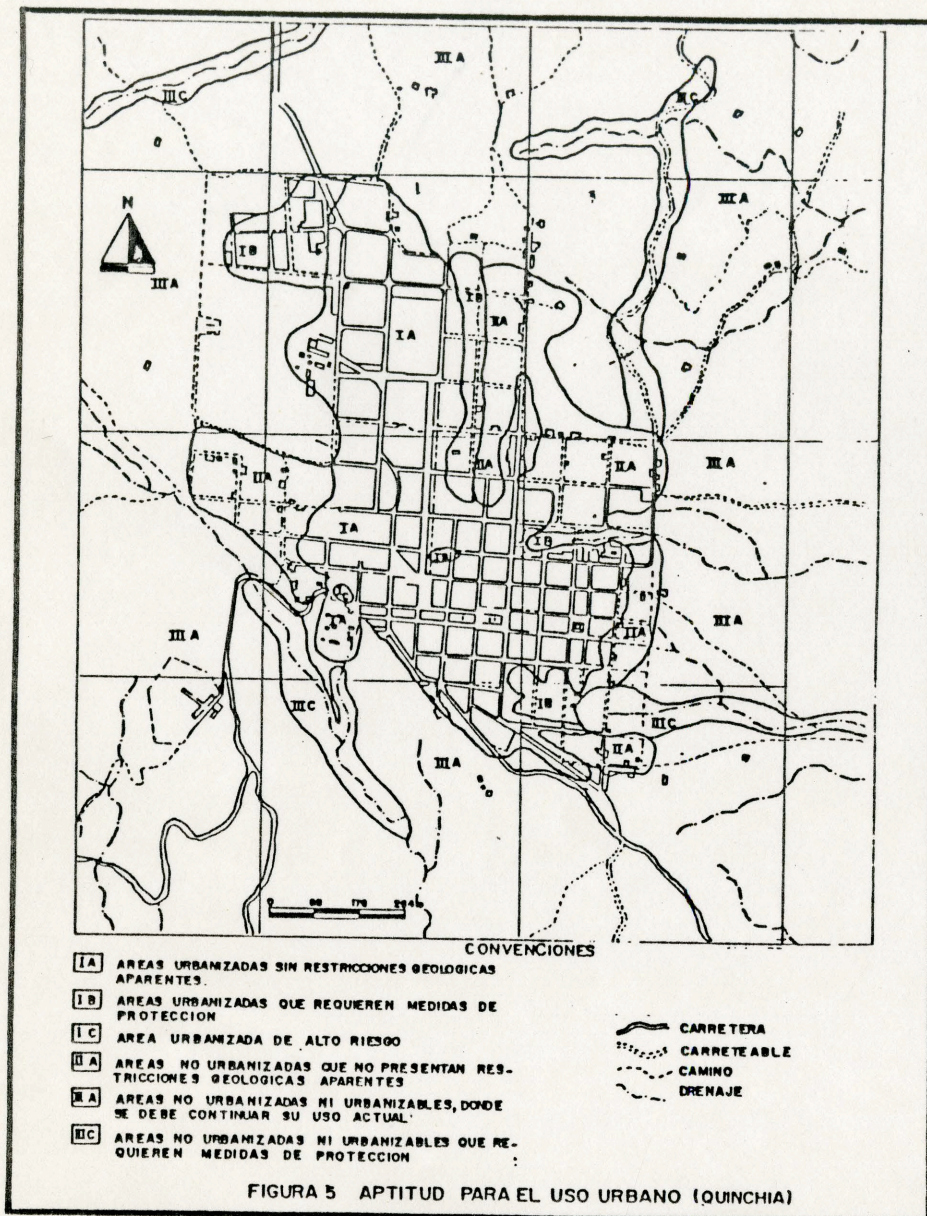
- urbanizables sin problemas aparentes
- que deben ser adecuadas para poder urbanizarse
- que deben conservar su uso actual
- que deben ser tratadas ya que presentan amenazas.

