INDICE

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES
1. GENERALIDADES
1.1 ALCANCE DEL ESTUDIO
1.2 OBJETIVOS
Objetivo General
Objetivos específicos
1.3 PROCEDIMIENTO
1.3.1 Recopilación y análisis de la información secundaria
1.3.2 Elaboración de la cartografía base
1.3.3 Evaluación de las nuevas condiciones hidráulicas de la quebrada
1.3.4 Evaluación de estabilidad de las márgenes de la quebrada
1.3.5 Planteamiento de medidas de mitigación, prevención y control
1.3.6 Diseño de obras de mitigación y control
1.3.7 Elaboración de cantidades de obra, presupuesto, cronograma y especificaciones
1.4 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

CAPÍTULO 2
DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

2. INTRODUCCIÓN
2.1 LOCALIZACIÓN
2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA
2.3 ASPECTOS AMBIENTALES
2.4 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE
2.4.1 Levantamiento topográfico
2.4.2 Investigación del subsuelo
2.4.3 Estudio geológico y geomorfológico
2.4.4 Evaluación hidráulica
2.5 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS
2.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

CAPÍTULO 3
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA E HIDRÁULICA

3. INTRODUCCIÓN
3.1 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA
3.1.1 Macizo rocoso
3.1.2 Material rocoso
3.1.3 Roca meteorizada
3.1.4 Suelos
3.1.5 Rellenos antrópicos (Qa)
3.2 MECANISMOS DE FALLA

3.3 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD MÁRGENES
3.4 EVALUACIóN DE AMENAZA Y RIESGO
3.5 EVALUACIÓN HIDRÁULICA
3.5.1 Antecedentes
3.5.2 Situación actual
3.5.3 Evaluación sector 3
3.5.4 Análisis de resultados

CAPÍTULO 4
PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL

4. INTRODUCCIÓN
4.1. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES
4.1.1 Consideraciones técnicas
4.1.2 Consideraciones ambientales
4.2. CRITERIOS DE DECISIÓN
4.2.1 Criterios técnicos
4.2.2 Criterios ambientales
4.2.3 Criterios urbanísticos
4.2.4 Criterios sociales
4.2.4 Criterios económicos
4.3 PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MANEJO
4.3.1 Primera alternativa: Talud en Tierra armada
4.3.2 Segunda alternativa: Talud en Gaviones
4.3.3 Evaluación de las alternativas
4.4 PLAN GENERAL DE ACCIONES
4.4.1 Medidas de mitigación
4.4.2 Medidas de corrección y estabilización
4.4.3 Medidas complementarias

CAPÍTULO 5
DISEÑO DETALLADO DE OBRAS
5. INTRODUCCIÓN
5.1 PLANTEAMIENTO DE OBRAS
5.2 DISEÑOS DE OBRAS
5.2.1 Obras de control de cauce
5.2.2 Diseño de obras de control de aguas subsuperficiales
5.2.3 Diseño de obras de protección
5.2.4 Obras de contención
5.2.5 Obras complementarias.
5.3. ESPECIFICACIONES
5.4. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 7
BIBLIOGRAFÍA

CONTENIDO
CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

1. GENERALIDADES 1

1.1 ALCANCE DEL ESTUDIO 1
1.2 OBJETIVOS 2
Objetivo General 2
Objetivos específicos 2
1.3 PROCEDIMIENTO 2
1.3.1 Recopilación y análisis de la información secundaria 2
1.3.2 Elaboración de la cartografía base 3
1.3.3 Evaluación de las nuevas condiciones hidráulicas de la quebrada 3
1.3.4 Evaluación de estabilidad de las márgenes de la quebrada 3
1.3.5 Planteamiento de medidas de mitigación, prevención y control 3
1.3.6 Diseño de obras de mitigación y control 3
1.3.7 Elaboración de cantidades de obra, presupuesto, cronograma y especificaciones 3
1.4 ORGANIZACIÓN DEL INFORME 4

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

1. GENERALIDADES

La zona de estudio se enmarca a lo largo del cauce de la quebrada de Limas, drenaje localizado en la localidad de Ciudad Bolívar frente al barrio Marandú, donde se han presentado eventos degradacionales erosivos que amenazan la estabilidad de los taludes que conforman las márgenes de la quebrada de Limas y posible afectación de las vías que transcurren de forma paralela a la corriente. Su localización geográfica se encuentra a una altitud sobre el nivel del mar de 2630 msnm y con coordenadas planas origen Bogotá N 95.500 m y E 91812m.

La quebrada de Limas en el sector de Marandú se encuentra en la transición entre cuenca media a baja, con una pendiente promedio de 6 %. El cauce de la quebrada se encuentra afectado por procesos de erosión alta tipo socavación lateral que afecta el pie de los taludes debido a la torrencialidad de la corriente; a la desprotección de sus márgenes y a la presencia en el valle del cauce de escombros de gran tamaño, ocasionando que se generen turbulencias localizadas.

Como respuesta a la problemática del sector, la Dirección de Prevención y Atención de Desastres adelantó los estudios técnicos y de ingeniería para el diseño de las medidas de mitigación, prevención y control mediante contrato No 151 – 2004, con JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., en junio del 2004 y las obras correspondientes se iniciaron en noviembre del mismo año.

El 18 de noviembre del 2004 se presentó una nueva creciente, igualmente con desbordamientos de la quebrada en varios sectores aguas abajo de Marandú. Localmente, en el momento de la creciente se estaban ejecutando las obras de control y mitigación, lo que produjo un efecto de un aporte adicional de materiales de arrastre y con la fuerza de la corriente a su paso, afectó la margen izquierda aguas abajo del área tratada.

Como resultado de la fuerza erosiva de la corriente se produjó socavación lateral, desestabilizando el talud que conformaba la margen izquierda, dejando un talud seudo vertical en una longitud aproximada de 30 m y localmente taludes negativos y el anden en cantiliver. De acuerdo a lo anterior se estableció la necesidad de adelantar los ajustes necesarios a los diseños iniciales, tal que se involucrara la nueva zona afectada y se diera continuidad a los diseños ya establecidos en el sector.

El informe presenta los resultados de los análisis y anexa planos de construcción, cantidades de obra, presupuestos y especificaciones técnicas, para la ejecución de las obras correspondientes.

1.1 ALCANCE DEL ESTUDIO

A partir de los estudios básicos de geología y geotécnica y de los análisis realizados de la hidráulica y dinámica del cauce de la Quebrada de Limas a la altura del barrio Marandú,

adelantados en los estudios iniciales de Junio del 2004, se plantean los ajustes a las acciones y medidas de mitigación y obras necesarias para prevenir, mitigar y corregir los procesos degradacionales del cauce, además de los efectos ambientales sobre le medio y las vías de acceso al sector.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar las obras adicionales para el control de inestabilidad y del riesgo por inestabilidad de las márgenes de la quebrada De Limas, en el sitio crítico denominado número 3.

Objetivos específicos

1. Identificar los diferentes procesos erosivos de la corriente debidos a la creciente de noviembre 18 del 2004.

2. Evaluar la condición hidráulica de la quebrada de Limas en el nuevo sector de influencia directa de inestabilidad reportados por la DPAE y que son objeto del presente estudio.

3. Determinar y evaluar diferentes alternativas de mitigación y control de los procesos erosivos, entre ellas, desarrollo de obras de protección, mitigación y/o control.

4. Diseñar desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y paisajístico las obras de protección y control de los procesos degradacionales y las obras de manejo hidráulico; y establecer las cantidades de obra, presupuesto, y cronograma de las diferentes actividades de obras definidas para la materialización de los diseños.

1.3 PROCEDIMIENTO

Los pasos seguidos para adelantar el estudio y alcanzar los objetivos propuestos se enuncian a continuación:

1. Recopilación y análisis de la información secundaria.
2. Elaboración de la cartografía base.
3. Evaluación local de las nuevas condiciones hidráulicas de la quebrada.
4. Evaluación de estabilidad actual de las márgenes.
5. Planteamiento de medidas de mitigación, prevención y control.
6. Diseño de obras de mitigación y control.
7. Elaboración de cantidades de obra, presupuesto y cronograma.
8. Elaboración y documentación de informes técnicos.

1.3.1 Recopilación y análisis de la información secundaria

Recopilación de información. Se toma como base la información desarrollada en el estudio del Sector 3 presentado por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., en Junio del 2004.

1.3.2 Elaboración de la cartografía base

Esta fue suministrada por el Constructor responsable de la Obra y se realizó en enero del 2005.

1.3.3 Evaluación de las nuevas condiciones hidráulicas de la quebrada

Una vez corroborado el modelo geotécnico del sector se procedió a la evaluación de las nuevas condiciones hidráulicas del sector, partiendo del comportamiento observado de las obras hidráulicas ya construidas y en funcionamiento

Igualmente la evaluación de las condiciones hidráulicas del canal natural se basa en el estudio de delimitación de la zona de ronda y zona de manejo y preservación ambiental de los ríos Tunjuelo, Fucha y Salitre, elaborado por la firma **Estudios y Asesorías Ingenieros Consultores Ltda.** para la E.A.A.B.

1.3.4 Evaluación de estabilidad de las márgenes de la quebrada

Se establece la nueva condición de estabilidad de la quebrada.

1.3.5 Planteamiento de medidas de mitigación, prevención y control

Desde el punto de vista de las medidas y obras de control de los procesos identificados y analizados en el área, se hace una evaluación de diferentes alternativas desde el punto de vista técnico, paisajístico, ambiental, urbanístico, social y financiero.

El anterior análisis parte del comportamiento de las obras ya construidas y buscando suministrar al valle condiciones hidráulicas y paisajísticas similares a las ya implantadas.

1.3.6 Diseño de obras de mitigación y control

Una vez seleccionada la alternativa de mitigación y obras de control, se procedió al diseño de las obras de ingeniería y de mejoramiento del medio físico a escala detallada, haciendo énfasis en las obras de control hidráulico y de mitigación de los procesos erosivos del cauce.

