

## Participación de la Facultad de Ingeniería en Expociencia y Expotecnología 97

*Luz Yolanda Morales de Mosquera\**, *Luz Elena Santaella\*\**

Del 1 al 8 de octubre de 1997, la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia (ACAC), organizó en Santafé de Bogotá, la V Feria Internacional de la Ciencia y las Innovaciones Tecnológicas, congregando a Instituciones estatales, educativas, científicas, e industriales, con el fin de transmitir conocimientos científicos y tecnológicos, intercambiar ideas, dar a conocer proyectos, programas, productos y servicios, fomentar el quehacer investigativo nacional y estimular a los colombianos en la producción de ciencia y tecnología.

La Universidad Militar Nueva Granada estuvo presente en el pabellón de Investigación y Desarrollo con un stand de 30 m<sup>2</sup> de área, distribuidos entre las Facultades de Medicina, Ingeniería, Derecho, Educación a distancia y Ciencias económicas.

El stand de la Facultad de Ingeniería ofreció al público un espacio en el cual se presentaron



Foto 1



Foto 2

\* Ingeniera Civil, Jefe Centro de Investigaciones Facultad de Ingeniería UMNG.  
 \*\* Ingeniera Civil, Coordinadora Línea de Investigación en Concreto compactado con rodillo.

mediante multimedia, afiches y videos; proyectos de investigación en desarrollo y algunos ya terminados relacionados con temas de avance científico y tecnológico en las áreas de vías, geotecnia, hidráulica, ambiental y mecatrónica, constituyendo un sistema de comunicación entre los asistentes y expositores.

A continuación se describen cuatro de los proyectos presentados:

## 1. Comparación de mezclas asfálticas drenantes fabricadas con asfalto modificado y sin modificar

Director: Ing. Alfonso Montejo Fonseca.  
Autores: Germán Juyar Mora y Gabriel Pérez Cely.  
Estado actual: Proyecto terminado.

### Introducción

La principal aplicación de las mezclas asfálticas drenantes, es como carpeta de rodadura. El espesor de las capas de rodaduras tanto en Europa como en Japón está entre 3 y 5 cm., con agregados de tamaño máximo de 12 a 20 mm.

Una mezcla asfáltica se considera drenante cuando tiene como mínimo un 16% de vacíos, para permitir que el agua se filtre con rapidez a través de ellas y pueda ser evacuada hacia los elementos de drenaje, evitando de esta forma su permanencia en la vía, incluso con precipitaciones intensas y prolongadas.

Con estas mezclas se busca mejorar las condiciones de circulación de los vehículos en condiciones de lluvia, ya que el agua sobre la

carpeta asfáltica dificulta el contacto del neumático con la superficie de la misma, propiciando los deslizamientos y accidentes vehiculares.

### Objetivos

- Analizar el comportamiento a nivel de laboratorio de las mezclas drenantes con y sin asfalto modificado.
- Determinar las ventajas y desventajas de las mezclas asfálticas drenantes.
- Caracterizar las materias utilizadas para el diseño, que deben cumplir ciertas normas.
- Establecer diferencias entre un asfalto óptimo para el diseño de estas mezclas.

### Ventajas

- Se obtiene una mayor resistencia al deslizamiento bajo la lluvia, eliminando el fenómeno de hidropneumático.
- Elevada resistencia al deslizamiento a altas velocidades.
- Reducción del agua dispersada por el paso de vehículos.
- Mejora de la visibilidad con la capa de rodadura mojada.
- Adecuado comportamiento mecánico.
- Pavimentos de rodadura cómoda y silenciosa.

### Desventajas

- Pérdida de permeabilidad en el tiempo.
- Disminución de la resistencia por acción de los disolventes y derivados del petróleo.
- Requerimiento de un soporte adecuado.

