

CLASIFICADO

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Contrato No. CONS-392/2007**



**Corregimientos La Unión (Sitios I y II) y Betania (Sitios I y II)**

**VOL. 1 INFORME Y ANEXOS A, B y C**

**ORIGINAL**

**PARTE 1 DE 4**

**DOCUMENTO No. CIG-SMP-04**

De acuerdo con el Artículo 20 de la Ley 23 de 1982, los derechos de autor pertenecen al FOPAE y al FDL Sumapaz. La solicitud de reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito a los titulares de los derechos de autor.

**BOGOTÁ D. C., NOVIEMBRE DE 2007**

CLASIFICADO

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

DOCUMENTO No. CIG-SMP-04

**ÍNDICE DE MODIFICACIONES**

| ÍNDICE DE REVISIÓN | SECCIÓN MODIFICADA         | FECHA DE MODIFICACIÓN | OBSERVACIONES   |
|--------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------|
| 0                  | -                          | 20/11/2007            | Versión Inicial |
| 1                  | Según GDING-PROY035-310-07 | 30/11/2007            | Versión 1       |
| 2                  |                            |                       |                 |

**REVISIÓN Y APROBACIÓN FINAL**

| Número de revisión       |         | 0           | 1           | 2 |
|--------------------------|---------|-------------|-------------|---|
| Responsable elaboración: | Nombre: | O. Hoyos    | O. Hoyos    |   |
|                          | Firma:  |             |             |   |
| Responsable revisión:    | Nombre: | J. Lozano   | J. Lozano   |   |
|                          | Firma:  |             |             |   |
| Responsable aprobación:  | Nombre: | G. Castillo | G. Castillo |   |
|                          | Firma:  |             |             |   |
|                          | Fecha   | 20/11/2007  | 30/11/2007  |   |



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. Introducción

El presente estudio se derivó del Convenio Interadministrativo No. 07 de 2006 suscrito entre el FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE y el FONDO DE DESARROLLO LOCAL - FDL SUMAPAZ, por el proceso de Invitación Pública para Contratación Directa FOPAE – FDL – 02 – 2007 y el Contrato No. 392/2007 con el Ingeniero Consultor EDSON ORLANDO HOYOS CERÓN.

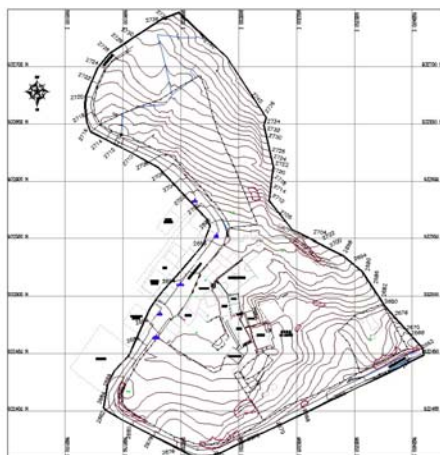
El objeto del mismo son los DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS DE BETANIA I, BETANIA II Y LA UNIÓN DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

### 2. Diagnóstico de los problemas de inestabilidad del terreno

Luego de la revisión, análisis, complementación y validación de los insumos de diseño, se identificaron los sectores afectados por procesos de movimiento en masa y su influencia en los colegios rurales Juan de La Cruz Varela en el corregimiento La Unión y Adelina Gutiérrez Palacios en el corregimiento Betania.

El área de estudio del corregimiento La Unión tiene un área aproximada de 5.3 Ha. En él se encontró que en la denominada Zona 1 ubicada el sur del colegio se presenta un deslizamiento rotacional retrogresivo en el talud de corte de la vía que conduce a la vereda Tunal Bajo, generado por el desconfinamiento del mismo y facilitado por la acción del agua con actividad moderada y reciente. En la llamada Zona 2 al oriente del colegio se localiza un flujo de tierras, detonado por la condición del alto nivel de tabla de agua freática, con actividad baja y estacional.

**Figura 1 Delimitación de las área de influencia directa de los corregimientos La Unión y Betania**



La Unión



Betania

El área de estudio del corregimiento del corregimiento Betania tiene un área aproximada de 4.7 Ha. En él se encontró que en la denominada Zona 1 ubicada al respaldo del centro de salud se presenta un deslizamiento rotacional en el talud de la construcción y hasta la vía que pasa por la parte alta, activado fundamentalmente por la condición geométrica empinada de la ladera y los aportes de agua de escorrentía e infiltración, correspondiendo a un proceso de actividad media y tendencia a incrementar su magnitud. En la llamada Zona 2 al sur del colegio se localiza un flujo de tierras en una depresión del

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

terreno en un proceso de actividad media a alta, que gradualmente genera el desconfinamiento del terreno de cimentación de los tanques del sistema de alcantarillado y es favorecido por los aportes de agua natural y de origen antrópico debidos a la dislocación y ruptura de la tubería de alcantarillado que cruza desde el límite sur occidental y el tramo ubicado ladera abajo del colegio.

### **3. Geología, geomorfología y geotecnia**

En el corregimiento La Unión geológicamente se reportan rocas sedimentarias (Formación Guaduas), que corresponden a un conjunto de Arcillolitas con intercalaciones de Areniscas, recubiertas por depósitos recientes como coluviones y flujos de tierra de bajo espesor. Debido al origen de las rocas que los forma, la matriz de los suelos transportado en de carácter fino con alguna componente granular. Desde el punto de vista geomorfológico el área de estudio se localiza en una contrapendiente estructural.

En el corregimiento Betania geológicamente se reportan rocas sedimentarias (Formación Chipaque), que corresponden a Areniscas y a un conjunto de Lutitas con algunas intercalaciones de Limolitas y Areniscas, recubiertas por depósitos recientes como coluviones y flujos de tierra de de tierra de bajo espesor. Debido al origen de las rocas que los forma, la matriz de los suelos transportado en de carácter fino. Desde el punto de vista geomorfológico el área de estudio se localiza en una contrapendiente estructural.

Las estructuras regionales tienen una tendencia N 10 E, en forma de anticlinales y sinclinales sucesivos, con la presencia de fallas de forma sub paralela a las estructuras. La red de drenaje principal se caracterizar por corrientes con dirección preferencialmente E - W de carácter inadaptado por sobre imposición, de tipo dendrítico.

La interpretación geológica y geotécnica, orientó la investigación del subsuelo y la caracterización del subsuelo mediante pruebas de campo y ensayos de laboratorio. Los análisis de estabilidad en las condiciones actuales verifican la situación de falla o cercana a ella en los sitios definidos como de procesos activos en cada corregimiento, donde se formularon las alternativas de obras y medidas de mitigación para los nuevos análisis de estabilidad con obras y medidas de mitigación.

Los mecanismos de falla fueron rotacionales, excepto en las secciones 2 - 2' superficie inferior, 7 - 7' y 10 - 10' de Betania donde se modelaron superficies de falla traslacionales, que representaban adecuadamente el proceso observado en campo.

En las condiciones actuales se concluye que las condiciones de estabilidad son de por sí ya precarias sin eventos extremos, lo cual se ve agravado por la degradación de los parámetros de resistencia con la presencia del agua.

Por lo anterior en ambos corregimientos las medidas de drenaje son fundamentales, que si bien por la condición hidrológica de los mismos no es posible eliminarla totalmente, si es importante abatir el agua subsuperficial y lograr la evacuación rápida de las aguas superficiales o de escorrentía, conduciéndolas fuera del área de estudio donde no generen nuevos problemas.

Por otra parte, solamente en drenaje no es suficiente para garantizar la mitigación de los procesos en algunas secciones de análisis, por lo cual las alternativas de diseño de obras deben resultar como una combinación de las opciones de solución geométrica (reconformación topográfica) y de contención local.

Las precipitaciones obedecen a un régimen bimodal en el corregimiento La Unión y unimodal en Betania, coincidiendo los periodos mas secos entre diciembre - marzo para ambos, en los cuales se recomienda adelantar la construcción. La hidrogeología está controlada principalmente por escorrentía superficial y las condiciones geológicas locales de cada corregimiento. En el corregimiento La Unión se definió un modelo de acuífero confinado debajo de los coluviones, mientras que en Betania el modelo es de acuífero libre entre el contacto del coluvión y los suelos residuales.

La aceleración máxima horizontal a nivel de roca según el estudio de Zonificación Sísmica de Colombia (NSR-98), que definen para los dos corregimientos una aceleración de 0.30 g para la Zona 7.

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **4. Cobertura y usos del suelo**

El carácter rural de la localidad de Sumapaz y en general de suelos de protección, define una restricción del ordenamiento del territorio por su vocación ambiental e integradora ciudad – región, desde la distribución biótica del ecosistema en páramo, frailejón y pajonal, bosque natural, etc.

En la localidad Sumapaz se presentan asentamientos humanos menores, rodeados de zonas para la producción sostenible de manejo especial y alta fragilidad, por lo cual no tienen definidas áreas de expansión. Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

En el corregimiento La Unión a pesar de ser un asentamiento humano, prevalece la cobertura vegetal con vegetación de pastizales y matorrales en las zonas alta y baja, con coberturas eriales en las zonas afectadas por los procesos de inestabilidad, mientras que la zona media tiene asociado el uso cultural con coberturas de vías y áreas sin uso definido, urbanos, construcciones rurales comunales, religiosas y educativas, residenciales, recreativas e institucionales y comerciales.

Similarmente en el corregimiento Betania predomina la cobertura vegetal con usos de cultivos no irrigados, pastizales naturales, matorral en las zonas alta y baja con coberturas eriales en las zonas afectadas por los procesos de inestabilidad, mientras que la zona media tiene asociado el uso cultural con coberturas de vías, construcciones rurales comunales, religiosas y educativas, residenciales, recreativas e institucionales y comerciales.

### **5. Planteamiento y evaluación de alternativas de obras y medidas de mitigación**

Las alternativas de obras para el corregimiento La Unión, son las siguientes:

#### **Zona 1**

- Alternativa 1: Perfilado en suelo con berma 2675.0 msnm talud 1.0H:0.5V berma 2680 y descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis LU02F1 y LU02F2.
- Alternativa 2: Muro en gaviones de 3 m de altura seguido de una berma de 4 m de ancho y talud 1.0H:0.5V hasta la berma 2677 msnm de 4 m de ancho luego talud 1.0H:0.5V hasta la berma 2677 msnm y descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis LU02F3 y LU02F4.
- Alternativa 3: Drenaje con cunetas y trincheras de 2.0 m. Modelo de análisis LU02F5

#### **Zona 2**

- Alternativa 1: Muro en gaviones de 3 m de altura y filtros drenantes de H=1.0 m. Modelos de análisis LU05F6 y LU05F7.
- Alternativa 2: Trincheras drenantes de H=2.0m. Modelo de análisis LU05F8.

Las alternativas de obras para el corregimiento Betania, son las siguientes:

#### **Zona 1**

- Alternativa 1: Muro en gaviones de 2 m de altura, con un talud 3.0H:1.0V hasta la berma 3122.5 de 2 m de ancho, luego un talud de 2.0H:1.0V hasta la berma 3128 msnm de 3 m de ancho con descabece 2.0H:1.0V. Modelos de análisis BE02F1 y BE02F2.
- Alternativa 2: Muro en gaviones de 3 m de altura, con un talud 3.0H:1.0V hasta la berma 3121.5 de 2 m de ancho, luego un talud de 2.0H:1.0V hasta la berma 3126 msnm de 3 m de ancho con descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis BE02F3 y BE02F4.
- Alternativa 3: Muro en gaviones de 4 m de altura cerca de la fachada anterior del centro de salud y muro en gaviones de 3 m de altura en el camino. Modelos de análisis BE02F5 y BE02F6.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Zona 2**

- Alternativa 1: Drenes sub horizontales de 20 m de longitud. Modelo de análisis BE02F7.
- Alternativa 2: Trincheras drenantes en espina de pescado de 2 m de altura. Modelo de análisis LU05F8.

El modelo de decisión probabilístico es un mecanismo de decisión para la selección de alternativas de obras y medidas no estructurales de mitigación de riesgo por procesos de movimientos en masa, teniendo en cuenta la probabilidad de falla y el costo de la solución basados en un análisis comparativo utilizando un árbol de decisión hipotético. Finalmente se incluye para diferenciar la mejor alternativa cuando el intervalo de decisión es cerrado, que se asimile una relación beneficio – costo incluyendo el riesgo asumidos por el factor de seguridad encontrado, escogiendo la menor relación.

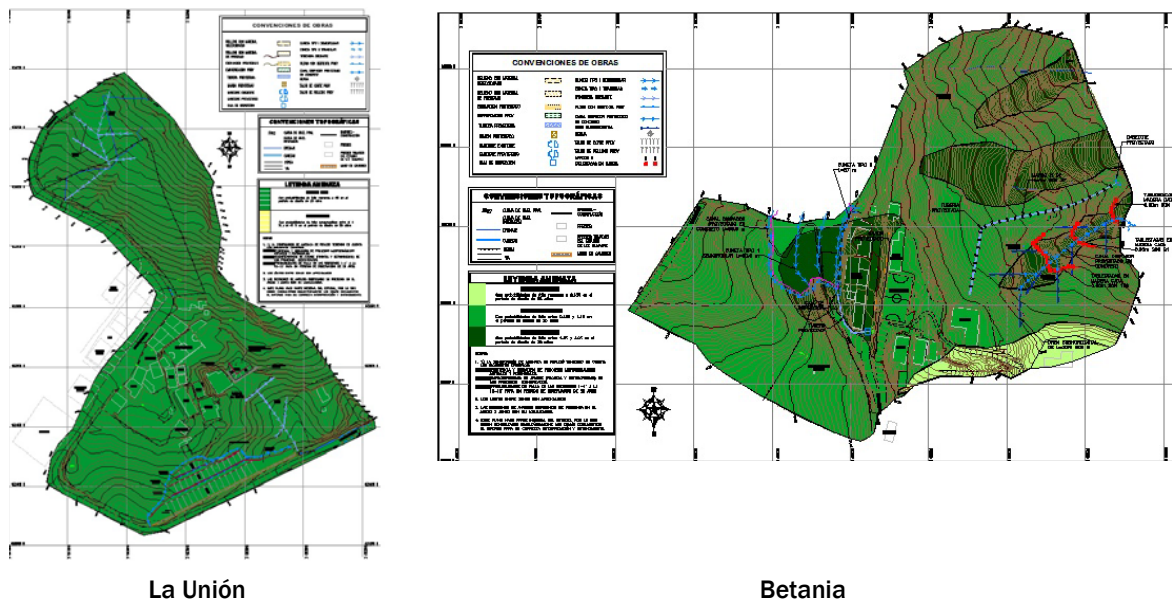
De acuerdo con los análisis anteriores las alternativas recomendadas por sectores y para cada uno de los corregimientos se optó en todos los casos por la Alternativa 2.

**6. Amenaza, vulnerabilidad y riesgo**

En las condiciones actuales por los factores de seguridad y la probabilidad de falla a 25 años, se registran valores que se asocian a una condición de amenaza por procesos de movimientos en masa media y baja.

Para el escenario de amenaza con obras a 25 años, la totalidad del área del corregimiento Betania y La Unión se encontrará con obras en una categoría de amenaza baja.

**Figura 2 Amenaza a 25 años con obras La Unión y Betania**



De acuerdo con la descripción de las viviendas la categoría de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante sollicitaciones debidas de desplazamientos horizontales y verticales por procesos de movimientos en masa, es alta por tener sistemas estructurales de mampostería simple o no confinada.

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

El riesgo por procesos de movimientos en masa de los corregimientos es media a alta en las condiciones actuales, pero con la implementación de las obras de mitigación se propende por garantizar que prevalezca una condición de riesgo medio. No obstante el riesgo es dinámico y debe informarse sobre cualquier situación que pueda comprometer la estabilidad del terreno y la habitabilidad de las viviendas.

### **7. Diseño detallado de obras**

En la Zona 1 del corregimiento de La Unión se planteo la reconformación del terreno y la implementación de una estructura de contención en gaviones, para restituir el confinamiento que se había perdido con el corte vial. Adicionalmente la zona debe recuperar la cobertura vegetal y arbustiva nativa, así como restringir el uso de actividades de impliquen riego. En la Zona 2 se propuso la construcción de una trinchera drenante, así como la construcción de un relleno confinado con un muro de contención en gaviones a modo de relleno de contrapeso adyacente el relleno existente y que sirve a la vez para confinar los cimientos del comedor escolar que actualmente se encuentra en construcción.

En la Zona 1 del corregimiento Betania se diseño un movimiento de tierras para reconformar el área del deslizamiento, con la restricción de mantener el camino ubicado en la parte alta, así como profundas obras de drenaje y subdrenaje en las bermas que se constituyen con el movimiento de tierras. El esquema en la denominada Zona 2 tiene viarias instancias, como son la contención con diversos sistemas de tablestacas; Madera, Metálicas y Marcos "H". Los primeros sirven para constituir el relleno del material drenante del fondo del canal natural de drenaje, en forma escalonada para reducir la pendiente y que también proporcionan confinamiento a los costados del citado canal, así como aíslan el avance del proceso hacia el colegio. Los segundos sirven de cómo medida de confinamiento de la zona de los tanques de concreto existentes y que hacer parte del tratamiento de las aguas residuales, así como parte de las tuberías de salida de los mismos hacia el descole y entrega. Los terceros sirven para relocalizar superficialmente tramo de tubería de alcantarillado, para tenerla siempre visible detectar y corregir cualquier fuga o rotura, así como establecer un sistema flexible ante los movimientos superficiales del terreno y asimilar pequeños desplazamientos. Igualmente se consideran trincheras drenantes que se conectan al relleno del material drenante del fondo del canal natural de drenaje.



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## CONTENIDO

|  | <u>FOLIO</u> |
|--|--------------|
| <b>CAPITULO 1 GENERALIDADES .....</b>  | <b>18</b>    |
| 1.1 INTRODUCCIÓN .....   | 18           |
| 1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO .....  | 18           |
| 1.3 ORGANIZACIÓN DEL INFORME FINAL .....   | 19           |
| 1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....   | 20           |
| 1.4.1 Revisión y análisis de información secundaria.....   | 20           |
| 1.4.2 Reconocimiento y planeación de los trabajos de campo.....                                  | 20           |
| 1.4.3 Georeferenciación.....   | 20           |
| 1.4.4 Levantamiento topográfico .....  | 20           |
| 1.4.5 Evaluación geológica y geomorfológica .....  | 20           |
| 1.4.6 Análisis de cobertura y usos del suelo .....   | 21           |
| 1.4.7 Evaluación geotécnica .....  | 21           |
| 1.4.8 Investigación predial, de redes y levantamiento de fichas prediales .....                  | 22           |
| 1.4.9 Análisis de estabilidad y evaluación de alternativas de obra y medidas de mitigación ..... | 22           |
| 1.4.10 Diseño detallado de las obras, medidas de mitigación y análisis de viabilidad .....       | 22           |
| 1.5 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES .....   | 23           |
| 1.6 DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL AREA DE ESTUDIO .....  | 27           |
| 1.7 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS.....  | 29           |
| <b>CAPITULO 2 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....</b>  | <b>33</b>    |
| 2.1 OBJETIVOS .....  | 33           |
| 2.2 GEOREFERENCIACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....  | 33           |
| 2.3 POLIGONAL DE CIERRE .....  | 34           |
| 2.4 PUNTOS DE REFERENCIA PARA REPLANTEO DE OBRAS .....   | 35           |
| 2.5 OBTENCIÓN DEI PLANO TOPOGRÁFICO .....  | 36           |
| 2.6 EQUIPOS Y SOFTWARE UTILIZADOS.....   | 36           |
| <b>CAPITULO 3 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....</b>   | <b>37</b>    |
| 3.1 INTRODUCCIÓN .....   | 37           |
| 3.2 GEOLOGÍA CORREGIMIENTO LA UNIÓN .....  | 37           |
| 3.2.1 Rocas del Paleoceno .....  | 37           |
| 3.2.2 Depósitos Cuaternarios .....   | 38           |
| 3.3 GEOLOGÍA CORREGIMIENTO BETANIA.....  | 38           |
| 3.3.1 Grupo Guadalupe .....  | 39           |
| 3.3.2 Formación Chipaque.....  | 39           |
| 3.3.3 Depósitos Cuaternarios .....   | 39           |
| 3.4 GEOMORFOLOGÍA.....   | 40           |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