1.3.7 Elaboración de cantidades de obra, presupuesto, cronograma y especificaciones

Una vez establecida la alternativa a implementar y los diseños de ingeniería correspondientes, se elaboró el respectivo presupuesto, el cual contempla:

A) Cantidades de obra.
B) Presupuesto.
C) Cronograma

Los anteriores parámetros están basados en los planos de diseño y de detalles constructivos con las memorias correspondientes.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL INFORME

El presente informe presenta las medidas de mitigación y obras de control establecidas para dar tratamiento de la inestabilidad del sector y obedece a un ajuste y complementación al diseño inicialmente presentado.

El presente informe se encuentra organizado en 7 capítulos y 5 anexos distribuidos así:

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.

En este capítulo se incluye una descripción muy general del estudio, su marco normativo, los objetivos generales y específicos del proyecto y la presentación del informe.

CAPITULO 2: DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL.

Se presenta una conceptualización de la problemática del sector con sus posibles causas.

CAPITULO 3: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA E HIDRÁULICA.

En el estudio hidráulico se explican los parámetros geométricos y de flujo de la quebrada de Limas, para realizar la evaluación de la problemática erosiva del cauce. Finalmente se presentan los criterios de diseño teniendo en cuenta de manera conjunta, los aspectos hidráulicos, geotécnicos y de estabilidad característicos del área.

La evaluación geotécnica se enfoca a establecer las condiciones de inestabilidad de los taludes fallados que conforman la margen del cauce de la quebrada aguas abajo del sector inestable 3.

CAPITULO 4: PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS.

En este capítulo se realiza el análisis de las posibles medidas de mitigación y control de los procesos de degradación de la zona aguas abajo del sector inestable 3 de la quebrada de Limas.

CAPITULO 5: DISEÑO DE OBRAS, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO.

Se presentan las obras establecidas para la recuperación de los sectores inestables que permitan además la protección de la vía y el mejoramiento de las condiciones generales de la cuenca.

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se darán las recomendaciones generales para adelantar las obras de mitigación y control de los procesos erosivos y de inestabilidad que afectan las márgenes de la quebrada de Limas.

CAPITULO 7 BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS

ANEXO A: MEMORIAS ANALISIS HIDRÁULICO
ANEXO B: MEMORIAS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
ANEXO C: MEMORIAS CANTIDADES DE OBRA
ANEXO D: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS
ANEXO E: ANEXO CARTOGRÁFICO

CONTENIDO
CAPÍTULO 2
DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 2 1
2. INTRODUCCIÓN 1
2.1 LOCALIZACIÓN 1
2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA 1
2.3 ASPECTOS AMBIENTALES 3
2.4 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE 3
2.4.1 Levantamiento topográfico 3
2.4.2 Investigación del subsuelo 4
2.4.3 Estudio geológico y geomorfológico 4
2.4.4 Evaluación hidráulica 4
2.5 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS 4
2.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 4

CAPÍTULO 2
DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL

2. INTRODUCCIÓN

La cuenca de la quebrada de Limas, afluente del río Tunjuelito, presenta un proceso de degradación natural por la alta torrencialidad del cauce en la parte alta y media de la cuenca y debido a la intervención del hombre que ha modificado el cauce y ocupado su zona de ronda, entrando en conflicto con la dinámica natural de la corriente.

Estos procesos de intervención de la zona de ronda mediante rellenos, en los que se han ubicado vías y viviendas, son afectados lateralmente por la corriente, que en los eventos de crecida el cauce busca retomar su valle original, generando procesos de socavación lateral e inestabilidad de las márgenes conformadas por los rellenos. Si los dos eventos, inestabilidad y crecidas se dan al tiempo, se generan procesos de mayor orden como las avalanchas como es el caso de la emergencia registrada el 24 de Noviembre del 2003.

El evento del 18 de noviembre del 2004, ocurrió durante la construcción de las obras de control y mitigación establecidas en los estudios y diseños realizados por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., y su ocurrencia generó problemas de socavación severos sobre la margen izquierda del cauce, aguas a bajo del límite de intervención, poniendo en riesgo la estabilidad de la estructura de la vía de acceso al sector.

2.1 LOCALIZACIÓN

Los sitios objeto del estudio se encuentran en la parte media de la quebrada de Limas en la Localidad de Ciudad Bolívar. En la T**abla No. 2.1** se presenta su ubicación según la nomenclatura distrital y barrio.

Tabla 2.1 Dirección sitios inestables

Punto	Dirección	Barrio
3	Calle 67 D sur – Carrera 18 U	Marandú

Las coordenadas planas origen Bogotá son N:95.500 m y E:91.825m. Y la zona donde se requieren ajustar y compatibilizar los diseños se encuentra en los siguientes 30 m aguas abajo de la zona límite establecida en los diseños del 2004.

2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA

Históricamente en la cuenca de la quebrada de Limas, se han presentado fenómenos de socavación de márgenes y de inestabilidad por remoción en masa, avenidas torrenciales o avalanchas e inundaciones, especialmente en los períodos de lluvias más intensas.

En estudios técnicos realizados en la Localidad de Ciudad Bolívar se menciona el evento ocurrido en 1989 en el cual fueron afectadas 32 familias como consecuencia de

deslizamientos de terreno y desbordamiento en la zona de influencia de la quebrada de Limas, principalmente en los sectores de Esmeralda Sur, Nueva Colombia y el Triunfo.

En el segundo semestre del año 2003, de acuerdo con el Diagnóstico de Emergencia No. 1836 del 26 de Noviembre de 2003, se presentó una avalancha ocasionada por el represamiento de la quebrada de Limas por causa del taponamiento de la tubería del paso vehicular existente en la calle 69 H bis Sur frente al barrio Villa Gloria de la Localidad de Ciudad Bolívar el día 24 de noviembre de 2003. Este volumen de agua, lodo, arenas y basuras generó un primer pulso que rebosó por encima del paso vehicular y escurrió una longitud aproximada de 100 metros por la vía (calle 69H Bis Sur) regresando nuevamente al cauce, en este trayecto afectó las viviendas ubicadas en la Carrera 18 J con calle 61 BIS Sur del barrio El Triunfo.

La quebrada de Limas en los sectores de inestabilidad 3 presenta una pendiente media con un régimen de la corriente turbulento. En la quebrada de Limas se presentan dos tipos de depósitos correspondientes a depósitos naturales generados por la misma corriente y depósitos artificiales generados por el hombre, que en su afán de urbanización y por un mal manejo de estériles de las explotaciones mineras han ocupado parte de la zona de ronda. Estos depósitos no siempre presentan una adecuada consolidación, además que no se han llevado a cabo con materiales seleccionados lo que eleva su susceptibilidad a la erosión hídrica y a inestabilidad facilitando su deterioro por parte de la corriente. Por otra parte existen aportes laterales de agua de los barrios, sobre las áreas de relleno, que coadyuvan al proceso de deterioro de estas zonas de depósito.

La dinámica de la cuenca es fuertemente erosiva en la parte alta y de depositación torrencial en la parte baja. Esta condición es natural de la quebrada dado por los cambios bruscos de pendiente y la inestabilidad de las unidades litoestratigráficas adyacentes a las márgenes de la misma. En el sector de estudio su pendiente es media y como zona de transporte se marco su capacidad de ensanchamiento del cauce en eventos extremos.

Los procesos de inestabilidad de las márgenes de la quebrada de Limas, que ha afectado la banca de las vías de acceso corresponden a procesos con una componente traslacional debidos especialmente a la pérdida de soporte en la base efecto de la capacidad erosiva de la corriente en eventos extremos como los registrados en el 2003 y el último en noviembre del 2004.

De acuerdo con lo anterior, se puede establecer que las causas comunes que condicionan la inestabilidad en el sector 3 a estudiar se deben a:

- La condición de los materiales aluviales que conforman las márgenes del cauce y de los rellenos antrópicos construidos sobre éstas. (Factor necesario).
- Los cambios morfométricos del cauce en su ensanchamiento de la sección hidráulica y sección longitudinal por acción de la erosión natural y antrópica (Factor contribuyente).
- La disposición de materiales no consolidados sobre las márgenes de la quebrada, potencialmente inestables. (Factor contribuyente).
- Como factores detonantes están principalmente, la capacidad erosiva del cauce y la socavación del mismo, asociados a periodos invernales intensos.

2.3 ASPECTOS AMBIENTALES

El sitio de inestabilidad No. 3 se encuentra ubicado en la parte media a baja de la quebrada de Limas en el barrio Marandú. Este se encuentra ubicado en un ambiente urbano, sin embargo la dinámica de la corriente no es compatible por naturaleza con los patrones de asentamiento poblacional. La intervención de la zona de ronda de la quebrada por parte del hombre mediante la realización de rellenos para vías de acceso ha interferido con el funcionamiento natural de la corriente la cual presenta características torrenciales que con frecuencia busca su equilibrio hidráulico socavando lateralmente la zona de ronda principalmente en las zonas de relleno donde la compactación del terreno presenta mayor fragilidad. En la **foto No. 2.1** se aprecia el fenómeno de socavación lateral sobre la margen derecha de la corriente y la influencia sobre las vías adyacentes a la corriente.



Foto No. 2.1 margen derecha de la quebrada de Limas
Socavación de relleno establecido para vía.

Desde el punto de vista ambiental el área y la zona de ronda han perdido en gran medida sus atributos ambientales debido al proceso de urbanización no planeada que se inicia con la deforestación de la zona de ronda en pos de conquistar mayores espacios para los procesos de urbanismo.

Entre los principales problemas ambientales presentes en la zona de ronda se destacan:

- Disposición de basuras en el lecho de la corriente.
- Disposición de escombros de construcción.
- Disposición y arrastre de sedimentos derivados de la explotación de canteras.
- Invasión de la zona de ronda.