## Conclusiones

- Se mejora notablemente el funcionamiento del asfalto.
- Se identifican mejoras en cuanto a la adhesividad, ductilidad y penetración
- Aumenta el rango de temperatura de trabajo.
- Se presentó alta cohesión en las mezclas con porcentajes de polímero y asfalto medios y bajos.
- El agregado obtuvo perfecta adherencia, no se disgrega la mezcla con porcentaje de asfalto del 4,5% al 5% y de polímero de 2% al 3%.
- Si se desea conseguir buenas resistencias y altas porosidades sólo se obtiene con asfaltos modificados.
- El tiempo de evacuación del agua hace que estas mezclas sirvan como carpeta de rodadura y reduzcan el fenómeno de hidroplaneo.

## 2. Instalación de tubería en micro-túneles, implementación de nuevas tecnologías, (pipe-jacking). Empuje hidráulico

Director: Ing. Santiago Loboguerrero.  
 Autores: Jorge Humberto Barriga Yepes y José Tito Turga Arévalo.  
 Estado actual: Etapa de propuesta.

### Justificación

Con este sistema se manifiesta principalmente una minimización de las emisiones

de ruido y polvo, interferencia insignificante del tráfico rodado y molestia mínima de los propietarios, comerciantes, industriales, terrenos de cultivo y edificaciones, durante la instalación de tuberías.

La progresiva concientización ambiental de la población y los mecanismos de autorización en conexión con ella, hará que los procedimientos de construcción abierta convencionales sean sometidos a rigurosas composiciones que afectarán a su economía.

Por último, la demanda creciente de construcciones subterráneas cerradas estimulará el desarrollo de procedimientos de gran rendimiento, económicos y competitivos, que influirán en los resultados de los análisis de costos en favor de este sistema.

### Objetivos

Partiendo de la problemática de las instalación de tuberías de abastecimiento y evacuación, se expone aquí la necesidad de una innovación tecnológica. Un procedimiento constructivo que en relación con esto tiene cada vez más importancia, es el empuje hidráulico de tubos.

Las ventajas ambientales de esta tecnología abren al procedimiento un amplio campo de aplicación. Se discuten las reservas existentes contra este procedimiento con respecto a la parte económica y se rebaten ampliamente mediante un estudio comparativo de costos entre el tendido a cielo abierto de tubos y el empuje hidráulico.

## Metodología

- Se evaluarán los obstáculos de agua, vías de comunicación, edificaciones, condiciones geológicas variables y otros obstáculos a cruzar inevitablemente en el curso del trazado de tuberías.
- Se compararán los métodos de construcción que cada vez tienen más importancia para la solución de esos problemas, desde el punto de vista técnico, económico y ambiental como es el empuje hidráulico de tubos.
- Partiendo de la tecnología utilizada por este método, en el presente estudio se mostrarán las posibilidades y límites de aplicación, así como las tendencias del desarrollo técnico.

## 3. Efecto de la distribución por sentidos en el nivel de servicio de una vía de dos carriles

Director: Ing. Diego Eduardo Hoyos.

Autores: Gustavo Alvarez Lozano y Juan Manuel Reina Pineda.

Estado actual: Proyecto terminado.

## Introducción

Este proyecto hace parte de una serie de estudios que está desarrollando la Oficina de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico del Instituto Nacional de Vías, para actualizar el *"Manual Colombiano de Capacidad y Niveles de Servicios para Carreteras de dos*

*carriles"*, el cual actualmente se encuentra en su segunda versión.

En los países desarrollados se emplean procedimientos para analizar la capacidad vial, los cuales están acordes con las características topográficas y de tránsito propias de cada una de ellos; mientras tanto en Colombia las características de Topografía varían de forma radical con respecto a estos países, por tal motivo estos procedimientos se pueden aplicar en nuestro medio pero adaptándolos a las condiciones de las carreteras Colombianas.

Se entiende por capacidad vial el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto dado, en un periodo específico de tiempo, teniendo en cuenta parámetros tales como: la condición física del pavimento de la carretera, la circulación y condiciones de control de tráfico.

El cálculo de la capacidad y el nivel de servicio de una carretera, facilita la realización de procesos tan importantes como son: la toma de decisiones, planeamiento del transporte y el control de tráfico de vías de condiciones específicas o de otras de similares características.

