

ESTABILIDAD DE TALUDES EN CORREDORES VIALES

Recepción:
Julio 30 de 2010

Aprobación:
Septiembre 17 de 2010

ROMEL JESUS GALLARDO

Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña
Sede la granja vía al algodonal
E-mail: rjgallardo@ufps.edu.co

Resumen

En la construcción y mantenimiento de vías, se busca que los usuarios transiten por ellas con el mayor grado de seguridad posible. En esta lógica, un aspecto que cobra relevancia es el grado de estabilidad que tienen los diferentes taludes de la vía y es en función de dicho aspecto que se abordó la problemática presentada por uno de estos en la vía que comunica las poblaciones de Samoré (Norte de Santander) y Cubará (Boyacá); sector vial que corresponde al eje de comunicación Cúcuta - Arauca. La problemática presentada por el talud en años anteriores se enmarcó básicamente en el desprendimiento de bloques de roca que ocasionaban taponamientos de la vía, generaban peligro a los usuarios y obstrucción al cauce del río Cubugón. Esto propició un alto riesgo de accidentes y afectó al comercio de la región. La ejecución de este proyecto buscó identificar los factores condicionantes y detonantes que influenciaron directamente la estabilidad del terreno, para que de esta forma se plantearan e implementaran las alternativas de solución a corto y largo plazo, las cuales llevaron a disminuir el nivel de riesgo a los usuarios.

Palabras clave:

Caidos de Roca, Roca sedimentaria, anclaje, estabilización, seguridad

Abstract

In the construction and maintenance of roads, it is that users pass through them with the highest level of security possible. Accordingly, an aspect that is important is the degree of stability that have different slopes of the track and is based on this aspect is addressed the problem presented by one of these on the road that connects the towns of Samoré (North Santander) and Cubara (Boyacá); road sector that corresponds to the axis of communication Cúcuta - Arauca. The problems presented by the slope in the past is framed largely in detached blocks of rock which caused blockage of the track, generating a hazard to users and disruption Cubugón riverbed. This instability led to a high risk of accidents to persons and affected trade. This project aimed to identify the triggers and factors that directly influenced the stability of the ground, so this will raise and implement alternative solutions to short and long term, which led to decrease the level of risk to users.

Keywords:

Fallen rock, sedimentary rock, anchoring, stabilization, security

1. Introducción

Los cortes que se realizan en las laderas durante la construcción de una vía dan origen a una superficie con relieve inclinado denominada "talud" (Suarez, 2009), estas superficies se ven expuestas a diversas condiciones climáticas y ambientales; que propician cambios en los materiales que conforman los taludes. Estos cambios son debidos a la meteorización, la cual se constituye en un fenómeno típico de las regiones tropicales, en las cuales la alta radiación solar, la humedad y las lluvias actúan sobre las rocas expuestas deteriorando sus propiedades físicas, fracturándolas y transformándolas física y químicamente en otros materiales (Suelos y rocas susceptibles a fenómenos, 2009) (proceso de formación del suelo). Lo anterior trae como resultado que se generen procesos de inestabilidad que provocan "el movimiento pendiente abajo de suelos, rocas y vegetación bajo la influencia de la gravedad" (Alcatarra, 2001). Los materiales se mueven generalmente a lo largo de superficies de falla [1], a través de diferentes mecanismos de falla: Caídas ("Falls"), Vuelco ("Topple"), deslizamiento ("Slides"), escurrimiento ("Spread") y flujo ("Flow") (Estabilidad de Taludes, 2009).

Los Mecanismos de falla se ven influenciados por dos tipos de factores principales (Cuanalo y Florez, 2009): los factores condicionantes relacionados con las características propias del talud (o ladera) como son el relieve o morfología, la estructura geológica (tipo de roca, grado de meteorización, fracturamiento y propiedades), las características hidrogeológicas (espesor de suelo, grado de saturación y nivel freático), el tipo y propiedades de los suelos de cobertura superficial y la vegetación (tipo, follaje, área cubierta y profundidad de la raíz); estos factores facilitan o magnifican el efecto de los factores desencadenantes (o detonantes) que como su nombre lo indica desencadenan los movimientos en un talud o ladera y comprenden fenómenos naturales (lluvias, sismos, vulcanismo, erosión y socavación por corrientes de agua) o acciones desarrolladas por el hombre (factores antrópicos como cortes o excavaciones, sobrecargas por construcciones, explotación de

fuentes de material, deforestación, cambio de uso del suelo, descargas de agua y rellenos colocados a volteo). De los factores desencadenantes uno que reviste mayor importancia son las lluvias, dado que contribuyen a aumentar la acción de los factores condicionantes (Rafaelli, 2003). Respecto a este factor en varios países como Brasil y Colombia se hacen estudios que permitan correlacionar lluvia e inestabilidad del terreno, buscando establecer el umbral de precipitación para la ocurrencia de un determinado tipo de movimiento de masas térricas (suelos, rocas o combinación de estos).