El resultado se expresa en un mapa a escala 1:5000 con una rectificación parcial de las distorsiones de la fotografía. (Fig. 5) Se deja claro a las autoridades municipales que este mapa es solo un mapa guía para un uso racional del terreno y que cualquier construcción de mas de 2 pisos debe ser precedida de los estudios geotécnicos pertinentes en el sitio. El tiempo requerido, para geólogos debidamente entrenados en este tipo de trabajo, es en promedio de 4 meses-hombre por población (promedio alrededor de 8000 habitantes).

#### CONCLUSIONES

La zonificación propuesta no es una panacea ni un sustituto para estudios geotécnicos detallado. En cambio si es un intento para generar un nivel primario de conocimiento que en primer lugar sirven de base para estudios posteriores y en segundo lugar permiten tomar decisiones de tipo urgente.

Hay, que dejar claro que se basa en observaciones geológicas y geomorfológicas detalladas (correspondería a un nivel intermedio



entre las etapas 2 y 3 de Brink et al, 1984; fig 2).

Para tener validez, requiere por parte del profesional que la realice un conocimiento adecuado en geomorfología, edafología, geología del Cuaternario y geotecnia, mezcla de la cual carecen muchos geólogos que se forman en el país. Puede refinarse de varias maneras:

- con una base topográfica adecuada, 1:5000
- con un complemento de análisis mecánico para cada una de las unidades definidas
- con el uso de un Sistema de Información Geográfica por medio de un computador (van Westen, 1990).

Sin embargo cualquier tratamiento complementario que se le haga a solo tendra resultados adecuados si la base geológica y geomorfológica es de excelente calidad: sin esa condición, el trabajo de zonificación carece totalmente de validez.

Se han realizado otros trabajos de zonificación en el país, con propuestas de clasificación distintas (Chica, 1987) y cartografía a otras escalas (Caro & Garcia, 1989; Mejia et al, 1990).

Un análisis de estos trabajos rebasa el alcance de este ensayo.

Posiblemente ya sea tiempo de establecer normas comunes, o por lo menos un vocabulario que impida confusiones. Este es un tema en el cual seguramente seria provechosa la intervención de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

REFERENCIAS CITADAS

- Bustamante, M., 1987.  
Reconocimiento del desaluzamiento ocurrido en el barrio de Villatina, Medellín, el 27 de Septiembre de 1987.  
Boletín de Vías, U. Nal. Manizales, V. 14 No 62, p. 39-69.
- Bustamante, M., 1988.  
Los desastres en Medellín, naturales?  
Memorias II Conferencia Riesgos Geológicos Valle de Aburrá, Medellín, 39p.
- Bustamante, M & Hermelin, M., 1989  
Aplicaciones de la geología Ambiental al ordenamiento territorial de la zona Sur del Valle de Aburrá.  
Memorias, V Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga, Tomo I.
- Brink, A.B.A., Partridge, T.C. & Williams, A.A.B., 1984  
Soil Survey for engineering  
Oxford Clarendon Press, 378p.
- Caro, P.E. & Garcia, J.R., 1989  
Zonificación geotécnica del Distrito Especial de Bogotá  
I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Paipa, Vol I, p. 597-606.
- Chica, A., 1987  
Geología y geotecnia en terrenos inclinados: modelo para la elaboración de Planos geológico-geotécnicos.  
Dyna, No 109. p 27-32 (Medellín).
- EGEO LTDA, 1987a  
Geología ambiental del Municipio de Marsella (Risaralda)  
Corporación Autónoma para el Desarrollo de Risaralda, Pereira.  
Informe Manuscrito.
- EGEO LTDA, 1987.  
Estudio para el desarrollo urbanístico de la zona de influencia directa del Aeropuerto José María Córdoba, Rio Negro, Aspectos geológicos y geomorfológicos. Informe manuscrito a UR Ltda.
- Gonzalez, J. M. & Jaramillo, M.L., 1990.  
Quinchía: implicaciones de un depósito de bloques parcialmente sepultados.  
I Seminario andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, en prensa.
- Hermelin, M., 1976.  
Mapa Geomorfológico del Oriente Antioqueño (escala 1:10.000)  
Plan Metropolitano, Gobernación de Antioquia, Medellín.