## Justificación

La aplicación del manual norteamericano en las vías nacionales se dificulta por las siguientes razones:

- Diferentes condiciones topográficas
- Variación de velocidad
- Relación peso / potencia
- Hábito de conducción
- Tránsito vehicular a grandes distancias

## Objetivo General

Determinar el efecto que produce la distribución en dos sentidos de circulación sobre el nivel de servicio en la carretera de carriles Zipaquirá - Chiquinquirá en el tramo K0 + 140 - K2 + 100.

## Objetivos Específicos

- Determinar el efecto que produce la distribución por sentidos de circulación sobre el nivel de servicio empleado en el modelo de simulación TWOPAS.
- Esbozar el procedimiento para calcular el nivel de servicio en una carretera de dos carriles teniendo en cuenta el efecto de la distribución por sentidos .
- Analizar los resultados con el modelo TWOPAS y los resultados del trabajo del estudio de Tecnoconsulta - CPT.

## Conclusiones

- El Efecto de la distribución por sentidos del tramo vial estudiado es muy representativo cuando se presente una condición extrema, (distribución vehicular 90/10 y volumen vehicular de 2000 vehículos por hora); para otras distribuciones este efecto no es tan importante aun teniendo volúmenes vehiculares altos. Cada vez que nos acercamos más a la distribución vehicular 50/50, el efecto de distribución por sentidos en el nivel de servicios es menor haciendo que la velocidad media se vea mas afectada por el volumen vehicular que por la distribución direccional.

- El factor de corrección al nivel de servicio por efecto de la distribución por sentidos indica el porcentaje en que aumenta o disminuye la velocidad media vehicular en cada sentido de circulación, y por lo tanto, aumenta o disminuye el nivel de servicio.
- En el carril donde se encuentra el mayor porcentaje de volumen vehicular el nivel de servicios disminuye de manera pronunciada, mientras que el otro carril tiende a conservar el mismo nivel de servicio que venía presentando desde la condición de distribución direccional 50/50.
- La condición de distribución direccional 50/50 no es la ideal, ya que al encontrarse los dos carriles ocupados, las oportunidades de adelantamiento, tanto en un sentido de circulación como en el otro son menores, por estar siempre ocupado vehicularmente el carril aledaño al efectuar la maniobra de adelanto.
- En la presente investigación se escribieron factores de corrección para cada estación de observación y cada sentido de circulación. Se aconseja que si estos factores se fueren a aplicar debe tenerse en cuenta aquel factor que afecte de manera más desfavorable la velocidad media vehicular.
- Cuando se tiene en cuenta el efecto de la distribución por sentidos de circulación, cada carril tiene un nivel de servicio superior o inferior al otro, con lo cual se puede calificar la carretera con dos niveles de servicio; por esto al escoger el factor de corrección por efecto de la distribución

direccionales, se debe tener en cuenta aquel que le entregue el nivel de servicio más bajo con el objetivo de considerar la condición más desfavorable.

#### 4. Evaluación cualitativa de la estabilidad del terreno en la zona del ponteadero y de los estribos del puente vial sobre el río Anaime en Cajamarca Tolima

Director: Geólogo Julio Alberto Triviño T.  
Investigadores: Armando Arenas Cortés  
Carlos Diego Español A.  
Estado actual: Proyecto Terminado

#### Justificación

- El normal funcionamiento de uno de los puentes metálicos más importantes del país, como es el puente de Cajamarca, se podrá llevar a cabo con el empleo de soluciones obtenidas a partir de la evaluación cualitativa de la estabilidad del terreno en la zona del ponteadero y de los estribos del puente vial sobre el río Anaime en Cajamarca, Tolima.
- La ubicación del puente dentro de la Red Vial Nacional, la ausencia de alternativas para la evacuación temporal del tráfico de la vía primaria Ibagué- La Línea y el hecho de ser la única vía que comunica al occidente con el centro del país, siendo este lugar un punto de paso obligado, crea la necesidad de realizar un monitoreo que determine las condiciones de estabilidad del puente.
- El hecho de ser el puente de Cajamarca un punto de enlace entre la vía Bogotá -

Buenaventura, ciudades que se destacan por ser lugares de exportación e importación de materia prima hacen que el movimiento de carga represente dentro de la economía Nacional un rubro de gran importancia, por lo cual la suspensión del servicio que presta en la actualidad el puente causaría pérdidas millonarias.