El estudio de los factores anteriores es parte integral en la evaluación de la estabilidad de un talud, para así determinar las medidas ya sea de prevención, control, remediación y/o estabilización o que reduzcan los niveles de amenaza y riesgo que se pueden presentar. Esto cobra particular interés en los sistemas viales donde la inestabilidad de taludes, originada por procesos antrópicos y causas naturales, se convierte en uno de los problemas que más los afectan; ocasionando numerosas víctimas, lesionados y pérdidas económicas (Gomez - Anguiano, 2009). Algunas de las medidas que se utilizan para disminuir las amenazas y riesgos, relacionadas a inestabilidades del terreno, comienzan por la prevención realizando el manejo de la vulnerabilidad y el control de las causas generadoras de los movimientos del terreno. Dado que esta no es suficiente para eliminar totalmente los problemas es necesario establecer medidas de control o estabilización en los sitios susceptibles a fallas o con inestabilidad activa (Suarez, 2009). La estabilización se puede llevar a cabo mediante elusión de la amenaza, control de aguas superficiales y subterráneas, conformación del talud o ladera, recubrimiento de la superficie, estructuras de contención, estructuras de control (bermas en el talud, trincheras, barreras y cubiertas de protección (Arreygue, 2009), mejoramiento del suelo y las tecnologías de bioingeniería.

La inestabilidad del talud "Padilla" es un ejemplo de inestabilidad generada a partir de condiciones morfológicas, geológicas, hidrogeológicas y de meteorización cuya acción ha sido aumentada

por la intervención del hombre y las lluvias. En este trabajo se relacionan los aspectos más relevantes del talud, la descripción del mecanismo de falla y las medidas que a la fecha se han adoptado para su estabilización.

Localización

El talud "Padilla" se localiza en la "Loma de Padilla" la cual forma parte de la cordillera oriental, que transcurre por los departamentos de Boyacá y Norte de Santander. Esta loma se encuentra ubicada en el límite de estos dos departamentos, al sur oriente del Norte de Santander. A sus pies corre el río Cubugón, quien más adelante conjuntamente con los ríos Cobaría y Margua forman el río Arauca.

El talud "Padilla" esta situado entre la población de Samoré (Norte de Santander) y Cubará (Boyacá) en la vía Pamplona – Saravena (carretera de la soberanía) que hace parte del eje vial Cúcuta – Arauca. Permite realizar la gran mayoría del comercio y transporte de personas entre los departamentos de Norte de Santander y Arauca, constituyéndose en un elemento central y principal de comunicación entre estos departamentos y el resto del país.



Figura 1. Toma aérea talud Padilla

Por esta vía también se encuentra el oleoducto Caño Limón – Coveñas, de Ecopetrol. En la Figura 1 se aprecia una toma aérea del talud Padilla y parte de la Loma de Padilla.

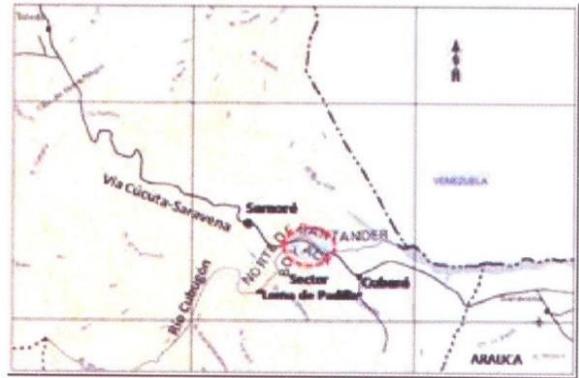


Figura 2. Localización sector Loma de Padilla

En la Figura 2 se muestra la localización de la Loma de Padilla en el sector vial Samoré – Cubará (INGEOMINAS, 2009).