777

Hermelin, M., 1981.  
Geología ambiental del area de Bucaramanga  
Informe a la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.

Hermelin, M., 1984.  
Geología Urbana de Yarumal Antioquia.  
Informe al Programa de PostGrado en Planeación Física,  
Facultad de Arquitectura, U. Nacional Medellín.

Hermelin M & Bustamante, M., 1988  
Aspectos geológicos de Plan de ordenamiento territorial de la zona norte del Valle de Aburrá.  
Memorias II Conferencia Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá  
20p.

Hermelin, M., 1987b  
Aptitud para el uso de los terrenos localizados al occidente de Pereira (Zona de Cerritos).  
Informe al Area Metropolitana de Pereira-Cerritos, manuscrito.

Hermelin, M., 1989  
Geología Ambiental de Andes (Antioquia)  
Memorias, V Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga, Tomo II, en prensa.

Hermelin, M., 1990  
Bases físicas para los planes de desarrollo de los municipios de Risaralda.  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, en prensa.

Jaramillo, M.L., Posada B.D.; Vasquez H & Vera, C., 1990.  
De la cumbre al Valle: Los casos de las poblaciones de Balboa-Mistrató.  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, en prensa.

Mejía, M., Cardona, C. & Garcia, A., 1990  
Modelo de zonificación de aptitud del suelo para el uso urbano, costado W de Medellín.  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá, en prensa.

Mesa, M.I., Muñoz, V., Rodriguez, C., 1989.  
Deslizamientos potenciales en el embalse de cañafisto  
I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Paipa, vol I, p.154-173.

- Montero, J., Beltran, L. & Cortes, R., 1988  
Inventario de deslizamientos en la red vial Colombiana  
Ingeniería e Investigaciones, No 17, p. 15-27 (Bogotá)
- Petak, W.J., 1984.  
Geologic hazard reduction: the professional responsibility  
Bull Assoc. Eng. Geologists. v. 21 No 4, p. 449-458.
- Posada, B.O. & Vasquez, H., 1990  
Apia: un depósito de flujos de lodo en proceso de reactivación.  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana  
de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del  
Valle de Aburrá, en prensa.
- Ramirez, S.J.E. & Estrada, G., 1977  
Mapa de riesgo sísmico de Colombia y su explicación  
Bogotá: Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, U.  
Javeriana. escala 1:500.000
- Restrepo, A. & Hermelin, M., 1990  
Depósitos de vertiente y torrenciales en el area de Jardín,  
Antioquia  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana  
de geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del  
Valle de Aburá, en prensa.
- Usselman, P., 1974.  
Presentación de los mapas geomorfológicos e hidrológicos de la  
cuenca superior del Rio Lebrija.  
Instituto Geográfico Agustín Codazzi, subdirección Agrológica  
(Bogotá). v. 10 No 10, 42p.
- UNESCO. IAEG, 1976.  
Engineering geological maps. a guide for their preparation  
UNESCO Press, Paris, 79p.
- Westen, C.J. Van & A., J.B., 1990  
Mountain hazard analysis using a PC based GIS  
I Seminario Andino de Geología Ambiental, I Conferencia Colombiana  
de Geología Ambiental, III Conferencia de Riesgos Geológicos del  
Valle de Aburrá, en prensa.

