

## Estabilización de taludes en el río Portoviejo, Ecuador

Miguel Ángel Chávez Moncayo<sup>1</sup> [mchavez@espol.edu.ec](mailto:mchavez@espol.edu.ec)  
Roberto Blanco Torrens<sup>2</sup> [rblanco@ismm.edu.cu](mailto:rblanco@ismm.edu.cu)  
Roberto Watson Quesada<sup>2</sup> [rwatson@ismm.edu.cu](mailto:rwatson@ismm.edu.cu)

### Resumen

El río Portoviejo se encuentra en la ciudad homónima de la provincia Manabí, Ecuador. Los cambios ocurridos en el cauce del río y la construcción de obras de urbanización sobre una de sus márgenes han originado un talud inestable, proclive a la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos que ocasionan daños a las construcciones. Algunas técnicas de estabilización (muros de hormigón, muros de gaviones, entre otras) han sido aplicadas sin éxito al ser finalmente destruidas por la propia acción del agua. Para resolver el problema se ensayó una variante del método de inyección, conjugada con el método de inca de pilotes, en la cual se diseñaron y construyeron a lo largo del talud, pantallas consistentes en perforaciones inyectadas con lechada de cemento y reforzadas con barras de acero. Esta solución de estabilización mejoró la cohesión de las rocas y el suelo del talud y por consiguiente la resistencia ante la erosión fluvial, sin alterar la geometría del cauce y preservando el entorno natural. La variante utilizada constituye una alternativa eficaz para la estabilización de taludes afectados por la erosión fluvial.

### Palabras clave:

Estabilización de taludes, erosión fluvial, métodos de estabilización.

---

Recibido: abril 2008 / Aceptado: mayo 2008

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. ESPOL. Guayaquil. Ecuador

<sup>2</sup> Departamento de Minería. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

## Slope stabilization in Portoviejo river, Ecuador

### Abstract

Portoviejo River runs through the city of same name in Manabi province, Ecuador. The changes occurring in the river banks and urbanization construction works above one of its margins have resulted in instability in the slope, tending to the occurrences of landslides which damage the construction works. For the resolution of the problem, an alternative of the injection method combined with pile driving was tested. Several screens consisting of perforations poured with concrete grouts and reinforced steel bars were designed and constructed along the slope. Containment elements (gabion and concrete walls, among others) have unsuccessfully been installed as they are destroyed eventually by water's own actions. The selected method resulted in improved cohesion of rocks and slope soil; and therefore, higher resistance to fluvial erosion, preventing the river bank geometry from altering and conserving the surroundings. Consequently, this alternative method is highly effective to stabilize river slopes in conditions similar to the ones described above.

### Key words:

Slope stability, fluvial erosion, stabilization methods.

## INTRODUCCIÓN

El río Portoviejo atraviesa la ciudad del mismo nombre en la provincia de Manabí, Ecuador. En su margen más alta se asientan viviendas y otras construcciones (Figura 1) que han sido visiblemente dañadas por los deslizamientos y desprendimientos ocurridos en el talud.

La ciudad de Portoviejo forma parte de una cuenca sedimentaria cuyo eje anticlinal se desarrolla de NNE a SSW; en el límite SSW se produce un cambio estructural por la presencia de numerosas fallas geológicas. Morfológicamente, se identifican dos unidades bien definidas: valles aluviales, entre las cotas 30 y 40, y colinas con alturas que varían de 70 a 130 m. En un alto porcentaje del área, existen terrazas aluviales del Cuaternario disectadas por la erosión fluvial reciente (Chávez-Moncayo, 2002a; DTMP, 2003).



Figura 1. Vivienda afectada por la erosión del río.

En el valle del río se encuentra un depósito de suelos aluviales, de espesor entre 10 y 40 m. En la intersección del valle con las colinas se ubican depósitos coluviales que contienen fragmentos de lutitas y limonitas tobáceas. Las laderas están conformadas

por capas de suelo residual en las partes altas y gruesos depósitos coluviales al pie de las mismas. Bajo las capas de suelo aparecen lutitas tobáceas y lutitas calcáreas de la formación Charapotó, de igual apariencia que las del miembro Villingota de la formación Tosagua. La existencia de depósitos aluviales areno-limoso-arcillosos, unido a un importante grado de sismicidad, posibilita la ocurrencia de fenómenos de licuefacción (Chávez-Moncayo, 2002b; DTMP, 2003).

El cauce del río está constituido por una gruesa capa de sedimentos limo-arenosos y arenosos, con presencia de gravilla en algunos sitios. Debido a los cambios del cauce, los sedimentos relativamente viejos situados en sus bordes son erosionados por las crecidas (Chávez-Moncayo 2003). Vale aclarar que la precipitación media anual es de 429 mm en esta zona, y que durante los fenómenos meteorológicos conocidos como El Niño y La Niña ocurren lluvias mucho más abundantes, como las del año 2000, que produjeron grandes afectaciones.