|   | <b>FOLIO</b> |
|---|--------------|
| 3.5 PROCESOS MORFODINÁMICOS .....   | 40           |
| 3.6 EXPLORACIÓN GEOSÍSMICA .....  | 41           |
| <b>CAPITULO 4 CLIMA, HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA, HIDROGEOLOGÍA Y SISMOLOGÍA .....</b> | <b>51</b>    |
| 4.1 CLIMA .....   | 51           |
| 4.2 HIDROLOGÍA E HIDRULICA.....   | 51           |
| 4.2.1 Método de trabajo e información primaria .....                              | 51           |
| 4.2.2 Análisis de lluvias.....  | 52           |
| 4.2.3 Lluvia crítica .....  | 54           |
| 4.2.4 Caudales.....   | 55           |
| 4.3 HIDROGEOLOGÍA .....   | 55           |
| 4.4 SISMOLOGÍA.....   | 56           |
| <b>CAPITULO 5 COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO .....</b>                        | <b>57</b>    |
| 5.1 INTRODUCCIÓN .....  | 57           |
| 5.2 CLASIFICACIÓN BIÓTICA DEL ECOSISTEMA .....                                    | 57           |
| 5.3 SISTEMA DE ÁREAS PROTEGIDAS.....  | 57           |
| 5.4 CLASIFICACIÓN DEL SUELO RURAL.....  | 58           |
| 5.5 COBERTURA Y DE USOS DEL SUELO .....   | 60           |
| 5.5.1 Introducción .....  | 60           |
| 5.5.2 Metodología de trabajo.....   | 60           |
| 5.5.3 Clasificación del uso y cobertura del suelo corregimiento La Unión.....     | 61           |
| 5.5.4 Clasificación del uso y cobertura del suelo corregimiento Betania .....     | 63           |
| 5.5.5 Conflicto de usos del suelo.....  | 65           |
| <b>CAPITULO 6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....</b>                                | <b>66</b>    |
| 6.1 CRITERIOS DE DISEÑO Y METODO DE TRABAJO .....                                 | 66           |
| 6.2 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO .....  | 67           |
| 6.2.1 Exploración del subsuelo .....  | 67           |
| 6.2.2 Localización de la exploración del subsuelo .....                           | 67           |
| 6.2.3 Nivel freático .....  | 68           |
| 6.2.4 Ensayos de campo .....  | 68           |
| 6.2.5 Ensayos de laboratorio .....  | 68           |
| 6.3 CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO .....                               | 69           |
| 6.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA .....   | 69           |
| 6.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.....  | 72           |
| <b>CAPITULO 7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....</b>                                    | <b>74</b>    |
| 7.1 MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO AJUSTADO .....                                  | 74           |
| 7.2 MODELOS Y MECANISMOS DE FALLA.....  | 74           |
| 7.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN LAS CONDICIONES ACTUALES .....                     | 75           |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

|  | <b>FOLIO</b> |
|--|--------------|
| 7.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LAS CONDICIONES ACTUALES.....                  | 80           |
| 7.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS Y MEDIDAS NO ESTRUCTURALES.....        | 81           |
| <b>CAPITULO 8 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.....</b>                      | <b>92</b>    |
| 8.1 AMENAZA.....   | 92           |
| 8.2 VULNERABILIDAD.....  | 95           |
| 8.3 RIESGO.....  | 95           |
| <b>CAPITULO 9 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.....</b>                | <b>96</b>    |
| 9.1 CRITERIOS Y MÉTODO APLICADO.....   | 96           |
| 9.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....                                       | 97           |
| 9.2.1 Elusión del problema.....  | 97           |
| 9.2.2 Solución geométrica.....   | 97           |
| 9.2.3 Contención.....  | 97           |
| 9.2.4 Drenaje y reforestación.....   | 97           |
| 9.3 PROBABILIDAD DE FALLA Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS.....        | 97           |
| 9.4 ÁRBOL DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....                        | 98           |
| 9.5 AMENAZA CON OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN.....          | 100          |
| <b>CAPITULO 10 DISEÑO DETALLADO DE OBRAS Y MEDIDAS NO ESTRUCTURALES.....</b> | <b>101</b>   |
| 10.1 INTRODUCCIÓN.....   | 101          |
| 10.2 ASPECTOS DE DISEÑO.....   | 101          |
| 10.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS RECOMENDADAS.....                              | 103          |
| 10.4 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS NO ESTRUCTURALES RECOMENDADAS.....           | 104          |
| 10.5 ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA EJECUCIÓN DE MEDIDAS RECOMENDADAS.....      | 104          |
| 10.5.1 Técnica.....  | 104          |
| 10.5.2 Económica.....  | 107          |
| 10.5.3 Social.....   | 107          |
| 10.6 CANTIDADES DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA.....                     | 108          |
| <b>CAPITULO 11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                       | <b>114</b>   |
| 11.1 CONCLUSIONES.....   | 114          |
| 11.2 RECOMENDACIONES DE DISEÑO.....  | 114          |
| 11.3 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN.....                                    | 114          |
| 11.4 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA.....                        | 115          |
| <b>CAPITULO 12 BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>116</b>   |
| <b>ANEXOS.....</b>   | <b>117</b>   |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**LISTA DE TABLAS**

|   | <b>FOLIO</b> |
|---|--------------|
| Tabla 1 Exploración del Subsuelo en el Corregimiento Betania Estudio - U. T. SUMAPAZ24                        |              |
| Tabla 2 Exploración del Subsuelo en el Corregimiento La Unión - U. T. SUMAPAZ .....                           | 25           |
| Tabla 3 Parámetros Estudio UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ Corregimiento de Betania....                                | 26           |
| Tabla 4 Parámetros Estudio UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ Corregimiento de La Unión..                                 | 26           |
| Tabla 5 Posicionamiento GPS corregimiento La Unión .....  | 34           |
| Tabla 6 Posicionamiento GPS corregimiento Betania .....   | 34           |
| Tabla 7 Vértices de referencia corregimiento La Unión.....  | 36           |
| Tabla 8 Vértices de referencia corregimiento Betania.....   | 36           |
| Tabla 9 Fotografía aéreas IGAC.....   | 37           |
| Tabla 10 Módulos elásticos del subsuelo.....  | 50           |
| Tabla 11 Estaciones hidro - meteorológicas .....  | 51           |
| Tabla 12 Clasificación biótica del ecosistema de la localidad Sumapaz2.....                                   | 57           |
| Tabla 13 Leyenda y clasificación de uso y cobertura de la tierra.....   | 61           |
| Tabla 14 Zona I: Parte alta del corregimiento La Unión.....   | 62           |
| Tabla 15 Zona II: Áreas habitada del corregimiento La Unión .....   | 62           |
| Tabla 16 Zona III: Parte baja del corregimiento La Unión.....   | 63           |
| Tabla 17 Zona I: Parte alta del corregimiento Betania.....  | 64           |
| Tabla 18 Zona II: Área habitada del corregimiento Betania .....   | 64           |
| Tabla 19 Zona III: Parte baja del corregimiento Betania.....  | 64           |
| Tabla 20 Exploración del subsuelo corregimiento La Unión .....  | 67           |
| Tabla 21 Exploración del subsuelo corregimiento Betania .....   | 68           |
| Tabla 22 Descripción del procedimiento utilizado en la obtención de parámetros corregimiento de La Unión..... | 70           |
| Tabla 23 Parámetros de resistencia utilizados en el corregimiento La Unión .....                              | 70           |
| Tabla 24 Descripción del procedimiento utilizado en la obtención de parámetros corregimiento de Betania.....  | 71           |
| Tabla 25 Parámetros de resistencia utilizados en el corregimiento Betania .....                               | 72           |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**FOLIO**

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 26 Mecanismos de falla en las secciones de análisis del corregimiento La Unión                                   | 74  |
| Tabla 27 Mecanismos de falla en las secciones de análisis del corregimiento Betania                                    | 75  |
| Tabla 28 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad actual para el corregimiento de La Unión | 76  |
| Tabla 29 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento La Unión  | 76  |
| Tabla 30 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad actual para el Corregimiento de Betania  | 77  |
| Tabla 31 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento Betania   | 78  |
| Tabla 32 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento Betania (continuación)                          | 79  |
| Tabla 33 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad futura para el corregimiento de La Unión | 83  |
| Tabla 34 Factor de seguridad con obras en La Unión – Sección 2 - 2'  | 84  |
| Tabla 35 Resumen análisis de estabilidad local gaviones La Unión   | 85  |
| Tabla 36 Factor de seguridad con obras en La Unión – Sección 5 - 5'  | 86  |
| Tabla 37 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad futura para el corregimiento de Betania  | 88  |
| Tabla 38 Factor de seguridad con obras en Betania – Sección 2 - 2'   | 89  |
| Tabla 39 Resumen análisis de estabilidad local gaviones La Unión   | 90  |
| Tabla 40 Factor de seguridad con obras en Betania – Sección 7 - 7'   | 91  |
| Tabla 41 Resumen factores de seguridad y esperanzas la unión sin obras La Unión  | 94  |
| Tabla 42 Resumen factores de seguridad y esperanzas la unión sin obras Betania   | 94  |
| Tabla 43 Relación de predios inventariados corregimiento La Unión  | 105 |
| Tabla 44 Relación de predios inventariados corregimiento Betania   | 106 |
| Tabla 45: Presupuesto de obras La Unión Zona 1A  | 109 |
| Tabla 46: Presupuesto de obras La Unión Zona 1B  | 109 |
| Tabla 47: Presupuesto de obras La Unión Zona 1C  | 110 |
| Tabla 48: Presupuesto de obras La Unión Zona 1   | 111 |
| Tabla 49: Presupuesto de obras La Unión Zona 2   | 111 |
| Tabla 50: Presupuesto de obras Betania Zona 1  | 112 |
| Tabla 51: Presupuesto de obras Betania Zona 2  | 113 |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**LISTA DE FIGURAS**

|  | <b>FOLIO</b> |
|--|--------------|
| Figura 1 Localización Corregimiento La Unión .....   | 28           |
| Figura 2 Localización Corregimiento Betania .....  | 28           |
| Figura 3 Esquema del corte realizado en el pie del talud - Sitio Betania I .....               | 31           |
| Figura 4 Esquema de poligonal principal corregimiento La Unión.....                            | 34           |
| Figura 5 Esquema de poligonal principal corregimiento Betania.....                             | 35           |
| Figura 6 Organización y distribución de las líneas en campo .....                              | 42           |
| Figura 7 Línea sísmica Betania Colegio.....  | 45           |
| Figura 8 Línea sísmica Betania centro de salud .....   | 46           |
| Figura 9 Línea sísmica La Unión 4.....   | 48           |
| Figura 10 Línea sísmica La Unión 5.....  | 49           |
| Figura 11 Curvas IDF Estación La Unión (Tomado de U. T. Sumapaz, 2005).....                    | 53           |
| Figura 12 Curvas IDF Estación Betania (Tomado de U. T. Sumapaz, 2005).....                     | 54           |
| Figura 13 Áreas protegidas de la localidad Sumapaz.....  | 58           |
| Figura 14 Clasificación del suelo rural de la localidad Sumapaz .....                          | 59           |
| Figura 15 Distribución del área de las zonas de usos del suelo del corregimiento La Unión..... | 62           |
| Figura 16 Distribución del área de las zonas de usos del suelo del corregimiento .....         | 63           |
| Betania  |              |
| Figura 17 Localización de zonas y secciones Betania.....                                       | 81           |
| Figura 18 Localización de zonas y secciones La Unión.....                                      | 81           |
| Figura 19 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 1.....                                  | 82           |
| Figura 20 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 2.....                                  | 82           |
| Figura 21 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 3.....                                  | 83           |
| Figura 22 Sección 5 - 5 La Unión con obras alternativa 1.....                                  | 85           |
| Figura 23 Sección 5 - 5 La Unión con obras alternativa 2.....                                  | 85           |
| Figura 24 Sección 2 - 2 Betania con obras alternativa 1.....                                   | 87           |
| Figura 25 Sección 2 - 2 Betania con obras alternativa 2.....                                   | 87           |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

|   |     |
|---|-----|
| Figura 26 Sección 2 – 2 Betania con obras alternativa 3.....                      | 88  |
| Figura 27 Sección 7 – 7 Betania con obras alternativa 1.....                      | 90  |
| Figura 28 Sección 7 – 7 Betania con obras alternativa 2.....                      | 90  |
| Figura 29 Árbol de decisión de alternativas de obras de mitigación La Unión ..... | 99  |
| Figura 30 Árbol de decisión de alternativas de obras de mitigación Betania .....  | 99  |
| Figura 31 Corregimientos y veredas de la localidad Sumapaz .....                  | 105 |
| Figura 32 Subdivisión de la Zona 1 del corregimiento de La Unión .....            | 108 |

**LISTA DE FOTOGRAFÍAS**

|   | <b><u>FOLIO</u></b> |
|---|---------------------|
| Fotografía 1 Panorámica del corregimiento La Unión .....                                | 29                  |
| Fotografía 2 Escarpes en el Sitio La Unión 1.....                                       | 30                  |
| Fotografía 3 Drenaje Sitio La Unión 2 .....   | 30                  |
| Fotografía 4 Panorámica del corregimiento Betania .....                                 | 30                  |
| Fotografía 5 Fuga de agua en el pie del Talud, del Sitio Betania I.....                 | 31                  |
| Fotografía 6 Corte del talud y camino de herradura, del Sitio Betania I .....           | 31                  |
| Fotografía 7 Escarpe del Sitio Betania II .....   | 32                  |
| Fotografía 8 Detalle inclinación del pozo de alcantarillado en Betania II.....          | 32                  |
| Fotografía 9 Panorámica del cabeceo del pozo de aguas residuales - Sitio Betania II.... | 32                  |
| Fotografía 10 Placa GPS del estudio antecedente, posicionada para el estudio actual .   | 33                  |
| Fotografía 11 Referencias existentes en el corregimiento La Unión.....                  | 35                  |
| Fotografía 12 Deslizamiento ladera abajo de la vía a la vereda Tunal Bajo.....          | 80                  |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**LISTA DE ANEXOS**

|                | <b>FOLIO</b>   |
|----------------|--|
| <b>ANEXO A</b> | <b>ALEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ..... 118</b>  |
| ANEXO A.1      | CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS ..... 119  |
| ANEXO A.2      | VERTICES IGAC ..... 122  |
| ANEXO A.3      | INFORME DE CALCULO DE GEOPOSICIONAMIENTO GPS Y ARCHIVOS RINEX ... 124  |
| ANEXO A.4      | POLIGONAL PRINCIPAL LA UNIÓN, COORDENADAS CORREGIDAS Y DATOS<br>DE CARTERA. COORDENADAS NUBE DE PUNTOS ..... 145 |
| ANEXO A.5      | POLIGONAL PRINCIPAL BETANIA, COORDENADAS CORREGIDAS Y DATOS<br>DE CARTERA. COORDENADAS NUBE DE PUNTOS ..... 171  |
| <b>ANEXO B</b> | <b>GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....190</b>   |
| ANEXO B.1      | FOTOGRAFÍAS AEREAS Y FOTOINTERPRETACIÓN LA UNIÓN..... 191  |
| ANEXO B.2      | FOTOGRAFÍAS AEREAS Y FOTOINTERPRETACIÓN BETANIA ..... 195  |
| ANEXO B.3      | GEOLOGÍA REGIONAL ..... 199  |
| <b>ANEXO C</b> | <b>CLIMA, HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA, HIDROGEOLOGÍA Y SISMOLOGÍA .....201</b>  |
| ANEXO C.1      | DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS LA UNIÓN ..... 202   |
| ANEXO C.2      | DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS BETANIA..... 205   |
| <b>ANEXO D</b> | <b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....209</b>  |
| ANEXO D.1      | REFRACCIÓN SÍSMICA LA UNIÓN ..... 210  |
| ANEXO D.2      | REFRACCIÓN SÍSMICA BETANIA..... 217  |
| ANEXO D.3      | REGISTROS ESTRATIGRÁFICOS UNITARIOS DE DISEÑO LA UNIÓN ..... 224   |
| ANEXO D.4      | REGISTROS ESTRATIGRÁFICOS UNITARIOS DE DISEÑO BETANIA..... 246   |
| ANEXO D.5      | MEMORIAS DE CÁLCULO PRUEBAS DE CAMPO LA UNIÓN ..... 263  |
| ANEXO D.6      | MEMORIAS DE CÁLCULO PRUEBAS DE CAMPO BETANIA..... 274  |
| ANEXO D.7      | RESUMEN RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO ENSAYOS DE LABORATORIO<br>LA UNIÓN ..... 281                            |
| ANEXO D.8      | RESUMEN RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO ENSAYOS DE LABORATORIO<br>BETANIA..... 358                              |



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

|  | <b>FOLIO</b> |
|--|--------------|
| ANEXO D.9 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA LA UNIÓN .....                           | 412          |
| ANEXO D.10 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA BETANIA .....                           | 414          |
| <b>ANEXO E ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....</b>                                | <b>417</b>   |
| ANEXO E.1 SECCIONES INTERPRETATIVAS LA UNIÓN .....                         | 418          |
| ANEXO E.2 SECCIONES INTERPRETATIVAS BETANIA.....                           | 428          |
| ANEXO E.3 MODELOS DE SUPERFICIE DE FALLA LA UNIÓN.....                     | 443          |
| ANEXO E.4 MODELOS DE SUPERFICIE DE FALLA BETANIA .....                     | 452          |
| ANEXO E.5 RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD SIN OBRAS LA UNIÓN.....         | 471          |
| ANEXO E.6 RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD SIN OBRAS BETANIA .....         | 473          |
| <b>ANEXO F ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN.....</b>                 | <b>477</b>   |
| ANEXO F.1 ESQUEMAS DE ALTERNATIVAS DE OBRAS LA UNIÓN .....                 | 478          |
| ANEXO F.2 ESQUEMAS DE ALTERNATIVAS DE OBRAS BETANIA .....                  | 484          |
| ANEXO F.3 MODELOS DE SUPERFICIE DE FALLA CON OBRAS LA UNIÓN .....          | 490          |
| ANEXO F.4 MODELOS DE SUPERFICIE DE FALLA CON OBRAS BETANIA .....           | 500          |
| ANEXO F.5 RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD CON OBRAS LA UNIÓN .....        | 510          |
| ANEXO F.6 RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD CON OBRAS BETANIA.....          | 512          |
| ANEXO F.7 CANTIDADES DE OBRAS Y RESUPUESTOS DE ALTERNATIVAS LA UNIÓN ..... | 514          |
| ANEXO F.8 CANTIDADES DE OBRAS Y RESUPUESTOS DE ALTERNATIVAS BETANIA .....  | 527          |
| ANEXO F.9 OTROS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD LOCAL LA UNIÓN .....               | 542          |
| ANEXO F.10 OTROS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD LOCAL BETANIA.....                | 563          |
| <b>ANEXO G AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO .....</b>                      | <b>582</b>   |
| ANEXO G.1 FICHAS PREDIALES LA UNIÓN .....                                  | 583          |
| ANEXO G.2 FICHAS PREDIALES BETANIA.....                                    | 619          |
| ANEXO G.3 ANÁLISIS PREDIAL Y DE REDES LA UNIÓN.....                        | 648          |
| ANEXO G.4 ANÁLISIS PREDIAL Y DE REDES BETANIA .....                        | 650          |
| ANEXO G.5 ESCENARIO DE AMENAZA A 25 AÑOS CON OBRAS LA UNIÓN .....          | 652          |
| ANEXO G.6 ESCENARIO DE AMENAZA A 25 AÑOS CON OBRAS BETANIA .....           | 654          |
| ANEXO G.7 ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS LA UNIÓN .....                       | 656          |
| ANEXO G.8 ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS BETANIA .....                        | 658          |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**FOLIO**

|                |   |            |
|----------------|---|------------|
| <b>ANEXO H</b> | <b>DISEÑO DE OBRAS.....</b>   | <b>661</b> |
| ANEXO H.1      | ESPECIFICACIONES DE OBRAS.....  | 662        |
| ANEXO H.2      | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS LA UNIÓN .....                                    | 707        |
| ANEXO H.3      | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS BETANIA.....                                      | 726        |
| ANEXO H.4      | MEMÓRIA DE CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA ALTERNATIVA SELECCIONADA<br>LA UNIÓN..... | 751        |
| ANEXO H.5      | MEMÓRIA DE CÁLCULO CANTIDADES DE OBRA ALTERNATIVA SELECCIONADA<br>BETANIA.....  | 763        |
| ANEXO H.6      | PRESUPUESTO DE OBRA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA LA UNIÓN.....                | 770        |
| ANEXO H.7      | PRESUPUESTO DE OBRA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA BETANIA .....                | 777        |
| ANEXO H.8      | CRONOGRAMA DE OBRA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA LA UNIÓN .....                | 780        |
| ANEXO H.9      | CRONOGRAMA DE OBRA DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA BETANIA.....                  | 783        |
| <b>ANEXO I</b> | <b>PLANOS.....</b>  | <b>786</b> |
| ANEXO I.1      | PLANOS TEMÁTICOS Y DE OBRAS LA UNIÓN.....                                       | 787        |
|                | PLANO 1 DE 6 MAPA BASE TOPOGRÁFICO LA UNIÓN                                     |            |
|                | PLANO 2 DE 6 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL LA UNIÓN                            |            |
|                | PLANO 3 DE 6 SECCIONES DE INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA LA UNIÓN                     |            |
|                | PLANO 4 DE 6 USOS DEL SUELO LA UNIÓN  |            |
|                | PLANO 5 DE 6 PLANTA DE OBRAS LA UNION   |            |
|                | PLANO 6 DE 6 DETALLES DE OBRAS LA UNION   |            |
| ANEXO I.2      | PLANOS TEMÁTICOS Y DE OBRAS BETANIA .....                                       | 788        |
|                | PLANO 1 DE 6 MAPA BASE TOPOGRÁFICO BETANIA                                      |            |
|                | PLANO 2 DE 6 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA LOCAL BETANIA                             |            |
|                | PLANO 3 DE 6 SECCIONES DE INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA BETANIA                      |            |
|                | PLANO 4 DE 6 USOS DEL SUELO BETANIA   |            |
|                | PLANO 5 DE 6 PLANTA DE OBRAS BETANIA  |            |
|                | PLANO 6 DE 6 DETALLES DE OBRAS BETANIA  |            |
|                | DETALLE CONSTRUCTIVO CABEZOTE   |            |

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

Los presentes **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA I, BETANIA II, LA UNIÓN I Y LA UNIÓN II DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D. C.**, se enmarcan dentro de las actividades planteadas en desarrollo del Convenio Interadministrativo No. 07 de 2006 suscrito entre el **FONDO DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - FOPAE** y el **FONDO DE DESARROLLO LOCAL - FDL SUMAPAZ**.