2.4 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE

2.4.1 Levantamiento topográfico

Dada las características morfométricas del área en estudio se consideró conveniente adelantar un trabajo cartográfico a escala 1:500 con curvas de nivel cada 50 cm., detalle

necesario para los análisis de ingeniería y la implantación de las obras a diseñar.

El levantamiento topográfico estuvo a cargo del Constructor y se realizó destacando los aspectos del relieve local que involucra las franjas críticas de estabilidad resaltando las geoformas existentes y para adelantar los análisis de estabilidad e hidráulicos necesarios. Se radiaron, además elementos como las vías que se encuentran de manera paralela al cauce en los sectores definidos como área local de influencia de los diseños.

El levantamiento altimétrico y planimétrico fue preciso y se realizaron con base en secciones transversales a lo largo del cauce y sobre las cuales se adelantaron los análisis geotécnicos.

2.4.2 Investigación del subsuelo

Se tomó como base los resultados del estudio entregado al DPAE en junio del 2004.

2.4.3 Estudio geológico y geomorfológico

Se considera que el modelo geológico y geomorfológico establecido en el estudio base del sector del 2004 sigue siendo valido para el sector a ser tratado toda ves que se encuentra inmediatamente enseguida del sector estudiado y el cauce se encuentra en un alineamiento recto.

2.4.4 Evaluación hidráulica

Se verificaron las condiciones hidráulicas del cauce de la quebrada en el sector objeto de complementación y ajuste.

Es de aclarar que los caudales de diseño fueron establecidos según lo recomendado en el estudio hidráulico de "Delimitación de la zona de ronda y ZMPA de los ríos Tunjuelito, Fucha y Salitre", realizado por el Acueducto de Bogotá.

2.5 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS

Para la evaluación hidráulica del cauce, análisis de socavación y niveles máximos, se recurrió a los principios de comportamiento de cauces de régimen torrencial y a la hidráulica de ríos.

Los análisis de estabilidad se establecieron paras las obras de control y recuperación del área, que garanticen la estabilidad de las medidas a implantar.

2.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con base en los análisis de estabilidad del cauce y sus márgenes y las condiciones de vulnerabilidad y riesgo establecidas en los diferentes escenarios de riesgo en el informe de junio del 2004, se plantean acciones y medidas de mitigación.

Dentro del marco conceptual en la determinación del planteamiento de obras de control, de corrección y protección, se considera que existen dos frentes de atención en la formulación

de soluciones: La estabilización geotécnica y la estabilización hidráulica, las cuales van ligadas una de la otra.

Se plantearon medidas y/o obras de tipo local como resultado de los ajustes y complementaciones a los diseños básicos del sector, partiendo del concepto de dar continuidad a los mismos:

a. Márgenes del cauce: la conformación de los taludes de la margen izquierda que a su vez permitan la estabilización de la banca de la vía y en la margen derecha el retiro de los depósitos deslizados con la conformación de terrazas con estructuras en madera.

b. Cauce: se continua con la propuesta de manejo hidráulico del cauce que minimice el efecto de la socavación sobre la estabilidad de la ladera y controlando el fondo del mismo. Este sistema ha mostrado un buen resultado en el sector de Marandú.

c. Obras complementarias: Como obras complementarias se propone la recuperación del andén y parte de la vía que ha sido afectada.

d. Diseño de estabilización geotécnica: Este tipo de obras geotécnicas deben estar directamente relacionadas con el manejo general del cauce desde el punto de vista hidráulico y del mismo proyecto de recuperación de la ronda de la quebrada. Se propone la recuperación de la margen izquierda con tierra armada o gaviones y la margen derecha con estructuras en madera.

e. Obras paisajísticas y urbanísticas: Se contempla la empradización y revegetalización de las márgenes, la siembra de especies nativas en las zonas aledañas a los cauces (protección y recuperación rondas de cauce) y en la pata de los taludes.

CONTENIDO
CAPÍTULO 3
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA E HIDRÁULICA

3. INTRODUCCIÓN 2
3.1 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA 2
3.1.1 Macizo rocoso 2
3.1.2 Material rocoso 2
3.1.3 Roca meteorizada 3
3.1.4 Suelos 3
3.1.5 Rellenos antrópicos (Qa) 4
3.2 MECANISMOS DE FALLA 4
3.3 |EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD mÁRGENES 5
3.4 EVALUACIóN DE AMENAZA Y RIESGO 5
3.5 EVALUACIÓN HIDRÁULICA 6
3.5.1 Antecedentes 6
3.5.2 Situación actual 6
3.5.3 Evaluación sector 3 7
3.5.4 Análisis de resultados 8

CAPITULO 3
EVALUACIÓN GEOTÉCNICA E HIDRÁULICA

3. INTRODUCCIÓN

La información base para adelantar la evaluación técnica a nivel geotécnico e hidráulico del cauce en el sector inmediato, aguas abajo del sector estudiado, se tomó del estudio para el diseño de medidas de mitigación y prevención presentado por JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., al DPAE en junio del 2004, y que correspondió al contrato de consultoría 151 – 2004.

Por lo anterior en el presente capitulo se presentan las evaluaciones bajo las condiciones hidráulicas establecidas en los diseños base, buscando dar continuidad a las obras en construcción y que se han comportado según lo establecido en los diseños.

3.1 CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

3.1.1 Macizo rocoso

El modelo geológico permite apreciar la conformación de la secuencia estratigráfica, integrada por bancos de areniscas y arcillolitas que componen la Formación Guaduas, que se presenta a lo largo del cauce de la quebrada de Limas en el sector 3.

El macizo rocoso presenta una disposición horizontal debido a su cercanía con el eje de un sinclinal.

3.1.2 Material rocoso

Se identifican los siguientes materiales rocosos: arcillolita, areniscas de la Formación Guaduas Conjunto Inferior.

Arcillolita + Areniscas (Ktgic): (nivel 2) Esta unidad corresponde a una secuencia de arcillolitas rojizas a gris claras, con delgadas intercalaciones de limolitas y areniscas finas amarillas, con crecimientos ferruginosos y estratificación planoparalela

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	2.24 Tn/m^3
Resistencia a compresión	2.4 Kg/cm^2
Angulo de fricción	28.7º
Cohesión	1.9 kg/cm^2

Areniscas + Arcillas (Ktgiac): (nivel 1). Corresponde a interestratificaciones de areniscas finas, cuarzosas, bien seleccionadas, en bancos de 18 a 40 cm. intercalado con arcillolitas gris clara, en bancos de 10 a 35 cm.

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	2.4 Tn/m^3
Resistencia a compresión	23.75 Kg/cm^2
Módulo de Elasticidad x 10^5	0.6 Kg/cm^2
Angulo de fricción	39.3º
Cohesión	4.1 kg/cm^2

3.1.3 Roca meteorizada

En el área aflora la roca meteorizada producto de la degradación de los niveles arcillolíticos principalmente, distinguiéndose dos tipos: Arcilla amarilla habana y arenitas producto de la degradación de las rocas arenosas friables de baja cementación. Tomada Estudio Villas del Diamante, JAM INGENIERIA, 2003.

Arenita amarilla y habana friable y deleznable:

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	2.17 Tn/m^3
SPT	63 gol/pie
Angulo de fricción	59,06º
Cohesión	0.093 kg/cm^2

3.1.4 Suelos

Esta unidad corresponde a los sedimentos depositados por el cauce en su propia dinámica y a depósitos cuaternarios de origen aluvial encontrados en el área.

Gravas subredondeadas con arena fina gris:

Sus características geomecánicas son:

Humedad natural	13 – 22 %
SPT	36 - 40 gol/pie
Angulo de fricción	62º Grados
Cohesión	0 kg/cm^2

Arena fina gris pardusca algo arcillosa:

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	1.95 Tn/m^3
Humedad natural	15 – 22 %
SPT	7 – 12 gol/pie
Angulo de fricción	39º Grados
Cohesión	0 kg/cm^2

Arcilla Arenosa y/o:

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	1,8 – 2,03 Tn/m^3
Humedad natural	14 – 32 %
Límite líquido	37 %
Límite plástico	17 %
SPT	15 gol/pie
Angulo de fricción	45º
Cohesión	0. kg/cm^2

3.1.5 Rellenos antrópicos (Qa)

Corresponden a materiales estériles residuales del proceso de explotación y de depósitos de materiales heterogéneos con desechos de construcción y basuras. Se encuentran dispuestos en los sectores definidos como modelados antrópicos y con procesos de inestabilidad actual.

En el proceso de caracterización de éstos materiales se identificaron:

Relleno arenoso amarillo con escombros:

Sus características geomecánicas son:

Peso Unitario	1,9 – 2,03 Tn/m^3
Humedad natural	10 – 15 %
SPT	17 - 20 gol/pie
Angulo de fricción	34,7 Grados
Cohesión	0.006 kg/cm^2

3.2 MECANISMOS DE FALLA

En general las márgenes naturales del cauce en el sector en estudio no se ven afectadas por inestabilidad del terreno. Los procesos erosivos y de inestabilidad se asocian a la inadecuada disposición de estériles sobre las márgenes de la quebrada y por la conformación de rellenos antrópicos sin control técnico para darle banca a las vías de acceso al sector.

Dada la disposición estructural de la roca casi horizontal y que esta se encuentra confinada y conformando el valle de la quebrada el mecanismo de falla de control estructural se considera poco probable. El talud de la vía sobre la margen izquierda del cauce en la actualidad es estable y ha permanecido así por más de 20 años.

El principal mecanismo de falla que actúo en la creciente del 18 de noviembre del 2004 fue la socavación lateral ayudada por la intervención de la obra, lo que direccionó el flujo, acentuando sus efectos sobre la margen izquierda del cauce. Se produjeron desplazamientos verticales de la masa los cuales a su vez fueron arrastrados por la corriente, dejando taludes verticales y localmente negativos.

