

## **EL DESLIZAMIENTO DE SAN PEREGRINO, EN LA AUTOPISTA DEL CAFÉ**

**Walter Leonin Estrada Trujillo<sup>1</sup>**  
**Fabio Jaramillo Correa<sup>2</sup>**  
**José Luis Naranjo Henao<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Aquaterra S.A. Edificio Caja Social de Ahorros. 6to Piso. Manizales. (aquaterra@aquaterrasa.com.co)

<sup>2</sup> Calderón y Jaramillo. Carrera 21 No. 58-54. Manizales. Tel. 8810251 (cucojara@une.net.co)

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Depto de Ciencias Geológicas. Universidad de Caldas. Manizales. (jose Luis.naranjo@ucaldas.edu.co)

### **RESUMEN**

La “Autopista del Café” en el tramo comprendido entre las ciudades de Manizales y Pereira presenta varios sitios de inestabilidad geológica que han demandado grandes cantidades de dinero para lograr su estabilización. Uno de estos sitios se denomina San Peregrino, y se localiza en el km 7+630 de la vía Manizales – Pereira. En este sitio la autopista está a lo largo de una divisoria de aguas de 20 m de ancho, donde se presentan problemas de inestabilidad geológica severos en ambos lados de la divisoria. La divisoria está constituida por gruesos paquetes de shales carbonosos interestratificados con delgadas capas de chert de dimensiones centimétricas, dispuestas formando un pliegue con eje a lo largo de la divisoria. La zona está afectada por el trazo de la Falla Fundamental de Romeral, lo que ha producido alto grado de fracturación en los cherts, plegamientos de gravedad en los shales y pliegues complejos superpuestos en toda la secuencia, características que junto con el alto flujo de agua subterránea, han desestabilizado el sitio hasta el punto de requerir una gran inversión en obras de estabilización. Las obras de estabilización implementadas hasta ahora, son drenaje superficial y subterráneo, y una batería de caissons para proteger la banca de la vía.

**Palabras clave:** divisoria de aguas, inestabilidad, pliegue, caissons

### **THE SAN PEREGRINO LANDSLIDE, IN THE AUTOPISTA DEL CAFE**

### **ABSTRACT**

The “Autopista del Café” in the stretch comprehended between the cities of Manizales and Pereira shows some unstable geological sites who has demanded great money expenses for stabilization. One of them is called “San Peregrino”, located at abscissa K7+630 of the roadway Manizales-Pereira. The road in this sector pass along a ridge water divide about 20 meters wide on top, an manifests severe geological stability problems toward both sides of ridge.. The water divide is constituted by thick beds of black shales which are interstratified with thin beds of chert of centimetric dimensions, disposed in the form of a fold with its axis oriented along the water divide. The zone is affected by the Fundamental Romeral Fault causing high fracturation grade in cherts beds, gravity folds in the shales and complex superimposed folds in all the sequence, characteristhics that together with high flow of underground water, have caused stability problems in the area with the consequent demand of a high inversion in stabilization works. The implemented stabilization works until now, are superficial and subterranean drainage, and several aligned caissons to protect the highway floor.

**Key words:** water divide, instability, fold, caissons



## INTRODUCCIÓN

La “Autopista del Café” en el tramo comprendido entre las ciudades de Manizales y Pereira presenta varios sitios de inestabilidad geológica que han demandado grandes cantidades de dinero para lograr su estabilización. Uno de estos sitios se denomina San Peregrino, también conocido como Quebra del Billar, y se localiza en el km 7+630 de la vía Manizales – Pereira. En este sitio hay un problema severo de erosión remontante que afecta un viaducto localizado sobre una divisoria de aguas. El problema debe su origen y desarrollo a la combinación de estructura geológica, litología, pendiente y contenido de agua tanto superficial como subterránea. Las obras de estabilización implementadas hasta ahora, son drenaje superficial y subterráneo, y una batería de caissons para proteger la banca de la vía. Con la instalación de los caissons al borde del viaducto se detuvo el agrietamiento del terreno así como el desplazamiento de la losa de la vía. Sin embargo, como aún no se ha hecho el tratamiento recomendado para estabilizar toda la ladera, la erosión remontante continúa, hasta el punto de haber agrietado severamente las viviendas localizadas al borde de la vía y dejar al descubierto toda la ladera.

