

**DESCRIPCIÓN DE ZONAS INESTABLES EN LA VÍA
MANIZALES-LA SIRIA-CHINCHINÁ**

JULIÁN DUQUE BERNAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES
Noviembre de 2006

**DESCRIPCIÓN DE ZONAS INESTABLES EN LA VÍA
MANIZALES - LA SIRIA - CHINCHINÁ**

Presentado por:

Ing. Civil JULIÁN DUQUE BERNAL

Con la Dirección del Ing. Civil
CARLOS ENRIQUE ESCOBAR POTES

Trabajo de grado para optar al título de
ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Manizales, Noviembre de 2006

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	6
2. OBJETIVOS	7
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	9
5. MARCO TEÓRICO	10
5.1 GENERALIDADES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	10
5.1.1 Unidades Geológicas	10
5.1.1.1 Complejo Quebradagrande	10
5.1.1.2 Formación Manizales	11
5.1.1.3 Depósitos de caída piroclástica	11
5.1.1.4 Cuerpos de Gabros Sausuritizados	12
5.1.1.5 Supraterreno de Chinchiná	12
5.1.2 Geología Estructural	13
5.1.2.1 Sistema de fallas de Romeral	13
5.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA	14
5.2.1 Precipitación	15
5.2.2 Medida de la Precipitación	15
5.2.3 Registros históricos sobre las lluvias y los deslizamientos en la zona de estudio....	16
5.2.4 Hidrografía.....	18
5.2.5 Características del Caudal del Río Chinchiná	20
5.2.6 Caudales característicos de las estaciones en la cuenca del río Chinchiná	20
5.2.7 Caudales máximos y mínimos esperados en el río Chinchiná.....	20
5.3 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA	21
5.4 DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA Y EDAFOLÓGICA	23
5.4.1 Clima y erosividad.....	23
5.4.2 Erodabilidad.....	24
5.5 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO.....	24
5.5.1 Importancia de la cobertura vegetal.....	25
5.5.2 La intervención antrópica	25
5.5.3 La erosión en los proyectos de carreteras	26
6. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS PROBLEMAS DE ESTABILIDAD	26
6.1 SECTOR K49+150. SANTA SOFÍA	26
6.2 SECTOR K47+800. LOS ALCONES	29
6.3 SECTOR K47+100. LA URIBE	31
6.4 SECTOR K45+380. CÁRCAVA DEL TABLAZO	33
6.5 SECTOR K44+300. TAKURMBÍ	37
6.6 SECTOR K44+200. CASERÍO CERCA DE TAKURUMBÍ.....	38
6.7 SECTOR K42+000. JAVA	41
6.8 SECTOR K41+400. AGUABONITA	42
6.9 SECTOR K40+600. SAN FERMÍN.....	44
6.10 SECTOR K39+100. LA SIRIA	46
6.11 SECTOR K38+250. CASELATA	48
6.12 SECTOR K37+250. CANTERA DE LA VIOLETA	50
6.13 SECTOR K33+400 - K32+800. CAÍDA DE ROCAS.....	52