- La distribución de alimentos, enseres, y movimientos de personas que diariamente se desplazan por la ruta Bogotá - La Línea en cualquier de los sentidos, se vería seriamente afectada en el caso de que el normal funcionamiento del puente se suspendiera.

#### Objetivo General

Desarrollar una evaluación cualitativa de las condiciones actuales de la estabilidad del terreno en la zona del ponteadero y de los estribos del puente, con la implementación de un nuevo procedimiento fotogramétrico para determinar zonas de inestabilidad y determinar un nuevo lugar para la ubicación de un puente alterno.

#### Objetivos Específicos

- Presentar la información básica del proyecto.
- Determinar el tipo de material previa observación en la zona del puente.
- Determinar cualitativamente la continuidad vertical y lateral del macizo rocoso por medio de fotografías aéreas (Fotogrametría)

- Determinar la distribución del material geológico en los escarpes sobre los cuales están apoyados los estribos del puente.
- Determinar las características de permeabilidad y erodabilidad del material geológico, previa observación de la zona para evaluar el grado de erosión.
- Determinar el grado de influencia de la dinámica fluvial del río Anaime en el sector del puente, para establecer el nivel de socavación.
- Conceptualizar el modelo geológico - morfológico y de la dinámica fluvial de la zona con base en la información obtenida.
- Evaluar las amenazas naturales que inestabilizan la zona del ponteadero y medidas preventivas.

### Metodología

- Fotointerpretación de las características geológicas - morfológicas mediante la determinación de siete parámetros de evaluación geomorfológica, (morfolo-gía, litología, estructuras, hidrología, vegetación, fenómenos de inestabili-dad).
- Visitas de reconocimiento general para la obtención de información primaria y verificación de la información secundaria.
- Evaluación y diagnóstico de las amenaza-s naturales que inestabilizan la zona del ponteadero, y Formulación de solu-ciones y medidas preventivas.

### Conclusiones

1. En el área dentro del corredor del río Anaime entre el municipio de Cajamarca y el corregimiento de Anaime, afloran diferentes unidades de roca, las cuales presentan características físico - mecánicas contrastante entre sí. Su distribución, en aquellas que constituyen el macizo rocoso insitu, se debe a sedimentación seguida de metamorfismo influenciado posteriormente por eventos tectónicos.

Las unidades litológicas más recientes que cubren a las anteriormente citadas corresponden a depósitos "primarios" o sea aquellos resultantes de la lluvia de partículas de emisiones volcánicas, ó por depósitos integrados predominantemente por piroclastos mezclados con partículas de rocas preexistentes. Estos depósitos son el resultado de la recomposición del material desprendido de los depósitos primarios.

Además de los anteriores materiales distribuidos a lo largo de los drenajes y especialmente al de la geoforma sobre lo cual se ha asentado la población de Cajamarca se han depositado sedimen-tos traídos por el río, constituyendo parcialmente depósitos aluviales adya-centes y/o sobre depósitos de lahar.

2. El macizo rocoso en la zona de estudio esta constituido principalmente por rocas de tipo esquistos verdes y negros, su posición relativa y continuidad no es fácilmente determinable dada la hetero-

geneidad de las rocas parentales a ellas, entre si estos esquistos pueden conformar unidades lenticulares y por consiguiente su continuidad lateral es de difícil determinación. Regionalmente los esquistos verdes son más abundantes que los negros, tanto los unos como los otros presentan características tectónicas como son foliación inclinada con diferentes magnitudes, localmente micropliegues y un intenso fracturamiento.