Los actuales diseños tienen como antecedentes los **ESTUDIOS Y ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO FÍSICO Y RED DE COMUNICACIONES PARA LOS ASENTAMIENTOS DE BETANIA, NAZARETH Y LA UNIÓN DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ**, desarrollados en cumplimiento del Contrato de Consultoría SGDC-C-20-0042-2004, suscrito entre el **FDL SUMAPAZ** y la **UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ** conformada por la GEOCING LTDA y la Arquitecta Carmen Alicia Molina.

En virtud del Convenio se deriva el **CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CONS-392 2007** con el **Ingeniero Consultor EDSON ORLANDO HOYOS CERÓN**, cuyo objeto es realizar los diseños detallados, presupuestos y especificaciones técnicas de las obras de mitigación de riesgo en los asentamientos de Betania y la Unión de la localidad de Sumapaz en Bogotá D. C.

#### 1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

Los diseños detallados de las obras de mitigación de riesgos por procesos de movimientos en masa incluyen en el **Informe Final**, entre los principales, los siguientes aspectos:

- Recopilación y análisis de la información primaria y secundaria.
- Levantamiento topográfico detallado de la zona de estudio a escala 1:500.
- Complementación de la exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio.
- Levantamiento de fichas prediales de las construcciones afectadas.
- Inventario de procesos morfodinámicos.
- Complementación de la geología y geomorfología local.
- Análisis de estabilidad puntual para cada sitio.
- Selección de alternativa de mitigación del riesgo más conveniente.
- Diseño detallado de obras y acciones tendientes a mitigar el riesgo.
- Elaboración de cuadros cantidades de obra, análisis de precios unitarios, presupuesto de obra y cronograma de obra, especificaciones técnicas y recomendaciones constructivas.
- Elaboración de los análisis de viabilidad de construcción, en los aspectos de económicos, prediales y de posibles interferencias de redes con las obras diseñadas.

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

### 1.3 ORGANIZACIÓN DEL INFORME FINAL

El *Informe Final* se dividirá en doce (12) capítulos y los anexos, a saber:

- **Capítulo 1 Generalidades:** Se presenta la estructuración, justificación y alcances del estudio, así como una evaluación preliminar de los fenómenos de remoción en masa.
- **Capítulo 2 Levantamiento Topográfico:** Se presenta el trabajo de geo posicionamiento geodésico de segundo orden, construcción de la poligonal principal y radiación de detalles para la elaboración del nuevo levantamiento topográfico.
- **Capítulo 3 Geología y geomorfología:** Se complementa el estudio antecedente con la nueva información primaria disponible y levantada para el objeto del presente estudio, haciendo énfasis en los procesos morfodinámicos que tienen incidencia sobre las instalaciones escolares que se pretenden beneficiar con las obras de mitigación.
- **Capítulo 4 Clima, Hidrología, Hidráulica, Hidrología y Sismología:** Se interpreta información disponible y aplicable en la zona de influencia directa del estudio, con fines de construcción y apoyo de los modelos de análisis.
- **Capítulo 5 Cobertura Vegetal y Usos del Suelo:** Se establece la variable de tipo y distribución de especies vegetales y usos del suelo en la zona de influencia directa del estudio.
- **Capítulo 6 Caracterización Geotécnica:** Se reevalúa el modelo geológico obtenido en el estudio antecedente y se adicionan datos provenientes de exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio complementarios que se realizaron para el presente estudio, con fines de la caracterización geomecánica de los materiales presentes.
- **Capítulo 7 Análisis de Estabilidad:** Con la obtención del modelo geológico - geotécnico propio del presente estudio, se procede a realizar el análisis de estabilidad de taludes que permita conocer los tipos de falla y su carácter local o general.
- **Capítulo 8 Amenaza, vulnerabilidad y riesgo:** Se presenta para el escenario futuro con obras la zonificación de amenaza y se describe cualitativamente la condición de vulnerabilidad y riesgo por procesos de movimiento en masa.
- **Capítulo 9 Análisis de Alternativas de Mitigación:** Se describen las alternativas planteadas, criterios de selección de la alternativa recomendada para el diseño detallado para construcción. Su objeto es dilucidar la alternativa más favorable desde el punto de vista técnico económico y ambiental.
- **Capítulo 10 Diseño detallado de Obras y Medidas No Estructurales:** En este capítulo se pretende elaborar los diseños detallados que incluyen las especificaciones y planos. Incluye los tópicos que buscan brindar las pautas técnicas y las cantidades de obra, su respectivo análisis de precios unitarios, presupuesto y cronograma de construcción.
- **Capítulo 11 Conclusiones y Recomendaciones:** En este capítulo se resumen las principales conclusiones de la consultoría y las recomendaciones derivadas del diseño y aplicadas a la construcción, mantenimiento y limpieza de las obras de mitigación.
- **Capítulo 12 Bibliografía:** En este capítulo se relacionan las fuentes bibliográficas consultadas, de acuerdo con la norma NTC 1160.
- **Anexos**

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS**

Las actividades realizadas tuvieron como guía los requerimientos mínimos del numeral 8.1 de los términos de referencia, pero sin limitarse a ellas.

### **1.4.1 Revisión y análisis de información secundaria**

La actividad inicial del estudio fue la revisión de la información de los estudios previos y otras fuentes institucionales como el DACD, DAPD, IGAC, INGEOMINAS, DAMA y la Alcaldía Local Sumapaz. Lo anterior se relaciona en el numeral 1.5 del presente informe.

### **1.4.2 Reconocimiento y planeación de los trabajos de campo**

Se realizó la visita al sitio del proyecto para tener un panorama de las condiciones físicas de los corregimientos, establecer una visión integral de la problemática en términos de amenaza por procesos de movimientos en masa.

Igualmente el reconocimiento de campo permitió confirmar el plan de trabajo en lo referente a la ubicación de las líneas de refracción sísmica que permitieron correlacionar sus resultados con los sondeos manuales existentes de los estudios antecedentes y definir la localización y profundidad de los sondeos ejecutados como parte del presente estudio.

### **1.4.3 Georeferenciación**

Se realizó una primera comisión del Grupo de Trabajo de Topografía con el fin de realizar el geo posicionamiento con GPS que incluye post – proceso, con el fin de tener una mejor precisión de las lecturas de coordenadas de los puntos de amarre de la poligonal principal y para localización y replanteo posterior de las obras, de manera que pueda ser incorporado geográficamente.

Dicha actividad tuvo en cuenta el tiempo necesario para lectura de cada punto posicionado y los desplazamientos entre los corregimientos. Posteriormente se adquirieron los archivos RINEX en el IGAC y se realizaron los cálculos de las coordenadas de los puntos de GPS, para hacer las lecturas directas en coordenadas corregidas en la estación total.

### **1.4.4 Levantamiento topográfico**

Una vez posicionados los puntos de GPS se levantó la poligonal de amarre, se radiaron los detalles y se levantaron las secciones principales de análisis. Posteriormente se realizó el procesamiento de la información de las carteras de campo de topografía, información que fue contrastada en campo para la elaboración de los planos base definitivos.

### **1.4.5 Evaluación geológica y geomorfológica**

La primera fase de la evaluación corresponde a la interpretación de información de sensores remotos como fotografías aéreas e imágenes de satélite. Esto permitió tener un contexto regional, pero desafortunadamente no existe documentación de diferentes épocas para efectos de análisis multi temporales.

La segunda fase la constituyeron las visitas por parte del Director de la Interventoría, el Especialista en Geotecnia, el Geólogo de la Interventoría, el Geólogo y el Ingeniero Civil de Apoyo de la Consultoría la ejecución del levantamiento detallado, para verificar las condiciones regionales, locales y de detalle en lo relativo a litología (columna estratigráfica), estratigrafía, condición estructural (para la escala de detalle no se tuvieron afloramiento adecuados para la

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

toma de datos), delimitación de unidades de superficie e inventariar los procesos existentes. La información capturada tuvo por objetivo ajustar el modelo geológico y geotécnico, así como optimizar la investigación del subsuelo con fines de los análisis de estabilidad.

### **1.4.6 Análisis de cobertura y usos del suelo**

Con la experticia técnica de un Ingeniero Forestal se realizó el levantamiento de la cobertura del suelo, tomando una aproximación ambiental de la localidad hasta el nivel de detalle de cada corregimiento en el área de influencia directa del estudio. Con la participación del Ingeniero Catastral y apoyado en el levantamiento topográfico se efectuó el análisis de usos de suelo.

El objetivo de ésta actividad es determinar la influencia de dichas variables en las condiciones de estabilidad actuales y futuras, incluidas las medidas no estructurales de cambios de cobertura y restricciones al uso del suelo como recomendación misma del estudio.

### **1.4.7 Evaluación geotécnica**

La evaluación geotécnica desarrollada en el área de estudio de los corregimientos objeto de la consultoría, comprende las etapas de exploración del subsuelo, ejecución de pruebas de campo y plan de ensayos de laboratorio para caracterizar los materiales que definen el modelo de análisis y aportar elementos para la zonificación geotécnica.

#### **Exploración del subsuelo por métodos indirectos**

Se efectuaron los ensayos geofísicos de líneas de refracción sísmica, cada uno de ellas con longitudes de 66 m de longitud y golpes lejanos a 25 metros, para una interpretación en una franja de más de 100 m. Así con las 4 líneas ejecutadas (2 en Betania y 2 en la Unión), se propendió por la definición del contraste de las diferentes capas de materiales a mayor profundidad (p. e. nivel de roca, flujo de agua subsuperficial, etc.).

#### **Exploración del subsuelo por métodos directos**

El objeto de dichos ensayos fue identificar la geometría de la estratigrafía y condición de agua en la zona de influencia de la prospección, definir los contactos de estratos rocosos y las características estratigráficas más relevantes de los niveles no consolidados (depósitos y suelos residuales), como resultado de la prospección por métodos directos (apiques, trincheras y sondeos manuales).

La comisión de exploración del subsuelo realizó los sondeos por métodos manuales hasta el rechazo del avance de la prueba de penetración estándar y los apiques para la auscultación del subsuelo por métodos directos. Adicionalmente se realizaron trincheras, donde fue posible exponer el perfil del subsuelo a lo largo de un trayecto de ladera.

#### **Pruebas de campo y ensayos de laboratorio**

Con el avance de los métodos directos de exploración del subsuelo, se propendió por el muestreo continuo o cada cambio de estrato. Dicha situación fue difícil para la obtención de muestras de calidad o inalteradas (restringidas a los bloques tomados en los apiques), así como muestras alteradas tomadas junto con la ejecución de la prueba de penetración estándar (SPT).

Las muestras recolectadas fueron embaladas y protegidas para evitar la pérdida de humedad, para ser enviadas al laboratorio con fines de clasificación, determinación de propiedades físicas e índice, así como su caracterización geomecánica.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

### **1.4.8 Investigación predial, de redes y levantamiento de fichas prediales**

Paralelamente al desarrollo de los trabajos de investigación del subsuelo por métodos directos, se realizó el levantamiento de las fichas prediales de las viviendas existentes dentro del área de influencia directa del estudio y localización de las zonas de intervención de las posibles obras.

Se tomó la información de los poseedores de las viviendas, algunas de ellas no se encontraban habitadas al momento de la aplicación del instrumento, la información parcial fue suministrada por los arrendatarios, debido a que los supuestos propietarios habitan en veredas cercanas, en San Juan o Cabrera. Se realizó una nueva visita el día lunes festivo 15 de Octubre de 2007, con el ánimo de encontrar ocupantes y complementar el registro fotográfico.

En el corregimiento La Unión los poseedores de las viviendas no tienen titularidad de sus predios, ya que la mayoría de ellos son producto de compra venta por parte de los herederos de la sucesión de la familia Romero, la cual no ha sido liquidada y los terrenos no han sido desenglobados para proceder a la escrituración individual.

En el corregimiento Betania la situación es similar, pero la asignación de los lotes para la construcción de edificaciones fue realizada por la Junta de Acción Comunal y según información de los poseedores actualmente se encuentra en proceso la titulación por parte del INCODER.

Junto con el levantamiento topográfico se tomaron los datos de las redes existentes en la zona de estudio, para evaluar posteriormente su posible interferencia con las obras proyectadas.

### **1.4.9 Análisis de estabilidad y evaluación de alternativas de obra y medidas de mitigación**

Una vez definido el modelo geológico - geotécnico ajustado y conformadas las secciones interpretativas para análisis incluyendo la asignación de los parámetros de resistencia, se estudiaron los mecanismos de falla reales o potenciales que aplican para los procesos representados y tipo de materiales involucrados por las superficies de falla críticas, asociando escenarios con la variación de los parámetros y combinaciones de ocurrencia de los factores detonantes como son el agua y el sismo.

Bajo el esquema anterior se estudiaron las condiciones actuales y las condiciones futuras con obras y medidas de mitigación para cada sector, para cada una de las alternativas planteadas. La comparación de las alternativas de mitigación se realizó mediante un árbol de decisión hipotético con la medición del factor de beneficio en términos del menor riesgo asumido por el factor de seguridad que aportan las obras y medidas de mitigación.

### **1.4.10 Diseño detallado de las obras, medidas de mitigación y análisis de viabilidad**

Para las alternativas de obra y medidas de mitigación seleccionadas para cada sector de los dos corregimientos, se efectuó el diseño detallado para construcción con sus memorias de cálculo, planos de localización en planta, perfiles, detalles, precios, cantidades, presupuestos y cronograma, especificaciones técnicas, recomendaciones constructivas y de mantenimiento.

Para las mismas alternativas seleccionadas se emiten conceptos sobre la viabilidad técnica (económica, predial y de redes), social y ambiental, para aportar criterios en la toma de decisiones o requerimientos de procesos previos para la contratación del proyecto por parte de la DPAE y el Fondo de Desarrollo Locales Sumapaz, a fin de hacer viables los aspectos que actualmente no garantizan la ejecución de las obras sin rechazo de la comunidad o institucional, contratiempos, retrasos o sobre costos.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **1.5 ANÁLISIS DE ANTECEDENTES**

A continuación se relaciona y comenta la información consultada:

- Cartografía IGAC: Las planchas IGAC de esta localidad de la ciudad de Bogotá, se encuentran en escalas de 1:10.000 en adelante es decir con curvas de nivel cada diez metros, lo que no es útil para nuestros propósitos de diseño detallado.

- Departamento Administrativo de Catastro Distrital - DACD, Planos 103201 y 10906 correspondientes a los sectores de Betania y la Unión respectivamente. Escala 1:1.000.

En el corregimiento La Unión el plano catastral del sector, muestra las construcciones, curvas de nivel cada diez metros, cuerpos de agua, y demás accidentes topográficos; lo que no mayormente relevante para nuestro análisis dado su carácter reciente y escala pequeña. Del área urbana se avizora baja densidad de construcciones.

En el corregimiento Betania los planos catastrales se muestran las construcciones, cuerpos de agua, áreas de vegetación, cercas, senderos y curvas de nivel cada diez metros; lo que no mayormente relevante para nuestro análisis dado su carácter reciente.

Si sirve entonces para establecer el código de cada uno de los predios del área urbana (18 en total) y sobre todo aquellos que estarían afectados por la construcción de obras de mitigación, 10 en total, entre los que se encuentran 8 predios con construcciones (entre ellas el colegio en el sector de Betania II y el centro de salud en el sector de Betania I) y 2 predios de carácter rural (0079 y 0082).

Se observa hacia el nororiente del asentamiento unas quebradas que se desplazan en sentido W-E, surcando la zona de estudio y hacia donde podrían descolar obras diseñadas para evacuar las aguas.

- Fotografías aéreas IGAC. La escala de las es muy pequeña por lo cual fue necesario trabajar sobre las mismas ampliadas, ya que no existe otro vuelo disponible en la zona.
- Imagen de Satélite LADSAT TM - 2006. La escala de la imagen permite apoyar temas de cobertura y usos del suelo, aspectos regionales de drenaje, geología y geomorfología.
- Estudios y Elaboración de Mapas de Riesgos Físicos y Red de Comunicaciones para los Asentamientos de Betania I, Betania II y la Unión, UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ - 2005.
- Diagnósticos técnicos de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias - DPAE.

Los **ESTUDIOS Y ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO FÍSICO Y RED DE COMUNICACIONES PARA LOS ASENTAMIENTOS DE BETANIA, NAZARETH Y LA UNIÓN DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ** contemplaron la elaboración de levantamientos topográficos, investigación del subsuelo, geología y geomorfología, hidrología, estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo y planteamiento conceptual de las recomendaciones de medidas de mitigación, las cuales se presentan a nivel de diseño conceptual para cada uno de los asentamientos objeto del presente estudio (Betania I, Betania II y La Unión), así como para el asentamiento Nazareth.

Se consideran los aspectos relevantes de este antecedente a continuación:

- El levantamiento no fue posicionado geodésicamente y las coordenadas aplicadas no corresponde a ningún sistema conocido (ARENAS o MAGNA SIRGAS).



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- Se realizó un levantamiento topográfico a escala 1:750 con curvas de nivel cada 1.0 m en el caso de Betania y cada 2.0 m en el caso de La Unión con el levantamiento de detalles tales como vías, construcciones, pozos y demás accidentes orográficos.
- Contrastado el plano del estudio antecedente en campo con las condiciones físicas, se encontraron fallas en la representación del modelo del terreno, representación de construcciones (viviendas y obras de contención) y topografía a su alrededor, deficiencias en el nivel de detalle.
- Con el fin de determinar la estratigrafía del sector se hicieron diez (10) sondeos manuales en el asentamiento de Betania, con las profundidades que se observan en la Tabla 1.
- En el corregimiento de La Unión se hicieron seis apiques y diez sondeos manuales con profundidades de entre 0.70 y 3.70 metros, como se observa en la Tabla 2.
- Se efectuaron ensayos de contenido de humedad, límites de consistencia o Atterberg, peso unitario total y corte directo en suelo.
- El patrón de drenaje encontrado es dendrítico y el sistema hidrográfico presenta corrientes con sentido E-W.
- En cuanto a la geología la zona del casco urbano del corregimiento Betania se ubica hacia la base de un escarpe conformado por rocas del Cretáceo caracterizadas por un ambiente marino. Estas formaciones corresponden a las cuencas de Cundinamarca y Boyacá depositadas en mares profundos y someros.

La parte superior, que es el Grupo Guadalupe, corresponde a un dominio de litologías arenosas y la parte inferior se menciona con el nombre de la Formación Chipaque. Más recientemente se presentaron depósitos cuaternarios, clasificados en Zonas de Reptación (Qr), Depósitos Coluviales (Qcl), Flujos de tierra (Qft) y Deslizamientos (Qd) y algunos rellenos antrópicos.

La geología estructural y geomorfología del corregimiento Betania presenta en un escalón de una media ladera controlada por la contrapendiente estructural, con buzamientos de 270°/30°, cercana al contacto de la Formación Chipaque y el grupo Guadalupe.