Desde finales de la década de los 90 del siglo pasado, han sido implementadas por la Municipalidad de Portoviejo varias soluciones de estabilización, entre ellas, la construcción de muros de gaviones y muros de enrocados (Figuras 2 y 3), que al provocar el estrechamiento del cauce aceleraron el proceso erosivo por lo que no resultaron eficaces, quedando el problema de estabilización del talud sin solución.



Figura 2. Colocación de gaviones para estabilizar el talud.

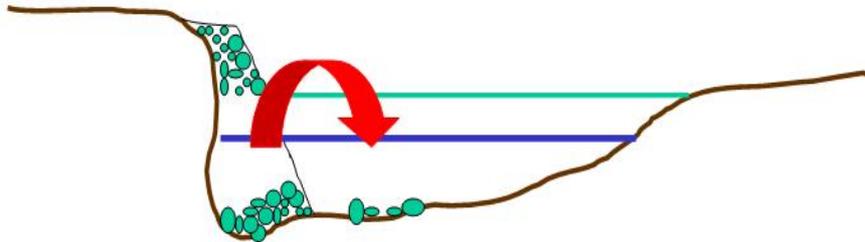


Figura 3. Enrocado. Observe cómo se reduce el área de flujo.

La inestabilidad del talud se asocia a la escasa cohesión de los materiales componentes, representados fundamentalmente por limos y arenas finas poco o medianamente consolidadas, y a la existencia de lentes de arcillas que al saturarse pierden su cohesión aparente (Chávez-Moncayo, 2002b). El proceso de falla de los taludes se agrava y acelera por la erosión de parte de las capas protectoras de limo y arena fina que rodean las arcillas.

Estudios geomorfológicos, hidráulicos y fluvio-morfológicos realizados en el marco del proyecto *Encauzamiento y rescate del río Portoviejo* (Chávez-Moncayo, 2003) muestran la existencia de un proceso erosivo lateral y de fondo muy activo debido a la acción del agua, que desgasta la parte baja y media del talud y hace que su corona o parte alta sobresalga y quede en contrapendiente, siendo esta una de las causas principales de la ruptura o falla del talud. La velocidad del proceso erosivo varía desde algunos decímetros hasta varios metros por mes, en dependencia de las características de resistencia de los materiales componentes del talud.

Atendiendo a estas razones, se consideró que la solución de estabilización más adecuada a la situación existente consistía en incrementar la resistencia del talud frente a la acción del proceso erosivo, sin que se afectara la geometría y capacidad de cauce del río.

Tabla 1. Propiedades físico-mecánicas de los suelos y rocas del talud del río Portoviejo

Formación o depósito de suelos	Propiedades físicas					Propiedades mecánicas			
	Clasific. SUCS	LL %	LP %	IP %	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia a la compresión (MPa)		Cohesión (MPa)	Ángulo de fricción, (Grados)
						Roca sana	Roca alterada		
Charapotó Lutitas tobáceas	NH	46	26	20	1 930 a 2 010	025 a 040	012 a 017	1,5 a 1,7	18 a 24
Charapotó Arcillas negras con clastos blancos	CH	64	31	33	1 400 a 1 520	0,1		0,1 a 0,2	10 a 14
Charapotó Arcillas negras con clastos blancos	CH	72	45	27	1 630 a 1 690	0,48 a 0,7	0,25 a 0,36	0,1 a 0,2	10 a 16
Charapotó Lutitas tobáceas	MH	37	24	13	1 890 a 1 940	0,35 a 0,6	0,2 a 0,3	0,1 a 0,3	18 a 23
Charapotó Arcillas plásticas con fragmentos de lutitas tobáceas	CH	86	42	44	1 480 a 1 540	---	---	0,2 a 0,25	14 a 27

LL: límite líquido LP: límite plástico IP: Índice de plasticidad

Considerando las características físicas y mecánicas (Tabla 1) de las litologías que constituyen el talud del margen del río Portoviejo, se propuso aplicar la inyección de lechada de cemento reforzada con varillas de acero para probar la eficacia de la combinación de ambos métodos en el aumento de la resistencia a la erosión, con la finalidad de detener el proceso de pérdida de estabilidad sin afectar el equilibrio natural del río ni su capacidad de flujo.

### METODOLOGÍA APLICADA

La solución de estabilización consistió en la inyección de lechadas de cemento en barrenos perforados y reforzados con barras de acero en los sectores de la orilla considerados inestables y potencialmente inestables. Los barrenos se perforaron con profundidades de 9 a 12 m para que atravesaran toda la masa de suelo. La barrera resistente consistió en una pantalla de barras pasivas verticales, de cuatro a seis metros por debajo del fondo del cauce.

El método propuesto consiste en una variante de los métodos de fortalecimiento mediante el empleo de elementos resistentes, como los pilotes y micropilotes, y el método de inyección de soluciones cementantes. Estos métodos presentan limitaciones para su empleo según las características geotécnicas del terreno y hasta ahora no se conocía del uso de ellos para contrarrestar la erosión en taludes inestables de riberas (Manual de Ingeniería de Taludes 1991, González de Vallejo, 2002).