Las coberturas de los suelos en las laderas y a lo largo de los drenajes corresponden a erosión diferencial en las primeras y redistribución en los cauces como resultado de la dinámica fluvial. Los espesores de los remanentes de erosión en las laderas están en función del paleorelieve y de la influencia de la escorrentia superficial, por tanto, los depósitos colgados de mayor espesor corresponden a aquellos sitios donde el paleorelieve presenta geoformas de pendientes suaves u horizontalizadas. Por consiguiente la distribución de los suelos no es permanente, ya que pueden ser removidos y reubicados de acuerdo a la geodinámica de la región.

3. El material aflorante en el talud izquierdo del río en la zona del puente corresponde, en la parte inferior, a esquistos intensamente fracturados e inclinados en sentido contrario a la pendiente topográfica y en la parte superior, a material de depósito de tipo lahar en el cual se aprecian niveles típicamente conformados por cenizas volcánicas formando pseudoestratos y niveles con material de origen aluvial donde son notorios

clastos redondeados de diversos tamaños de rocas ígneas y metamórficas asociados a cenizas volcánicas.

4. El material piroclástico tanto de carácter in-situ como redepositado presenta un alto grado de permeabilidad dado que aún no muestra rasgos de intensa meteorización de sus minerales, lo cual a su vez sugiere que aunque el clima sea de carácter meteorizante no ha habido suficiente tiempo que permita un desarrollo completo de aquel proceso.
5. El macizo rocoso integrado predominantemente por esquistos dado el alto grado de fracturamiento que presenta, la foliación y su desconfinamiento en la parte superior hace que adquiera características de permeabilidad la cual disminuye al aumentar la profundidad.
6. Dadas las condiciones climatológicas de la región y morfológicas del relieve las vertientes del río Anaime van a estar permanentemente influenciadas por aguas de escorrentia superficial y por aguas de precipitación directa sobre la zona. La presencia de depósitos de piroclastos en las laderas favorece la infiltración de las aguas superficiales dadas su alta permeabilidad. El agua de infiltración alcanza el contacto suelo-roca saturando el nivel superior de esta última donde su permeabilidad por fracturamiento es considerable.

El nivel base de las aguas sub-superficiales y/o profundas de las vertientes es el río Anaime, a lo largo del cual ocurren resurgencias especialmente en



épocas invernales y en sitios donde los materiales piroclásticos tienen mayor continuidad hacia la parte alta de la ladera.

En la infiltración además de las características de permeabilidad de los depósitos esta influyendo la presencia de coberturas vegetales sobre los taludes, a mayor cobertura vegetal mayor es la retención de agua superficial y por consiguiente mayor potencialidad de infiltración.

En el relieve escarpado de las vertientes sobre las superficies de menor pendiente se disminuye la energía de la escorrentía y por lo tanto se favorece la infiltración (ver Figura 10.1 Proceso de infiltración debido a la disminución de la energía de la escorrentía superficial por el cambio de pendiente).

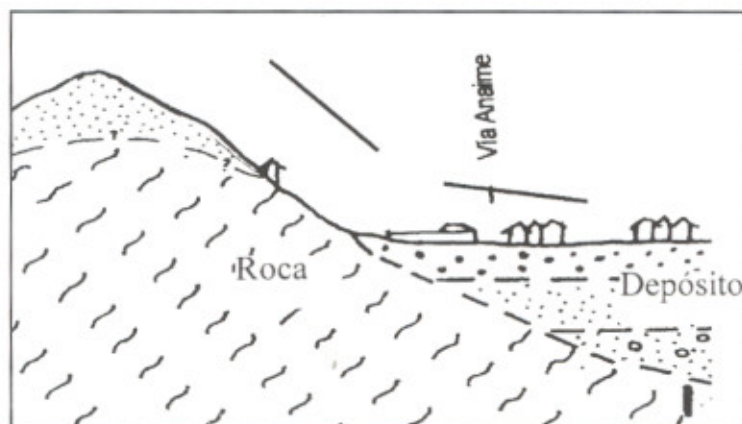
En la zona del estribo izquierdo del puente de Cajamarca las aguas sub-superficiales y profundas que drenan a través del depósito fluvio volcánico, sobre el cual esta asentada la población de Cajamarca, resurgen especialmente a lo largo del contacto entre este

depósito y la roca subyacente en aquellas zonas donde el material piroclástico presenta el mayor grado de permeabilidad.