## ANTECEDENTES

Los problemas de inestabilidad en las laderas de la Quebra del Billar que afectan de manera notable la banca del carril de ascenso a Manizales, se vienen presentando desde hace ya varios años, mucho antes de la construcción de la doble calzada. Según información de personal del antiguo MOPT (hoy INVIAS)-, en el año de 1984 se presentó



en el sitio un deslizamiento de gran magnitud que provocó el deterioro de la banca y la incomunicación por varios meses entre Manizales y Medellín. Este deslizamiento tratado por el MOPT, se produjo a unos pocos metros del sitio donde posteriormente Autopistas del Café construyó el viaducto Quebra del Billar 2. Para la construcción de la doble calzada en el sector de la Quebra del Billar, fue necesario utilizar un tramo de la banca existente y la construcción de dos viaductos, en los sitios donde la vía existente pasa por la divisoria de aguas. La calzada paralela al viaducto Quebra del Billar 2 (carril de descenso a Chinchiná) presentaba desde antes de la construcción de la Autopista, problemas de asentamientos y agrietamientos en la carpeta de rodadura, cuya forma y geometría evidenciaban problemas en la ladera correspondiente a la margen derecha de la quebrada El Rosario. Estos agrietamientos y fisuras en el pavimento se siguen presentando en la zona, evidenciando la continuidad o reactivación del movimiento de la ladera y afectando además de la vía y el viaducto, las viviendas localizadas en la vecindad de la zona de mayor actividad. Además de los problemas que se presentan en la banca y en las viviendas vecinas al viaducto, correspondientes al deslizamiento principal, son evidentes otros deslizamientos en la zona, tres de ellos en la margen derecha de la quebrada El Rosario, y uno ubicado en el costado occidental del viaducto, en la ladera opuesta de la divisoria, el cual se reactivó en el mes de diciembre de 2006.

## MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La zona de la vereda San Peregrino al occidente de Manizales, objeto del presente estudio, está localizada en la zona de influencia del Sistema de Fallas de Romeral, a unos 200



metros al oriente del trazo principal de la Falla. El Sistema de Fallas de Romeral ha sido interpretado como una zona estrecha de deformación tectónica que marca, en forma bien definida, el límite entre corteza continental, hacia el Este, y corteza oceánica al Oeste, acrecionada por varios eventos de subducción y obducción contra la margen continental (Naranjo, 2005). Con los últimos estudios sobre el Sistema de Fallas de Romeral se ha concluido que el Sistema exhibe una falla mayor, de rumbo general NS, con una geometría caracterizada por un plano arqueado de alto buzamiento que imprime en superficie una expresión rectilínea con amplias curvaturas hacia el Este y Oeste con la consecuente variación del buzamiento a lo largo de toda la traza (Naranjo, 2005). Los bloques de roca a ambos lados de la falla se han desplazado en un movimiento lateral izquierdo dando origen a pequeñas cuencas de tracción separadas por zonas de compresión, que para el caso, al occidente de Manizales esta zona de compresión comprende el tramo entre el río Chinchiná y la vereda La Violeta, estando el sector de San Peregrino en la mitad de este tramo. Debido a la intensa compresión experimentada por el movimiento de los bloques de roca en las vecindades de la falla, las rocas sedimentarias han formado estructuras plegadas y fracturamiento intenso.