**Tabla 1 Exploración del Subsuelo en el Corregimiento Betania Estudio - U. T. SUMAPAZ**

| Sondeo | Prof.(m) | Muestras |
|--------|----------|----------|
| P2-S1  | 3.50     | 2        |
| P2-S2  | 2.10     | 1        |
| P2-S3  | 3.50     | 2        |
| P2-S4  | 3.10     | 2        |
| P2-S5  | 5.00     | 3        |

| Sondeo | Prof.(m) | Muestras |
|--------|----------|----------|
| P2-S6  | 3.50     | 2        |
| P2-S7  | 3.50     | 2        |
| P2-S8  | 3.15     | 2        |
| P2-S9  | 1.50     | 1        |
| P2-S10 | 2.00     | 1        |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 2 Exploración del Subsuelo en el Corregimiento La Unión - U. T. SUMAPAZ**

| Sondeo | Prof.(m) | Muestras | Sondeo | Prof.(m) | Muestras |
|--------|----------|----------|--------|----------|----------|
| P3-AP1 | 1.50     | 1        | P3-S4  | 3.50     | 2        |
| P3-AP2 | 1.50     | 1        | P3-S5  | 3.50     | 2        |
| P3-AP3 | 1.70     | 3        | P3-S6A | 1.20     | 1        |
| P3-AP4 | 1.50     | 2        | P3-S6B | 5.00     | 3        |
| P3-AP5 | 1.60     | 2        | P3-S7A | 0.70     | 0        |
| P3-AP6 | 1.50     | 2        | P3-S7B | 3.50     | 2        |
| P3-S1  | 3.70     | 2        | P3-S8  | 3.50     | 2        |
| P3-S2  | 1.70     | 1        | P3-S9  | 5.00     | 3        |
| P3-S3  | 3.50     | 2        | P3-S10 | 2.00     | 1        |

- Los procesos mas relevantes que se encontraron en Betania son:  
 Procesos de tipo antrópico como los tanques de aguas residuales, cuya mala entrega o fugas, provocan erosión y ablandamiento del terreno.  
 Fenómenos de remoción en masa: Se destaca el deslizamiento aledaño a los tanques y a la escuela Adelina Gutiérrez y un deslizamiento en la zona nororiental.
- En cuanto a la geología la zona del casco urbano del corregimiento La Unión, se enmarca en la Formación Guaduas (Tg), constituida por sucesión de Arcillolitas, capas de Carbón y Areniscas, cubiertas por depósitos aluviales torrenciales (Qalr), Cuerpos Deslizantes (Qd), Flujos de Tierra (Qft), Depósitos Coluviales (Qcl) y Rellenos Antrópicos (Qra).  
 Las fotografías aéreas permitieron establecer que el casco urbano se encuentra sobre el flanco occidental de un plegamiento sinclinal con buzamiento 90°/30°.
- El proceso mas relevante que se encontró en La Unión fueron:  
 Fenómenos de remoción en masa: Flujos de tierra hacia el sureste del colegio y deslizamientos sobre la vía que conduce al Tunal Bajo y otro al sureste del colegio que exhibe grietas y cicatrices de deslizamientos antiguos.
- Para determinar la variabilidad de los parámetros de resistencia, se tuvieron en cuenta tanto los datos provenientes del ensayo de SPT, como los obtenidos de los ensayos de laboratorio como corte directo.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Para el corregimiento Betania se realizaron dos ensayos de corte directo obteniéndose parámetros promedio de la Tabla 3. En el corregimiento La Unión se realizaron tres ensayos de corte directo obteniéndose parámetros promedio de la Tabla 4.

- En los análisis de estabilidad se utilizaron parámetros máximos y mínimos siguiendo el criterio de falla de Mohr Coulomb, ajustándose a funciones de distribución normal. Además de la utilización de un coeficiente de aceleración sísmica de 0.20 g.
- En el corregimiento Betania se concluyó que existe amenaza alta y media por procesos de movimientos en masa en la zona adyacente a los tanques de agua residual y en la zona del talud que se encuentra al occidente del centro de salud y las viviendas aledañas.

**Tabla 3 Parámetros Estudio UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ Corregimiento de Betania**

| Material | C (t/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Ensayo        |
|----------|-----------------------|------------|---------------|
| Qr       | 7.39                  | 17.97      | Corte directo |
| Qd       | 6.00                  | 13.68      | Corte directo |
| Qd       | 1.14                  | 16.67      | SPT           |
| Kch      | 0.18                  | 29.07      | SPT           |
| Qcl      | 0.00                  | 39.53      | SPT           |

**Tabla 4 Parámetros Estudio UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ Corregimiento de La Unión**

| Material | C (t/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Ensayo        |
|----------|-----------------------|------------|---------------|
| Qft      | 1.85                  | 20.13      | Corte directo |
| Qd       | 2.39                  | 19.16      | Corte directo |
| Qcl      | 0.92                  | 21.51      | Corte directo |
| Qcl      | 0.29                  | 24.97      | SPT           |

- En el corregimiento La Unión se concluyó que existe amenaza alta por procesos de movimientos en la zona contigua a la vía que conduce a la vereda El Tunal Bajo y en el cuerpo del talud cuya corona la ocupa el Colegio. Esta zonificación de amenaza pasa de categoría alta a baja sin mostrar el polígono de amenaza media.
- Se efectuó una evaluación de la tipología de viviendas de la zona y como resultado se puede concluir que la mayor parte de las viviendas son construidas en mampostería (si bien no se menciona de que tipo), con un índice de daño de Grado 1 (daños ligeros no estructurales y estabilidad no afectada).

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

- Para controlar el grado de amenaza por procesos de erosión y fenómenos de remoción en masa se proponen como alternativas de mitigación las siguientes obras:

**Betania:** Se acota que se debe restringir la expansión del casco urbano en las zonas de amenaza alta y en las de amenaza media exigir un estudio de estabilidad y evaluación de riesgo, sustentado en las geoformas circundantes que exhiben pendientes altas y terrenos susceptibles a deslizamientos.

La propuesta enmarca obras de drenaje subsuperficial, terraceo de taludes, drenes horizontales y empradización, lo anterior en el área contigua al centro de salud. En el sector aledaño a los tanques de almacenamiento de aguas residuales se propone un terraceo del talud, drenes horizontales, trincheras drenantes y empradización.

**La Unión:** Se plantea la restricción del uso del suelo en las zonas de amenaza media y alta; y medidas estructurales como construcción de cunetas en suelo cemento, trincheras drenantes con geodrén y descoles en sacos de suelo cemento, además de un pequeño movimiento de tierras para reconfiguración.

De las comunicaciones, diagnósticos y conceptos técnicos que se pueden consultar en el sitio web del SIRE de la **DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS - DPAE**, el más relevante para el estudio es el Diagnóstico Técnico No. 2123 del 21 de Septiembre de 2004, en el que se realizó visita al corregimiento Betania, específicamente a la escuela Nueva Adelina Gutiérrez, donde se encontró un flujo de lodos y un deslizamiento rotacional producto de la condición hidrológica de la zona, de las descargas de agua de los tanques de alcantarillado del caserío y de la intervención antrópica.

Finalmente dado que los fenómenos presentes se podrían tornar retrogresivos y entonces afectar la escuela, se incluyó el lugar en la Base de Datos de Sitios Críticos por Fenómenos de Remoción en Masa a fin de caracterizar los procesos de inestabilidad e identificar y diseñar las medidas de mitigación pertinentes.

### 1.6 DELIMITACIÓN GEOMÉTRICA DEL AREA DE ESTUDIO

La localidad de Sumapaz (20) se incorporó a la dinámica de la ciudad de Bogotá D. C. desde el año 1992, con el Decreto 322/92 que reglamentó el uso del suelo del área rural por fuera del perímetro suburbano del distrito y aunque es eminentemente una vasta extensión de tierras de uso agrícola y de protección ambiental, se encuentran algunos pequeños cascos urbanos de veredas alejadas entre sí y de la capital misma por distancias considerables y vías de difícil acceso, que actualmente recibe labores de mejoramiento y mantenimiento. Los sitios en mención corresponden al área de reserva agrícola y el parque nacional natural del Sumapaz.

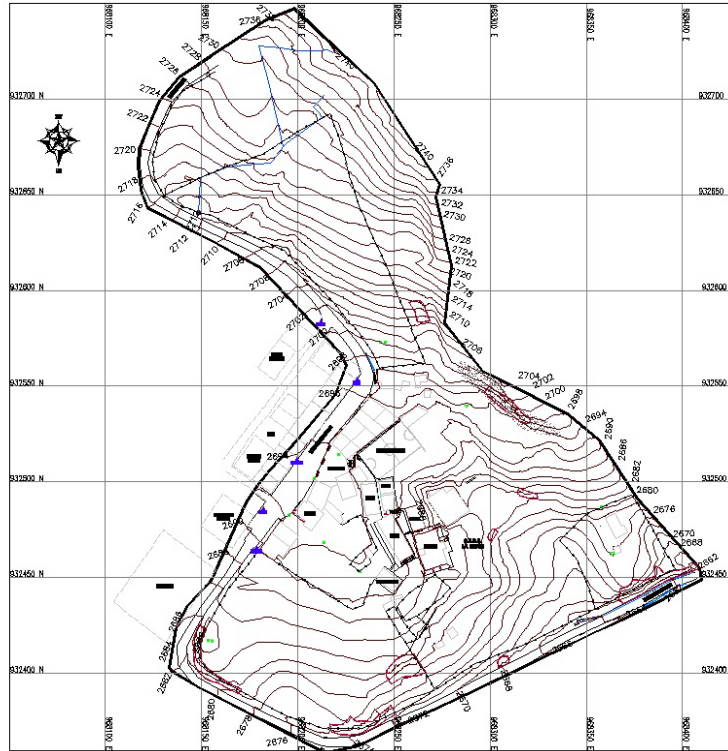
Sumapaz es en extensión la localidad más grande de la ciudad. Su territorio, eminentemente rural, comprende los corregimientos de San Juan, Betania, Nazareth y La Unión.

El área de influencia directa del presente estudio se divide en dos grandes polígonos, los corregimientos La Unión (Figura 1) y Betania (Figura 2), ambas zonas se localizan al sur oriente de Bogotá D. C. en la localidad de Sumapaz.

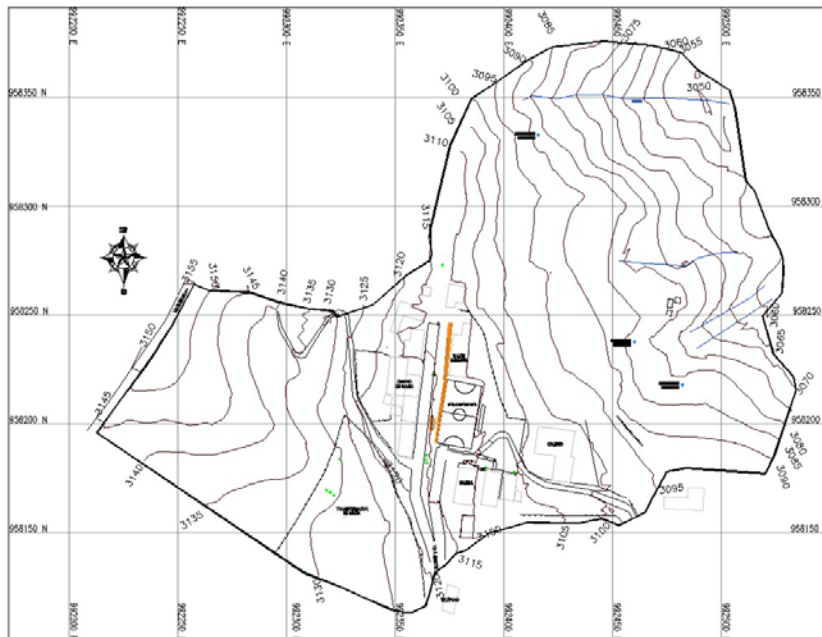
La Unión tiene un área aproximada de 5.3 Ha, limita al norte con la vía que conduce al municipio de Cabrera y al sur con la vía que conduce a la vereda de Tunal Bajo. Betania tiene un área aproximada de 4.7 Ha. Entre los dos corregimientos se levantaron 10 Ha.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 1 Localización Corregimiento La Unión**



**Figura 2 Localización Corregimiento Betania**



## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

La revisión de la información disponible y su contraste en campo respecto a la evolución de los procesos de inestabilidad, condujo para la elaboración de los actuales diseños a la realización de los ajustes necesarios, provenientes de la validación y complementación de la información en lo referente a insumos básicos, no solo por nivel de detalle y escalas, sino por calidad y pertinencia de la información requerida para los diseños detallados para construcción de las obras de mitigación de riesgo y su viabilización en cada uno de los asentamientos.

### 1.7 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

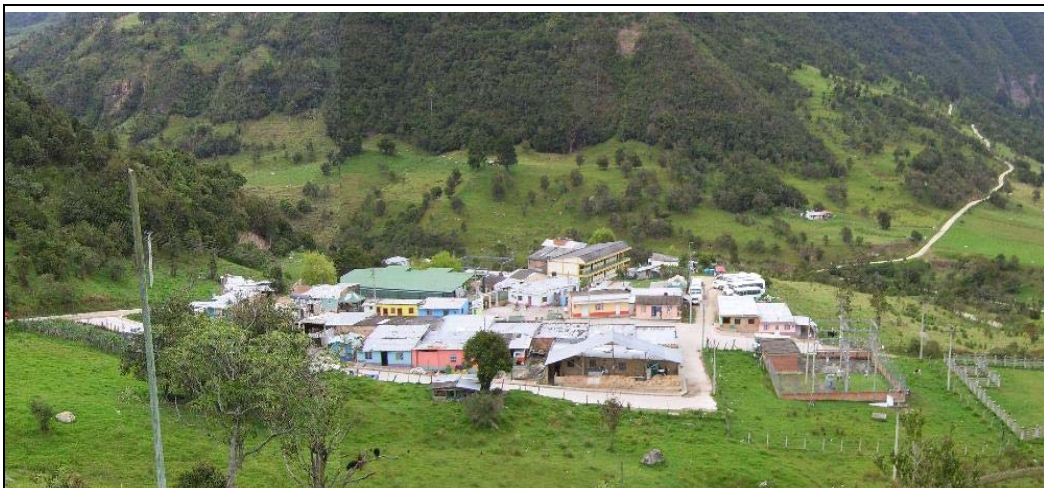
Luego de la revisión, análisis, complementación y validación de los insumos de diseño, se identificaron los sectores afectados por procesos de movimiento en masa y su influencia en los colegios rurales Juan de La Cruz Varela en el corregimiento La Unión y Adelina Gutiérrez Palacios en el corregimiento Betania.

El plantel (2022) Rural Unión es la Sede A del Colegio del Campo Juan de La Cruz Varela, que atiende la jornada de la mañana en los niveles de preescolar, primaria y secundaria, así como educación media para adultos los fines de semana.

El plantel (2002) Adelina Gutiérrez Palacios es la Sede F del Colegio Jaime Garzón, que atiende la jornada de la mañana en los niveles de preescolar y primaria.

#### Sitio 1 La Unión

El corregimiento La Unión se desarrolló a media ladera de pendiente media (Fotografía 1). Como resultado de los cortes de la carretera que conduce a la vereda Tunal Bajo se han generado deslizamientos que dejan escarpes (Fotografía 2) que indican una actividad reciente.



**Fotografía 1 Panorámica del corregimiento La Unión**

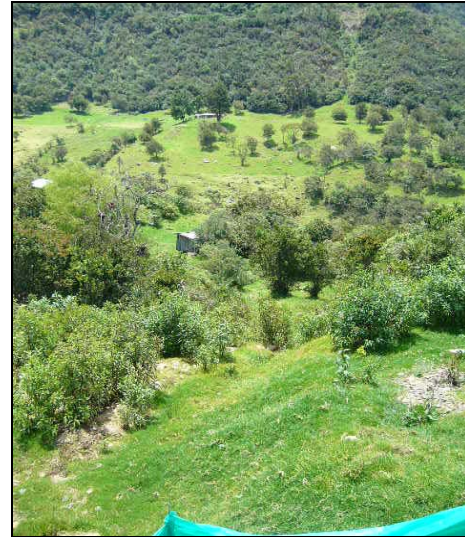
#### Sitio 2 La Unión

Sobre el cuerpo del talud aledaño al colegio, se presentan reptamientos y flujos de tierras (Fotografía 3) originados en procesos erosivos y abundante infiltración de aguas, característicos de zonas húmedas. Se identifica también un deslizamiento aledaño al sitio del colegio, que exhibe grietas y cicatrices producto de movimientos antiguos.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**



**Fotografía 2 Escarpes en el Sitio La Unión 1**



**Fotografía 3 Drenaje Sitio La Unión 2**

**Betania**

El corregimiento de Betania se encuentra localizado en una media ladera de pendiente media a fuerte (Fotografía 4), en el cual se distinguen los sectores denominados Betania I y Betania II.

**Fotografía 4 Panorámica del corregimiento Betania**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Sitio 2 Betania I**

En el costado occidental del centro de salud, se extiende una superficie de falla perteneciente a un deslizamiento de carácter rotacional, éste tiene su pie cercano al camino de herradura que bordea la ladera, hasta llegar a la vía que conecta a Betania con la vereda del Istmo dicha vía fue abierta en condiciones rudimentarias (excavación manual) hace más de una década.

El origen del movimiento puede encontrarse en la intervención antrópica (al realizar el corte del camino aledaño) y en la infiltración de aguas a presión proveniente de fugas en mangueras que surten a las viviendas, desplantadas en el pie del talud (Fotografía 5).



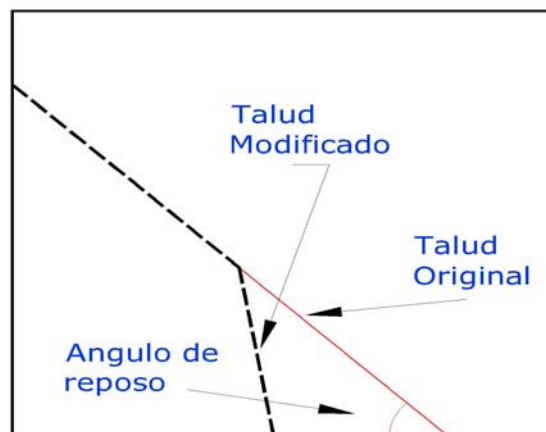
**Fotografía 5 Fuga de agua en el pie del Talud, del Sitio Betania I**



**Fotografía 6 Corte del talud y camino de herradura, del Sitio Betania I**

El factor antrópico desencadenante de los movimientos puede exponerse, como se muestra la modificación hecha por el corte del camino (Fotografía 6) puede resultar en el cambio del ángulo del talud, que por supuesto ya no es el mismo ángulo de reposo; por lo anterior un movimiento en masa, puede restaurar el ángulo de reposo original.

**Figura 3 Esquema del corte realizado en el pie del talud - Sitio Betania I**





**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Sitio 2 Betania II**

Involucra la zona aledaña al Colegio Adelina Gutiérrez y por supuesto a los tanques de almacenamiento de aguas residuales en la parte baja del talud. La depresión al costado sur de los tanques de aguas residuales, se encuentra afectada por un deslizamiento activo conformado por escarpes recientes (Fotografía 7) generados por acumulación de aguas lluvias y descargas de la planta de tratamiento sobre suelos arcillosos blandos.



**Fotografía 7 Escarpe del Sitio Betania II**



**Fotografía 8 Detalle inclinación del pozo de alcantarillado en Betania II**

Esta situación imprime al deslizamiento rotacional un carácter retrogresivo y activo, puede llegar a dislocar el tubo o algún pozo de alcantarillado (Fotografía 8) en la parte alta. Incluso el citado pozo está cabeceando entre 0.20 y 0.40 m (Fotografía 9), haciendo que el proceso se pueda propagar cerca del Colegio.



**Fotografía 9 Panorámica del cabeceo del pozo de aguas residuales - Sitio Betania II**

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **CAPITULO 2**

### **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

#### **2.1 OBJETIVOS**

##### **Objetivo general**

El objetivo del levantamiento topográfico es complementar la nube de puntos realizada en el año 2005 por UNIÓN TEMPORAL SUMAPAZ y aumentar el nivel de detalle así como tomar secciones transversales directamente en el terreno, para generar el plano base a escala 1:500 con curvas de nivel cada 0.50 m, que incluya no solo la ubicación de la exploración del subsuelo, sino las construcciones, pozos, vías y demás infraestructura relevante.

En el Anexo A.1 se presenta la certificación de calibración de los equipos de topografía utilizados y en el Anexo A.2 la certificación de los vértices IGAC utilizados para el cálculo del posicionamiento de los GPS.

##### **Objetivos específicos**

- Altimetría y Planimetría de la zona a escala 1:500.
- Localización de viviendas y de la infraestructura de servicios públicos.
- Delimitación de la morfología de los escarpes y cuerpos de deslizamientos.
- Localización de vías y cuerpos de agua, así como de vegetación arbustiva de gran densidad.
- Localización de mojones para replanteo.

#### **2.2 GEOREFERENCIACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

La zona de estudio fue geo referenciada a través del vértice CODAZZI 2010 y placas de GPS del estudio antecedente (Fotografía 10), posicionadas para el presente estudio por equipos GPS (Tabla 5 y Tabla 6) de doble frecuencia y post proceso, sistema IGAC origen Bogotá.



