

## ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE LAS LADERAS DE LOS BARRIOS MONTEBELLO, LA CASCORVA Y SAN FRANCISCO DE MEDRANO ZONA SUR-ORIENTAL DEL MUNICIPIO DE QUIBDÓ, CHOCÓ, COLOMBIA

### STUDY OF THE STABILITY OF SLOPES OF THE DISTRICTS MONTEBELLO, THE CASCORBA AND SAN FRANCISCO OF MEDRANO ZONE ORIENTAL-SOUTH MUNICIPALITY QUIBDÓ, CHOCÓ, COLOMBIA

JOSÉ ALBERTO CÓRDOBA ARIAS\*, EYSON YAIR MORENO OREJUELA\*,  
HERNANDO RAMÍREZ ANGULO\*, EDLY STELLA RENTERÍA MENA\*

#### RESUMEN

Se realiza el análisis de la estabilidad de las laderas de los barrios Montebello, La Cascorva y San Francisco de Medrano de Quibdó, con el fin de determinar el grado de susceptibilidad que éstas tienen al deslizamiento, y plantear medidas correctivas y preventivas encaminadas a evitar posibles deslizamientos catastróficos que pongan en peligro la vida de los habitantes y la integridad de sus viviendas. Se identificaron las laderas con indicios de inestabilidad actual o potencial, los tipos de materiales que las conforman, los cursos de agua y su drenaje, la forma del relieve y las características de la cobertura vegetal. Mediante la realización de los ensayos de límites de consistencia y compresión inconfina se determinó que las laderas están conformadas por arcillas inorgánicas de mediana a baja plasticidad (CL) de consistencia media y dura respectivamente. Mediante los métodos rápidos de análisis se determinó que las laderas son estables debido a los factores de seguridad que se obtuvieron para cada una de ellas (1.20, 1.70 y 1.74 respectivamente). Con el propósito de mejorar las condiciones actuales de las laderas se deben tomar medidas como el terraceo, el drenaje de las aguas superficiales y subterráneas, y la empedradización.

**Palabra clave:** Estabilidad; Laderas; Quibdó; Colombia.

#### ABSTRACT

It realizes The analysis of the stability of slopes of the districts is made Beautiful Mount, the Cascorva and San Francisco de Medrano de Quibdó, with the purpose of determining the susceptibility degree that these have to the sliding, and raising corrective and preventive measures directed to avoid possible catastrophic slidings that they put in danger the life of the inhabitants and the integrity of his houses. The slopes with indications of present or potential instability, the types of materials that conform them, the water obstacles and their drainage were identified, the form of the relief and the characteristics of the vegetal cover. By means of the accomplishment of the tests of limits of consistency and unconfined compression it was determined that the slopes are conformed by inorganic clays of medium to low plasticity (CL) of average consistency and lasts respectively. By means of the fast methods of analysis one determined that the slopes are stable due to the factors of safety that were obtained for each one of them (1,20, 1,70 and 1,74 respectively). Although they must be taken measured like the terracing, the drainage of superficial and underground waters, and the empedradization; in order to improve the present conditions of slopes.

**Keywords:** Stability; Hillsides; Quibdó; Colombia.

#### INTRODUCCIÓN

La conjunción de factores geológicos, geomorfo-

lógicos y climáticos hacen que muchas zonas de ladera en Colombia se vuelvan altamente vulnerables a los deslizamientos de tierra (Arango 1985). Aunque se ha venido realizando un trabajo relacionado con el estudio de las laderas no se desconoce que la mayoría de las construcciones quedan sobre éstas o muy cerca. Colombia es un país montañoso en la mayoría de su territorio, y obliga esto a desarrollar técnicas para el control de las laderas.