Aspectos Geológicos

La zona donde se localiza la Loma de Padilla pertenece al periodo terciario formación guayabo, correspondiendo de acuerdo a la plancha 5-07 [11] la leyenda geológica Ngc, como se ve en la Figura 3, caracterizada por la alternancia de capas de rocas sedimentarias de arenisca cuarzosa de grano fino, lodolitas, capas delgadas de carbón impuro y arcillolitas en un estado de meteorización avanzado con un buzamiento de 35° contrario a la pendiente del talud y un rumbo N21°E.

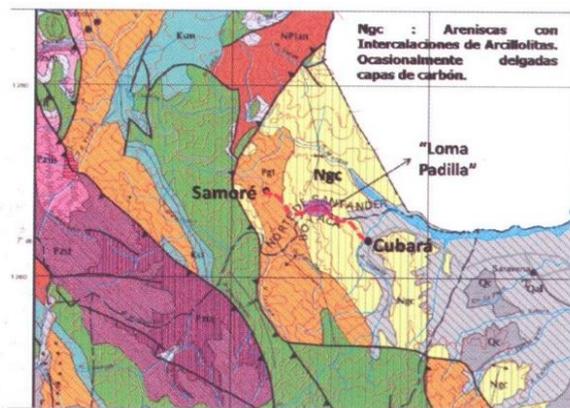


Figura 3. Geología Loma de Padilla

En la Figura 4 se puede apreciar la estratigrafía en forma general.

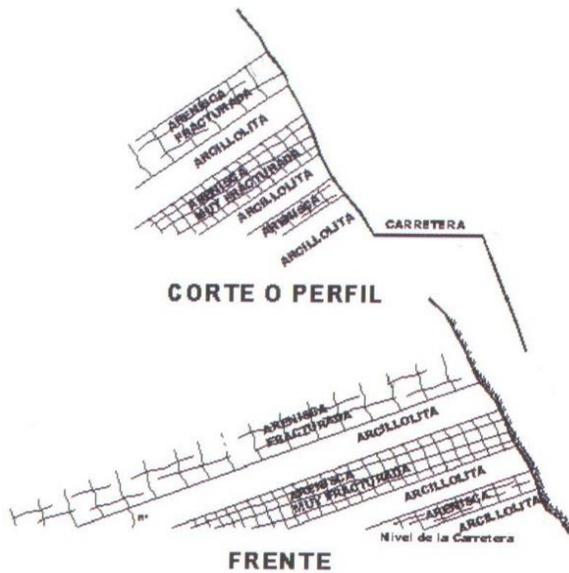


Figura 4. Estratigrafía Loma de Padilla

En la Figura 5 se aprecian los diferentes estratos que componen la litología del talud Padilla.

La Loma de Padilla esta afectada por la llamada Falla al Este de Samoré, la cual pasa al occidente del talud Padilla.



Figura 5. Litología talud Padilla

Mecanismo de falla

El talud Padilla tiene alturas que varían entre los 4 m y los 95 m. Posee una zona inestable con un altura media de 63 m, la cual tiene una inclinación casi vertical y en la cual se presentaban porciones de

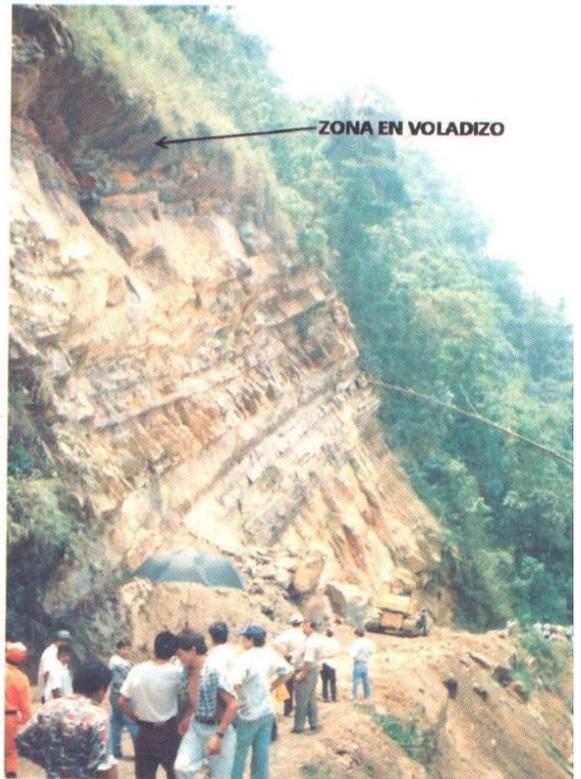


Figura 6. Voladizos en el talud Padilla

La carretera donde se encuentra el talud fue construida a mediados de los años 40 y este inicio el proceso de inestabilidad a finales de los años 80. Esta inestabilidad se caracterizaba por desprendimientos de bloques de roca o caídos de roca, que consisten en remociones masivas y activas de fragmentos y escombros rocosos pendiente abajo [12], los cuales tenían movimientos extremadamente rápidos superiores