**Fotografía 10 Placa GPS del estudio antecedente, posicionada para el estudio actual**

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 5 Posicionamiento GPS corregimiento La Unión**

| DESCRIPCIÓN | ESTE (m)   | NORTE (m)  | COTA (msnm) |
|-------------|------------|------------|-------------|
| GPS1        | 968230.911 | 932553.750 | 2695.061    |
| GPS2        | 968182.056 | 932486.024 | 2691.310    |

**Tabla 6 Posicionamiento GPS corregimiento Betania**

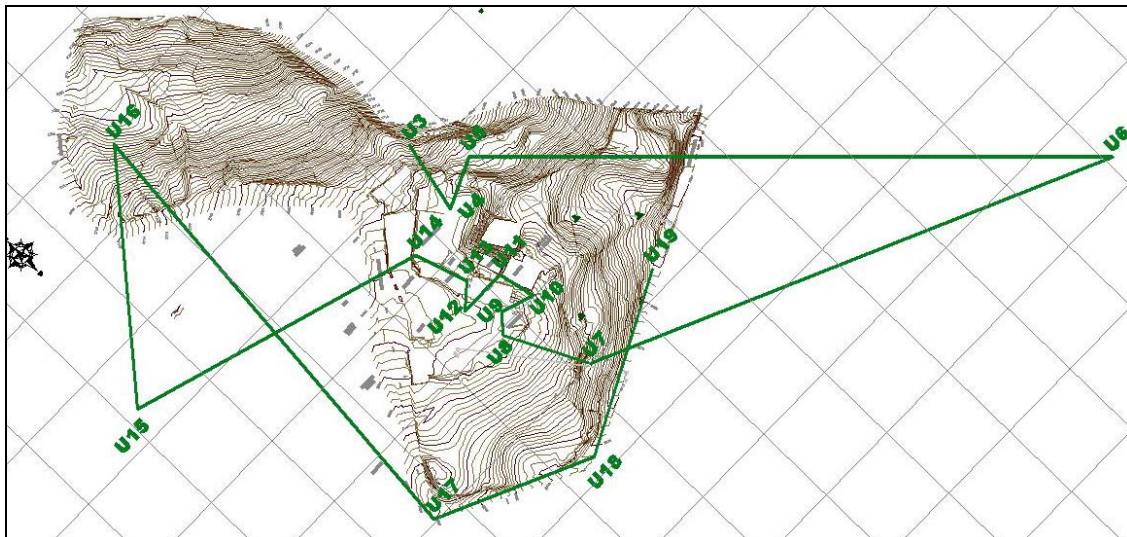
| DESCRIPCIÓN | ESTE (m)   | NORTE (m)  | COTA (msnm) |
|-------------|------------|------------|-------------|
| GPS1        | 992362.092 | 958176.699 | 3115.054    |
| GPS2        | 992368.157 | 958240.245 | 3113.121    |

En el Anexo A.3 se presenta el informe de cálculo del posicionamiento de los puntos de GPS y los archivos RINEX que aplican para dicha memoria.

**2.3 POLIGONAL DE CIERRE**

Los errores de cierre obtenidos para cada levantamiento en los corregimientos La Unión y Betania fueron de 1:42.287,<sup>877</sup> y 1:47.332,<sup>163</sup>, respectivamente.

**Figura 4 Esquema de poligonal principal corregimiento La Unión**

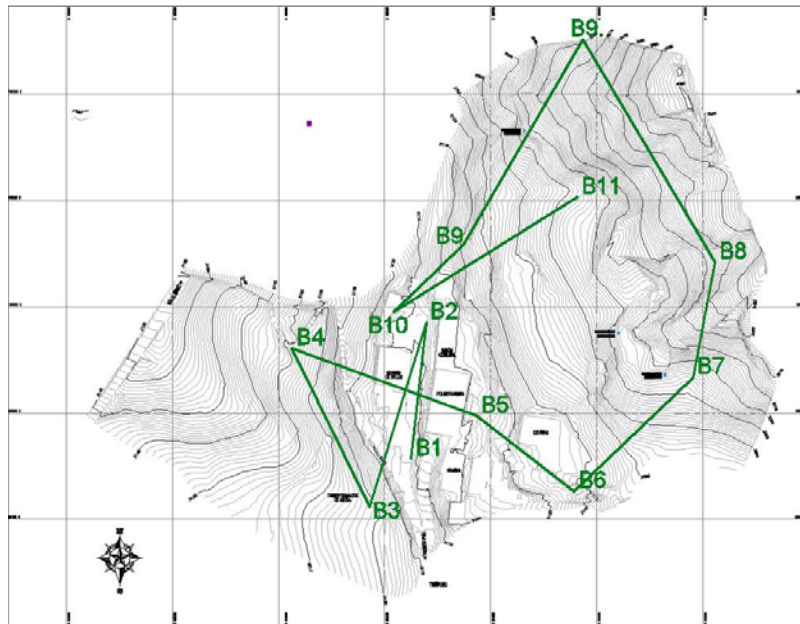


**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

En La Unión el error de cierre en coordenadas norte fue de 0.020 m, en este -0.008 con una longitud de poligonal de 924,129 m.

En Betania el error de cierre en coordenadas norte fue de - 0.011 m y en este -0.002 con una longitud de poligonal de 519,936 m. En ambas poligonales el error de cierre angular fue cero (0) y por tanto el error vertical es nulo.

**Figura 5 Esquema de poligonal principal corregimiento Betania**



**2.4 PUNTOS DE REFERENCIA PARA REPLANTEO DE OBRAS**

En el levantamiento por radiaciones se referenciaron puntos de la poligonal, ubicándolos de tal forma que se pueda hacer la localización y replanteo en el momento de la construcción de las obras. Algunos puntos ó mojones ya existen con una placa de bronce y otros se materializaron con cilindros como las referencias.



**Fotografía 11 Referencias existentes en el corregimiento La Unión**

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 7 Vértices de referencia corregimiento La Unión**

| Vértice | Coordenadas |            | Altitud (m) |
|---------|-------------|------------|-------------|
|         | Norte (m)   | Este (m)   |             |
| REF1    | 968212.082  | 932584.163 | 2701.068    |
| REF2    | 968199.644  | 932511.819 | 2693.696    |
| REF3    | 968178.621  | 932465.523 | 2689.583    |

**Tabla 8 Vértices de referencia corregimiento Betania**

| Vértice | Coordenadas |            | Altitud (m) |
|---------|-------------|------------|-------------|
|         | Norte (m)   | Este (m)   |             |
| REF1    | 992373.056  | 958143.732 | 3118.016    |
| REF2    | 992362.288  | 958226.606 | 3115.699    |
| REF3    | 992417.675  | 958182.022 | 3103.664    |

## 2.5 OBTENCIÓN DEL PLANO TOPOGRÁFICO

En los Anexos A.4 y A.5 se presentan las memorias de cálculo de la poligonal principal, determinación de coordenadas corregidas y datos de carteras, así como las coordenadas de la nube de puntos para los corregimientos La Unión y Betania, respectivamente.

Una vez procesada la información y verificada en campo, se procedió a generar el mapa base a escala 1:500 con curvas de nivel cada 0.50 metros. En el Anexo H.1 Plano 1 de 6 se presenta el Mapa Base Topográfico del corregimiento La Unión y en el Anexo H.2 Plano 1 de 6 se presenta el Mapa Base Topográfico del corregimiento Betania.

Se tomaron directamente en terreno secciones transversales que además servirán como perfiles usados en el análisis de estabilidad.

## 2.6 EQUIPOS Y SOFTWARE UTILIZADOS

Se uso un (1) GPS de doble frecuencia, una estación total marca SOKKIA CTS 6, un nivel de precisión y un equipo de cómputo portátil. En los Anexos A.1 y A.2 se presentan los certificados de calibración, así como la certificación del sistema de coordenadas.

Para la interpretación de los datos se empleó el software de interpretación dirigida **Eagle Point**, para el dibujo se utilizó **AUTOCAD 2006**.

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

## CAPITULO 3

### GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Las características geológicas y geomorfológicas de los corregimientos La Unión y Betania identifican las principales unidades litológicas, así como lo fenómenos de remoción en masa que están afectando la infraestructura del contorno y los cascos urbanos.

Se presenta la foto interpretación geológica y geomorfológica sobre las fotografías aéreas que se relacionan en la Tabla 9, con visitas de verificación de campo que incluyeron el levantamiento de la información a escala 1:250 para elaborar los planos en planta a escala 1:500.

Tabla 9 Fotografía aéreas IGAC

| SOBRE             | VUELO  | FOTOGRAFÍA | ANEXO |
|-------------------|--------|------------|-------|
| 37154<br>La Unión | C 2564 | 000152     | B.1   |
|                   |        | 000153     |       |
| 30659<br>Betania  | C 1986 | 00012      | B.2   |
|                   |        | 00013      |       |

Igualmente se consultó y adaptó la información geológica y geomorfológica de las planchas del INGEOMINAS (ver Anexo B.3), localizando los corregimientos para incluir aspectos regionales, apoyando los análisis entre las fotografías aéreas y la imagen de satélite. Todas las fuentes de información y su contrastación en campo permitieron definir los aspectos locales del levantamiento geológico y geomorfológico detallado que se describe a continuación.

#### 3.2 GEOLOGÍA CORREGIMIENTO LA UNIÓN

El casco urbano de la Unión se encuentra sobre la ladera derecha del río San Juan en donde hay afloramientos de rocas sedimentarias y depósitos recientes. En el Anexo H.1 Planos 2 de 6 y 3 de 6 se presenta la Geología y Geomorfología Local del corregimiento La Unión.

##### 3.2.1 Rocas del Paleoceno

Estas están desarrolladas principalmente por sedimentos de origen epicontinental conocidas en la estratigrafía regional como Formación Guaduas y corresponden a un conjunto de arcillolitas con intercalaciones de areniscas las cuales hacen parte de la cuenca de Cundinamarca y Boyacá, en donde hacia el Norte se destaca la presencia de mantos de carbón con la presencia de areniscas conocidas como La Guía y Lajosa, pero debido a los cambios de facies en la zona ni el carbón ni los mantos de arenisca son tan evidentes puesto que existe un predominio de arcillolitas con algunas intercalaciones de limolitas.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

A esta conclusión se llegó de acuerdo con las observaciones hechas hacia el costado Occidental en donde son claros los paquetes de areniscas cuarcíticas. El casco urbano de La Unión se encuentra ubicado hacia la parte media de esa unidad y se pueden reconocer afloramientos en el costado oriental de la depresión cercana al colegio del corregimiento sobre el borde del costado izquierdo de una depresión que hace parte de un drenaje de la zona del caserío.

### 3.2.2 Depósitos Cuaternarios

De acuerdo con el reconocimiento de campo y teniendo en cuenta los estudios antecedentes, se pueden separar los siguientes tipos de depósitos:

#### Coluviones

Se trata de materiales depositados en el pie de la ladera del escarpe Oriental en donde es común encontrar bloques de areniscas provenientes de la desintegración de las formaciones terciarias que suprayacen a la Formación Guaduas (fuera del área del estudio), conocidas como la Formación Cacho. Están embebidas en una matriz arcillosa de tonalidad rojiza la cual es el resultado del transporte de suelos residuales antiguos derivados de la Formación Guaduas. Esta unidad se encuentra en el costado Oriental pero también se presenta en el costado centro occidental del casco urbano en donde se han levantado las edificaciones del corregimiento.

#### Flujos de tierra

En las depresiones del contorno del caserío durante el desarrollo de cauces se han venido acumulando materiales arcillosos especialmente con abundante contenido de humedad, los cuales presentan síntomas de deformación en lóbulos y pequeños escarpes así como acumulación importante de aguas. En el casco urbano se pueden reconocer dos franjas una al costado Sur Oriental del colegio, la cual es cortada por una vía que conduce hacia el ponteadero del río San Juan y la otra que pasa por el contorno de los corrales del matadero.

#### Deslizamientos Activos

Se encuentran principalmente en los taludes del costado Sur del caserío que han sido originados por los cortes de la vía y presentan crestas y agrietamientos que han sido consignados en la cartografía del informe mencionado anteriormente. Además en el sector del costado Sur de la banca de la carretera son evidentes dos grandes deslizamientos provocados por la socavación del río Sumapaz tanto en los depósitos coluviales como en los suelos residuales.

Es de anotar que estos dos deslizamientos en la cartografía de los estudios previos no están cartografiados en el informe de los estudios previos puesto que están fuera del casco urbano y no lo afectan directamente. También hacia el costado Nor Oriental en la zona de los coluviones se pudieron reconocer deslizamientos con geoformas de crestas y lóbulos que eventualmente pueden llegar a afectar la vía de acceso.

## 3.3 GEOLOGÍA CORREGIMIENTO BETANIA

El casco urbano de esta localidad se encuentra ubicado en una media ladera hacia la base de un escarpe. En el Anexo H.2 Planos 2 de 6 y 3 de 6 se presenta la Geología y Geomorfología Local del corregimiento Betania.

---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **3.3.1 Grupo Guadalupe**

El escarpe del costado Occidental está conformado principalmente por areniscas las cuales corresponden al Grupo Guadalupe en donde están agrupadas las formaciones Arenisca Dura, Formación Plaeners y Arenisca de Labor. Se ubican sobre contrapendiente estructural producto del desarrollo de una gran estructura sinclinal que hace parte de la prolongación del conocido sinclinal de la Regadera y que se puede seguir con bastante claridad sobre imágenes de LANDSAT. Los materiales están conformados principalmente por areniscas cuarcíticas con delgadas intercalaciones de arcillolita.

### **3.3.2 Formación Chipaque**

Se trata de un conjunto de lutitas con algunas intercalaciones de limolitas y areniscas que dejan una morfología escalonada también en la contrapendiente estructural. Sobre esta Formación se encuentra desarrollado el caserío de Betania.

### **3.3.3 Depósitos Cuaternarios**

De acuerdo con el reconocimiento de campo y teniendo en cuenta los estudios antecedentes, se pueden separar los siguientes tipos de depósitos:

#### **Depósitos Coluviales**

Producto de la desintegración del Grupo Guadalupe y la Formación Chipaque en las laderas se han acumulado materiales coluviales de espesores variables pero su promedio puede ser del orden de 5 m, de acuerdo con los cortes que se han ejecutado en la vía de acceso. Litológicamente están conformados por bloques angulares de arenisca embebidos en una matriz arcillosa y se disponen principalmente en el costado Sur Occidental del casco urbano.

#### **Flujos de Tierra**

Durante el desarrollo de cauces obsecuentes en el fondo de ellos se han acumulado materiales arcillosos principalmente en forma de franjas con la presencia de lóbulos de deformación y grietas de tracción. Este flujo de tierras se ubica enfrente con el colegio del Caserío sin llegarlo a afectar todavía.

#### **Deslizamientos Activos**

Debido a un mal manejo de las aguas en la depresión de los flujos de tierra se entregan tanto las aguas lluvias como residuales en una pequeña depresión donde se han manifestado deslizamientos activos que han dislocado los pozos del alcantarillado y se presentan escarpes remontantes que están a unos 30 m del cierre del colegio de la zona.

Otro deslizamiento activo se presenta al costado Occidental el cual es el producto de excavaciones hechas para construcciones y que dejan una geoforma de media luna con un escarpe bien definido.

#### **Fenómenos de reptación**

En las depresiones del costado Norte también se han acumulado materiales conformados por suelos arcillosos con abundante humedad y presentan signos de deformación lenta. Los cuales también habían sido identificados en el estudio mencionado anteriormente.



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **3.4 GEOMORFOLOGÍA**

Las estructuras regionales tienen una tendencia N 10 E, en forma de anticlinales y sinclinales sucesivos, con la presencia de fallas de forma sub paralela a las estructuras. La red de drenaje principal se caracteriza por corrientes con dirección preferencialmente E - W de carácter inadaptado por sobre imposición, de tipo dendrítico.

En el corregimiento La Unión los cauces ubicados al oriente son obsecuentes y relativamente bien integrados pero cubiertos por depósitos de ladera.

En el corregimiento Betania los cauces cruzan el casco urbano son también obsecuentes, bien integrados pero cubiertos localmente por los depósitos coluviales. Los canales de drenaje menores tiene una dirección preferencial N - S, de tipo subsecuentes por cambios de litología.

### **3.5 PROCESOS MORFODINÁMICOS**

Para los corregimientos objeto del presente estudio, se describen los principales procesos morfodinámicos, estableciendo su localización, magnitud, grado de actividad y factores involucrados:

#### **Corregimiento La Unión**

El corregimiento La Unión se encuentra sobre sedimentos de la Formación Guaduas conformados principalmente por arcillolitas alteradas las cuales a su vez están cubiertas por materiales de origen Cuaternario dentro de las cuales se destacan los coluviones flujos de tierra y deslizamientos.

En dicho corregimiento el problema más acentuado se encuentra al costado oriental del colegio pero puede involucrar algunas zonas de botadero cercanas al polideportivo. La magnitud del proceso es relativamente baja y el grado de actividad moderado.

Los factores contribuyentes para que el proceso pueda incrementar su actividad, son las características litológicas de los suelos de depósito y la presencia del nivel de agua freática cercana a la superficie del terreno.

Entre los factores detonantes de citado proceso morfodinámica se encuentran las entregas erradas del sistema de alcantarillado del colegio, posibles fugas en la red de alcantarillado del corregimiento, la sobrecarga con relleno en la zona alta del flujo de tierras, así como eventos sísmicos en una zona de alta amenaza de este tipo.

Otros fenómenos de remoción en masa perimetrales al casco urbano del corregimiento La Unión han sido identificados en el costado norte en forma de deslizamientos que afectan coluviones así deslizamientos remontantes a la ladera sur de la banca de la vía que conduce al sitio de cruce del río San Juan. La magnitud del proceso morfodinámico es baja y el grado de actividad medio a moderado.

Los factores contribuyentes para que los deslizamientos puedan incrementar su actividad y magnitud, son las características litológicas de los coluviones y las condiciones geométricas del talud de corte vial en ambos casos, así como la presencia del nivel de agua freática cercana a la superficie del terreno.

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Entre los factores detonantes de los deslizamientos se encuentran como eventos extremos de lluvia que asocie la saturación de la matriz de los coluviones y eventos sísmicos en una zona de alta amenaza sísmica.

### **Corregimiento Betania**

En el casco urbano de Betania se pudieron apreciar rocas del Cretáceo conformadas por la Formación Chipaque y el Grupo Guadalupe que se pueden identificar en el costado occidental. Así mismo se destacan depósitos coluviales, flujos de tierra, fenómenos de reptación y dos deslizamientos activos. El mayor foco inestable se encuentra al costado oriental cercano al colegio de Betania y es el resultado de una mala entrega de aguas residuales y lluvias. La magnitud del proceso morfodinámico es media y el grado de actividad es alto.

Los factores contribuyentes del deslizamiento son las características litológicas de los coluviones y las condiciones geométricas del talud de corte, así como la presencia del nivel de agua freática cercana a la superficie del terreno. Entre los factores detonantes del deslizamiento se encuentran como eventos extremos de lluvia que asocie la saturación de la matriz del coluvión y eventos sísmicos.

Fenómenos de reptación se aprecian en un valle del costado sur en donde además hay presencia de humedad por resurgencia de las aguas lluvias y aportes de aguas negras por fugas en la red de entrega del sistema de alcantarillado. La magnitud del proceso morfodinámico es baja y el grado de actividad es medio a alto.

Los factores contribuyentes de la reptación son las características litológicas de los depósitos sobre la roca las condiciones geométricas de la ladera natural, así como la presencia del nivel de agua freática cercana a la superficie del terreno y aportes de origen antrópico. Entre los factores detonantes del proceso se encuentran aportes de agua de la red de alcantarillado, eventos extremos de lluvia y eventos sísmicos.

### **3.6 EXPLORACIÓN GEOSÍSMICA**

La investigación se orientó principalmente a complementar información para estabilidad de taludes tales como profundidades a roca, forma del contacto entre capas y continuidad o discontinuidad del modelo interpretativo, así como medición de ondas de corte.

La exploración incluyó la realización de 4 líneas sísmicas, dos en el sector de Betania y dos en el sector de La Unión. La interpretación de los perfiles sísmicos se hizo empleando el método de cálculo conocido como "Delay Times" combinado con el método de Tomografía Sísmica.

Con las tomografías se encuentran distribuciones de velocidades que llegan a mostrar del orden de 13 a 15 capas, caracterizando además, para cada perfil, los contactos entre capas de una manera mucho más detallada así como permiten ver variaciones laterales en la constitución de las capas.

Se utilizaron geófonos de ondas de corte y de esta manera simultáneamente con la ejecución de las líneas de refracción, se midieron los tiempos de llegada de las ondas de corte lo cual permitió calcular los módulos elásticos del subsuelo.

Los estudios geosísmicos tuvieron como objetivos específicos complementar la información geotécnica en los siguientes aspectos:

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- Determinar las velocidades compresionales ( $V_p$ ) y de corte ( $V_s$ ) y establecer una correlación entre las líneas sísmicas y la geología local, en particular en lo referente a profundidad a roca.
- Calcular los módulos elásticos del subsuelo conocidos como módulo de Young ( $E$ ), módulo de corte máximo ( $G_0$ ), módulo de deformación volumétrica ( $K$ ) y relación de Poisson ( $\nu$ ).

**Equipo empleado**

La adquisición de los datos sísmicos se hizo utilizando un sismógrafo marca Geometrics modelo GEMETRICS ES 3000 de 12 canales computarizado, con disco duro, geófonos, cables y demás elementos.

El equipo cuenta con software de recepción de datos, control de calidad e interpretación (SIPQC, seismic quality control) y en consecuencia toda la información se encuentra debidamente almacenada en archivos digitales.

**Especificaciones técnicas de las líneas sísmicas**

Una línea sísmica (spread o tendido) en este proyecto es un tramo de 55 metros de longitud, compuesto por 12 geófonos colocados cada 5 metros. La organización y distribución de las líneas en campo fue la siguiente, ilustrada en el esquema a continuación presentado.