## BIBLIOGRAFIA

- Anderson, L.J. & Gosk, E., 1989  
Applicability of vulnerability maps  
Environ. Geol. Water Sci, v. 13 (1): p. 39-43.
- Brink, A.B.A.; Partridge, T.C. & Williams, A.A.B., 1989  
Appropriate methods of engineering geological evaluation for rapid  
urbanization in developing countries (Abstract).  
28th International Geological Congress, Memoirs, v.3, p. 3-202.
- Cendrero, A.; Diaz de Teran, J.R.; Fernandez, O.; Garrote, R.;  
Gonzalez, J.R.; Inoriza, I.; Luttig, G.; Otamendi, J.; Perez, M. &  
Serrano, A., 1987.  
Establecimiento de tipos de riesgos de inestabilidad de  
ladera en funcion de parametros objetivos. Aplicacion a escala  
1:5000 en un area de Vizcaya.  
Geologia Ambiental y Ordenacion del Territorio, T.2, p.1035-1051.
- Chan, R.A., 1988  
Regolith terrain mapping for mineral exploration in Western  
Australia.  
Z.f. Geomorphologie Supplb. 68, p.190-204.
- Chen Zhi, Ming, 1988  
Applied agro-geomorphological mapping in China  
Z.f. Geomorphologie Suppl 68, p. 57-70.
- Deness, B., 1976.  
The preparation of slope maps by the moving interval method  
Inst. of British Geographers, v. 8 (3), p. 213-218.
- De Graaf, L.S.W.; De Jong, M.G.G.; Rupke, J. & Verhofstad, J., 1987  
A geomorphological mapping system at scale 1:10.000 for  
mountainous areas.  
Z Geomorph. NF, v.31, p.229-242.
- De Mulder, E.F.J. 1989  
Thematic applied Quaternary maps: a profitable investment or  
expensive wallpaper?  
In Applied Quaternary Research, De Mulder & Hageman, Eds,  
Balkema, Rotterdam, p. 105-117.
- Embleton, C. & Verstappen, H., 1988  
The nature and objectives of applied geomorphological mapping  
Z. f. Geomorphologie, Supplb. 68, p:1-8.
- Forster, A. & Culshaw M.G., 1987  
Engineering geological maps as an aid to planning  
In Geology for Environmental Planning, F.C. Wolff, Ed., Geological  
Survey of Norway, Trondheim, p. 52-57.

- Gartner, J.F., 1984  
Some aspect of engineering geology maping in Canada.  
Bull Assoc. Eng. Geol. v. 21 (3), p. 269-293.
- Garry G. & Decaillet, p., 1987  
La representation cartographique des risques naturels. Bull.  
Liaison Lab. Ponts et Chaussees, No 150-151, p. 20-28.
- Gellert, J.F; 1988  
Applied Geomorphological Survey and Mapping on coasts.  
Z.f.Geomorphologie Supplb. 68, p.204-222.
- Ghosh D.K., 1987  
Engineering geological zoning of India  
Bull. Inter. Assoc. Eng. Geology, No 36, p. 29-34
- Heyse, I. & De Moor D., 1988  
The influence of the natural environment on the site and urban  
development of Ghent in historical times: A case study in applied  
geomorphology.  
Z.f.Geomorphologie Supplb 68, p. 125-142.
- Hannan, D.L., 1984  
Geotechnical mapping symbols (GEMS): the engineering geologist  
tool for communicating with the planner, civil engineer and  
development interest.  
Bull. Assoc Eng. Geol. v. 21(3), p.343-344.
- Huang Zhenguo; Zong Yongqiang & Li Pingri 1988  
Applied geomorphological mapping in South China  
Z. f. Geomorphologie Supplb. 68, p. 71-80.
- Hradek, M.; 1988  
Some examples of applied geomorphological maps from  
Czechoslovakia .  
Z.f.Geomorphologie Supplb. 68, p.176-189.
- IAEG Symposium "Engineering geological mapping for planning,  
design and construction in Civil Engineering.  
Bull.Int. Assoc. Eng. Geology, No 21(3), p. 81-212.
- Kempton, J.P. & Cartwright, K., 1984  
Three dimensional geologic mapping a basis for hydrogeologic and  
land-use evaluation.  
Bull. Assoc. Eng. Geol. v. 21 (3), p. 317-335.
- Luttig, G., 1987.  
Large scale maps for detailed environmental planning  
In Geology for Environmental Planning, FC. Wolff, Ed., Geological  
Survey of Norway, Trondheim, p. 71-76.