a 3 m/s debido a su inclinación casi vertical. En el escarpe superior (cabeza o corona) se encontraron grandes grietas de tensión de 30 y 40 cm (este desplazamiento ocurre generalmente antes de la falla).

El mecanismo de falla se desencadenó principalmente por la acción de las lluvias, acción a la cual se sumó la intervención del estrato de arcillolita en la base del talud con la excavación para instalar una tubería. Las capas de arcillolita y las delgadas capas de carbón, intercaladas con las capas de arenisca fueron humedecidas progresivamente por la lluvia (esta agua que permanecía por más tiempo en el relleno de la excavación, acrecentó el proceso natural de meteorización de la arcillolita descomponiéndose en suelos blandos y compresibles), al presentarse los periodos de verano, el secado conllevó a un proceso de contracción y correspondiente fisuramiento y pérdida de resistencia del material. De esta manera las lluvias a través de un proceso de erosión diferencial (en el que la roca más blanda o menos resistente se erosiona más fácil que la roca más resistente) propiciaron la formación de cárcavas en el pie del talud, quedando sin soporte el estrato siguiente de arenisca que por su estado de fracturamiento y pérdida de resistencia al cortante por infiltración de agua, generó los primeros caídos de bloques de roca. La situación se repitió hacia arriba y se llegó al estado mostrado en la Figura 6.

Medidas correctivas

Con el fin de disminuir el nivel de amenaza y riesgo que presentaba el talud, se plantearon medidas a corto y largo plazo. Las medidas a corto plazo consistieron en realizar pequeñas voladuras que ayudaron al material, que se encontraba formando aleros o negativos, a deslizarse, controlando de esta manera el peligro de accidentes graves en la carretera. Estos deslizamientos pequeños y locales se depositaron sobre un terraplén que se conformó al pie del talud, de tal forma que amortiguó la caída de los materiales, sin causar daños a la banca y al oleoducto. Las voladuras se realizaron de forma gradual evitando el bloqueo de manera definitiva

del transporte por la vía y el represamiento del río Cubugón.

Las medidas a largo plazo que se plantearon consistieron en crear una zona de estabilidad total del cerro Padilla dándole una pendiente positiva de 35° con respecto al eje vertical, lo cual implicaba mover un gran volumen de material y el uso de una gran cantidad de explosivos, maquinaria y personal técnico. Una segunda medida que se planteó fue construcción de pantallas ancladas a lo largo de las capas inferiores de arcillolitas meteorizadas cubriendo de esta forma las cárcavas formadas y protegiendo este estrato de los efectos del clima, esta medida se aprecia en la Figura 7.

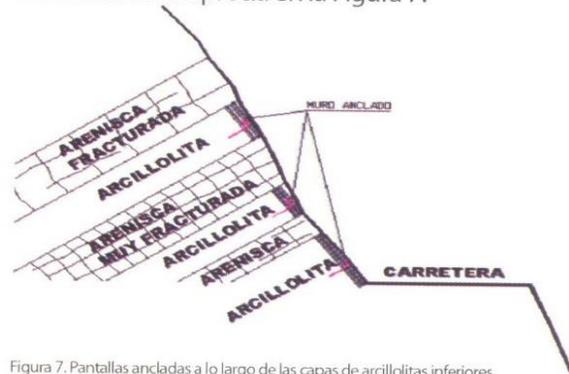


Figura 7. Pantallas ancladas a lo largo de las capas de arcillolitas inferiores

La tercera medida fue la de la construcción de cunetas recolectoras de aguas lluvias en el talud. La cuarta medida fue la impermeabilización de la zona de excavación y relleno que aloja la tubería colocada al pie del talud, evitando la infiltración de aguas superficiales.