En la gráfica:

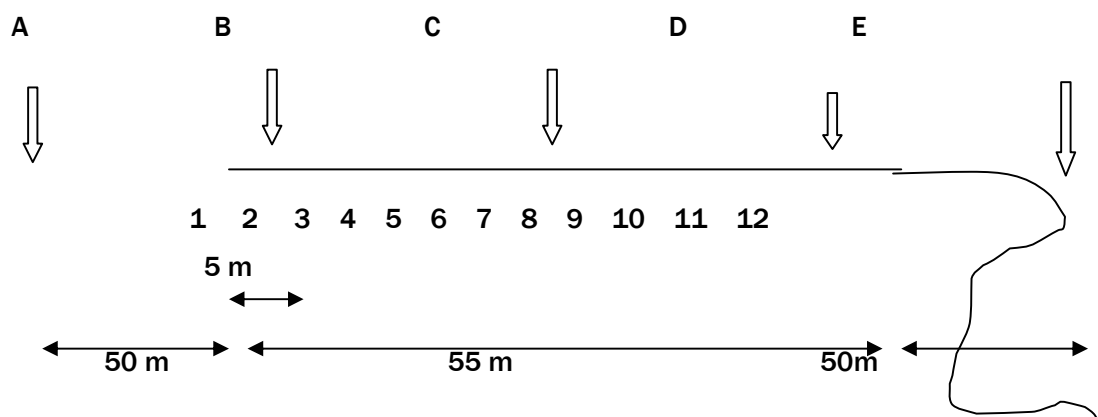
Puntos de disparo (Shotpoints, SP): A,B,C,D,E

Geófonos: 1,2,3,4,5.....12

Geófono 1: abscisa 0

Geófono 12: abscisa 55

**Figura 6 Organización y distribución de las líneas en campo**



sismógrafo

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

La longitud de la línea tiene una relación directa con la profundidad de investigación. Se acostumbra determinar la longitud de la línea como 2 a 3 veces la profundidad de investigación, como primera aproximación. De esta manera, para profundidades de investigación del orden de 20 metros esperadas con la geosísmica, la longitud mínima debía ser del orden de 40 a 60 metros.

Para la generación de ondas, se utilizó el tradicional sistema de percusión con “sledge hammer”.

### **Interpretación Sísmica**

La interpretación se hizo empleando el paquete SEISIMAGER el cual se compone de varios programas de computador para aplicaciones específicas dentro del proceso de interpretación (Oyo Geophysics, actualización Diciembre de 2006).

Este paquete de programas está homologado y es suministrado por la casa fabricante del sismógrafo.

Los métodos interpretativos empleados para refracción sísmica fueron los conocidos como tiempos de retraso o ‘Delay Times’ y Tomografía sísmica y las etapas para la interpretación fueron las siguientes:

#### **a) Tiempos de llegada de las ondas**

Estos tiempos se definen con el empleo del programa PickWin de una manera semiautomática. El programa marca los tiempos de llegada de las ondas, y éstos se revisan y ajustan manualmente cuando es necesario. Los tiempos de llegada se leyeron tanto para las ondas compresionales como para las de corte.

#### **b) Entrada de datos y creación de archivos**

Una vez definidos los tiempos de llegada para cada disparo o shotpoint, deben reunirse los archivos o disparos que componen una línea (5 disparos en este caso, con 12 geófonos cada uno) y generar un nuevo archivo que corresponde a la línea sísmica o spread. En otras palabras, cada línea sísmica o spread se compone de tres registros correspondientes a cada shotpoint y cada registro tiene los tiempos de llegada de los doce geófonos.

#### **c) Delay Times**

A continuación se asignan también en forma semiautomática las capas a las que pertenece cada lectura de tiempos de llegada y se prepara el gráfico Tiempo-Distancia. El programa estima las velocidades, los espesores y las profundidades de las capas.

#### **d) Revisión**

Usualmente es necesario calcular iterativamente una línea hasta encontrar que las velocidades son similares para cada capa y que el resultado final es satisfactorio. Entre mayor complejidad exista en la geología de la zona en particular, mayor será el número de iteraciones que habrá que realizar. Paralelamente a este proceso se consulta la información acerca de la geología, perforaciones, etc., con el fin de establecer la correlación entre velocidades, espesores y clases de material.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

El ajuste matemático seguido por el software, exige que el RMS (last square) debe ser inferior a 2 y preferiblemente estar en el orden de 1 a 1.5. Este valor es el que da el criterio de suspender el proceso iterativo una vez se alcance.

e) Interpretación final

Cuando se tiene un modelo matemáticamente correcto y satisfactorio, nuevamente se comparan los resultados con perforaciones, apiques y mapas geológicos con el fin de establecer la correlación definitiva entre las capas y sus propiedades geomecánicas.

**RESULTADOS E INTERPRETACION DE LA EXPLORACION SISMICA**

La interpretación se presenta en los siguientes numerales y consiste en una imagen del perfil (el perfil se encuentra con las hojas de cálculo en los Anexos 1 y 2) acompañado de un texto explicativo en el cual se describen los resultados obtenidos, se comenta sobre los objetivos buscados y se hacen aclaraciones sobre algunas situaciones especiales.

Los resultados que se presentan en los anexos se imprimieron directamente del software empleado y consisten en tablas y gráficos, cuyo significado es el siguiente:

a) Primer grupo de tablas: INPUT DATA

Esta sección contiene los datos de entrada al programa de cálculo (datos de campo) los cuales son los siguientes:

- "This spread contains....." Esta información describe la cantidad de shotpoints (puntos de disparo) y la cantidad de geófonos (receptores de señal).
- "SP, Elev, X-loc, Y-Loc y Depth" significan respectivamente: Shotpoint, Elevación o cota, Abscisa X, Ordenada Y y profundidad. Cuando se hace levantamiento topográfico específico, se indican las coordenadas, Este y Norte o X, Y según sea el caso.
- La siguiente tabla contiene las columnas "Geo, Elev, X-loc, Y-loc y a continuación SP1, SP2, SP3.. etc". Geo significa geófono o punto de recepción de la señal, Elev, X, Y tiene el mismo significado dado anteriormente y en las columnas SP1, SP2, etc, se encuentra los tiempos de llegada de la onda compresional medidos en milisegundos para cada geófono y desde cada punto de disparo.

b) Segundo grupo de tablas: INTERPRETATION

Esta sección contiene los resultados de la interpretación representados en tablas las cuales indican las profundidades para cada uno de los estratos, en cada uno de los geófonos y en cada una de las líneas. Al final se indican las velocidades utilizadas para el cálculo de las profundidades.

La tabla que está en la parte superior de la hoja se refiere únicamente a los puntos de disparo o shotpoints cuya abreviatura es SP. La columna X-Loc contiene la localización dentro del abscisado; la columna Elev contiene la cota o elevación del punto.

Las columnas Layer 2 (Capa 2), Layer 3 ( Capa 3) etc. contienen la profundidad (depth) de la capa respectiva y su cota o elevación (Elev).

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

La siguiente tabla contiene la misma información anterior pero para cada geófono (Geo). El abscisado está bajo la columna X-Loc y las profundidades de las capas bajo las columnas Layer 2, Layer 3, etc.

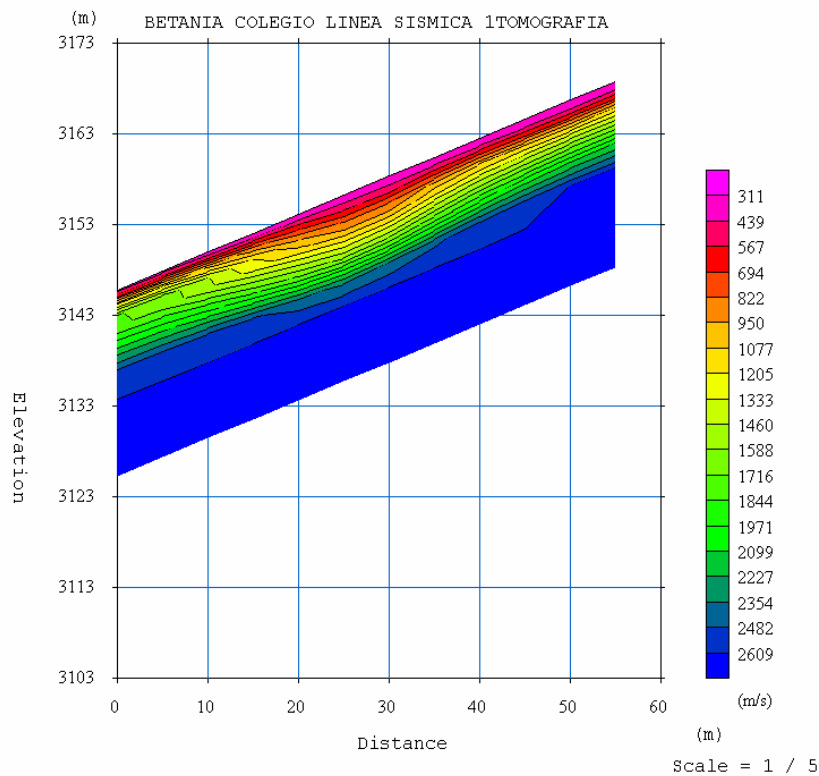
Se encuentran dos tipos de tablas diferentes. La interpretación convencional con Delay Times genera modelos de tres a cuatro capas en tanto que las tomografías genera modelos de 10 o mas capas. La forma de presentación de los datos es la misma, salvo que en las tomografías hay mas capas.

c) Gráfico de resultados.

La interpretación se presenta en dos perfiles, uno para la interpretación con modelo simplificado y otro para la Tomografía y mediante el código de colores, indicado al lado derecho, se pueden interpretar los cambios de velocidad tanto lateralmente como en profundidad así como se destacan algunos rasgos estructurales de las formaciones tales como pliegues o discontinuidades.

**Línea Betania 1, Colegio**

**Figura 7 Línea sísmica Betania Colegio**



Las velocidades calculadas en la tomografía varían entre 311 y 2609 m/seg indicando suelos blandos sobre depósitos coluviales los cuales a su vez descansan sobre una roca blanda en el basamento.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

La primera velocidad es típica de suelos superficiales, de granulometría granular y fina, no consolidados. El espesor de esta capa es menor de 2 metros.

Las velocidades en el rango entre 400 y 700 m/seg corresponden bien con depósitos coluviales.

Las velocidades en el rango de 700 a 1200 son suelos duros correspondientes a coluviales consolidados.

Otro grupo de velocidades se encuentra entre los 1200 y los 2000 m/seg y marcan la transición de suelo residual a roca.

A continuación entre 2000 y 2600 m/seg se encuentra roca cuya velocidad sugiere una roca blanda.

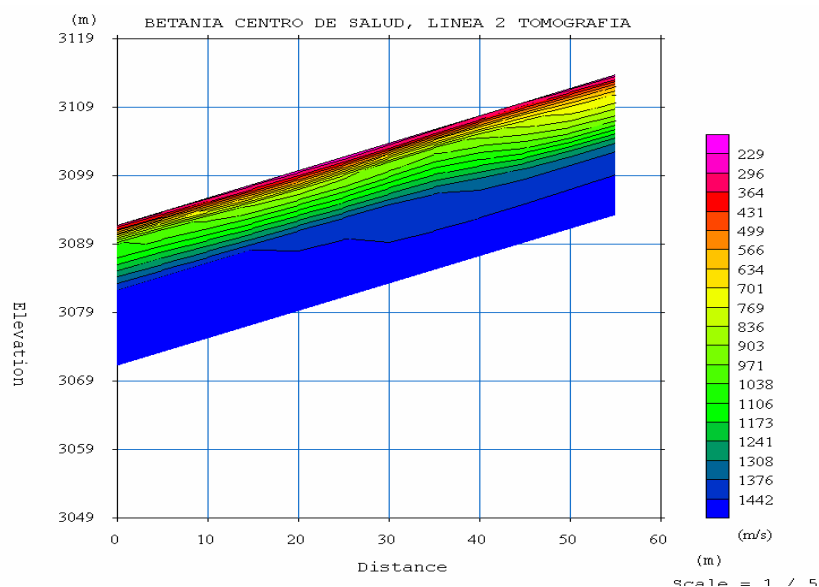
Los perfiles muestran contactos entre capas moderadamente curvos con cambios en la profundidad así como variaciones laterales en el espesor de las capas.

La impresión general del perfil es que mantiene cierta homogeneidad en cuanto a que las capas van siendo mas duras con profundidad y a mayor profundidad la situación tiende a ser mas homogénea. Se observa una zona entre las abscisas 15 y 40 con forma que indica movimiento en masa por la curvatura. Se incluye un modelo simplificado de tres conjuntos de capas cuyo objeto es dar una visión mas sencilla del subsuelo indicando las capas mas representativas con un promedio ponderado de las velocidades.

El primer conjunto tiene 311 m/seg y corresponde al suelo blando superficial; el segundo tiene una velocidad promedio de 951 m/seg indicando presencia de coluviones y el tercer conjunto se encontró con velocidades del orden de 2610 m/seg correspondientes a roca, la cual se encuentra entre 6 y 8 metros de profundidad aproximadamente.

### Línea Betania 2, centro de salud

Figura 8 Línea sísmica Betania centro de salud



---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

La tomografía muestra velocidades que varían entre 229 y 1442 m/seg indicando suelos blandos sobre depósitos coluviales los cuales a su vez descansan sobre un perfil de meteorización de la roca del basamento. De acuerdo con la velocidad obtenida para el basamento, la roca se halla bastante meteorizada ya que su velocidad es inferior a 2000 m/seg, límite inferior de velocidad para que un material sea considerado roca fresca.

La primera velocidad es típica de suelos superficiales, de granulometría principalmente fina, no consolidados. El espesor de esta capa es menor de 2 metros. Las velocidades en el rango entre 400 y 700 m/seg corresponden bien con depósitos coluviales.

Las velocidades en el rango de 700 a 1200 son suelos duros correspondientes a coluviales consolidados.

Otro grupo de velocidades se encuentra entre los 1200 y los 2000 m/seg y marcan la transición de suelo residual a roca. Las velocidades llegan hasta 1400 m/seg indicando que no se llegó a roca fresca sino que existe un perfil de meteorización espeso. Los perfiles muestran contactos entre capas moderadamente curvos con cambios en la profundidad así como variaciones laterales en el espesor de las capas.

El perfil mantiene cierta homogeneidad en cuanto a que las capas van siendo mas duras con profundidad y a mayor profundidad la situación tiende a ser mas homogénea. Se observa una zona entre las abscisas 35 y 55 con forma que indica mayor espesor del depósito coluvial. Se incluye un modelo simplificado de tres conjuntos de capas cuyo objeto es dar una visión mas sencilla del subsuelo indicando las capas mas representativas con un promedio ponderado de las velocidades.

El primer conjunto tiene 229 m/seg y corresponde al suelo blando superficial; el segundo tiene una velocidad promedio de 685 m/seg indicando presencia de coluviones y el tercer conjunto se encontró con velocidades del orden de 1443 m/seg correspondientes a roca meteorizada, la cual se encuentra a profundidades variables entre 6 y 11 metros.

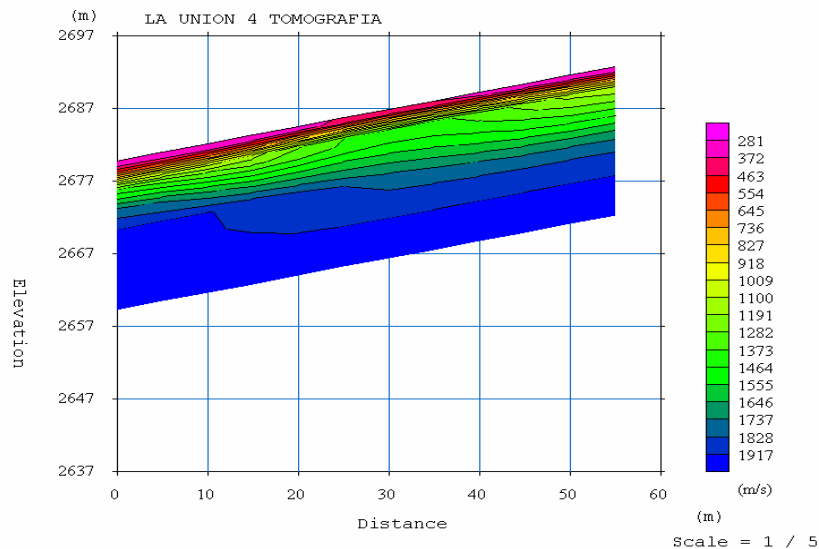
#### **Línea La Unión 4**

Las velocidades calculadas en la tomografía varían entre 281 y 1917 m/seg indicando suelos blandos sobre depósitos coluviales los cuales a su vez descansan sobre un perfil de meteorización de la roca del basamento en límites con la velocidad que se considera roca ( 2000 m/seg).



DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Figura 9 Línea sísmica La Unión 4



La primera velocidad es típica de suelos superficiales, de granulometría fina, no consolidados. El espesor de esta capa es menor de 2.5 metros.

Las velocidades en el rango de 400 a 1200 son suelos duros correspondientes a coluviales consolidados.

Otro grupo de velocidades se encuentra entre los 1200 y los 2000 m/seg y marcan la transición de suelo residual a roca.

Los perfiles muestran contactos entre capas moderadamente curvos con cambios en la profundidad así como variaciones laterales en el espesor de las capas.

Se incluye un modelo simplificado de tres conjuntos de capas cuyo objeto es dar una visión más sencilla del subsuelo indicando las capas más representativas con un promedio ponderado de las velocidades.

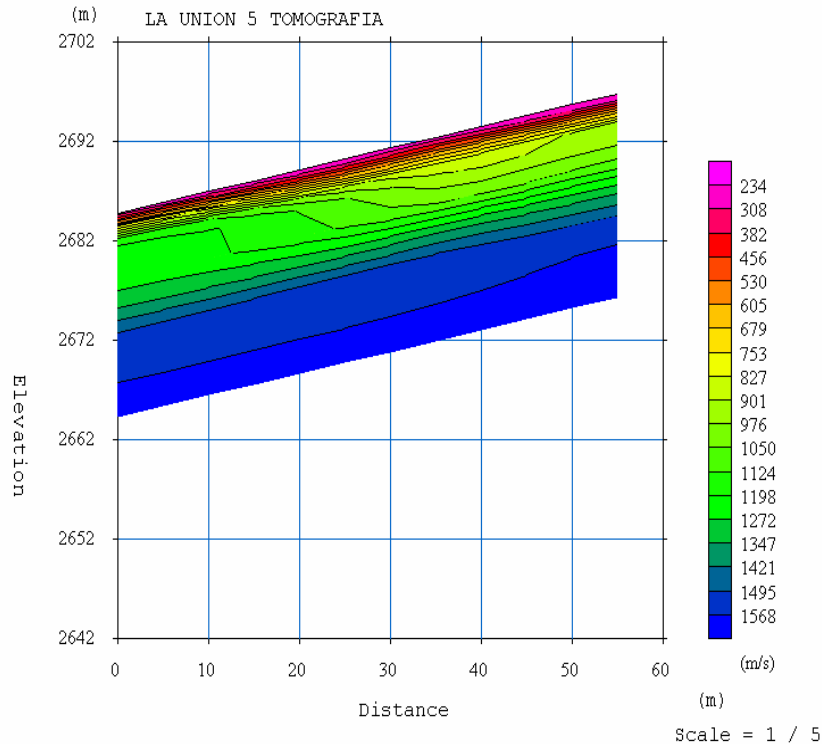
El primer conjunto tiene 281 m/seg y corresponde al suelo blando superficial; el segundo tiene una velocidad promedio de 1218 m/seg indicando presencia de coluviones y el tercer conjunto se encontró con velocidades del orden de 1918 m/seg correspondientes a roca meteorizada.

Cabe agregar que la velocidad de 1218 m/seg del coluvión, es un poco alta y sugiere que el mismo se encuentra con bloques de roca e incluye parte del perfil de meteorización de la roca basal.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Línea La Unión 5**

**Figura 10 Línea sísmica La Unión 5**



Las velocidades calculadas en la tomografía varían entre 234 y 1568 m/seg indicando suelos blandos sobre depósitos coluviales los cuales a su vez descansan sobre un perfil de meteorización de la roca del basamento.

La primera velocidad es típica de suelos superficiales, de granulometría fina, no consolidados. El espesor de esta capa es menor de 2 metros.

Las velocidades en el rango entre 400 y 1200 m/seg corresponden bien con depósitos coluviales.

Otro grupo de velocidades se encuentra entre los 1200 y los 2000 m/seg y marcan la transición de suelo residual a roca.

Los perfiles muestran contactos entre capas moderadamente curvos con cambios en la profundidad así como variaciones laterales en el espesor de las capas.

La impresión general del perfil es que mantiene cierta homogeneidad en cuanto a que las capas van siendo mas duras con profundidad y a mayor profundidad la situación tiende a ser mas homogénea. Se observa que el espesor de la segunda capa aumenta desde la parte alta a la baja favoreciendo movimientos de remoción en masa.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

El modelo simplificado de tres conjuntos de capas muestra una primera velocidad de 234 m/seg y corresponde al suelo blando superficial; el segundo tiene una velocidad promedio de 958 m/seg indicando presencia de coluviones y el tercer conjunto se encontró con velocidades del orden de 1569 m/seg correspondientes a roca meteorizada.

**Velocidades de corte y módulos elásticos**

Se emplearon geófonos para medición de ondas de corte y los tiempos de llegada de éstas se midieron dentro del mismo proceso de toma de datos en campo.