3.3 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD MÁRGENES

Con base en el modelo geotécnico y los mecanismos de falla posibles se procedió a adelantar la evaluación de estabilidad de las condiciones actuales de los taludes y su influencia sobre la estabilidad de la banca de las vías.

Los resultados del estudio base muestran que los depósitos antrópicos dispuestos en la parte superior de las márgenes, son inestables y su falla es muy probable, la corriente de la quebrada erosiona los depósitos aluviales y le quita soporte a los rellenos, los factores de seguridad son menores a la unidad y la falla presenta un componente circular.

El mecanismo de falla general que involucra el macizo rocoso, aún meteorizado, o los depósitos aluviales no son posibles**,** especialmente por la disposición estructural de la roca que se encuentra en el mismo sentido del cauce y dispuesta horizontalmente. Modelando como roca meteorizada y fracturada los factores de seguridad asociados son altos mayores a Fs= 1, aún actuando conjuntamente el agua y el sismo.

La margen izquierda queda libre de material de relleno porque la creciente arrastro la mayor parte de material deslizado que conformaba la misma. Mientras la margen derecha que no se vio afectada por la creciente, conformada por materiales de relleno deslizado serán retirados y estabilizada con estructuras en madera.

Por lo anterior la estabilidad del cauce queda definida con la recuperación de las márgenes del mismo mediante rellenos estables.

3.4 EVALUACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO

En términos de amenaza por inestabilidad del terreno podemos establecer que el nivel de amenaza es alto teniendo en cuenta que los factores de seguridad del talud que conforma las márgenes de la quebrada en las condiciones actuales son del orden de Fs = 1 o menores, a los cuales se pueden asociar probabilidades de falla mayores a 0,5. Son procesos amenazantes de pequeña magnitud y su nivel de daño se refleja en la afectación de las vías, tanto de la vía de acceso principal al sector como la vía interna del barrio. El carácter retrogresivo del mecanismo de falla afecta directamente la banca de las vías.

En términos de riesgo se puede establecer, dada la importancia de la vía de acceso al sector, que el riesgo de falla de la vía es alto y el nivel de afectación a la comunidad igualmente alto. De lo anterior se desprende la necesidad de definir medidas para la recuperación de la banca de las vías de acceso al barrio.

3.5 EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.5.1 Antecedentes

La cuenca de la quebrada de Limas, se encuentra localizada en una zona geográfica que por sus características naturales y la fuerte intervención antrópica, ha sido identificada en diversos estudios técnicos que se han realizado para la DPAE, especialmente el de zonificación de áreas inestables, INGEOCIM 1998, como de alta amenaza y alto riesgo por fenómenos de remoción en masa, acompañado de procesos erosivos e inundaciones.

Históricamente, en la cuenca de la quebrada de Limas, se han presentado avalanchas, inundaciones y fenómenos de inestabilidad por remoción en masa, socavación de márgenes, especialmente en los periodos de lluvias más intensas.

De acuerdo con el Diagnóstico de Emergencia No. 1836 del 26 de Noviembre de 2003, se presentó una avalancha ocasionada por el represamiento de la quebrada de Limas por causa del taponamiento de la tubería del paso vehicular existente en la calle 69 H bis Sur frente al barrio Villa Gloria de la localidad de Ciudad Bolívar el día 24 de noviembre de 2003.

El evento del 18 de noviembre, aunque no produjo los mismos efectos del anterior, si generó procesos erosivos intensos, especialmente aguas abajo del sector en intervención donde se construían las obras de mitigación y prevención locales. El evento dejo en riesgo inminente la vía de acceso al sector.

3.5.2 Situación actual

El sector del estudio, presenta características hidráulicas correspondientes a una corriente torrencial, que dependen en gran parte de la topografía de la cuenca, de la deforestación de la misma, de efectos causados por la intervención humana, de la presencia de fallas geológicas y alineamientos por donde discurre el caudal, de la sección transversal que el flujo ha labrado dentro de las formaciones geológicas y de los depósitos fluviales que labra y arrastra a su paso.

La quebrada en términos generales en el sector a estudiar presenta variabilidad e irregularidad de características y régimen hidráulico: en el trayecto en estudio discurre en forma rectilínea con pequeños cambios por presencia de deslizamientos, presencia de elementos rígidos dentro del cauce como tubos de alcantarilla que afectan el flujo, y con pendientes promedios 8,3 %. El nivel de la lámina del agua no tiene forma uniforme, flujo torrencial, velocidades erosivas con alto poder de arrastre de materiales y de socavación de fondo y de orillas, taludes desestabilizados con pérdida de la banca de la vía.

La quebrada tiene caudal de diseño de 12.48 m^3/s y pendientes variables mayores al 8.0 % circunstancia, con velocidades mayores a 5.0 m/s presentando flujo turbulento en este sector, con alto poder erosivo y de arrastre de materiales. Ver memorias de Cálculo.

Como es natural en este tipo de quebradas, la primera posibilidad de cambio, que se presenta es el correspondiente a su desplazamiento en planta, el cauce va cambiando en forma progresiva y gradual a lo largo del tiempo, y cuando se presentan avenidas

torrenciales el cambio se acentúa de manera drástica buscando un equilibrio, que se manifiesta con cierta sinuosidad por erosiones en las márgenes.

La segunda posibilidad de cambio se presenta en dos planos, el plano vertical y plano perpendicular al flujo, la interacción del caudal sólido y el caudal líquido genera un desequilibrio en el flujo de agua-sedimento, temporal o espacialmente, implicando variaciones de la cota de fondo. La quebrada transporta agua sobre el material acarreado por la misma, en determinados niveles, este material puede ser movido y arrastrado por el agua, el fondo de la quebrada y las orillas responden con erosión a las altas velocidades, por arrastre de partículas profundizando la sección y presentándose socavación de fondo.

La tercera posibilidad de cambio, se asocia con el nivel de la superficie de la lámina libre del agua, de manera que ante ampliaciones o reducciones de la sección transversal de la quebrada, fenómenos de remoción en masa, aumento o disminución de caudales, represamiento por insuficiencia de capacidad de desagüe de las estructuras hidráulicas, falta de limpieza del cauce, entre otras, se manifiesta en aumento o disminución de esta posición, la cual en crecientes puede superar las márgenes en algunos tramos no confinados, desbordándose el agua con riesgo de inundación de la zona urbana.

Como el comportamiento dinámico de la quebrada varía, se propone particularizarlo a partir de los equilibrios preexistentes y pronosticar los efectos de una intervención en cada uno de los sitios del proyecto de manera localizada.

3.5.3 Evaluación sector 3

Como se anotó, en el sitio 3 la presencia de escombros, piedras de gran tamaño, árbol caído, estructura hidráulica de fondo perpendicular a la corriente, intervención antrópica por la construcción de pozos de alcantarillado, aunado a la presencia de aguas de escorrentía, generan socavaciones laterales y erosiones que desestabilizan y hacen fallar los taludes, ampliando la quebrada en este tramo la sección, con posibilidades de afectar la banca de las vías en ambas orillas.

Los suelos de las márgenes conformados por materiales granulares presentan características altas de erodabilidad. Minimizando el proceso en los lentes que contienen materiales finos. El alineamiento del cauce de la quebrada es rectilíneo con tendencia a la sinuosidad en niveles bajos.

El evento del 18 de noviembre generó los procesos antes mencionados, en esta ocasión las obras en ejecución, temporalmente cambiaron las condiciones locales hidráulicas del cauce, lo que aceleró la erosión en la margen izquierda debido que el flujo saliendo del sector en intervención direccionó el flujo hacia el talud.

Se realizaron dos visitas al sector para evaluar los efectos de la creciente del 18 de noviembre y observar los comportamientos de las obras en implementación. Se observó lo siguiente:

- Las traviesas construidas presentaron un comportamiento conforme a los objetivos planteados en los diseños, mejorando localmente las condiciones de flujo.

- Las mejoras de flujo también se debieron a la uniformización de la sección hidráulica del valle.

- Los problemas se registraron una vez las aguas transitadas encontraron las condiciones de degradación e intervención imperantes en el cauce de la quebrada De Limas.

Con los planos de topografía actualizados se obtuvo el perfil longitudinal y las secciones transversales de la quebrada en el sitio No3, se calcularon las pendientes, y los parámetros hidráulicos existentes.

Definiendo el alineamiento de la quebrada y la posición de las nuevas traviesas, ajustando los niveles de la cota de corona y de fondo de cada una de estas, calculando su altura., para obtener una disminución en las velocidades y un flujo laminar.

Se calculó los nuevos parámetros hidráulicos entre traviesas, acorde a la solución propuesta definiéndose pendiente menor del 1%, N de Manning de 0.025 para los flexo adoquines, velocidades menores a 2.5 m/s, altura de lámina del nivel de agua de un 1.0m .

3.5.4 Análisis de resultados

En el análisis multitemporal de los movimientos de la quebrada se concluye que los cambios que sufre el cauce son debidos principalmente a la dinámica fluvial de la quebrada y a la intervención antrópica por ocupación y alteración progresiva de su ronda.

La erosión de la orilla ocurre como una suma de factores en los que se encuentran la acción de las fuerzas tractivas generadas por el flujo de la quebrada en secciones rectas, altas velocidades y flujo turbulento, impacto del flujo direccionado por presencia de elementos rígidos de gran tamaño en el centro del cauce y sobre los taludes, drenaje y subdrenaje hacia la orilla, fuerzas gravitacionales y otros factores como salientes por invasión de cauce, acción antrópica, vegetación inapropiada y presencia de escombros y basuras.

Donde se actúa restableciendo las condiciones hidráulicas del cauce el comportamiento del flujo dejar de ser agresivo y amenazante y apenas encuentra las condiciones de degradación de valle, la corriente vuelve a generar problemas de inestabilidad de las márgenes.