Por debajo de la superficie aterrizada de Cajamarca se generan dos cuencas hidrogeológicas a partir del paleorelieve constituido por una cuchilla cuyo extremo suroccidental emerge de la geoforma plana y horizontalizada de Cajamarca y su extremo noroeste aflora en el escarpe del sector aguas abajo del puente. En la cuenca hidrogeológica de la porción sureste el agua sub-superficial y profunda es la que resurge en la margen izquierda del río tanto aguas abajo como aguas arriba del puente.

La divisoria hidrogeológica presente por debajo de la geoforma aterrizada de Cajamarca, impide el drenaje a través del material fluvio-volcánico desde el río Bermellón hacia el río Anaime.

El depósito fluvio-volcánico de Cajamarca presenta una pseudo-estratificación. Cada uno de los niveles, dada la granulometría del material que lo integra, adquiere grados variables de permeabilidad. El nivel superior es el que presenta el mayor grado de permeabilidad, seguido por el inferior, ya que estos materiales



**Figura 10.1**

Proceso de infiltración debido a la disminución de la energía de la escorrentía superficial por el cambio de pendiente.

son predominantemente de origen aluvial y volcánico, mientras que el nivel intermedio está constituido por cenizas volcánicas.

7. La depresión original a lo largo de la cual ha fluído el río Anaime es constituida por roca de tipo esquisto. Localmente esta depresión ha podido ser el resultado de eventos tectónicos. El lineamiento morfológico puede corresponder a un lineamiento estructural tipo falla a lo largo de esta depresión han ocurrido fenómenos de sedimentación como resultado del arrastre de material por el propio río y como aporte lateral de las vertientes. Este depósito ha cubierto la superficie original rocosa del lecho del río, alcanzando alturas diferentes a lo largo del cauce en función del ancho original de la depresión en roca. Los procesos erosivos posteriores a esta sedimentación han modificado el depósito originando geoformas aterrazadas, las cuales constituyen las orillas del río. Por consiguiente en todo momento las orillas del río, local a sectorialmente, van a estar constituidas por material de depósito.

El material de los depósitos es de carácter granular, suelto o débilmente compactado, lo cual hace que sea vulnerable a los procesos de erosión por socavación.

La dinámica fluvial o influencia de la energía del caudal sobre su cauce depende de las variaciones de caudales y de la resistencia de las orillas. Así, siendo el río Anaime un drenaje de montaña que corresponde a una amplia cuenca hidrológica su caudal variará constantemente y por consiguiente su energía es también cambiante. Como los taludes

entre Anaime y Cajamarca presentan una baja resistencia a la erosión, la dinámica fluvial es muy activa modificando constantemente la morfología de su cauce tanto en sentido vertical como en sentido horizontal.

En el sector del puente la dinámica del río es de mayor importancia a la que ocurre aguas arriba de este sitio ya que el fondo del cauce y la orilla derecha están formados por roca tipo esquisto y solo en la parte media y superior del talud izquierdo el material es de depósito fluvio volcánico. En esta orilla el río influye sobre la estabilidad cuando su lámina de agua alcanza la altura del contacto entre roca - depósito, de acuerdo al estimativo correspondiente a un período de retorno de 1000 años donde la lámina de agua podría alcanzar los 30 m de altura. Para estas condiciones la pata del talud sobre el cual está soportada la base del puente puede ser socavada por el río ya que su material de cenizas volcánicas es altamente susceptible al ataque erosivo del río.

8. El material de depósito va a generar geoformas aterrazadas con escarpes verticalizados. El material in-situ desarrolla taludes inclinados y de gran continuidad. La dinámica fluvial es más agresiva en las geoformas aterrazadas.
9. La verticalidad de los taludes en la parte baja del relieve a lo largo del cual fluye el río Anaime no determina una mayor estabilidad del material sino un proceso de erosión. Por consiguiente estas geoformas verticalizadas representan zonas de alto grado de inestabilidad; mientras

que los taludes verticalizados en la parte alta de las vertientes pueden corresponder a depósitos colgados o afloramiento de roca. Cuando es en roca representan un alto grado de estabilidad.