\* Grupo de Investigación de Ingeniería Civil (GIIC), Universidad Tecnológica del Chocó, D.L.C., Quibdó, Colombia. e-mail: joebetto159@yahoo.com

Fecha de recibido: febrero 28, 2007

Fecha de aprobación: junio 19, 2007

El Chocó también posee muchas zonas escarpadas; asimismo el municipio de Quibdó posee zonas que presentan inestabilidad de laderas y nunca se han estudiado. Es por esta razón que se realiza este estudio de estabilidad de las laderas en la zona Sur-Oriental de Quibdó (barrios Montebello, La Cascorva y San Francisco de Medrano).

En las laderas encontradas en esta zona se pudo observar poca o ninguna cobertura vegetal, mal drenaje de las aguas superficiales y subterráneas y ángulos de inclinación casi verticales, esto sumado a las intensas, continuas y prolongadas lluvias que se presentan a lo largo de todo el año en la ciudad, genera en gran medida el riesgo de deslizamiento, poniendo en peligro la población asentada en la zona.

El análisis de estabilidad es un componente importante del diseño funcional de un talud o de la selección e implantación de medidas correctivas o preventivas cuando ya existe la falla o se quiere disminuir la probabilidad de que ocurra (Germán 1992).

El análisis comprende la evaluación de las propiedades mecánicas de los materiales, estudio de su comportamiento ante las condiciones de trabajo y permite, en el caso de un talud nuevo, llegar a una configuración acorde con los requisitos de su comportamiento (Germán 1992).

Aunque existen muchas técnicas de análisis que la pueden utilizar los ingenieros para determinar cuándo un talud en particular es o no estable, siempre es necesario saber qué método se debe seleccionar, con base en la calidad y cantidad de los datos disponibles (Instituto Nacional de Vías, 1998). (Por ejemplo, de los parámetros de resistencia al corte), el conocimiento de la geología del talud y las consecuencias de su falla eventual.

En este trabajo se presenta el estudio de la estabilidad de las laderas de la zona antes mencionada, que comprende la compilación de los aspectos

geológicos, geotécnicos, hidrológicos, climáticos, físicos y socioeconómicos del área de estudio, el análisis de la estabilidad de las laderas encontradas en la zona, las consecuencias económicas y sociales producidas por un posible deslizamiento, la clasificación de los niveles de riesgo en cuanto a estabilidad se refiere, y la presentación de medidas correctivas y preventivas tendientes a estabilizar las laderas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El departamento del Chocó está ubicado al noroccidente de Colombia, entre el Océano Pacífico y la Cordillera Occidental. Limita al norte con el Mar Caribe y la República de Panamá; al sur con el departamento de Valle del Cauca; al oriente con los departamentos de Antioquia, Risaralda y Valle del Cauca y al occidente con el Océano Pacífico. Su capital Quibdó está situada a  $5^{\circ}4'16''$  de latitud norte y  $76^{\circ}40'$  de longitud oeste de Greenwich, a  $2^{\circ}30''$  de longitud con relación al meridiano de Bogotá. Situada en la margen derecha del río Atrato, su altitud sobre el nivel del mar es de 43 msnm, y una temperatura media de  $28^{\circ}\text{C}$  (Ubaldo 1994). La zona de estudio que comprende los barrios Montebello, La Cascorva y San Francisco de Medrano, está ubicada al sur oriente de la ciudad de Quibdó.

**Métodos.** Con la ayuda de un mapa general de la zona sur-oriental de Quibdó se realizó el recorrido por los barrios Montebello, La Cascorva y San Francisco de Medrano, estacionándose en las laderas con indicios de inestabilidad, con el objeto de observar y describir los tipos de materiales que las constituyen, el color de los materiales de las capas, los nacimientos de agua y drenaje de las mismas, la forma del relieve y el tipo de vegetación. Después de recorrer la zona de estudio, se escogieron los puntos de extracción de muestras. Se tomaron trozos de material fino con cierto grado de humedad y en estado seco, y se examinaron utilizando las prue-