Que las obras implementadas localmente han mostrado sus bondades frente al comportamiento del cauce y por tanto las obras de ajuste y complementarias deben dar continuidad a las obras ya implantadas.

Se conserva las dimensiones propuestas en el diseño original del tramo No3. El ancho de la base de la quebrada de 4.0 m y los taludes revestidos con flexo adoquín a 45°. Se propone conservar el alineamiento que trae la quebrada, y empalmarlo con el de aguas abajo mediante una curva horizontal de 60 m de radio y ángulo de deflexión de 4° 23°.

Con el fin de uniformizar el flujo, se propone la construcción de nuevas traviesas, empotradas en el lecho y lateralmente en los taludes, las cuales tienen un dentellón en la base para disminuir filtraciones; Proponiéndose con este mismo fin la construcción de una celda impermeable, colocando un manto de geomembrana en forma de celda, rellena con material de la quebrada, que se extiende hacia aguas arriba.

Definiendo a su vez la posición de la geomembrana que servirá para conformar el pozo impermeable con el fin de disminuir filtraciones.

Se recomienda colocar traviesas de fondo en los sitios definidos, perpendiculares al flujo, separadas, acorde a la pendiente reducida deseada, empotradas transversalmente en el fondo de la quebrada y lateralmente en las márgenes, con talud inclinado aguas arriba y disipador de energía aguas abajo, con las alturas definidas para conseguir escalonar la pendiente.

Las traviesas retendrán material de arrastre, hasta llenar el fondo cambiando la pendiente, con lo cual se consigue reducir las velocidades y cuando se presenten crecientes, el flujo en el tramo será laminar y como consecuencia disminuirán las erosiones.

Se espera socavaciones locales aguas abajo de las traviesas, que se pueden limitar al construir estas no muy separadas.

CONTENIDO
CAPÍTULO 4
PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL

4. INTRODUCCIÓN 1
4.1. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES 1
4.1.1 Consideraciones técnicas 1
4.1.2 Consideraciones ambientales 2
4.2. CRITERIOS DE DECISIÓN 2
4.2.1 Criterios técnicos 2
4.2.2 Criterios ambientales 3
4.2.3 Criterios urbanísticos 3
4.2.4 Criterios sociales 3
4.2.4 Criterios económicos 4
4.3 PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MANEJO 4
4.3.1 Primera alternativa: Talud en Tierra armada 4
4.3.2 Segunda alternativa: Talud en Gaviones 4
4.3.3 Evaluación de las alternativas 5
4.4 PLAN GENERAL DE ACCIONES 5
4.4.1 Medidas de mitigación 6
4.4.2 Medidas de corrección y estabilización 6
4.4.3 Medidas complementarias 7

CAPÍTULO 4
PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN, PREVENCIÓN Y CONTROL

4. INTRODUCCIÓN

Con base en los análisis hidráulicos y geotécnicos adelantados y teniendo en cuenta las necesidades de proteger la infraestructura aledaña a la zona de ronda de la quebrada de Limas, y con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos de erosión e inestabilidad que actúan en el área, se plantearon las diferentes alternativas de mitigación, prevención, control y obras correctivas.

Entre los parámetros más importantes que se tuvieron presentes en la escogencia de las obras y medidas de mitigación estuvo el aspecto ambiental, y la eficacia de las obras implementadas según los criterios establecidos en los estudios y diseños básicos presentados en junio del 2004 y cuyas obras se encuentran en ejecución.

4.1. ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES

4.1.1 Consideraciones técnicas

Aguas arriba de los sectores de inestabilidad 3, el valle de la quebrada es joven y presenta un cañón con taludes de pendiente de montaña, recubierto por vegetación menor típica de clima frío propio de páramo, con carácter torrencial y de gran aporte de material de transporte al canal natural.

Las altas velocidades del cauce aceleran los procesos de socavación, estos procesos aunados a otros procesos geotécnicos y presencia de aguas de escorrentía y subsuperficiales han desestabilizado las márgenes del valle del cauce y ponen en riesgo las estructuras de las vías conformadas de manera paralela al cauce.

El mayor problema de la quebrada es el régimen torrencial de la corriente y la alta susceptibilidad a la socavación general y lateral de los depósitos que la confinan, lo que se traduce en una alta velocidad de flujo, transporte de grandes volúmenes de material sólido de grano grueso. Esta condición es natural de la quebrada dado por los cambios de pendiente y la inestabilidad de las unidades litoestratigráficas adyacentes a las márgenes de la misma.

Se puede limitar la socavación de fondo utilizando traviesas, que realzan el fondo por acumulación de material transportado, disminuyendo la pendiente, y la velocidad, propiciando un flujo laminar menos erosivo. Medida que ha mostrado ser muy eficaz.

Se estima que las aguas que circulan libremente por la vía interna al barrio Marandú, junto con las aguas que se puedan estar infiltrando de los tubos del alcantarillado existente bajo la vía, y otras provenientes de los estratos, son las que afloran en el talud fallado y que aceleran los procesos de inestabilidad.

4.1.2 Consideraciones ambientales

La solución a los problemas de inestabilidad en la quebrada de Limas involucran la construcción de obras en las márgenes y / o en el lecho de la misma. En este sentido se está admitiendo la intromisión en la ronda y la corriente cuyo impacto general se puede considerar positivo al frenar el deterioro paulatino de la estabilidad del cauce, la infraestructura y la afectación sobre la comunidad aledaña a la corriente y su zona de ronda.

Si se aprecia el impacto desde el punto de vista más puntual, se debe considerar que el hecho de intervenir la corriente tendría connotaciones adversas desde el punto de vista paisajístico y por la modificación de la dinámica de la corriente. Se busca entonces que la introducción de las obras de estabilización que se seleccionen sean lo menos impactantes siguiendo además los lineamientos establecidos por el FOPAE y ambientalmente sean acordes a un paisaje urbano y en lo posible recuperando con cobertura la zona de ronda del valle.

4.2. CRITERIOS DE DECISIÓN

La definición de la solución de manejo de los problemas de estabilidad dentro de la zona de ronda de la quebrada de Limas, se ha determinado de forma integral manejando criterios técnicos, ambientales, urbanísticos, sociales y económicos. Los criterios utilizados son los mismos que se presentaron en el estudio base del sector 3 y se resumen a continuación:

4.2.1 Criterios técnicos

Una vez establecidas las causas asociadas a los problemas de inestabilidad generadas por fenómenos hidráulicos, se busca establecer las intervenciones de las márgenes y de los diseños de la obra civil de estabilización, anticipando los efectos de la corriente en la quebrada, para minimizar los riesgos de daño que se generan por los fenómenos de inestabilidad geotécnica, erosión, socavación e inundación.

- **Evaluación de estabilidad**

Dada las características de los procesos de inestabilidad, de pequeña magnitud, y que su avance y retroceso esta controlado estructuralmente por la presencia del macizo rocoso, definiendo una afectación local por el aumento de la pendiente al ser socavado en su base, las alternativas de control y estabilización de los procesos de inestabilidad se definen con la construcción de un relleno que sirva de masa pasiva en la base del talud.

Dicho relleno además de dar soporte lateral al talud, de confinarlo, debe ser tal que mitigue la capacidad erosiva de la corriente y restablezca las condiciones de la sección hidráulica del valle en el sector inestable 3, que presenta una influencia directa sobre el cauce.

Las alternativas de contención y control planteadas deben adicionalmente detener los procesos de inestabilidad, garantizar la estabilidad de la banca de la vía en el tiempo. Esto implica que el mantenimiento de las obras planteadas debe ser mínimo en el tiempo.

- **Evaluación hidráulica**

Teniendo en cuenta la eficacia de las obras ya implementadas para mejorar las condiciones hidráulicas del cauce, se considera para el nuevo tramo se continué con el mismo tratamiento, definir un alineamiento recto con la implantación de traviesas en concreto.

Con el fin de uniformizar el flujo, se propone la construcción de nuevas traviesas, empotradas en el lecho y lateralmente en los taludes, las cuales tienen un dentellón en la base para disminuir filtraciones; Proponiéndose con este mismo fin la construcción de una celda impermeable, colocando un manto de geomembrana en forma de celda, rellena con material de la quebrada, que se extiende hacia aguas arriba.

Las traviesas retendrán material de arrastre, hasta llenar el fondo cambiando la pendiente, con lo cual se consigue reducir las velocidades y cuando se presenten crecientes, el flujo en el tramo será laminar y como consecuencia disminuirán las erosiones.

4.2.2 Criterios ambientales

- **Mitigación de los procesos de degradación**

El impacto ambiental general de la medida de estabilización o mitigación propuesta está dado en función de la utilidad ambiental general de la obra y en este caso en particular la recuperación de la banca de la vía y recuperación paisajística del sector.

- **Cambios morfométricos**

Se refieren a la conformación de las márgenes y mejoramiento local de la sección hidráulica del cauce.

- **Cambios paisajísticos**

El cambio paisajista al implementar las obras obedece a un entorno mas urbano que rural, pero buscando definir mediante cobertura vegetal al ronda del cauce.

4.2.3 Criterios urbanísticos

- Geometría y banca de la vía

Corresponde a la alternativa que técnicamente es funcional para la solución del problema de estabilidad.

4.2.4 Criterios sociales

- Tránsito Peatonal y vehicular: Una de las necesidades sentidas de las comunidades del barrio Marandú esta constituida por contar con apropiadas vías de acceso que permitan una fácil movilización de la comunidad.

- Riesgo Comunidad: Hace referencia al soporte que la obra puede dar a la zona de ronda disminuyendo el riesgo de procesos de inestabilidad o inundación con la consiguiente disminución del riesgo sobre la infraestructura y sobre las comunidades asentadas en esta zona de la quebrada de Limas.