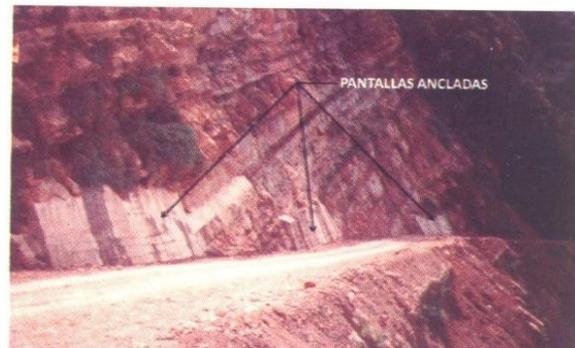


Figura 8. Pantallas ancladas construidas a lo largo de las capas de arcillolitas inferiores

De las medidas a largo plazo se implementó la construcción de pantallas ancladas de las capas inferiores de arcillolita, las cuales afloran en puntos a nivel de la vía. Estas capas eran las más afectadas y donde se propiciaba el mecanismo de falla. Dicha medida se puede observar en la Figura 8.

Discusión

Para establecer el mecanismo de falla del talud fue necesario realizar un análisis retrospectivo que permitió definir la secuencia de eventos que llevaron a la inestabilidad del talud, que para este caso se inició con la acción de factores condicionantes sobre el talud como la alta pendiente, la presencia de fracturas (por el grado de meteorización del macizo rocoso que lo constituye), la resistencia al desgaste diferencial entre los estratos de arcillolita y arenisca, los agentes ambientales como procesos de humedad-seca, la infiltración de agua a través de las fracturas, cuya acción se aumentó por los factores desencadenantes como fueron las lluvias constantes y la excavación en la base del talud. Esto llevó a una falla gradual que propició el lavado y erosión de las capas de arcillolita y posterior caída de los bloques de arenisca. Lo anterior demostró que era necesario recuperar el soporte de las capas de arenisca, manejar las aguas superficiales sobre el talud e impermeabilizar la base del mismo.

Tanto a corto plazo como posteriormente, el comportamiento del talud ha confirmado la bondad de las medidas adoptadas; aun cuando no se realizaron parte de las acciones correctivas a largo plazo como la disminución de pendiente del talud y el control de aguas superficiales.

El procedimiento de estabilización adoptado en comparación con otros que se pueden aplicar para controlar inestabilidades del tipo caídas de rocas, fue una solución funcional y económica. Otros procedimientos que se han aplicado en estos casos han sido la colocación de geomallas o mallas metálicas que se anclan a la corona del talud y a lo largo de este con un sistema de anclas con barras de acero y una red de cables de acero,

“Las mantas de malla ancladas pueden utilizarse para impedir el movimiento de bloques pequeños (menos de 0.6 a 1.0 metro de diámetro) o masas subsuperficiales delgadas de roca” [8], en el caso de estudio el grado de fracturación del macizo rocoso, el tipo de material constitutivo de este, las intensas lluvias en la zona, el mecanismo de falla particular y el tamaño de los bloques a manejar (hasta de 10 m³) hicieron inviable esta opción puesto se corría el riesgo del desprendimiento o falla de la geomalla o malla metálica a largo plazo. Un procedimiento también utilizado consistente en la construcción de cubiertas protectoras “las cuales son estructuras de concreto armado o metálicas con un relleno para amortiguar el impacto de los bloques” [8], que aunque desde hace dos décadas se ha utilizado para el control de los caídos de rocas, en el caso abordado se convertía en una solución muy cuantiosa.

Conclusiones y Recomendaciones

- La disminución de los riesgos asociados a los problemas de inestabilidad de los taludes en las carreteras necesariamente debe contemplar medidas de remediación y/o estabilización, dado que la prevención no es suficiente cuando se trata del desprendimiento rápido de masas de roca. La implementación de medidas de estabilización en los taludes de corte en las vías permite evitar obstrucciones de estas, accidentes, afectaciones de vehículos por colisión contra el material desprendido y afectaciones a vehículos por el impacto de bloques al momento de caer. Logrando que no se vea comprometida la transitabilidad y funcionalidad de la vía y que esta se mantenga bajo condiciones de seguridad para las personas que hacen uso de la misma.

- De los factores que pueden inducir la inestabilidad en un talud el que más afecta esta relacionado con las lluvias, sin menospreciar la actividad del hombre, que en ocasiones sumada al efecto de las lluvias lleva a provocar inestabilidades. Por ello es importante el control de aguas superficiales y subsuperficiales en un talud a modo de evitar

que se aumenten los efectos de factores como la meteorización, infiltración, geología y morfología del talud.