Este tipo de ensayo combinado se hace para medir los tiempos de llegada de las ondas compresionales y de corte y con base en esos tiempos se obtienen las velocidades compresionales y de corte, las cuales a su vez, conocidos los pesos unitarios de los diferentes estratos que componen el subsuelo, permiten calcular los módulos de Elasticidad (E), de Corte máximo (Go), de deformación Volumétrica (K) y la relación de Poisson, con las siguientes expresiones matemáticas:

$$\text{Poisson's Ratio } \gamma = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2(V_p/V_s)^2 - 2}$$

$$\text{Shear Modulus } G = d V_s^2$$

$$\text{Young's Modulus } E = 2G (1 + \gamma)$$

$$\text{Bulk Modulus } K = \frac{1}{3} \frac{E}{1 - 2\gamma}$$

d = density

Los módulos así obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 10 Módulos elásticos del subsuelo**

| LINEA SISMICA | Vp<br>m/seg | Vs<br>m/seg | Relación Poisson | Módulo Corte Go<br>Ton/m2 | Módulo Young E<br>Ton/m2 | Módulo Bulk K<br>Ton/m2 | Peso unitario d<br>Ton/m3 |
|---------------|-------------|-------------|------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------|
| BETANIA       | 311         |             |                  |                           |                          |                         |                           |
| COLEGIO       | 951         | 425         | 0.38             | 34985                     | 96223                    | 128524                  | 1.90                      |
| 1             | 2610        | 956         | 0.42             | 195650                    | 556633                   | 1197427                 | 2.10                      |
| BETANIA       | 229         |             |                  |                           |                          |                         |                           |
| C.SALUD       | 685         | 312         | 0.37             | 18854                     | 51627                    | 65743                   | 1.90                      |
| 2             | 1443        | 771         | 0.30             | 127254                    | 330920                   | 276083                  | 2.10                      |
| LA UNION      | 281         |             |                  |                           |                          |                         |                           |
| 4             | 1218        | 601         | 0.34             | 69960                     | 187363                   | 194058                  | 1.90                      |
|               | 1918        | 854         | 0.38             | 156128                    | 429776                   | 579349                  | 2.10                      |
| LA UNION      | 234         |             |                  |                           |                          |                         |                           |
| 5             | 958         | 411         | 0.39             | 32718                     | 90773                    | 134135                  | 1.90                      |
|               | 1569        | 742         | 0.36             | 117861                    | 319632                   | 369850                  | 2.10                      |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## CAPITULO 4

### CLIMA, HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA, HIDROGEOLOGÍA Y SISMOLOGÍA

#### 4.1 CLIMA

El clima de la localidad Sumapaz se distribuye de los pisos térmicos frío a páramo en función de la altitud, con una temperatura promedio entre 4.4 y 8.3°C, así como de 2.0°C a los 4300 msnm. En algunos sectores como La Unión y durante el día las temperaturas pueden llegar hasta los 25.0°C.

#### 4.2 HIDROLOGÍA E HIDRULICA

##### 4.2.1 Método de trabajo e información primaria

De acuerdo con los resultados del estudio antecedente, los análisis hidrológicos inician con la recopilación de la información hidrológica en el Instituto de Estudios Ambientales IDEAM y en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, el términos de precipitaciones máximas en 24 horas y totales anuales para las estaciones ubicadas en el área de influencia de los corregimientos objeto del presente estudio, para establecer el patrón temporal y espacial de lluvias. Con esta información se efectuaron las estimaciones de caudales y niveles para diferentes periodos de retorno (entre 2.33 y 100 años).

El Páramo de Sumapaz da origen a la vertiente del sistema Meta – Guaviare – Orinoco al oriente y la sistema Sumapaz – Magdalena al occidente. Los corregimientos objeto del presente estudio hacen parte de las micro cuencas de los ríos Bogotá y Portezuela. La parte norte de la localidad tiene bajas precipitaciones (776 mm) y muy altas en el sur oriente (3.062 mm) debido a la influencia de las corrientes de los Llanos Orientales.

Las estaciones que se encuentran en el área de influencia indirecta de estudio en cada corregimiento son las relacionadas en la Tabla 11.

**Tabla 11 Estaciones hidro - meteorológicas**

| Código  | Nombre   | Corriente  | Localización |          | Altitud (m) |
|---------|----------|------------|--------------|----------|-------------|
|         |          |            | Norte (m)    | Este (m) |             |
| 2120120 | La Unión | Bogotá     | 970618       | 988631   | 3320        |
| 3502035 | Betania  | Portezuela | 961402       | 990480   | 3150        |

En el área de influencia directa de los corregimientos La Unión y Betania no existen redes de drenaje naturales que puedan generar socavación por lo cual no se considera su existencia.

La estación La Unión reporta un régimen bimodal con un primer periodo lluvioso entre los meses de Abril a Julio y un segundo periodo lluvioso entre los meses de Octubre y Noviembre, mientras

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

que la estación Betania tiene una tendencia unimodal con un máximo de precipitación entre los meses de Abril a Agosto con la particularidad que entre los meses de Octubre y Noviembre se incrementan las precipitaciones respecto a la media de los meses secos.

En el corregimiento La Unión la precipitación total promedio anual multianual de la estación Betania es 771 mm. El mes de mayor precipitación total es Mayo con un valor promedio mensual multianual de 102 mm.

En el corregimiento Betania la precipitación total promedio anual multianual de la estación Betania es 990 mm. El mes de mayor precipitación total es Mayo con un valor promedio mensual multianual de 148 mm.

### 4.2.2 Análisis de lluvias

Para el análisis de los aguaceros de corta duración (1 hora) en los estudios antecedentes se definieron curvas Intensidad - Duración - Frecuencia IDF características para cada estación, con las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en la respectiva estación.

De acuerdo con los resultados del estudio antecedente, las curvas IDF fueron presentadas utilizando la metodología propuesta por el Ingeniero Gustavo Silva Medina "Hidrología en Cuencas Pequeñas con Información Escasa<sup>1</sup>". Según estudios hechos por el Ingeniero Gustavo Silva Medina, por lo cual pueden transformar lluvias de 24 horas en lluvias de 1 hora, utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{\text{horaria}} = C_p (P_{24 \text{ horas}})$$

En donde,

$P_{\text{horaria}}$  es la precipitación en 1 hora, en mm.

$P_{24 \text{ horas}}$  es la precipitación en 24 horas, en mm.

$C_p$  es una constante, que relaciona la lluvia en 1 hora con la lluvia en 24 horas, adimensional. Numerosos estudios en Colombia, han demostrado que para eventos de precipitación de alta intensidad, estos valores son relativamente constantes. El valor de  $C_p$  para una lluvia de 1 hora es en promedio igual a 0.65.

Por otro lado,

$$i = CR/(t + b)^n$$

En donde:

$i$ : es la intensidad promedio del aguacero para un periodo de retorno  $T$  específico, en mm/hr.

---

<sup>1</sup> Silva Medina Gustavo, Revista Ingeniería e Investigación No. 16, Universidad Nacional, "Hidrología en Cuencas Pequeñas con Información Escasa", Bogotá, sin fecha conocida.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**CR:** es un coeficiente que se deduce de la ecuación anterior, y se halla, para cada periodo de retorno, de las lluvias máximas horarias, para la lluvia de 1 hora, dado que se puede conocer la intensidad en 1 hora, como el resultado de dividir la lluvia respectiva, en mm, por el tiempo, en horas.

**t:** es el tiempo de duración de la lluvia, en minutos.

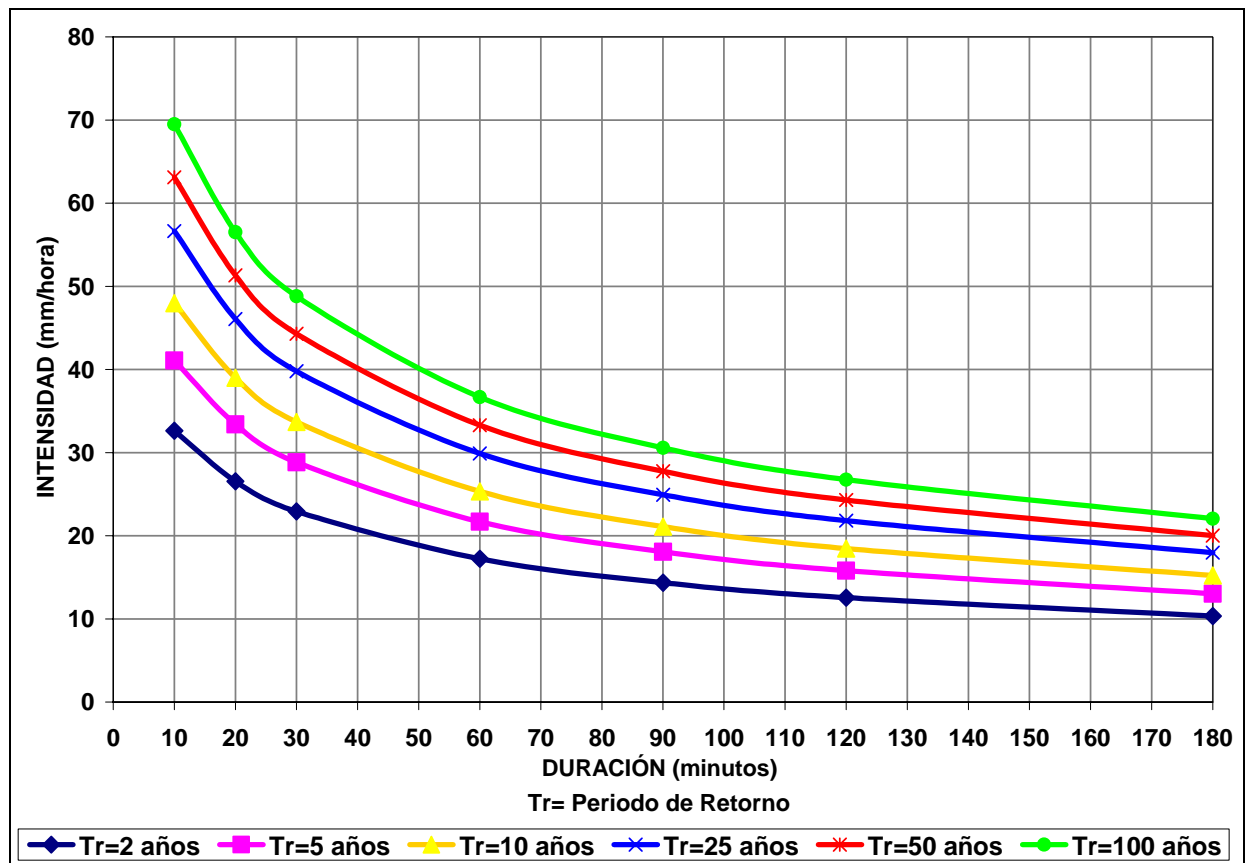
**b:** es una constante, que para estudios en Colombia se ha definido igual a 10, en minutos.

**n:** es una constante, que para estudios en Colombia, se ha definido igual a 0.51, valor adimensional.

Conociendo el valor de CR para duraciones de la lluvia de 1 hora, se puede determinar las lluvias intensidad-duración-frecuencia, respectivamente con curvas entre 5 minutos y 1 hora.

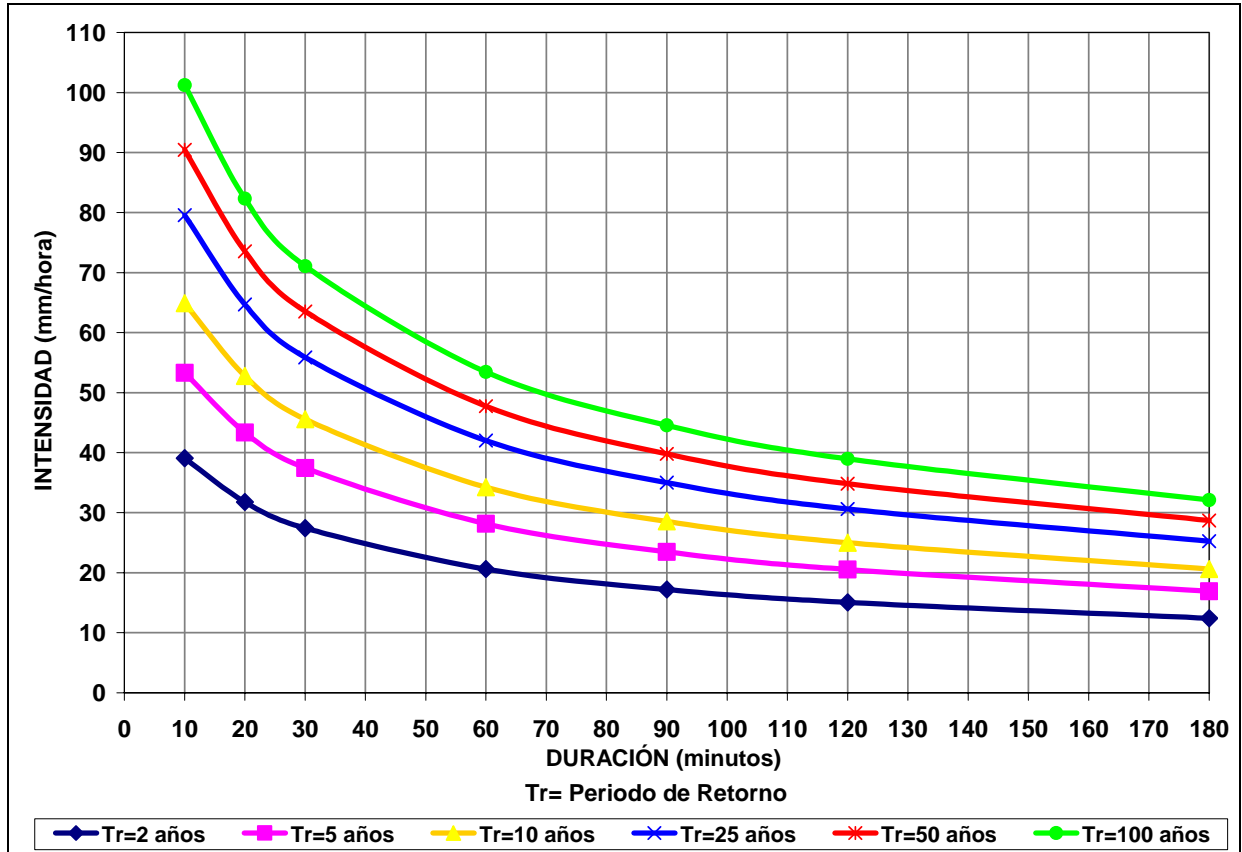
Las intensidades máximas para diferentes períodos de retorno, son las que se presentan en la Figura 11 y la Figura 12, para las estaciones y correspondientes corregimientos.

**Figura 11 Curvas IDF Estación La Unión (Tomado de U. T. Sumapaz, 2005)**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 12 Curvas IDF Estación Betania (Tomado de U. T. Sumapaz, 2005)**



**4.2.3 Lluvia crítica**

La precipitación es un factor detonantes o al menos contribuyente en la generación de procesos de movimientos en masa, ya que ocurren después de aguaceros de gran magnitud, o durante los periodos lluviosos donde se tienen importantes horas de acumulación de saturación de los materiales geológicos involucrados.

La lluvia crítica se define como la lluvia diaria acumulada que puede producir un deslizamiento y para Bogotá se han construido correlaciones estadísticas entre eventos de lluvias y eventos de deslizamientos.

En los estudios antecedentes se aplican las ecuaciones para las zonas de Cerros Orientales y Sur Occidental, reportando para el corregimiento La Unión valores de precipitación crítica de 152.5 y 278.3 mm asociados a duraciones de 7.5 y 34.1 días, así como para el corregimiento Betania valores de precipitación crítica de 192.1 y 357.1 mm asociados a duraciones de 9.5 y 37.8 días, respectivamente.

Posteriormente obtuvo el período de retorno de la lluvia crítica a través de su probabilidad, mediante la correlación entre la lluvia promedio mensual anual y el período de retorno de la

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

lluvia crítica, para el corregimiento La Unión con 8.97 años y para el corregimiento Betania con 9.89 años.

### 4.2.4 Caudales

Para determinar los caudales de escorrentía en los estudios antecedentes se determinaron los tiempos de concentración empleando la fórmula de *Kirpich*, obteniendo para el corregimiento La Unión 3.99 minutos y para el corregimiento Betania 3.05 minutos. Son tiempos de concentración tan pequeños, que para los análisis de caudales emplearon tiempos de concentración de 15 minutos.

Los caudales se determinan para un periodo de retorno de 2 años y los anteriores elementos de análisis ( $T_c$  e IDF), definiendo intensidades para el corregimiento La Unión 28 mm/hora para el corregimiento Betania 35 mm/hora.

Finalmente los caudales de escorrentía calculados con el método racional, tienen en cuenta las anteriores intensidades, un coeficiente de escorrentía como 0.35 correspondiente a zonas de pastos y de uso agrícola, así como las áreas de drenaje de cada corregimiento; La Unión 13.6 Ha y 370.2 lps y para el corregimiento Betania 13.7 Ha y 466 lps. En general las velocidades de los caudales de escorrentía no son erosivas.

Con la información anterior en los Anexos C.1 y C.2 se realizó el dimensionamiento de las cunetas y obras de drenaje en los corregimientos La Unión y Betania, respectivamente.

## 4.3 HIDROGEOLOGÍA

La interacción entre la hidrología y la geología determina que ocurra o no la activación de un proceso de movimiento en masa, que puede tener una respuesta rápida en taludes de poco espesor y altas intensidad de precipitación o como producto de lluvia de menor intensidad acumulada. La ocurrencia de deslizamientos, cantidad y magnitud depende de la susceptibilidad del terreno ante dichos procesos y la intensidad, tiempo y distribución de evento de la lluvia, como la permeabilidad del talud y el espesor de suelo.

La hidrogeología está controlada principalmente por escorrentía superficial y las condiciones geológicas locales de cada corregimiento.

En corregimiento La Unión se encuentra en el flanco occidental de un sinclinal de rocas de la Formación Guaduas, aspecto que establecería un flujo del agua controlado por el azimut del buzamiento pero que es alterado por la permeabilidad secundaria debida a la presencia de diaclasas perpendiculares a la estratificación generada tectónicamente. Esto da lugar a la formación de un acuífero confinado debajo de los coluviones al oriente, donde predominan las intercalaciones de areniscas.

El corregimiento Betania se emplaza en un monoclinal inclinado hacia el occidente, sobre la Formación Chipaque. El flujo de agua debido a la filtración parcial del agua de escorrentía, sigue el modelo de acuífero libre entre el contacto del coluvión y los suelos residuales, dando lugar a resurgencia de aguas lluvias.

Para mejorar el conocimiento de los modelos hidrogeológicos (estadísticos y físicos) es recomendable instrumentar el nivel del agua freática mediante piezómetros.



---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

En general el tiempo de respuesta es mayor en tanto sea mayor el espesor de suelo residual para el caso de procesos tipo flujo de detritos. Para espesor de 1.1 a 1.5 m el tiempo de respuesta puede ser de 3 a 5 horas (Lan et al., 2003).

#### **4.4 SISMOLOGÍA**

Para determinar la aceleración máxima horizontal a nivel de roca, se utilizaron los datos del estudio de Zonificación Sísmica de Colombia (NSR-98), que definen para los dos (2) corregimientos una aceleración de 0.30 g para la Zona 7.

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

## CAPITULO 5

### COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

La Localidad Sumapaz tiene una extensión total de 78.095 Ha (la mayor del Distrito), que tienen un carácter rural en su totalidad y de las cuales 46.811 Ha son consideradas suelos de protección y no tiene áreas de expansión<sup>2</sup>. La Localidad Sumapaz tiene un relieve quebrado a muy quebrado con amplios valles como el del río Santa Rosa, constituyéndose en una fuente hídrica de gran importancia.

#### 5.2 CLASIFICACIÓN BIÓTICA DEL ECOSISTEMA

La Localidad Sumapaz presenta la distribución biótica del ecosistema de la Tabla 12. La zona de vida más extensa es la de Páramo a una altitud superior a los 3.500 msnm, caracterizada por tener una vegetación de fisonomía herbácea y arbustiva. La localidad tiene 1128 Km lineales de ríos y quebradas.