4.2.4 Criterios económicos

- Costo de la Obra: Entendiéndose este como el costo que representaría la construcción de las obras de estabilización e hidráulicas.

- Costo de mantenimiento (en función de la periodicidad): visto desde que tan frecuentes serian los mantenimientos para el correcto funcionamiento de las obras construidas.

- Costo del riesgo (en función de la probabilidad de falla)

4.3 PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE MANEJO

La definición de una alternativa como solución al sector aguas abajo del sector 3 de la quebrada de Limas parte de dar continuidad a las obras ya implementadas y que mostrado sus beneficios en los aspectos: ambiental, urbanística, paisajística, social y económica.

Cualquier alternativa de contención y recuperación de las márgenes involucra un tratamiento hidráulico del canal. Inicialmente cualquier alternativa considerada involucra la instalación de traviesas de control de cauce que permitan el control del lecho y de la pendiente longitudinal del cauce de la quebrada, con el mejoramiento del alineamiento de la misma.

El tratamiento de las caras de los taludes conformados deben seguir los mismos tratamientos ya establecidos e implementados como son: la sección hidráulica con flexo adoquín y la parte superior emplear biomanto. En la margen derecha se busca mantener la cobertura vegetal incorporando especies ornamentales sobre los trinchos en madera.

A continuación se presenta la descripción de las dos alternativas de solución identificadas para la margen izquierda, sector aguas abajo del punto inestable No 3 del cauce, y zona de ronda de la quebrada de Limas.

4.3.1 Primera alternativa: Talud en Tierra armada

Teniendo en cuenta la altura del talud total cercana a los 5 m, y la proximidad de la banca de la vía se considera que el relleno debe ser auto estable y esto se consigue con el sistema de tierra armada.

4.3.2 Segunda alternativa: Talud en Gaviones

La conformación de la sección hidráulica se puede lograr con la conformación de gaviones, y de este punto hacia arriba mediante un relleno común, apoyado sobre los gaviones.

4.3.3 Evaluación de las alternativas

Técnica:

Ambas alternativas para la conformación de los taludes y del canal hidráulico permiten el confinamiento de los taludes actuales y su estabilidad, especialmente por la eliminación de la causa, socavación en la base de los taludes.

Ambiental:

Desde el punto de vista ambiental, ambas alternativas cumplen con el objetivo global de mitigar los procesos de degradación y socavación lateral del cauce de la quebrada de Limas ya que aunque son de diferente naturaleza permiten el reestablecimiento de la estabilidad.

Ambientalmente ambas alternativas cumplen con el mejoramiento paisajístico del sector, el recubrimiento será el mismo.

Urbanística

Ambas alternativas preservan las características urbanísticas que se han desarrollado en la zona aunque correspondan a formas subnormales de ocupación del espacio y mejoran las condiciones del entorno como ya se logro con la implantación de las obras diseñadas.

Social

Desde el punto de vista de riesgos de afectación a la comunidad, ambas alternativas ofrecen estabilidad en el largo plazo y minimizan el grado de amenaza.

Económica

Costo obra
La alternativa de tierra armada es más económica que la de gaviones, pero sin grandes diferencias.

Mantenimiento
En el tiempo la tierra armada requiere menos mantenimiento que la estructura en gaviones.

Costo del riesgo (Probabilidad de falla)

En este aspecto ambas alternativas presentan niveles de riesgo muy cercanos, debido a que la probabilidad de falla es similar.

4.4 PLAN GENERAL DE ACCIONES

El plan de acciones establece las medidas correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, proteger las bancas de las vías de acceso al barrio y al sector, la cual está en riesgo debido a loa cercanía de las mismas al cauce de la quebrada, esto sumado a mejorar la dinámica del cauce de la quebrada de Limas en la zona de influencia directa del sector No. 3, tomando medidas de control del aporte de sedimentos, mediante la elevación de la línea

base del cauce con la implementación de estructuras de consolidación del cauce, mitigando los efectos erosivos del cauce y generando una zona de amortiguamiento ante eventos extremos.

Este grupo de medidas busca la protección de la vía de acceso al barrio Marandú, mediante la implementación de las siguientes acciones:

4.4.1 Medidas de mitigación

La principal medida de mitigación busca el mejoramiento de las condiciones hidráulicas con el fin de evitar la erosión lateral y los deslizamientos traslacionales sobre las márgenes de la quebrada de Limas y procesos de socavación del cauce, lo anterior se logra con la implementación de traviezas de consolidación del cauce. Esta obra permitirá el aumento en la línea base disminuyendo la pendiente actual hasta la pendiente de equilibrio para la cual se disipen los procesos erosivos.

Con el fin de uniformizar el flujo, se propone la construcción de nuevas traviesas, empotradas en el lecho y lateralmente en los taludes, las cuales tienen un dentellón en la base para disminuir filtraciones; Proponiéndose con este mismo fin la construcción de una celda impermeable, colocando un manto de geomembrana en forma de celda, rellena con material de la quebrada, que se extiende hacia aguas arriba.

También se recomienda que se recupere la vegetación perdida, utilizando vegetación acorde con la zona y que a su vez tendrá la función de trabajar como barrera viva ante la ocurrencia de crecientes y arrastre de materiales. Esta medida es básica para la margen derecha del cauce.

4.4.2 Medidas de corrección y estabilización

Este tipo de medida se implementará a lo largo del cauce dándole un realineamiento por medio de la limpieza del valle del río que se encuentra obstruido tanto por material del deslizamiento como por basuras.

Esta acción involucra el retiro de escombros de alcantarillas en concreto que hoy se encuentran tiradas en el fondo de la corriente y que pueden influir en los procesos de erosión ya que condicionan localmente el flujo del canal, derivando concentración de los procesos erosivos.

Dentro de este grupo de medidas se contempla la construcción de los rellenos de conformación de los taludes del canal hidráulico y de la recuperación de las márgenes del cauce aguas abajo del sector inestable 3. La conformación de la margen se adelantará en tierra armada para la margen izquierda y mediante estructuras en madera en terrazas escalonadas para la margen derecha.

Para el manejo de la transición de salida y como sistema de protección de las obras de conformación y del sistema de protección del canal, en flexoadoquin, se establece la conformación de las paredes en piedra pegada.

4.4.3 Medidas complementarias

Dentro de este grupo se plantean las siguientes:

- La empradización y revegetalización de las márgenes, la siembra de especies nativas en las zonas aledañas a los cauces (protección y recuperación Rondas de cauce) y en la pata de los taludes.

- Teniendo en cuenta que uno de los principales agentes detonantes de los problemas de inestabilidad es el agua, las soluciones expuestas deberán acompañarse con un adecuado manejo del agua de escorrentía y de las aguas servidas que escurren libremente a lo largo de la vía de acceso y generan focos de erosión intensa. El manejo de esta medida puede ser mediante la construcción de cunetas, cajas colectoras y estructuras de entrega al cauce.

CONTENIDO
CAPÍTULO 5
DISEÑO DETALLADO DE OBRAS

5. INTRODUCCIÓN 1

5.1 PLANTEAMIENTO DE OBRAS 1

5.2 DISEÑOS DE OBRAS 1

5.2.1 Obras de control de cauce 1
5.2.2 Diseño de obras de control de aguas subsuperficiales 3
5.2.3 Diseño de obras de protección 3
5.2.4 Obras de contención 3
5.2.5 Obras complementarias. 3

5.3. ESPECIFICACIONES 3

5.4. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO 4

CAPITULO 5
DISEÑO DETALLADO DE OBRAS

5. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido en los capítulos anteriores y especialmente los resultados del análisis de estabilidad de las márgenes y de las condiciones hidráulicas del canal natural y del planteamiento de medidas, la intervención en el área de estudio contempla la implementación de obras y medidas correctivas, preventivas y de mitigación que tienden a mejorar la estabilidad del área y en general del entorno.

Este capítulo presenta los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el capítulo anterior y que deben ser implementadas en el área de estudio. Las obras contemplan estructuras hidráulicas, la conformación del canal hidráulico recubierto con flexo adoquín, la implementación de traviesas de fondo, el retiro de materiales sueltos del fondo del cauce, obras de conformación de las márgenes con tierra armada y terrazas en madera y la conformación de cobertura vegetal.

5.1 PLANTEAMIENTO DE OBRAS

El planteamiento general de obras se presenta en el **PLANO No. 1**, y contempla las actividades presentadas en el cuadro de presupuesto; según los capítulos de las Cantidades de Obra y con la especificación correspondiente.

Para la definición del sistema a utilizar se consideró, que en Bogotá existe todo tipo de materiales para su construcción y fabricación y se prefirió los que son de fácil adquisición, o se encuentren en la zona del proyecto.

5.2 DISEÑOS DE OBRAS

El diseño de las obras en detalle, guarda los conceptos presentados en el Capítulo 4; por lo tanto, en este numeral se presentan los aspectos adicionales que se consideran importantes dentro del proceso del diseño.

Los diseños en planta se presentan en el **PLANO No. 1**, y se incluyen los detalles constructivos. Y las memorias correspondientes se presentan en los **Anexos A y B** de Hidráulica y Geotecnia respectivamente.

5.2.1 Obras de control de cauce

Para el diseño de las obras de control de cauce se establecieron los siguientes criterios de acuerdo con los resultados de la modelación para los caudales máximos de períodos de retorno de 100 años, el flujo presenta en este tramo las siguientes características de interés. Ver memorias de cálculo.

- La velocidad media del flujo, en el tramo es de 5,41 m/s.

- El flujo es crítico con números de Froude del orden de 1,00, las velocidades se esperan sean máximas en las orillas externas.
- Las profundidades del flujo para caudales máximos se establecieron considerando que el fondo mantiene el perfil promedio.

De acuerdo a las características hidráulicas descritas, se considera viable una rectificación de la quebrada, realineando el cauce en función de los puntos de control natural existentes, y no es conveniente revestir el fondo, para no quitarle a la quebrada la posibilidad de buscar un equilibrio en caudales de creciente, permitiendo el arrastre de material depositado en caudales menores.