### **MARCO GEOLOGICO LOCAL**

La zona se localiza geológicamente dentro de las rocas del denominado Complejo Quebradagrande donde predominan los paquetes de shales, areniscas, chert y lutitas negras, rocas de origen marino y de edad Cretácica, dispuestas en dirección Norte-Sur, con inclinaciones promedio de 50° hacia el Este, y con apariencias diferentes que facilitan su



reconocimiento (Fig. 1). Normalmente los shales contienen delgadas capas de chert interestratificadas. Sobre estas rocas se asientan en diferentes lugares, terrazas aluviales, cenizas volcánicas y un depósito de relleno antrópico. En este sitio la autopista está a lo largo de una divisoria de aguas de 20 m de ancho, donde se presentan problemas de inestabilidad geológica severos en ambos lados de la divisoria (Fig. 2). La divisoria está constituida por gruesos paquetes de shales carbonosos interestratificados con delgadas capas de chert de dimensiones centimétricas, dispuestas formando un pliegue con eje a lo largo de la divisoria. La zona está afectada por el trazo de la Falla Fundamental de Romeral, lo que ha producido alto grado de fracturación en los cherts, plegamientos de gravedad en los shales (Fig. 3) y pliegues complejos superpuestos en toda la secuencia (Fig. 4), características que junto con el alto flujo de agua subterránea, han desestabilizado el sitio hasta el punto de requerir una gran inversión en obras de estabilización. Como se aprecia en el mapa geológico, hay cuatro paquetes de shales negros carbonosos que se intercalan con unidades de areniscas, lutitas negras, chert y grauvacas. Estas unidades están orientadas Norte-Sur, con una fuerte inclinación hacia el oriente. Hacia la parte más superficial tienen una inclinación por debajo de los 50°, mientras que en profundidad es mayor de 50° y varían hasta llegar a estar verticales. Las unidades de shale (**Kcqs** en el mapa geológico), que se reconocen por su típico color negro, están altamente trituradas y plegadas formando pliegues de gravedad y pliegues de arrastre. Estos últimos se han formado debido a su baja competencia y estar interestratificados con capas de alta competencia como son las areniscas y los chert. Los shales se descomponen con mucha facilidad, lo que hace que en las zonas más superficiales pierdan su estructura original



dejando al descubierto una masa de arcilla negra susceptible de ser lavada con facilidad cuando es atacada por el agua. Por su contenido de grafito, son las unidades que facilitan el deslizamiento de las mismas capas de shale que las constituyen y de las capas de arenisca que están por encima de ellas.

Las unidades de arenisca (**Kcqa** en el mapa geológico) se dividen en dos paquetes diferenciables que constituyen cinco estratos como se puede apreciar en el mapa geológico. De estos cinco estratos, los dos del lado oriente y dos del lado occidente son areniscas de grano fino que se presentan con alto grado de fracturamiento y dureza y con un perfil de meteorización de color amarillo ocre. El estrato que está entre éstos es de arenisca volcánica (**Kcqv** en el mapa geológico), y al igual que todas las unidades de arenisca presentan un alto grado de fracturamiento y se meteorizan dando un material de color amarillo ocre. Todas las diferentes unidades presentan meteorización sobre todo en aquellos sitios que se localizan sobre la parte alta de la divisoria de aguas por donde está la vía. Esta se manifiesta con mayor intensidad en los paquetes de shales, siendo aquellos sitios donde se han originado los más grandes problemas de erosión en la zona. Donde afloran los paquetes de arenisca y chert (**Kcqc** en el mapa geológico), las rocas se conservan duras formando afloramientos rocosos estables como se puede apreciar en el corte de la carretera. El paquete de chert con lutitas negras (**Kcql** en el mapa geológico), presenta una competencia intermedia entre la de los shales y las areniscas, y por tanto, es también más susceptible a la erosión que las areniscas, pero menos que los shales. Los depósitos de cenizas volcánicas (**Qcp** en el mapa geológico) se localizan en el borde



noroccidental del mapa y se aprecian en todo su espesor, que es del orden de 10 metros. Están constituidas por cenizas finas meteorizadas y masivas, de color amarillo y cubren uno de los paquetes de areniscas grises y el paquete de shales sobre el cual está cosntruido el viaducto. El depósito de relleno antrópico (**Qre** en el mapa geológico) está formado por la acumulación de materiales de escombros producidos cuando se abrió la vía y posteriormente cuando fue necesario correr la vía hasta la posición actual ya que un gran movimiento de masa se llevó la banca. Los materiales iniciales fueron vaciados sobre la ladera; parte de éstos se fueron al lecho de la quebrada El Rosario y otra parte permanece sobre la ladera existente al momento del vaciado.