- Luttig, G., 1989  
Potential and future prospects. Earthscience mapping for rational  
management of natural resources and the environment  
In Earth Science Mapping for Plannig, Development and Conservation  
G.J.H McCall & Marker B.R., Eds., Graham & Trotman, London,  
p.237-248

- Matula, M., 1976  
Principles and types of engineering geological zoning  
Mem. Soc. Geol. Italiana. v. 14, p. 327-332.

- Matula, M., 1981  
Rock and soil description and classification for engineering  
geological mapping. Report by the IAEG Commission on Engineering  
Geological Mapping.  
Bull. Int. Assoc. Eng. Geology, No 24, p. 235-274.

- Matula, M., 1981.  
Recommended symbols for engineering geological mapping  
Report by the IAEG Comission on Engineering Geological Mapping  
Bull. Int. Assoc. Eng. Geology No 24, p. 227-234.

- Nagarajan R & Shah, S.D. 1987.  
Regional engineering geological mapping using remotely sensed data  
Bull. Int. Assoc. Eng. Geology, No 36 p. 51-57.

- Rodolfi, G., 1988  
Geomorphological mapping applied to land evaluation and soil  
conservation in agricultural planning: Some examples from Tuscany  
(Italy).. Z.f. Geomorphologie Supplb. 68. p. 155-174.

- Rodriguez, J.M., 1985  
Mapas geotécnicos  
In III Coloquio sobre Ingenieria Geologica, Barcelona, Espana, p.  
95-119.

- Singer, A & Feliziani, P., 1985.  
Geologia Urbana de Caracas  
Guia Excursion No 6, VI Congreso Ceologico Venezolano

- Servicio Geológico de Holanda, TNO-DGV, STIBOKA, sin fecha  
Subsoil uncovered.  
Rijswijk: Europeesch Cartografisch Instituut

- Shata, A.A., 1989  
Geology and land utilization with special emphasis on urbanization  
(Abstract) 28th International Geological Congress, Memoirs, v.3,  
p.3-88.

Ollier, C.D., 1988.  
 A National park survey in Western Samoa: terrain classification on tropical volcanoes., Z.f. Geomorphologie Supplb. 68, p. 103-124.

UNESCO/IAEG. 1976.  
 Engineering Geological maps: a guide to their preparation The UNESCO Press, Paris, 79p.

Wang, S.; Zha, Z.; Dai, H., 1989.  
 System evaluation of engineering geological environment in urban planning (Abstract).  
 28th International Geological Congress, Memoirs, v. 3., p.3 326-327.

Wieczorek, G.F., 1984  
 Preparing a detailed landslide inventory map for hazard evaluation and reduction  
 Bull. Assoc. Eng. Geol. v. 21 (3), p. 337-342.

William, J. & Falls, J.N., 1989  
 Extrapolation of subsurface geology data as base for designing selected regional geological (liquefaction potential) hazard maps. (Abstract)  
 28th International Geological Congress, Memoirs, v. 3, p-361-362.

Varnes, D.J., 1984.  
 Landslide hazard zonation: a review of principles and practice UNESCO. Paris, 63p.

Varnes, D.J. & Keaton, J.R., 1984  
 A trend in Engineering geologic and related mapping 1972-1983.  
 Bull Assoc Eng. Geol. v. 21 (3), p.255-267.

Verstappen H. Th., 1988  
 Geomorphological Surveys and natural hazards in Central Java, Z.f. Geomorphologie Supplb. 68, p. 81-102.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

VI JORNADAS GEOTECNICAS

LA PROTECCION GEOTECNICA Y AMBIENTAL DE OLEODUCTOS:  
 UNA APLICACION DE LA ZONIFICACION GEOTECNICA REGIONAL

Por: Ingeniero Manuel García López  
 Ingeniero José Vicente Amórtegui Gil  
 Ingeniero Horacio Rincón Velandia.