Se propone entonces tratar de conservar, en planta, el alineamiento general original, trazando un eje longitudinal del fondo de la quebrada que pase por el centro de la misma, empatando los alineamientos rectos, dejando un canal de 4.0 m de anchura a lo largo del eje propuesto en el fondo.

Recuperar los taludes del canal hidráulico mediante la recuperación o compactación de material pétreo con tierra armada, margen izquierda, o mediante el perfilado para la margen derecha, que permitan aumentar la masa pasiva en la base de los taludes que configuran el valle de la quebrada y limitan con las vías de accesos.

Colocar traviesas de fondo, perpendiculares al flujo, separadas, acorde a la pendiente existente y acorde a la pendiente reducida deseada, empotradas transversalmente en el fondo de la quebrada, con talud inclinado aguas arriba y disipador de energía aguas abajo, con alturas variables de 1.0 m para conseguir escalonar la pendiente.

Las traviesas retendrán material de arrastre, hasta llenar el fondo cambiando la pendiente, con lo cual se consigue reducir las velocidades y cuando se presenten crecientes, el flujo en el tramo será laminar y como consecuencia disminuirán las erosiones.

Se calculó los nuevos parámetros hidráulicos entre traviesas, acorde a la solución propuesta definiéndose pendiente menor del 1%, N de Manning de 0.025 para los flexo adoquines, velocidades menores a 2.5m , altura de lámina del nivel de agua de un 1.0m .

Al conformar de esta manera un canal central, se permite en caudales bajos concentrar en el centro una mayor velocidad de arrastre de materiales, evitando la sedimentación que podría convertirse en problema. Para una mayor concentración del flujo hacia el centro y para proteger las márgenes, se propone un revestimiento en flexo adoquín, con lo cual la rugosidad de las márgenes se conserva.

Se calculó en cada sitio de traviesa la altura de la lámina para caudales con tiempo de retorno de 100 años, definiéndose un borde libre para las cotas mínimas que debe alcanzar el talud revestido. **Ver Plano No 1.**

Se espera socavaciones locales aguas debajo de las traviesas, que se pueden limitar construyendo un pozo de amortiguación utilizando las mismas piedras de la quebrada o en su defecto utilizando piedras de tamaños no menores a 0.35 m.

Los revestimientos y enrocados propuestos se deben colocar acomodando los elementos de forma tal que no queden espacios.

5.2.2 Diseño de obras de control de aguas subsuperficiales

- FILTRO:

Su función es drenar las aguas procedentes del proceso de infiltración en el suelo, de las aguas infiltradas de la escorrentía subsuperficial y de las fugas de las redes de alcantarillado y acueducto.

Esta obra se recomienda en la base de la tierra armada para lo cual el relleno de la misma será en granular latamente permeable, cubierto en la parte exterior con un geotextil para filtro.

En la parte alta de la tierra armada se propone una capa de 30 cm de este mismo material recubierta con geotextil.

5.2.3 Diseño de obras de protección

Estas obras se proponen para la parte alta de los taludes que no van a estar expuestas al agua de la corriente y se consideran básicas para la estabilidad general del sistema debido a que deben mantener las condiciones de confinamiento de las bancas de las estructuras de las vías. Estas se recomiendan realizar con empradización con biomanto sobre la tierra armada y empradización y revegetalización sobre las terrazas en madera.

5.2.4 Obras de contención

Como sistemas de contención para cada uno de las márgenes se definió el siguiente:

Tierra armada para la margen izquierda con una altura de 4 m afectado el talud en la parte alta para la recuperación del andén.

Terrazas en madera para la margen derecha de un metro de anchas y ancladas por lo menos 1,5 m dentro del terreno. La conformación de los taludes del canal hidráulico será con relleno tipo subbase, B 400, compactada al 95 % del proctor modificado.

5.2.5 Obras complementarias.

Dentro de este grupo se contemplan acciones como la limpieza del cauce en el sector objeto de estudio y el retiro de grandes bloques que se encuentran en el cauce y que esta modificando negativamente la corriente del mismo.

5.3. ESPECIFICACIONES

Las especificaciones técnicas de obra, aplicables a este capítulo deben ser tomadas del Libro de Especificaciones Técnicas para la construcción de Obras de Estabilización

Geotécnica de los sectores Inestables del cauce de la Q. de Limas presentadas en el estudio base en junio del 2004.

5.4. CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción, planta y detalles, empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas. El cálculo de cantidades de obra se adelantó en forma ordenada y sistemática como se muestra en las memorias correspondientes. **Ver Anexo C**

En la **TABLA No. 5.1** *s*e presentan las cantidades de obra por ítem establecido y el presupuesto estimado para la construcción de las diferentes tipos de obras contempladas en los diseños; los precios unitarios, han sido generados de acuerdo con las condiciones que imponen las características del sector y de las mismas obras. Los análisis de precios unitarios se presentan en el **Anexo D**.

La **Figura No 5.1**, muestra el cronograma de obra propuesto. Dicho cronograma se realiza teniendo en cuenta que las obras se realizan en época de estiaje o caudales bajos, en los cuales se facilita la construcción de las márgenes y de las traviesas y el riesgo de afectación por alguna creciente es mínima. Se estima que las obras se pueden adelantar en un mes.

CONTENIDO
CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. INTRODUCCIÓN.....1
6.1 CONCLUSIONES 1
6.2 RECOMENDACIONES.....2
6.3 PROCESO CONSTRUCTIVO 3

CAPÍTULO 6
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. INTRODUCCIÓN

El proceso de solución de la problemática de inestabilidad de la quebrada de Limas obedece no solo una solución puntual en los sitios críticos, si no a un manejo integral de la cuenca que involucre desarrollos desde el punto de vista hidráulico, de la estabilidad, del control de invasión de la zonas de ronda, y de un buen manejo desde el ámbito ambiental entre otros.

Este capítulo busca dejar plasmada una serie de conclusiones y recomendaciones que han surgido en el desarrollo de los estudios de estabilización del sector 3 y que deben ser tenidas en cuenta tanto en la etapa de formulación de la construcción de las obras complementarias, como en el desarrollo de la obra y durante su vida útil.

6.1 CONCLUSIONES

En el sector inestable 3 a la altura del barrio Marandú, el valle se encuentra controlado estructuralmente por lo que su geometría lineal se ha mantenido en el tiempo. En la zona estudiada el cauce de la quebrada de Limas transcurre sobre una llanura aluvial antigua que está siendo retrabajada y está limitada por rocas del Terciario inferior y superior en las márgenes izquierda y derecha respectivamente. Sobre las anteriores unidades se encuentran depósitos cuaternarios asociados a actividad antrópica - rellenos de la vías, escombros y basuras que cubren la mayor parte de las unidades citadas

La corriente presenta un gran poder erosivo, predominando la erosión lateral sobre la socavación vertical. Las márgenes están conformados por un deposito aluvial areno limoso con estratos arcillosos.

Las zonas inestables que afectan el cauce y la dinámica de la corriente están asociadas a la presencia de rellenos, los cuales por su alta susceptibilidad a la inestabilidad y a la erosión, son fácilmente atacados por la acción erosiva de la corriente. El mecanismo de falla asociado se define como movimientos con un componente traslacional debida a la pérdida de soporte en la base por erosión lateral de la corriente sobre los depósitos de relleno. La sección actual del cauce ha sido retrabajada por la acción erosiva de la avalancha dejando un valle en U amplio.

En conclusión las vías como elemento básico para la comunicación del área son las que se encuentra en riesgo, y para las cuales se plantean las alternativas de manejo y control de la inestabilidad del área.

Como solución se plantean obras que por una parte sean capaces de mitigar el efecto erosivo de la corriente y por otra parte de recuperar la condición hidráulica del canal y de estabilidad del sector. Por tanto se plantea la recuperación del canal hidráulico mediante una sección homogénea debidamente protegida, mediante la construcción de rellenos estables en tierra armada con pendientes 1:1 que confinan los taludes actuales y cumplen la función de estabilizar las márgenes y a su paso proteger las estructuras de las vías.

Dadas las características del cauce de la quebrada de Limas y la alta intervención del hombre en su cuenca, las medidas locales tienen un efecto muy concentrado y según lo establecido en los diseños su acción efectiva se enmarca en la zona tratada y tanto aguas arriba como aguas abajo pueden mejorar las condiciones de flujo en un área de influencia muy corta. En las demás zonas la condición de degradación actual del cauce continúa.

Se considera en todo caso que el manejo de los sectores críticos desde el punto de vista de la estabilidad, requieren la implementación de estrategias complementarias correspondientes al manejo integrado de la ronda de la quebrada de Limas ya que las soluciones puntuales si bien permiten el control a problemas muy localizados, la problemática mayor inducirá a fenómenos similares en otros puntos susceptibles de esta corriente.

6.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que adelante se describen buscan que las obras que se plantean como alternativa de estabilización en el sector 3, sean mantenidas en el tiempo y por otra parte que mejoren la condición ambiental del área.

La principal recomendación se asocia al hecho de que las obras se deben adelantar en lo posible en épocas secas de estiaje, lo que facilita la ejecución de los sistemas de traviesas y excavaciones en las márgenes. De todas maneras el Constructor deberá implementar un sistema de desviación de la corriente que le garantice la ejecución de las excavaciones en condiciones seguras y secas.

Desde el punto de vista técnico se tiene que la solución propuesta ofrece el mejoramiento de la estabilidad a nivel local, la protección de la infraestructura vial. En primera instancia las obras realizadas de estabilización deben ser acompañadas de las siguientes acciones:

- En lo posible y a la mayor brevedad debe adelantarse la construcción de la vía de acceso al barrio Marandú con sus sistemas de drenaje o en su defecto la construcción del sistema temporal de captación y conducción de las aguas de escorrentía que hoy discurren libremente por la banca de la vía.