### **GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

Varios rasgos estructurales caracterizan la zona. Ellos son:

☞ Las rocas sedimentarias se presentan orientadas en sentido Norte-Sur e inclinadas hacia el Este, con valores de ángulo de inclinación variando desde 32° hasta 90°, siendo 50° el valor de ángulo que más se repite y que corresponde a los afloramientos localizados en la vía y en el cauce de la quebrada El Rosario. Estos diferentes valores y la distribución en superficie de los afloramientos permiten concluir que las rocas por debajo del viaducto están formando la terminación de un pliegue anticlinal que incrementa su ángulo de buzamiento hacia el Este, es decir hacia la quebrada El Rosario.

☞ Una rasgo estructural de importancia es la presencia de al menos dos (2) pliegues: un anticlinal y un sinclinal que se observan en la carretera. La importancia de estos pliegues



radica en el hecho que sus ejes están perpendiculares al rumbo general de las capas, constituyéndose en una anomalía estructural –pliegue complejo-, producto de los esfuerzos que estas rocas han experimentado a través del tiempo, por el hecho de estar dentro de la zona de influencia de la falla principal del Sistema de Fallas de Romeral (Fig. 4).

☞ Otro rasgo estructural es la presencia de un gran número de pequeñas fallas de diferente orientación e inclinación que afectan todas las rocas indistintamente, algunas de las cuales se observan en la quebrada El Rosario y otras en el talud superior de la vía donde está el abanalamiento hecho años atrás cuando fue necesario reconstruir la vía.

☞ La característica estructural de mayor importancia para este estudio es el pliegue de gravedad –dobladura-, que hay en la mitad de la ladera entre el viaducto donde están las grietas y la quebrada El Rosario. La importancia radica en el hecho de que los shales afectados por este pliegue son los que al deslizarse han generado las grietas que desestabilizan la vía. En las laderas abruptas y altas de los valles y desfiladeros, principalmente en las regiones montañosas, se observan dobladuras de las partes superiores de las capas verticales ladera abajo. Tales dobladuras son provocadas por la fuerza de gravedad y coinciden con la parte superficial de la ladera, en donde el material se encuentra en estado semidestruido por la erosión y se desliza lentamente. La dobladura ladera abajo altera bruscamente la disposición originaria del estrato y se observa particularmente con frecuencia en las arcillas, esquistos arcillosos y shales como es el caso en la zona de San Peregrino (ver sección geológica CD en el mapa geológico y figura 3).





Geomofológicamente el área se caracteriza por tener pendientes altas, drenajes de tipo subparalelo, divisorias de agua agudas y huellas de movimientos de masa, algunos de los cuales están activos, ya sea porque se han originado por primera vez, o porque se han reactivado. La quebrada El Rosario como corriente mayor drena sobre roca y las tres curvas principales que tiene orientadas hacia el Este, han sido producidas ya sea por el avance de los movimientos de masa derivados de la vertiente derecha de la quebrada o por los depósitos de terraza que forman barras puntuales. Los rasgos geomorfológicos más llamativos corresponden a los deslizamientos de tierra actualmente activos, a las huellas de los que están en estado de reposo sin que se hayan estabilizado, y las grietas que están afectando la vía, que fueron las que dieron origen al presente estudio. De los cuatro deslizamientos mayores presentes al momento de la visita de campo, uno de ellos, denominado “Deslizamiento de San Peregrino” es el que se describe más adelante.