6.14 SECTORES K32+000, K31+000, K30+400. SOCAVACIÓN DEL RÍO CHINCHINÁ.....	55
7. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	58
7.1 Clasificación de las zonas inestables	58
7.2 Metodología de estudio de la vulnerabilidad.....	58
8. LAS AMENAZAS	61
8.1 Definiciones.....	61
8.2 Los detonantes	62
8.2.1 Sismos.....	62
8.3 Tipos de amenazas.....	63
8.3.1 Movimientos Masales.....	63
8.3.2 Inundaciones	65
8.3.3 Erosión.....	65
9. ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD.....	67
9.1 La susceptibilidad	67
9.2 Presentación de las variables para el estudio de la Vulnerabilidad	68
9.3 Parametrización de los factores	69
9.4 Rangos de valoración de la susceptibilidad	70
10. RESULTADOS DEL ESTUDIO	71
10.1 Diagnóstico geotécnico.....	71
10.2 Resultados del estudio de vulnerabilidad	74
10.2.1 Susceptibilidad de los problemas	75
10.2.2 Susceptibilidad de las zonas seleccionadas	76
11. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
11.2 Análisis del estudio de vulnerabilidad.....	79
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
13. BIBLIOGRAFÍA	87
14. ANEXOS	88
ANEXO 1. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K49+150. SANTA SOFÍA.....	88
ANEXO 2. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K47+800. LOS ALCONES.	96
ANEXO 3. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K47+100. LA URIBE.	100
ANEXO 4. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K45+380. LA PORTEÑA.....	104
ANEXO 5. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 44+300. TAKURUMBÍ.	108
ANEXO 6. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 44+200. CASERÍO CERCA DE TAKURUMBÍ.....	112
ANEXO 7. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 42+000. JAVA.	116
ANEXO 8. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 41+400. AGUABONITA.....	120
ANEXO 9. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 40+600. SAN FERMÍN.	124
ANEXO 10. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 39+100. LA SIRIA.....	128
ANEXO 11. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 38+250. CASELATA.....	132
ANEXO 12. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 37+250. CANTERA DE LA VIOLETA.....	136
ANEXO 13. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 33+400 – K32+800.	140
CAÍDA DE ROCAS.....	140
ANEXO 14. FORMATO Y CROQUIS DE CAMPO. K 32+000, K31+000, K30+400. SOCAVACIÓN DEL RÍO CHINCHINÁ.....	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores obtenidos de las isoyetas a partir del promedio mensual de las precipitaciones	18
Tabla 2. Caudales característicos (m ³ /s) del 50 y 70 % del tiempo de las estaciones en estudio.....	20
Tabla 3. Caudales máximos (m ³ /s) para los periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 100 años de las estaciones hidrométricas del río Chinchiná	20
Tabla 4. Caudales máximos en m ³ /s para los periodos de retorno de 5, 10, 15, 20, 25, 30 y 100 años de las estaciones hidrométricas del río Chinchiná.	21
Tabla 5. Promedios mensuales multianuales de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación (mm) comprendidos en el periodo hidrológico de los años 2003 y 2004.....	22
Tabla 6. Parametrización de los factores en tres niveles o categorías de intensidad.....	69
Tabla 7. Valoración del nivel de susceptibilidad (S) para los modelos de	70
Tabla 8. Diagnóstico geotécnico de los problemas que afectan la vía	73
Tabla 9. Variables estudiadas en cada problema para el cálculo de la susceptibilidad.....	75
Tabla 10. Cálculo de la susceptibilidad para cada problema.....	76
Tabla 11. Variables estudiadas en cada zona para el cálculo de la susceptibilidad	77
Tabla 12. Cálculo de la susceptibilidad para cada zona	78
Tabla 13. Valoración de la susceptibilidad.....	79

LISTA DE FOTOS

	Página
Fotos 1 y 2. Talud superior del sector Santa Sofía.	28
Fotos 3 y 4. Talud inferior del sector Santa Sofía.	28
Fotos 5 y 6. Estado del talud afectado en los Alcones.	31
Fotos 7 y 8. Extensión del movimiento de la Uribe.	33
Fotos 9 y 10. Geología del sitio (La Uribe).	33
Fotos 11 y 12. Dimensiones de la cárcava del Tablazo.	34
Fotos 13 y 14. Localización de la vía y estado de las viviendas (Tablazo)	35
Fotos 15 y 16. Estado del pavimento (Tablazo).	35
Fotos 17 y 18. Panorámica del lugar en Takurumbí.	35
Fotos 19 y 20. Líneas de drenaje afectadas (Takurumbí).	39
Fotos 20 y 21. Entrega de aguas residuales (Takurumbí).	40
Fotos 21 y 22. Vista panorámica de Aguabonita.	40
Fotos 22 y 23. Estado del pavimento (Aguabonita).	43
Fotos 24 y 25. Vista general del deslizamiento del sector San Fermín.	44
Fotos 26 y 27. Estado del talud inferior (San Fermín).	47
Fotos 28 y 29. Costado norte de la Siria.	48
Fotos 30 y 31. Costado sur de la Siria	49
Fotos 32 y 33. Estado de la vía y de las estructuras existentes en Caselata.	50
Fotos 34 y 35. Estado del talud superior (sector Caselata).	50
Fotos 35 y 36. Vista panorámica de la cantera de la Violeta.	52
Fotos 37 y 38. Afloramiento de conglomerados (caída de rocas sector Chinchiná).	54
Fotos 39 y 40. Usos del suelo y geología (Chinchiná, caída de rocas).	55
Fotos 41 y 42. Socavación en el estribo izquierdo del puente sobre el río Chinchiná.	57
Fotos 43 y 44. Segundo sector con socavación en la margen derecha del río Chinchiná.	57
Fotos 45 y 46. Primer sector con socavación en la margen derecha del río Chinchiná.	57
Fotos 46 y 47. Mapas con la zonificación, las isoyetas y los patrones de drenaje de la carretera Manizales - La Siria – Chinchiná	68
Fotos 48 y 49. Mapas con la geología y las fallas geológicas de las zonas determinadas en la carretera Manizales - La Siria – Chinchiná.	68
Fotos 50 y 51. Mapas con las pendientes de las zonas determinadas en la carretera Manizales - La Siria – Chinchiná.	69
Fotos 51 y 52. Mapas con los usos del suelo para las zonas determinadas en la carretera Manizales - La Siria – Chinchiná.	69