- Un proyecto vial debe involucrar un estudio detallado de las condiciones geológicas y geotécnicas para poder hacer una buena planeación en el momento de hacer los proyectos y tratar así de prevenir los riesgos asociados a futuras inestabilidades.

- Se debe tener muy en cuenta que cuando se trata de estabilización de taludes no existe un diseño único y que las soluciones efectivas en un

caso no necesariamente lo pueden ser en otro. Siempre se debe hacer buen uso de la experiencia, reconocer claramente el mecanismo de falla y tener presente que toda solución a implementar se debe caracterizar por ser técnicamente funcional y económica.

- Es importante tener presente que la realización de obras posteriores a la construcción de un corredor vial y que involucren excavaciones a pie de talud, pueden conllevar a potenciar los problemas de inestabilidad de taludes.

Referencias

[1] Suarez, J., Deslizamientos. Análisis Geotécnico. Volumen 1, primera edición. Universidad Industrial de Santander, UIS, Colombia, 2009, p. 3, p. 336-331.

[2] Suelos y Rocas Susceptibles a los Fenómenos Hidrometeorológicos. Disponible en: http://hercules.cedex.es/hidraulica/PROHIMET/RD05/TemRD05/Osiris_Leon.pdf [citado 8 de Agosto de 2009].

[3] Alcatara, I., Echavarría, A., Cartilla de Diagnóstico Preliminar de Inestabilidad de Laderas, primera edición. CENAPRED, México, 2001, p. 5.

[4] Estabilidad de Taludes. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/5255971/Estabilidad-de-Taludes> [citado 29 de Julio de 2009].

[5] Cuanalo O., Oliva A. y Flores C., Factores condicionantes y desencadenantes de los deslizamientos de laderas en las Sierras Norte y Nororiental de Puebla, México. Memorias del VI Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables, Valencia, España, 2005. Disponible en: http://institutoconaliris.com/index_archivos/Page349.html [citado 6 de Agosto de 2009].

[6] Rafaelli, S., Paisaje Erosivo en Cuencas de Montaña – Modelación con Extrapolación Espacial Ascendente [Tesis de Maestría], Universidad de Córdoba, Argentina, 2003.

[7] Gómez-Anguiano, Martín y Ramírez-Chávez, Juan Roberto. Peligros potenciales de inestabilidad de taludes sobre la carretera federal No. 190: Tramo Heroica Ciudad de Huajuapán de León - Asunción Nochixtlán, Oaxaca. Disponible en: <http://hosting.udlap.mx/profesores/miguelamendez/alephzero/archivo/historico/az39/carreteras.html> [citado 1 de Agosto de 2009].

[8] Suarez, J., Deslizamientos. Técnicas de Remediación. Volumen 2, primera edición. Universidad Industrial de Santander, UIS, Colombia, 2009, p. 2, p. 334-337.

[9] Arreygue, E., Garduño, V., Canuti, P., Casaglie, N., Lotti, A., Chiesa, S., "Análisis Geomecánico de la Inestabilidad del Escarpe La Paloma, en la Ciudad de Morelia, Michoacán, México," Revista Mexicana de Ciencias Geológicas [en línea], vol. 19, No. 002, 2002, Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57219202> ISSN 1026-8774 [citado: 5 de agosto de 2009].

[10] INGEOMINAS, Atlas Colombiano de Información Geológico – Minera para la Inversión. Disponible en: http://productos.ingeoquinas.gov.co/productos/OFICIAL/georecur/atlas/acigemi/07_Catastro%20minero/pdf/mc-e500k-acigemi-cata-07.pdf [citado 14 de Agosto de 2009].

[11] Gómez, J., Nivia, A., Montes, N.E., Jiménez, D.M., Tejada, M.L., Sepúlveda, M.J., Osorio, J.A., Gaona, T., Diederix, H., Uribe, H. & Mora, M., compiladores. 2007. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1'000.000. INGEOMINAS, 2 hojas. Bogotá.

[12] Aliaga, M., Estudio Geológico – Geotécnico para la Rehabilitación de la Carretera Corral Quemado – Río Nieva Tramo I: Puerto Naranjitos – Pedro Ruiz. [Tesis Digital]. Disponible en: http://sisbid.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Ingenieria/aliaga_chm/Geodina.pdf [citado 3 de Agosto de 2000].