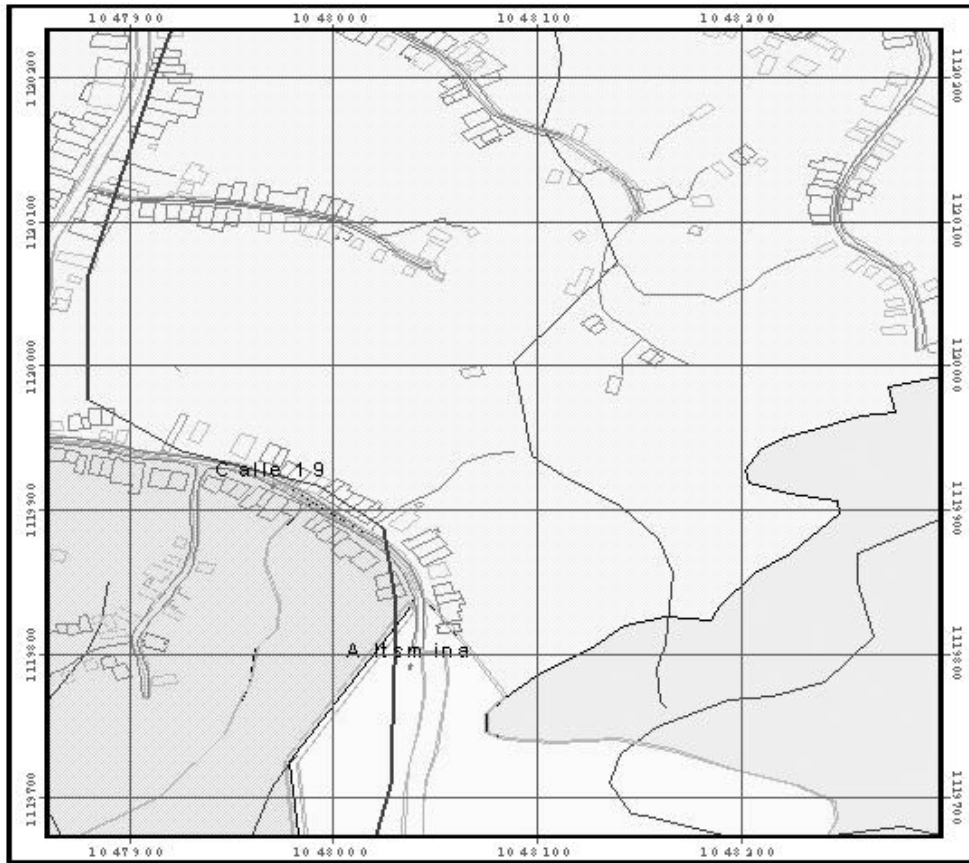


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (SIGUTCH 2007).

bas de tacto, resistencia y tenacidad; además, se tomaron rocas meteorizadas y se examinó el grado de meteorización; por último, se tomaron muestras alteradas e inalteradas de los diferentes tipos de suelo que conforman las laderas objeto de estudio; simultáneamente se midió las alturas y las longitudes de las laderas con indicios de inestabilidad, también se registró fotográficamente las labores de campo. Se realizaron los ensayos de clasificación y de capacidad de soporte a las muestras alteradas e inalteradas tomadas en los puntos predeterminados y por último se procedió a procesar la información obtenida de los ensayos de laboratorio (Figura 1) (Siris y Nelson, 2005).

### RESULTADOS

En la zona de estudio se encontraron tres laderas con indicio de inestabilidad y que fueron objeto de

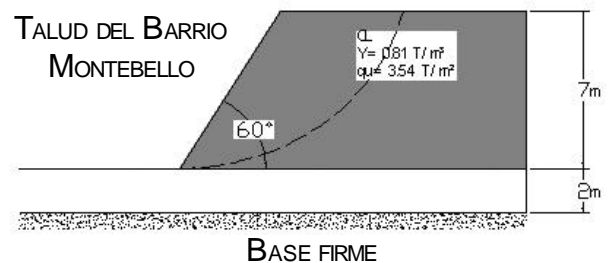


Figura 2. Talud del barrio Montebello

este estudio. En el barrio Montebello se encontró una ladera conformada por una arcilla inorgánica de mediana a baja plasticidad (CL), peso unitario de  $0.81 \text{ T/m}^3$ , una resistencia al corte de  $3.54 \text{ T/m}^2$ , una altura de 7 m y un ángulo de inclinación de  $60^\circ$ . Esta ladera presentó un factor de seguridad de 1,20 (Figura 2, Tabla 1) (Alfonso y Hermillo 1976).