Se utilizaron barras de acero de igual longitud que los barrenos. El diámetro de estos últimos fue de 32 mm, mientras que el de las primeras fue de 25 mm. Para mejorar la resistencia interna de la masa de suelo, las barras se hicieron vibrar durante su colocación dentro de los barrenos.

Los barrenos se colocaron según una distribución a tres bolillos, formando una especie de pantalla que protege la masa de suelo de la acción erosiva del agua (Figura 4).

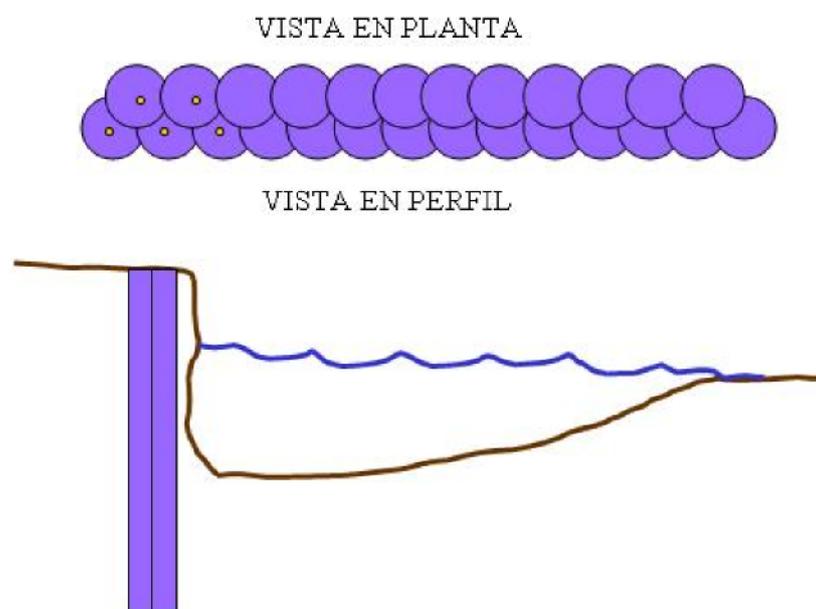


Figura 4. Esquema de la solución de estabilización aplicada.

## RESULTADOS

La solución técnica de inyección de lechada de cemento, reforzada en los tramos más críticos, detuvo el proceso erosivo en aproximadamente 600 m a lo largo del río. No se modificó la capacidad del cauce y se conservó la geometría de los taludes, excepto en aquellos sectores en estado de equilibrio límite por encontrarse en contrapendiente, que fueron descabezados.

La pantalla construida constituye una barrera anclada por debajo del nivel del fondo del cauce, lo que simultáneamente evita la erosión y produce un confinamiento de la masa de suelo; de esta forma se controlan las posibilidades de falla por deslizamiento.

Desde que la solución fue aplicada en el año 2003 hasta la fecha no han existido manifestaciones de pérdida de estabilidad en los taludes por los efectos de la erosión, la pantalla no ha quedado expuesta, por lo que se puede esperar que la acción de grandes avenidas no produzca nuevas afectaciones, teniendo en cuenta que la pantalla conformada por inyecciones, estrechamente ligadas al resto de la masa del suelo, constituye un cuerpo único.



Figura 5. Talud presentado en la foto de la Figura 1 después de aplicada la solución de estabilización.

La solución de estabilización aplicada incrementó las características de resistencia de los materiales que conforman los taludes, aumentando su resistencia frente a los procesos

erosivos (Figura 5). Además, le propició a la estructura interna del talud un mayor confinamiento, lo que aumentó su estabilidad. Esta solución es una variante que toma las mejores cualidades del método de inyección de lechadas de cemento, con las ventajas del método de inca de pilotes; sus resultados muestran que constituye una alternativa eficaz para la estabilización de taludes en cauces erosionados.

### CONCLUSIONES

La combinación de los métodos de inyección de soluciones cementantes con la inserción de elementos resistentes (pilotes, micropilotes, varillas de acero) constituye una alternativa eficaz y viable para la estabilización de taludes afectados por la erosión fluvial.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chávez-Moncayo, M. A. 2001 Génesis y efectos de los deslizamientos en Ecuador. III Simposio panamericano de deslizamientos (Memorias) Cartagena, Colombia. Vol. 2, p. 725-739
- Chávez-Moncayo, M. A. 2002a. Estudios y diseños para estabilizar los deslizamientos en el Cerro La mona de la ciudad de Jipijapa, Provincia de Manabí. Junta de recursos hidráulicos de Manabí.
- Chávez-Moncayo, M. A. 2002b. Informe geotécnico sobre los deslizamientos ocurridos en la localidad de Portoviejo. COPEFEN, Ecuador.
- DTMP (Departamento Técnico del Municipio de Portoviejo). 2003. Proyecto de encauzamiento y rescate del río Portoviejo.
- González de Vallejo, 2002. *Ingeniería geológica*, Parte II Aplicaciones, Taludes, Medidas de estabilización, Edit. Prentice Hall. Madrid, España Pág. 470- 479.
- Manual de Ingeniería de Taludes*. 1991. Publicaciones del ITGE de España. Serie: Minería y Seguridad Minera. Madrid. 410 p