### **METODOLOGIA**

Para abordar el estudio de este deslizamiento se procedió a realizar un levantamiento topográfico detallado con curvas de nivel cada metro. Sobre el mapa producido se hizo el levantamiento geológico, se cartografiaron todas las grietas, escarpes y desplazamientos, se proyectaron las perforaciones tanto manuales como mecánicas, así como la implementación de 40 mojones en la ladera y sobre la vía, con los cuales, mediante instrumentación topográfica se determinó la magnitud y dirección de los diferentes movimientos que experimentaba la ladera a través del tiempo. Dentro de estos 40 mojones se cuentan los tres mojones o puntos de control ubicados por fuera de la zona inestable,



donde no hay movimientos de la ladera. De las perforaciones se tomaron muestras alteradas e inalteradas para determinar las propiedades índice y los parámetros de comportamiento mecánico; adicionalmente se realizaron ensayos de penetración dinámica en todos los sondeos. En el laboratorio se realizaron ensayos de humedad natural, peso unitario, granulometría, lavados sobre tamiz No. 200, límites de Atterberg y compresión inconfina, corte directo y gravedad específica. Adicionalmente se implementó una instrumentación geotécnica compuesta por freáticos e inclinómetros, instalados en la mayoría de los sondeos verticales.

### **CARACTERÍSTICAS DEL DESLIZAMIENTO DE SAN PEREGRINO**

1. Se localiza sobre la ladera que hay desde la calzada de la vía hasta el cauce de la quebrada El Rosario.
2. La ladera tiene una pendiente promedio de 32°
3. En dicha ladera, aflora hacia la base, una unidad de shales carbonosos y sobre ésta uno de los paquetes de areniscas grises. Debido a la inclinación que todas estas unidades presentan y a la dirección de esta inclinación, las areniscas afloran en la base de la quebrada mientras que los shales afloran desde el contacto hasta el otro lado de la divisoria de agua donde está la cárcava que pone en peligro la vía por su margen izquierda, mirada en dirección hacia Manizales.
4. Los shales se presentan formando un pliegue de gravedad asimétrico con una inclinación de 84° en dirección hacia la quebrada, lo que facilita su resbalamiento

con la consecuente desestabilización de toda la ladera afectando la vía, y de ahí los agrietamientos que se presentan en ambas calzadas sobre la vía (Fig. 5).

5. Hay flujo de agua subterránea desde la divisoria hasta la mitad de la ladera donde brota en manantiales formando coladas de barro.
6. El avance de la ladera en dirección pendiente abajo ha fracturado las viviendas cercanas, así como la vía y las juntas del viaducto.

**Origen del deslizamiento:** Varios factores conjugados constituyen la causa principal que ha dado origen al deslizamiento con el consecuente rompimiento de la vía. Son ellos:

1. El tipo de roca afectada. Los shales carbonosos dispuestos en delgadas láminas con poca o ninguna cohesión y con buzamiento en la misma dirección de la pendiente.
2. La presencia de agua subterránea proveniente de la infiltración del agua lluvia desde la parte alta de los afloramientos, la cual fluye por entre las superficies de contacto entre las láminas de shale que constituyen toda la unidad.
3. La presencia de un pliegue de gravedad asimétrico en los shales (ver fig. 3)
4. La pendiente alta de toda la ladera (32°)
5. El flujo de agua superficial desde la mitad de la ladera hacia la quebrada El Rosario, y la formación de coladas de barro a partir de la desintegración de los estratos de shale (Fig. 6).

Aunque todos los factores influyen en forma conjunta en la desestabilización de la zona, quizás el más efectivo en el aceleramiento del proceso erosivo es la configuración de las rocas formando un pliegue de gravedad asimétrico ya que la mayor inclinación (84°) está en

el flanco del pliegue orientado en dirección pendiente abajo, mientras que el otro flanco, el que está inclinado en contra de la pendiente y por tanto favoreciendo la estabilidad tiene 62° de inclinación.