**Tabla 1**  
**Resultados obtenidos de los taludes del barrio Montebello**

Altura promedio	7 m		
Ángulo de inclinación promedio	60°		
Límites de consistencia	Clasificación USCS		
LL	LP	IP	CL
43.8	12.55	31.25	

**Tabla 2**  
**Resultados obtenidos de los taludes del barrio La Cascorva**

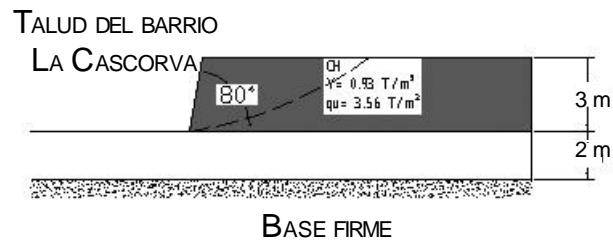
Altura promedio	3 m		
Ángulo de inclinación promedio	80°		
Límites de consistencia	Clasificación USCS		
LL	LP	IP	CH
52	9.76	42.24	

**Tabla 3**  
**Resultados obtenidos de los taludes del barrio San Francisco de Medrano**

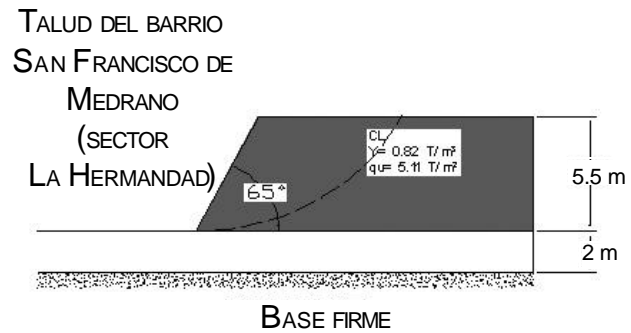
Altura promedio	5.50 m		
Ángulo de inclinación promedio	65°		
Límites de consistencia	Clasificación USCS		
LL	LP	IP	CL
47.5	12.18	35.32	

En el barrio La Cascorva se encontró una ladera conformada por una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH), peso unitario de 0.93 T/m<sup>3</sup>, una resistencia al corte de 3.56 T/m<sup>2</sup>, una altura de 3 m y un ángulo de inclinación de 80°. Esta ladera presentó un factor de seguridad de 1.70 (Figura 3, Tabla 2) (Alfonso y Hermillo 1976).

En el barrio San Francisco de Medrano (sector La Hermandad) se encontró una ladera conformada por una arcilla inorgánica de media a baja plasticidad (CL), peso unitario de 0.82 T/m<sup>3</sup>, una resistencia al corte de 5.11 T/m<sup>2</sup>, una altura de 5.5 m y un ángulo de inclinación de 65°. Esta ladera presentó un fac-



**Figura 3.** Talud del barrio La Cascorva



**Figura 4.** Talud del barrio San Francisco de Medrano

tor de seguridad de 1.74 (Figura 4, Tabla 3) (Alfonso y Hermillo 1976).

Entre tanto, la zona de estudio está conformada en gran medida de arcillas de distintas características.

## DISCUSIÓN

De las observaciones del trabajo de campo, de los resultados de los ensayos de laboratorio, y del análisis de toda la información geotécnica recopilada durante este estudio se sacaron las siguientes discusiones:

1. Los taludes naturales encontrados en los barrios Montebello y San Francisco de Medrano (sector La Hermandad), están conformados por arcillas inorgánicas de mediana a baja plasticidad, mientras que el talud del barrio La Cascorva lo conforma una arcilla inorgánica de alta plasticidad que permite darle una mayor inclinación al talud así como lo muestra su ángulo si perder su estabilidad.