- La generación de la conciencia ambiental de la comunidad beneficiada por las obras para que no sigan deteriorando el cauce y conserven las obras que se le construyen. Es importante tomar como base del trabajo con la comunidad la ficha ambiental definida para tal fin.

- Buscar con otras entidades del estado el mejoramiento del espacio público, especialmente para evitar que se sigan asumiendo el área como zona de disposición de basuras o de escombros de construcción. Dentro de este numeral se debe contemplar la construcción de un puente peatonal técnicamente adecuado e integrado al espacio público.

- Especialmente en invierno se debe monitorear la estabilidad de la quebrada aguas arriba y observar periódicamente no exista material acumulado por desprendimiento de taludes que pudieran causar represamiento y avalancha.

- De igual forma se recomienda monitorear el tramo tratado y de ser necesario realizar limpiezas periódicas para retirar el material que se acumule y pueda causar represamiento y ser generador de algún problema hidráulico.

Desde el punto de vista Ambiental se tiene que parte de la problemática de la estabilidad de la zona de ronda de la quebrada de Limas así como de el aumento en procesos torrenciales y de arrastre de sedimentos, se encuentran ligados a un uso inapropiado de la corriente y de su zona de ronda. Por esta razón se requiere que las autoridades distritales aboquen el manejo integral de la cuenca de la quebrada de Limas incorporando los procesos antrópicos que se han venido desarrollando en las dos ultimas décadas principalmente, se recomienda que se tomen medidas complementarias desde el punto de vista ambiental. Los manejos ambientales complementarios están relacionados con:

- Gestión Interinstitucional

Dirigido a la unificación de esfuerzos entre las autoridades distritales que tiene que ver con el manejo de la quebrada y su zona de ronda evitando a la vez la duplicidad de funciones frecuentemente sucedida

- Educación en el manejo de la quebrada

Dirigido a la educación ambiental para la comunidad ubicada en la zona de ronda de la quebrada de Limas.

- Manejo Ambiental durante la construcción de las obras

Dirigido a la implementación de las buenas practicas de manejo que deberá seguir el constructor de las obras de restauración en la quebrada de Limas.

6.3 PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo aquí propuesto delinea los aspectos generales a ser tenidos en cuenta y el proceso constructivo final deberá ser concertado con el CONSTRUCTOR y estará asociado a la época cuando se realice el proyecto. Se recomienda que las obras se realicen en épocas secas de bajo caudal.

El proceso constructivo definido en obra deberá estar acorde con las especificaciones de cada una de las actividades definidas.

Teniendo en cuenta que se va a trabajar al lado de la vía de acceso, la zona de trabajo deberá permanecer debidamente acordonada y señalizada. En general se recomienda se sigan las fichas de manejo establecidas o recomendadas en este estudio.

Como proceso constructivo se propone el siguiente:

Como tareas iniciales se deberá limpiar el cauce y construir el cerramiento o acordonamiento de los sectores a intervenir. Estas tareas van acompañadas de la información que se le debe suministrar a la comunidad.

Se deberán definir las áreas de disposición temporal de materiales productos de las excavaciones. Las cuales deberán ser debidamente señalizadas y deben estar aprobadas por la interventoría.

Igualmente desde el inicio de la obras se deberá contar en obra con los materiales necesarios para la construcción de los diques de desviación y control de la corriente.

Una vez realizado el replanteo de las obras se seguirá la siguiente secuencia constructiva:

- Excavación de los taludes de las márgenes que incluye el retiro del material suelto deslizado y la conformación de los escalones de liga.
- La demolición de los elementos en concreto como el andén, se deberá realizar al mismo tiempo que se adelantan las excavaciones.
- Al mismo tiempo del avance de las excavaciones se deberá realizar la construcción de las traviesas en concreto ciclópeo.
- Luego se inicia el proceso de construcción de la tierra armada por capas horizontales debidamente compactadas. A la altura indicada en los planos se deberán ir construyendo los filtros de drenaje.
- La conformación de las terrazas en madera se pueden adelantar una vez se tengan las excavaciones ejecutadas. Se pueden construir al tiempo con el relleno de conformación.
- Una vez el relleno alcance la altura del canal donde va revestido con flexoadoquín se debe realizar la instalación del mismo, garantizando el sistema de anclaje definido en los detalles.
- Una vez instalado el flexoadoquín se continuará con la construcción de la tierra armada hasta la altura donde se recomienda la empradización con biomanto, nivel al cual se debe realizar dicha tarea.
- Alcanzando el nivel de la calzada se deberá proceder a conformar la estructura base del andén y de la zona de la vía a recuperar dejando un filtro en la parte posterior de la zona si se encuentran redes de alcantarillado pluvial.
- Las área a empradizar con césped según planos, deberán ser debidamente reconformadas e uniformizados su pendientes. Antes de Instalar y nivelar el terreno se deberá recompactar el área con equipos manuales.
- Se recomienda adelantar la siembra de árboles en las zonas señaladas una vez lograda la conformación del cauce y no dejar esta actividad para el final.
- Por último se deberá construir la piedra pegada localizada en la transición de salida, y el contemplado entre las traviesas en ciclópeo.

Para la construcción de las obras hidráulicas se presentan las siguientes recomendaciones:

- Construir las traviesas empezando por una de sus aletas en la margen cuyo material sea el menos resistente a la erosión, para evitar socavaciones laterales al concentrar el flujo en ellas.
- Dar pendiente transversal hacia el centro en la corona. El 1% o 2% para que en caudales bajos el agua se concentre en el centro de la quebrada.
- Se recomienda localizar el eje de la quebrada propuesto, definir paralelamente a este eje el ancho de 4.0 m; realizar los manejos de aguas de la quebrada, para realizar las excavaciones de la cimentación de la estructura en tierra armada y construir el primer nivel a lo largo de la quebrada lo mas rápidamente posible a fin de restablecer el flujo y recuperar el área hidráulica.
- Se recomienda iniciar el muro en tierra armada pegado a la estructura de disipación existente, la cual se conserva. y realizar escalonamiento en el tramo final a manera de transición.
- Reparar la vía a fin de controlar infiltraciones de agua.
- Dejar embebido en las aletas de las traviesas ganchos para facilitar el anclaje de los flexo adoquines.
- Dar mantenimiento a las traviesas, estas limitan el proceso de erosión pero con el tiempo también se pueden ver amenazadas por la misma causa.
- Realizar el empalme de las tuberías existentes al canal revestido mediante cajas colectoras que disminuyan la altura de caída y estructuras de caída típicas para estos casos.
- Realizar limpieza periódica de elementos indeseables que pudieran restar área hidráulica a la quebrada.
- Usar concretos de resistencia f'c mayor o igual a 24.5Mpa por estar sometida la estructura a contacto permanente con el agua.

Febrero 2004.

1994. Riegos Naturales y Vulnerabilidad. I Simposio Panamericano de Deslizamientos de Tierras, Guayaquil.

1985. Nuevos Aportes Hídricos a la Sabanas de Bogotá. Estudio Geológico y Geotécnico. Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá (E.E.E.B). Bogotá.

elimitación de la zona de ronda y ZMPA de los ríos Tunjuelito, Fucha y Salitre.

1985. Normas de Diseño, Construcción y Materiales para Alcantarillados.

999. Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafé de Bogotá– Colombia. X Jornadas Geotécnicas, Santafé de Bogotá.

1976. Geología de un sector del área urbana de Bogotá y sus posibles implicaciones geotécnicas. Trabajo de grado No. 15. Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

INGEOMINAS 1997, Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá.

INGEOCIM LTDA. – UPES – FOPAE. 1998, Escala 1:10.000.

996. Estudio para el Análisis y Caracterización de Tormentas en la Sabana de Bogotá. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.

997. Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá. Convenio Ínter administrativo 01-93.

Control de Erosión en zonas Tropicales Bucaramanga – Colombia. Noviembre de 2001, Universidad Industrial de Santander. .

- Estudio de Zonificación de Amenaza por Remoción en Masa en el Barrio Villas del Diamante, en la Localidad de Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogota D.C.

Diseños detallados de obras en sitios críticos de riesgo inminente por frm en los barrios san francisco, marandú y villas del diamante en la cuenca de la quebrada de limas, en la Localidad de Ciudad Bolívar, en la Ciudad de Bogota D.C.

1996. Concept de Vulnerabilite Applique a L. Evaluation Des Risques Generes par les Phenomenes de Mouvements de Terrain. Université Joseph Fourier Grenoble; These de Doctorat, Grenoble.

1990. “Manual del Usuario Hymo-10”-Curso de Técnicas Modernas de Predicción en Hidrología-Universidad de Padova-Italia.

1989. Manual de Ingeniería de ríos. Capitulo 12 – Estabilidad de cauces. Secretaria de Agricultura y recursos hidráulicos. México.

1998. Lineamientos Metodológicos para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa. Tesis de Maestría en Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia.

1996. La Erosión en los Estudios de Zonificación de Áreas Urbanas por Fenómenos de Remoción en Masa, VI Congreso Colombiano de Geotecnia, Bucaramanga.

1999. Cartografía de procesos en los estudios de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para Santafé de Bogotá. X Jornadas Geotécnicas.

1999. Lineamientos metodológicos para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa. X Jornadas Geotécnicas, Santafé de Bogotá.

985. “Hidrología en Ingeniería-Escuela Colombiana de Ingeniería-Bogotá Colombia.

1992. Manual de Ingeniería para el Control de la Erosión. UIS.

1996. Estabilidad Sísmica de Taludes no Intervenidos de los Cerros Orientales de Santa Fe de Bogotá D. C. Informe Definitivo.

1991. “Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico”. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. CEOTMA, Madrid, Julio de 1991.

Curso de Introducción a la Ingeniería Fluvial. Obras de protección de Orillas.