## RESULTADOS OBTENIDOS

Las mediciones de los desplazamientos de la ladera realizadas con la instrumentación topográfica permitieron determinar que la zona de mayor actividad corresponde a la parte media del talud que se encuentra entre el viaducto y la quebrada El Rosario. La velocidad de desplazamiento medida entre el 13 de diciembre de 2006 y el 14 de febrero de 2007 varían entre 0.27 y 4.2 mm/día, siempre con aumento progresivo. Este incremento es una señal que denota la degradación de la situación de estabilidad y el incremento de una condición de inestabilidad que pasa de condiciones estáticas a cinemáticas. Durante el tiempo de la lectura de los freáticos, desde el 19 de septiembre de 2006 a febrero 22 de 2007 el nivel de aguas freáticas se mantuvo constante en la mayoría de los freáticos a pesar de las variaciones climáticas durante el periodo de observación. En los sondeos ubicados en la zona de mayor actividad del deslizamiento presentó presión hidrostática artesiana. Con la instalación de una batería de caissons al borde del viaducto se detuvo el agrietamiento del terreno así como el desplazamiento de la losa de la vía. Sin embargo, como aún no se ha hecho el tratamiento recomendado para estabilizar toda la ladera, la erosión remontante continúa, hasta el punto de haber agrietado severamente las viviendas localizadas al borde de la vía y dejar al descubierto toda la ladera (Fig. 7).

## TRATAMIENTO DEL PROBLEMA

Este es un problema originado por la configuración geológica pero donde la geología no tiene mayor importancia en la solución, se requiere es tratamiento netamente ingenieril para su solución, la cual a grandes rasgos consiste en:

1. Drenar toda la zona afectada mediante la construcción de una batería de drenes horizontales profundos a diferentes niveles, entregando las aguas captadas al sistema de zanjas colectoras propuestas y finalmente conducidas al sistema de canales.
2. Escalonar la pendiente desde el cauce de la quebrada El Rosario hasta la vía y construir bermas y zanjas colectoras a media ladera con entrega de agua mediante canalizaciones en concreto hasta la quebrada El Rosario.
3. Anclar las capas de shale y sostener las bermas con pantallas.
4. Recoger las aguas lluvias y junto con el agua subterránea extraída mediante los drenes, llevarlas al canal de concreto hasta el lecho de la quebrada El Rosario. La cogida de las aguas lluvias incluye aquellas que vienen desde la cuneta de la vía que actualmente son entregadas en un descole a media ladera lo que ha ayudado a acelerar notoriamente el problema erosivo.
5. Evitar la socavación lateral y de fondo que actualmente producen las aguas de la quebrada El Rosario, para lo cual se propuso la construcción de un elemento de control lateral y de barreras de control de fondo que mantengan la pendiente de compensación de la quebrada.



6. Manejo de la divisoria donde se encuentra apoyado el viaducto, mediante elementos de contención, para evitar que un retroceso del movimiento pueda llegar a afectar de manera más crítica la infraestructura del puente. Para ello se propusieron anclajes activos y pantallas pasivas.
7. Manejo integral de la ladera y de los lotes vecinos, mediante medidas biológico forestales y cambios en el uso del suelo.

### **DISCUSION DE RESULTADOS**

El tipo de agrietamiento presente en la vía al igual que el tipo de escarpes que desde tiempo atrás se ha desarrollado en este sector específico, indican que la masa de shales que se mueve en dirección a la quebrada El Rosario lo hace en forma planar, sin desarrollo de una superficie de ruptura circular profunda como ocurre en muchos fenómenos de remoción en masa en la zona del Eje Cafetero; en este sitio, el flanco del pliegue de gravedad que no tiene como sostenerse sobre la pendiente se desliza con la consecuente desestabilización de la parte alta, hasta romper la vía, en todo el ancho de la divisoria de aguas por donde ésta pasa.