2. Los cortes casi verticales realizados en el talud del barrio Montebello, la escasa cobertura vegetal de talud del barrio La Cascorva y el paso del agua drenada de las calles por el pie del talud del barrio San Francisco de Medrano (sector La Hermandad), hace que se agraven los problemas de inestabilidad en esos taludes provocando con el transcurso del tiempo la falla inminente de estos debido a la pérdida de cohesión y al incremento de la presión de poros provocada por el aumento del contenido de humedad en el talud.
3. A pesar de las fallas e irregularidades que presentan los taludes de los barrios Montebello y La Cascorva, la consistencia media representada por la resistencia sin drenar que presentaron los suelos que conforman estos taludes (0.35 kg/cm<sup>2</sup> y 0.36 kg/cm<sup>2</sup>) respectivamente, es un factor importante que contribuye a la estabilidad de los mismos, y esto se refleja en los factores de seguridad obtenidos para cada uno de ellos (1.20 y 1.70) respectivamente que los catalogan como seguros de acuerdo con la bibliografía utilizada para este tipo de estudio.
4. La dura consistencia representada en una buena resistencia sin drenar (5.11 Ton/m<sup>2</sup>), que presenta el suelo que conforma al talud del barrio San Francisco de Medrano (sector La Hermandad), influye para que esté presente un alto factor de seguridad (1.74), y reduce la posibilidad de que esté presente un deslizamiento a corto plazo, aunque halla indicios de inestabilidad por el mal drenaje de las aguas de escorrentía superficial que pueden disminuir de una manera dramática el factor de seguridad de los taludes a largo plazo.
5. La composición de los suelos que conforman el barrio La Cascorva es muy variada, porque se halló limos orgánicos e inorgánicos de alta compresibilidad, arcillas orgánicas e inorgánicas de baja plasticidad y arenas provocando esto que no se encuentre homogeneidad en la estructura de los taludes y se haga más complicada la de-terminación de su factor de seguridad, cosa que no sucede con los taludes de los demás sectores estudiados.
6. En general, en los tres barrios en cuestión, a una profundidad de 2 m se encuentran suelos arcillosos de buen comportamiento plástico y de mediana, alta y muy alta resistencia seca como las arcillas orgánicas e inorgánicas (OH, CH y CL) que le dan una estabilidad a los taludes predominantes en estas zonas tal como lo muestran sus factores de seguridad.

### CONCLUSIÓN

El estudio de la estabilidad de las laderas de los barrios Montebello, La Cascorva y San Francisco de Medrano zona sur-oriental del municipio de Quibdó, Chocó, Colombia, arrojó que estos taludes en la actualidad son estables y seguros como se pudo verificar con los resultados que arrojaron de 1.20 a 1.74, exigiéndose para considerarse estable un valor de 1 según las normas existentes para cálculo de taludes.

### LITERATURA CITADA

- Arango V, A.** 1985. *Propiedades ingenieriles de los suelos*. Medellín: Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.
- Cossio, U.** 1994. *Mapa Geológico generalizado del departamento del Chocó. Memoria explicativa*. Bogotá: Ingeominas. p. 20-23, 28-30.
- Cujar, G.** 1992. *Estabilidad de taludes*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Instituto Nacional de Vías.** 1998. *Geotecnia vial. Manual de Estabilidad de Taludes*. Bogotá: INVIAS.
- Carabalí, F.** 2007. *Sistema de información geográfica*. Quibdó: Universidad Tecnológica del Chocó «Diego Luis Córdoba» (SIGUTCH).
- Mosquera Q., D.** Siris y N. Magaña. 2005. *Estudio de la estabilidad de los taludes en la carretera Yuto-Certegui*. Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Chocó «Diego Luis Córdoba», Quibdó.
- Rico, A.** y Del Castillo, H. 1976. *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. México: Editorial Limusa S.A.