LISTA DE PLANOS

Plano No 1. Zonificación, isoyetas y los patrones de drenaje de la zona de estudio
Plano No 2. Litología y fallas de la zona de estudio
Plano No 3. Pendientes de la zona de estudio
Plano No 4. Clasificación de los usos del suelo de la zona de estudio

1. RESUMEN

El siguiente es un trabajo de grado elaborado por un Ingeniero Civil para optar al título de Especialista en Vías y Transportes, en la promoción del 2006 del programa de postgrado ofrecido por la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Este trabajo está titulado DESCRIPCIÓN DE ZONAS INESTABLES EN LA VÍA MANIZALES-LA SIRIA-CHINCHINÁ y se ocupa del levantamiento y descripción en detalle, de las zonas inestables que afectan la carretera antigua entre Manizales y Chinchiná, una vía construida hace cerca de 60 años, en un ambiente de montaña sobre el medio tropical andino y sobre una longitud de 20km. Esta carretera tiene dos carriles y fue construida en la década de los años 40, siendo rectificadas en años posteriores, mientras que aún se mantiene como pavimento flexible.

El objetivo de la descripción de las zonas inestables es, en primer lugar, intentar aplicar un sistema de clasificación geotécnica de todos los problemas que afectan la vía, buscando para el para el efecto, establecer la incidencia de variables relevantes que inciden en la susceptibilidad a los movimientos en masa entre las que están: la geología, la cobertura vegetal, la humedad y las pendientes.

Además, la información recopilada en este estudio, determinada por las diferentes variables (geología, vegetación, clima y pendientes), será presentada en forma analítica, gráfica y descriptiva, y con dicha información se procederá a realizar el análisis final mediante una valoración de los problemas geotécnicos y de la susceptibilidad, para inferir entre una y otra, la vulnerabilidad de la vía a aquellos o a otros factores que expliquen las causas reales, los factores contribuyentes y los factores detonantes de los sitios problemáticos. Finalmente del análisis riguroso de los resultados se establecerán las conclusiones y recomendaciones pertinentes, buscando que este trabajo sirva de insumo para posteriores trabajos de investigación sobre similares estructuras viales del mismo contexto.

ABSTRACT

The objective of the description of the problematic zones is, in first place, trying to apply a geotechnical classification system for the most significant problems which affect the road, so that it could be possible to establish the relevant variables with an impact over the susceptibility of mass movements. Some of those variables are: geology, vegetable covering, wet and slopes.

Besides, the compiled information in this study, through this variables (geology, vegetable covering, wet and slopes...) will be presented analytical, descriptive and graphically and then all this information would be interpreted in a final analysis valuating the geotechnical problems and zones and its susceptibility to get the vulnerability of the road to those kind of factors that explain the real causes, the contributors factors and the exploding factors of each problem.