### **CONCLUSIONES**

En el sector de San Peregrino, el agua, la estructura geológica y la litología representan los mayores agentes desestabilizantes. El agua reduce la estabilidad ya que lubrica las potenciales superficies de falla, aumenta el peso del terreno y crea con las presiones intersticiales, una disminución en las presiones efectivas del suelo, disminuyendo las fuerzas resistentes. La estructura geológica presente, consistente en pliegues de gravedad

orientados en dirección de la pendiente y el alto grado de fracturamiento, facilitan el resbalamiento de los materiales en dirección a la quebrada El Rosario, lo que ayudado con los shales alterados convertidos en coladas de barro, contribuyen severamente a la inestabilidad en la ladera, originando erosión remontante que ya alcanzó la divisoria de aguas donde está la vía.

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la Concesionaria Autopistas del Café por el permiso para publicar este artículo.

**REFERENCIAS**

NARANJO, J.L., 2005. Modelo de evolución morfotectónica del sistema de fallas de Romeral entre el río Otún (Risaralda) y Filadelfia (Caldas). *Cuadernos de Investigación. No. 12*. Universidad de Caldas. 133p.

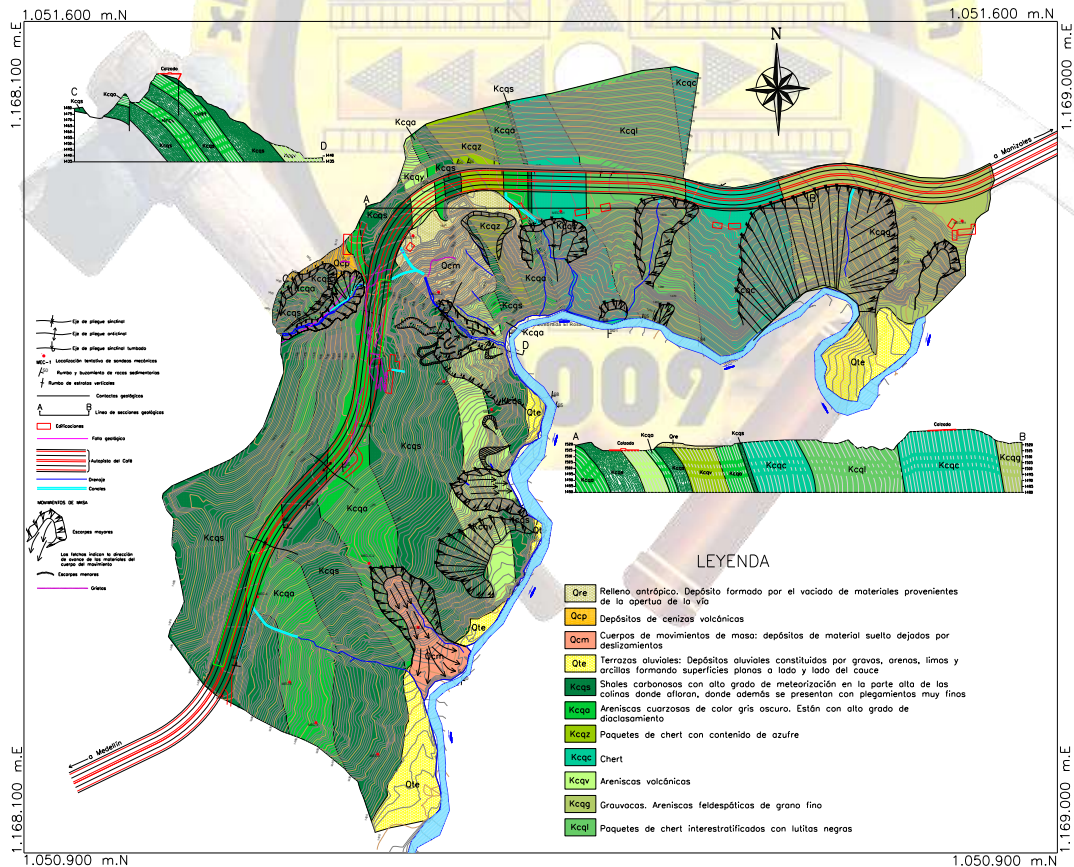
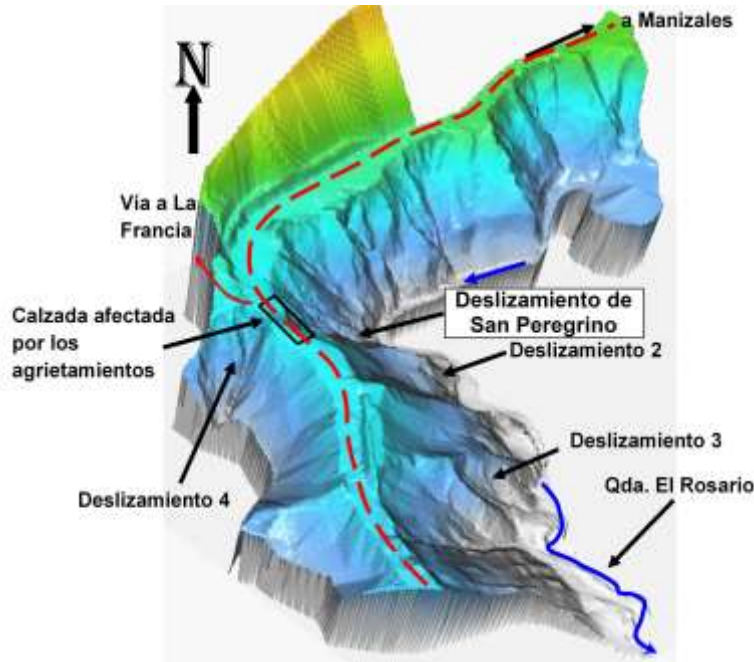