Los taludes inclinados en la parte media y alta de las vertientes han sido desarrollados predominantemente en roca o en depósitos coluviales. La inestabilidad crítica ocurre sobre los depósitos coluviales, ya que la superficie de contacto entre este y la roca infrayacente corresponde a planos de foliación inclinados, los cuales a su vez pueden estar lubricados.

10. La amenaza natural sobre el sitio del ponteadero en el talud izquierdo consiste en la erosión del depósito fluviovolcánico a consecuencia de los drenajes sub-superficiales y profundos dentro de la masa (aguas de alcantarillado, acueducto y de infiltración).

Otra amenaza de menor grado la constituye una esporádica subida del nivel del río hasta el contacto roca-suelo.

En el talud derecho la principal amenaza la constituye la vibración ejercida por el flujo vehicular sobre el material de brecha en el material esquistoso.

Aguas arriba del puente las amenazas corresponden a inundación, retroceso de las orillas e invasión de sedimentos provenientes de las vertientes del río.

Para la construcción de un nuevo puente sobre el río Anaime aguas arriba de Cajamarca la cimentación que garantice estabilidad con respecto a la dinámica

del río, será aquella que se lleve a cabo sobre roca (material insitu).

11. La amenaza sísmica es alta ya que la zona se encuentra atravesada por innumerables lineamientos de falla, lo cual evidencia un alto grado de tectonismo, que puede regenerarse en un futuro.
12. La erupción de los volcanes adyacentes como el volcán Machin podría invadir la cuenca del río de depósitos piroclásticos los cuales ocasionarían un cambio en el proceso dinámico del río. La ocurrencia de este fenómeno constituirá el comienzo de procesos similares a los que dieron origen a la expresión geomorfológica actual.

### Recomendaciones

1. Determinar el espesor de los depósitos localizados en la parte baja de la depresión donde hay influencia directa de la dinámica del río.
2. Establecer de las características geométricas de la superficie de contacto suelo - roca en los depósitos colgados en las vertientes.
3. Dimensionar los volúmenes de material potencialmente desprendido de las partes altas de la cuenca aguas arriba de Anaime, los cuales podrían ocasionar avalanchas de lodos.
4. Determinación de la influencia de los drenajes superficiales sobre los depósitos de las vertientes.
5. Determinación de las magnitudes de los depósitos localizadas en las vertientes.

6. Investigar el comportamiento de aguas superficiales, subsuperficiales y profundas en el depósito de Cajamarca por intermedio de sondeos geoelectrónicos, de sondeos mecánicos y otros. Se sugiere que la investigación se haga en una red de sondeos a lo largo de líneas rectas paralelas entre sí y que guarden un paralelismo con los escarpes adyacentes al río Anaime.
7. Hacer un levantamiento y restitución topográfica del corredor del río entre Anaime y Cajamarca, con el objeto de establecer las alturas críticas de las laminas de agua que pueden ocasionar erosión en las orillas del río.
8. Investigar la distribución y continuidad del material brechado en el talud derecho del río en la zona del puente por medio de perforaciones y otros sistemas de investigación. Con el objeto de determinar una posible solución de estabilidad del talud, lo cual podría hacerse con una pantalla anclada al macizo rocoso no brechado.
9. Determinar el contacto suelo - roca en el talud izquierdo del río en el sitio del puente entre el depósito pseudoestratificado de Cajamarca, el macizo esquistoso subyacente a él.
10. En el eventual caso que el contacto suelo - roca sea alcanzable por alguna lámina de agua del río, se recomienda como una solución para minimizar el efecto de la dinámica del mismo sobre el depósito, la construcción de un muro cimentado que los independice.
11. Verificar y controlar el desprendimiento de material natural por el paso de vehículos pesados en el talud del estribo derecho del puente, estudiando la posibilidad de utilizar como solución concreto lanzado, malla electrosoldada o pernos anclados.