Finally, from the rigorous analysis of results, we are going to establish the considerations and conclusions of pertinence, so that this study could be of utility for posterior investigations over similar vial structures in the same environmental context.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar una descripción de los problemas geotécnicos a lo largo de la vía Manizales-La Siria-Chinchiná,

Objetivos Específicos

- Recoger información básica de tipo descriptivo de cada una de las zonas inestables, cuya relevancia se pueda definir en términos de una escala 1:10000 o menor, a lo largo de la carretera antigua entre Manizales y Chinchiná.
- Establecer las principales variables climáticas que inciden en la estabilidad de la vía Chinchiná-La Siria-Manizales, a partir de la información meteorológica disponible en el área de influencia.
- Valorar la cobertura vegetal en las zonas inestables y contrastarla con zonas geotécnicamente equivalentes pero de cobertura diferente, para encontrar correlación entre estabilidad, sistemas radicales y follaje. Para este objetivo será importante evaluar las variaciones de cobertura en términos de uso y manejo del suelo.
- Estimar las variables geológicas que determinan los procesos erosivos y los movimientos en masa que afectan esta vía. El estado, naturaleza y actitud del macizo rocoso, como también la profundidad y tipo de movimiento masal, y el material parental, son fundamentales para definir estas variables.
- Estimar la vulnerabilidad de la carretera Manizales - la Siria – Chinchiná a partir de las variables como la geología, la cobertura vegetal, la humedad y las pendientes.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El medio tropical andino presenta condiciones singulares problemas de estabilidad que se traducen en daños a la infraestructura y en las correspondientes deseconomías por el impacto de eventos asociados a una geología con fuerte tectonismo, montañas jóvenes, modificaciones intensas de los factores climáticos, y acción antrópica como la deforestación, entre otros.

La geología de la región tiene variaciones dramáticas en la dirección Este – Oeste, toda vez que las unidades de los terrenos geológicos y las estructuras tectónicas principales del medio andino, transcurren paralelas a las cordilleras y ríos mayores que determinan las hoyas geográficas.

Surge entonces la pregunta de cuales son los factores de inestabilidad que afectan el sistema vial regional y cuales son los fenómenos de movimiento en masa dominantes. Para resolver este problema se intentará un inventario de las zonas inestables más relevantes en la vía antigua Manizales – Chinchiná y la descripción de variables como las pendientes, la intensidad de las lluvias, la cobertura vegetal y la geología.

La descripción de los problemas de estabilidad puede tener una doble faceta y sobre esta se podrá efectuar un análisis en dos sentidos: por un lado el reconocimiento de la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad que fundamentalmente se repiten o bien el de identificar los factores comunes depuse de conocer la posible correlación entre las zonas susceptibles a los movimientos en masa y demás problemas de inestabilidad que afectan de forma intensa la vía

La elaboración de un trabajo de esta magnitud se constituye en el primer eslabón necesario para una investigación de mayor envergadura. La idea consiste entonces en clasificar estos movimientos de la forma más conveniente para descifrar la incidencia de las variables mencionadas a partir de un análisis de vulnerabilidad que facilite la toma adecuada de medidas para la prevención de estos problemas.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la región conocida geográficamente como cordillera Central, es decir, entre las depresiones ocupadas por los valles de los ríos Cauca y Magdalena, entre las coordenadas 4 grados 58 minutos a 5 grados 18 minutos de latitud norte y 75 grados 10 minutos a 75 grados 47 minutos de longitud oeste. El relieve de la zona de estudio para este trabajo es montañoso con una diferencia de elevación de 850m, es decir entre los 2150msnm de Manizales y los 1300msnm de Chinchiná. Las partes más empinadas son las que forman las unidades geológicas más antiguas en la zona, mientras que las más jóvenes forman las llanuras y partes planas.

La zona de estudio presenta una gran variedad de rocas y depósitos con una historia geológica que varía en edad probablemente desde el Paleozoico hasta hoy. La mayoría de las rocas han sido afectadas por plegamiento, afallamiento, metamorfismo, levantamiento y hundimiento a través de varios eventos de deformación durante al menos los últimos 150 millones años. Esta deformación ha resultado en un complejo arreglo de unidades de roca y terrenos montañosos que se ven hoy. Todas las litologías en las zonas se agrupan en grandes cuatro unidades litodémicas, las cuales están separadas por fallas de carácter regional. Estas unidades son de este a oeste: El complejo Arquía, el Cinturón de gabros, granitos y anfibolitas, las cuencas de pull apart y el Complejo Quebradagrande. Cada unidad difiere de las demás debido a los distintos tipos de roca y a la diferente historia geológica por las que ha pasado.¹