Figura 1. Mapa geológico de La zona donde se localiza El deslizamiento de San Peregrino.

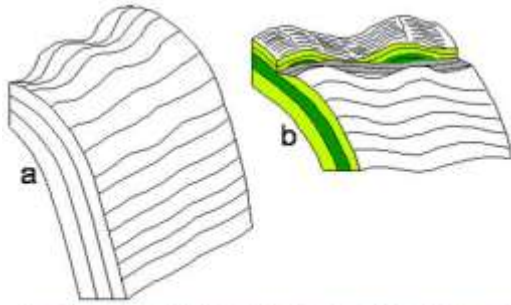


**Figura 2.** Modelo tridimensional del terreno donde se localizan los principales deslizamientos en la zona estudiada. Nótese la posición de la calzada con respecto a los deslizamientos de San Peregrino y al deslizamiento No. 4.



**Figura 3.** Tipos de pliegues de gravedad encontrados en la vertiente derecha de la quebrada El Rosario. En (a), la línea amarilla es el trazo de una falla que desplaza el pliegue. Las líneas blancas indican los pliegues. El pliegue de la figura (b) es el que se encuentra abajo del viaducto.





**Figura 4.** Esquema de los pliegues complejos que se encuentran sobre la divisoria de aguas donde está el deslizamiento de San Peregrino. La figura b es un detalle de la parte superior del pliegue de la figura (a) ya con la vía. En la figura (c) se observan dos pliegues que afloran en el corte de la vía: a= anticlinal; s= sinclinal.



**Figura 5.** (a). Una de las primeras grietas –ahora sellada-, en la vía. (b) grieta por debajo de la calzada. (c) detalle de las grietas en el patio de la casa localizada con la flecha de color rojo en la figura (a). Nótese que la grieta principal se abrió después de haber sido sellada, un indicativo de la actividad del deslizamiento que las originó.



**Figura 6.** Aspecto de las coladas de barro formadas en los sitios donde se combina la presencia de un manantial con los shales carbonosos.



**Figura 7.** Aspecto del deslizamiento de San Peregrino en el mes de diciembre de 2008.