La localización del área de estudio, alrededor de los 5 grados de latitud norte, coincide aproximadamente con la posición media de la zona de convergencia intertropical (CIT), hecho que determina las principales características climatológicas: lluvias abundantes con un régimen de distribución bimodal, alto contenido de humedad del aire y un régimen térmico poco contrastado, estas características definen para el área un clima ecuatorial típico. La ubicación de la zona en el flanco occidental de la Cordillera Central, hace que todo el sistema de drenaje esté dirigido hacia el río Cauca, y el río Chinchiná pasa por el costado sur de la carretera, hasta llegar al puente sobre el río Chinchiná el sector de CENICAFÉ, donde termina el recorrido de este trabajo. En esta zona, con unidades geológicas diferentes y con topografía contratante, el patrón de drenaje dendrítico es predominante, encontrándose también patrones rectos en aquellos drenajes controlados estructuralmente.

¹ Fuente: Modelo de evolución morfotectónica del S.F.R. entre Pereira y Filadelfia. Naranjo, 2005

5. MARCO TEÓRICO

5.1 GENERALIDADES GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

Los Andes colombianos están formados por cuatro ejes montañosos de orientación mediana (cordillera Oriental, Central Occidental y la Serranía del Baudó y e encuentran separados por los valles (depressiones tectónicas) del Magdalena, Cauca, Atrato y San Juan. El área que corresponde a la carretera entre Manizales –La Siria y Chinchiná está ubicada en la más alta de las tres cordilleras, la cordillera Central, y a esta se le conoce como la columna vertebral de los Andes colombianos o como el umbral entre las corteza continental y oceánica separadas por el sistema de llamamiento de Romeral, el que a su vez construye la cicatriz de una antigua zona de subducción.

Las formaciones geológicas se distribuyen en bandas más o menos paralelas a lado y lado de la cordillera concordando con la estructura general de meridiana. La cordillera está compuesta por un núcleo de esquistos principalmente paleozoicos, entre los cuales intruyeron batolitos y stocks meso-cenozoicos. A partir del Mioceno esta se cubrió con materiales volcánicos, volcanismo que continuó después del levantamiento principal en el Plioceno. Tanto el levantamiento como el volcanismo presentan evidencias de actividad actual.

La característica más sobresaliente del área de estudio es su relieve montañoso con un modelado de disección profunda, activa y controlada estructuralmente. Con lo anterior se relaciona la fuerte inestabilidad real y potencial de las vertientes que se manifiesta principalmente por la abundancia de movimientos en masa.

5.1.1 Unidades Geológicas

5.1.1.1 Complejo Quebradagrande

Este nombre fue usado por González (1990), Nivia Marriner y Kerr (1996) y Naranjo, para denominar el grupo de rocas que se ha nombrado también como Formación Quebradagrande. El Complejo Quebradagrande es una unidad Cretácica constituida por dos miembros: uno volcánico y otro metasedimentario. El primero de lavas basálticas y el segundo de areniscas líticas, brechas sedimentarias, conglomerados polimíticos con clastos volcánicos, además cuarzo lechoso, fragmentos de anfibolitas, chert, lutitas, lentes de calizas y grauvacas. Todo el paquete con fuerte buzamiento. Análisis mostrados por Nivia, Marriner y Kerr (1996) para muestras de rocas volcánicas del CQDG arrojaron resultados de andesitas basálticas y andesitas, basaltos, traquiandesitas basálticas y dacitas. Afloramientos de esta unidad (la volcánica) en la zona de estudio se observan en la cantera de la Violeta, sobre la antigua carretera de Chinchiná a Manizales. Desde la óptica de la estabilidad es necesario subrayar la presencia en el segundo miembro, de rocas carbonosas altamente susceptibles alteración, por meteorización. Los Es el caso de las inestabilidades en la Quebra del Billar, la Siria, la Cárcava del Tablazo y el sector de Java, lugares afectados en principio por actividad tectónica.

La unidad está compuesta por dos miembros: uno de origen sedimentario y otro de origen volcánico. La unidad volcánica está constituida por un cinturón de diabasas con límites bien