Tabla 12 Clasificación biótica del ecosistema de la localidad Sumapaz<sup>2</sup>

| Tipo                | Área (Ha) |
|---------------------|-----------|
| Pajonal             | 35.928    |
| Frailejón y Pajonal | 25.017    |
| Bosque Natural      | 5.402     |
| Turbera             | 1.856     |
| Lagunas             | 106       |

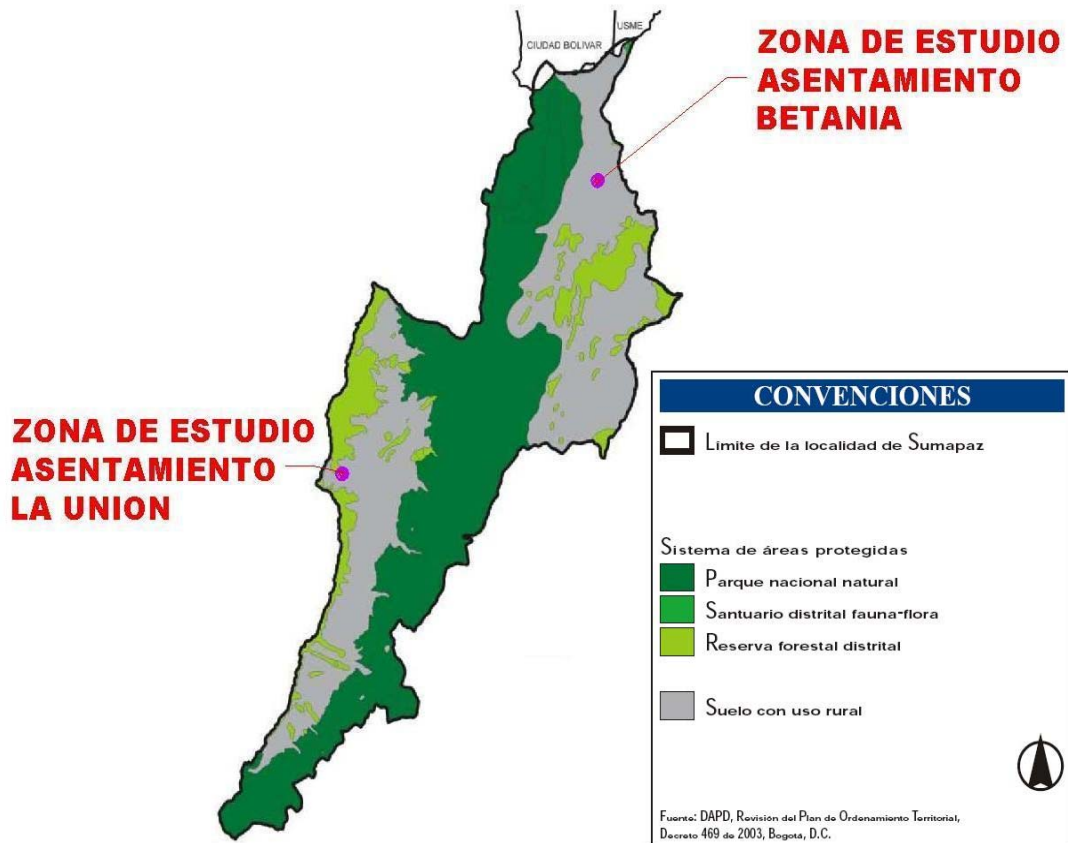
#### 5.3 SISTEMA DE ÁREAS PROTEGIDAS

Gran parte de la localidad corresponde a áreas protegidas con uso del suelo rural, como se presenta en la Figura 13. Los asentamientos humanos de los corregimientos La Unión y Betania se encuentran en dicha clasificación, mientras que buena parte de la localidad se encuentra dentro del sistema de Parques Nacionales Naturales y como Reserva Forestal Distrital, así como no se asigna el uso de Santuario Distrital de Fauna y Flora.

<sup>2</sup> Diagnóstico Físico y Socioeconómico de las Localidades de Bogotá D. C., DAPD – 2004.

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Figura 13 Áreas protegidas de la localidad Sumapaz



#### 5.4 CLASIFICACIÓN DEL SUELO RURAL

La estructura del territorio rural es de alta riqueza y diversidad, que a nivel del Distrito Capital se diferencian en cinco macro unidades rurales identificables geográficamente por límites de ladera o valle, con características socioeconómicas disímiles. En la localidad de Sumapaz se encuentran dos piezas, como son la Cuenca del Río Blanco y la Cuenca del Río Sumapaz.

Al interior de las piezas se distinguen unidades de uso que dependen de la aptitud del suelo, que se clasifican en:

- Parque minero industrial
- Servicios urbanos básicos
- Zonas para la producción sostenible
  - De alta capacidad
  - De alta fragilidad
  - De manejo Especial
- Estructura ecológica principal

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

En la localidad Sumapaz se presentan asentamientos humanos menores, que para el caso de los corregimientos de La Unión y Betania están rodeados de zonas para la producción sostenible de manejo especial y alta fragilidad (ver Figura 14), respectivamente.

**Figura 14 Clasificación del suelo rural de la localidad Sumapaz**



Lo anterior tiene importancia en virtud de las políticas para el área rural, por su importancia como articulador de las relaciones ciudad – región, por la prestación de servicios ambientales, gobernabilidad y seguridad alimentaria.

Por lo anterior el ordenamiento de la infraestructura, equipamiento y estructura de los centros poblados, junto con el desarrollo productivo debe propender por la optimización de la productividad rural con las siguientes estrategias de índole medio ambiental y de gestión de los riesgos naturales:

- Mantener los recursos y potencial natural del territorio considerando la estructura ecológica principal y regional como elemento ordenador.
- Consolidar los asentamientos rurales en condiciones de seguridad estructural y habitabilidad, asegurar la provisión de infraestructura y equipamientos necesarios para su desarrollo productivo.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Lo anterior justifica la implementación de las medidas de mitigación de riesgo, tanto estructurales y no estructurales, para defender la infraestructura de los corregimientos Betania y La Unión en lo referente a las instituciones educativas y edificaciones comunales para las cuales se diseñarán las obras detalladas objeto del presente estudio.

### 5.5 COBERTURA Y DE USOS DEL SUELO

#### 5.5.1 Introducción

El levantamiento de la cobertura y uso del suelo puede ser definido como el análisis y clasificación de los diferentes tipos de cobertura y usos asociados que el hombre practica en una zona determinada. A continuación se presentan los términos aplicados:

- La **COBERTURA** es un elemento integrante del paisaje y junto con la **geoforma** constituyen su expresión visible.
- El **USO** se aplica al empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, ya sea cíclica o permanente, para satisfacer sus necesidades.

Las características del uso del suelo son el resultado de la interrelación entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos.

#### 5.5.2 Metodología de trabajo

Existen diferentes sistemas de clasificación, preparados con el fin de estudiar coberturas locales con objetivos particulares. La mayoría de ellos toman como punto de partida, las nueve (9) clases del sistema de clasificación de la Unión Geográfica Internacional cuyo propósito fue unificar criterios sobre los diversos usos del suelo.

En el presente estudio, se utiliza el sistema de clasificación de uso y cobertura del suelo CIAF, éste sistema es análogo al propuesto por el ITC, pero se diferencia de él en que fija criterios de jerarquización de clases correspondientes a categorías menores de manera que sean congruentes con las escalas de trabajo (IGAC, 1992).

El método establece una clara distinción entre los conceptos de uso y cobertura y los clasifica en grupos diferentes de clases, y puede ser ejecutado mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos de diversas fuentes y escalas.

La clasificación involucra 4 niveles de jerarquización que van de lo general a lo detallado, así:

- Nivel 1**  
Exploratorio (Gran grupo)
- Nivel 2**  
Reconocimiento (Grupo)
- Nivel 3**  
Semi-detalle (Subgrupo)
- Nivel 4**  
Detalle (Tipo de cobertura y uso)

Para cada uno de los niveles aplica la clasificación expuesta en la Tabla 13.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 13 Leyenda y clasificación de uso y cobertura de la tierra**

| 1ER NIVEL EXPLORATORIO | 2do NIVEL EXPLORATORIO  | 3ER NIVEL EXPLORATORIO | 4to NIVEL EXPLORATORIO          |
|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|
| CONSTRUCCIONES         | a. URBANO               | 1.RESIDENCIAL          | *UNIFAMILIARES, MULTIFAMILIARES |
|                        |                         | 2.INDUSTRIAL           | *TEXTIL, FABRIL, TRANSPORTE     |
|                        |                         | 3.COMERCIAL            | * TIENDAS, TALLERES             |
|                        |                         | 4.EDUCATIVO            | * COLEGIOS, JARDINES            |
|                        |                         | 5.RECREATIVO           | * PARQUES, CINES                |
|                        |                         | 6. INSTITUCIONAL       | *SALUD, OFICINA, DEPORTIVAS     |
| VEGETACIÓN HERBÁCEA    | a. PASTIZALES NATURALES | 1. HERBACEOS           | * GENEROS, PROTECCIÓN           |
| BOSQUES                | b. PLANTADO             | 2. CONÍFERAS           | * ESPECIES, DENSIDAD            |
| TIERRAS ERIALES        | a. ROCAS EXPUESTAS      | 1. MASIVOS             | * ESCARPES                      |
|                        | b. SUELOS DESNUDO       | 1. EROSIÓN PROVOCADA   | * REMOSIÓN EN MASA              |
|                        |                         | 2. EROSIÓN NATURAL     | * INCIPIENTE                    |

### 5.5.3 Clasificación del uso y cobertura del suelo corregimiento La Unión

La cobertura en el corregimiento La Unión está integrada por los siguientes componentes y se presenta en el Anexo H.1 Plano 4 de 7: Vegetación pastizales naturales – herbáceas, Bosques y/o montes naturales – matorral, Tierras eriales – procesos de movimientos en masa, Cuerpos de agua – canales naturales de drenaje y Obras humanas.

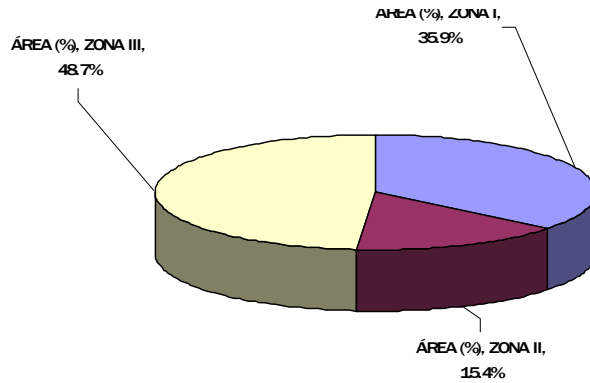
El uso esencial es rural de vegetación de pastizales y bosques naturales como elementos predominantes, con calles principales en concreto rígido y en general caminos en afirmado, construcciones unifamiliares y educativas. Acorde con la escala de trabajo y los requerimientos del estudio, se emplea el cuarto nivel o de detalle.

En el nivel de gran grupo las unidades de uso se clasificaron en las categorías de rasgos vegetales y rasgos culturales. Así el área total de estudio de 46.0015 m<sup>2</sup> se subdivide en tres zonas bien diferenciables (Figura 15), así:

- Zona I Vegetal: Parte alta a la vía de acceso (Tabla 14), con un área de 16.536 m<sup>2</sup>.
- Zona II Cultural: Área habitada del corregimiento (Tabla 15), con un área de 7.085 m<sup>2</sup>.
- Zona III Vegetal: Zona baja (Tabla 16), con un área de 22.394 m<sup>2</sup>.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 15 Distribución del área de las zonas de usos del suelo del corregimiento La Unión**



**Tabla 14 Zona I: Parte alta del corregimiento La Unión**

| Símbolo      | Descripción  | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|--|------------------------|--------------|
| 3a1          | Vegetación pastizales naturales – herbáceas                | 8.201                  | 49.6         |
| 4a3          | Bosques y/o montes naturales – matorral                    | 6.485                  | 39.2         |
| 5a1          | Cuerpos de agua sup. libres – canales naturales de drenaje | 1.850                  | 11.2         |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>16.536</b>          | <b>100.0</b> |

**Tabla 15 Zona II: Áreas habitada del corregimiento La Unión**

| Símbolo      | Descripción   | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|---|------------------------|--------------|
| 1b6          | Vías y áreas sin uso definido                                 | 2.514                  | 35.5         |
| 1b2          | Otros usos urbanos  | 1.635                  | 23.1         |
| 1a4          | Construcciones rurales comunales, religiosas y educativas     | 1.289                  | 18.2         |
| 1a1          | Construcciones residenciales                                  | 789                    | 11.1         |
| 1a6          | Construcciones recreativas e institucionales (polideportivo). | 477                    | 6.7          |
| 1a3          | Construcciones comerciales                                    | 381                    | 5.4          |
| <b>TOTAL</b> |   | <b>7.085</b>           | <b>100.0</b> |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 16 Zona III: Parte baja del corregimiento La Unión**

| Símbolo      | Descripción   | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|---|------------------------|--------------|
| 3a1          | Vegetación pastizales naturales – herbáceas           | 15.310                 | 68.4         |
| 6b1          | Tierras eriales suelos desnudos – erosión natural FRM | 6.970                  | 31.1         |
| 1b2          | Otros usos urbanos                                    | 114                    | 0.5          |
| <b>TOTAL</b> |   | <b>22.394</b>          | <b>100.0</b> |

**5.5.4 Clasificación del uso y cobertura del suelo corregimiento Betania**

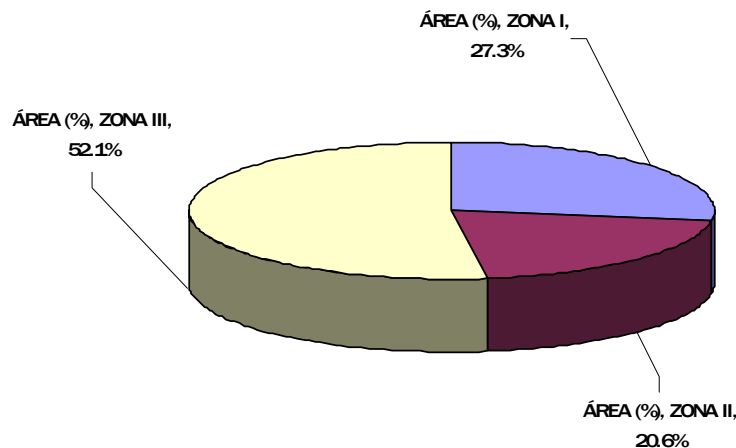
La cobertura en el corregimiento Betania está integrada por los siguientes componentes y se presenta en el Anexo H.2 Plano 4 de 7: Cultivos no irrigados, Vegetación pastizales naturales – herbáceas, Bosques y/o montes naturales – matorral, Tierras eriales – procesos de movimientos en masa, Cuerpos de agua – canales naturales de drenaje y .Obras humanas

El uso esencial es rural de cultivos no irrigados y vegetación de pastizales como elementos predominantes, con calles principales pavimentadas en concreto hidráulico (vía de acceso) y en general caminos sobre la subrasante explanada, construcciones unifamiliares y comunales. Acorde con la escala de trabajo y los requerimientos del estudio, se emplea el cuarto nivel o de detalle.

El área total de estudio de 49.559 m<sup>2</sup> se subdivide en tres zonas bien diferenciables (Figura 16), así:

- Zona I: Parte alta del corregimiento (Tabla 17), con un área de 13.545 m<sup>2</sup>.
- Zona II: Zona habitada del corregimiento (Tabla 18), con un área de 10.200 m<sup>2</sup>.
- Zona III: Parte baja del corregimiento (Tabla 19), con un área de 25.814 m<sup>2</sup>.

**Figura 16 Distribución del área de las zonas de usos del suelo del corregimiento Betania**





**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 17 Zona I: Parte alta del corregimiento Betania**

| Símbolo      | Descripción  | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|--|------------------------|--------------|
| 2b2          | Cultivos y parcelas temporales no irrigados (papa) | 7.601                  | 56.1         |
| 4a3          | Bosques y/o montes naturales - matorral            | 4.233                  | 31.3         |
| 6b1          | Tierras eriales - movimientos en masa              | 1.711                  | 12.6         |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>13.545</b>          | <b>100.0</b> |

**Tabla 18 Zona II: Área habitada del corregimiento Betania**

| Símbolo      | Descripción  | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|--|------------------------|--------------|
| 1a6          | Vías y áreas sin uso definido  | 7.864                  | 77.1         |
| 1a4          | Construcciones rurales comunales, religiosas y educativas                                  | 764                    | 7.5          |
| 1a1          | Construcciones residenciales   | 749                    | 7.3          |
| 1a6          | Construcciones recreativas e institucionales (centro salud, corregiduría y polideportivo). | 720                    | 7.1          |
| 1a3          | Construcciones comerciales   | 103                    | 1.0          |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>10.200</b>          | <b>100.0</b> |

**Tabla 19 Zona III: Parte baja del corregimiento Betania**

| Símbolo      | Descripción  | Área (m <sup>2</sup> ) | % de Área    |
|--------------|--|------------------------|--------------|
| 3a1          | Vegetación pastizales naturales - herbáceas                | 15.321                 | 59.4         |
| 6b1          | Tierras eriales suelos desnudos - erosión natural FRM      | 4.656                  | 18.0         |
| 2b1          | Cultivos y parcelas temporales no irrigados (papa)         | 3.866                  | 15.0         |
| 5a1          | Cuerpos de agua sup. libres - canales naturales de drenaje | 1.971                  | 7.6          |
| <b>TOTAL</b> |  | <b>25.814</b>          | <b>100.0</b> |

---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **5.5.5 Conflicto de usos del suelo**

La morfología natural en los corregimientos La Unión y Betania ha sido alterada por la intervención del hombre; la colocación indiscriminada de rellenos de origen antrópico, transcriben los rasgos relevantes de su nueva configuración paisajística.

El uso principal del suelo es rural con cultivos y proteccionista, con excepción de los usos sub urbanos en los asentamientos humanos que constituyen los corregimientos objeto del presente estudio La Unión y Betania, así como otros como La Unión y Nazareth. La problemática ambiental de la localidad Sumapaz esta relacionada con el manejo inadecuado de la actividad agrícola, la condición de amenazas naturales, áreas frágiles y de quemas, lo cual tiene incidencia directa en la Cobertura y Usos del Suelo. Los conflictos de usos del suelo son la deforestación y el sobre pastoreo, frente a la aptitud proteccionista de los mismos.

Particularmente en el corregimiento Betania el uso de los pesticidas, la siembra anti técnica, las quemas y la habilitación de pastos para ganadería en zonas de manejo especial alteraron el ciclo ecológico en la zona de vegetación nativa.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **CAPITULO 6**

### **CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA**

#### **6.1 CRITERIOS DE DISEÑO Y METODO DE TRABAJO**

Los trabajos de campo requeridos para la consultoría comprenden la toma de información topográfica y exploración del subsuelo para los análisis geotécnicos posteriores, dentro del área de influencia directa o puntual de las obras proyectadas para la mitigación de riesgos por procesos de movimientos en masa en los corregimientos La Unión y Betania.

Se realiza una interacción de los Especialistas para la interpretación geológica - geomorfológica y ejecución del estudio geotécnico que comprende la planeación, dirección y ejecución de la investigación del subsuelo (exploración del subsuelo por métodos directos, toma, embalaje y transporte de muestras, orden y realización de ensayos de laboratorio).

El programa de investigación del subsuelo (exploración por métodos directos e indirectos, pruebas de campo y ensayos de laboratorio) propende por el establecimiento de las características físicas, propiedades índices y parámetros geomecánicos, la determinación de espesores e identificación de los diferentes estratos que conforman el perfil estratigráfico de cada zona de estudio.

La modelación preliminar de los resultados de la investigación geofísica apoyada en la exploración directa de los estudios antecedentes, permitió optimizar la localización y longitud de los sondeos manuales, a la vez que facilitará la interpretación puntual de éstas al área de influencia directa de las obras proyectadas.

Las profundidades de los puntos de investigación del subsuelo por métodos directos, no obedecen solamente a la capacidad del equipo manual, sino a intentar detectar zonas de debilidad que coincidan con superficies de falla y complementar la caracterización y determinación de espesores de depósitos superficiales, que fueron diferenciados previamente mediante la exploración geofísica mediante líneas de refracción sísmica. Es un proceso de retroalimentación, ya que posteriormente se revisa el modelo geofísico con los hallazgos realizados por métodos directos de investigación del subsuelo.

En general se siguió el criterio de adelantar las prospecciones mediante sondeos manuales hasta obtener el rechazo del SPT, pero en algunos sondeos se alcanzaron profundidades menores a los 3.0 metros debido a que se presentó rechazo por la presencia de los bloques que componen el coluvión o el suelo residual de la Formación Chipaque.

Las cantidades de exploración del subsuelo tuvieron la intención de caracterizar los depósitos, hallar en lo posible el contacto geológico y muestrear integralmente el área de estudio intentando cubrir información para modelación y diseño.

Se realizó una integración de métodos de prospección indirectos por medio de refracción sísmica (ver Anexos D.1 y D.2 para los corregimientos La Unión y Betania, respectivamente) y directos por medio de sondeos con equipo de accionamiento manual con avance hasta el rechazo de la prueba de penetración estándar - SPT, para definir los perfiles estratigráficos longitudinales para ajustar el modelo geológico - geotécnico.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

El muestreo propendió por la recuperación de muestras que permitan caracterizar las unidades geológicas presentes cada 1.0 o 1.5 m donde el entorno geotécnico lo permitió, con la prelación a la recuperación de muestras inalteradas de bloque en los apiques, inalteradas de tipo Shelby y alteradas de tipo Split Spoon en los sondeos, tomando estratigrafía y la posición de la tabla.

### 6.2 INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

#### 6.2.1 Exploración del subsuelo

La exploración del subsuelo empleó métodos directos, mediante la ejecución de sondeos y trincheras con equipo de accionamiento manual. Los sondeos buscaron tener continuidad entre sí para la lectura de la secuencia estratigráfica y se complementaron con ensayos de campo como SPT (Standard Penetration Test).

Los registros estratigráficos de los puntos de exploración se presentan en el Anexo, tanto como reportes de campo como perfiles unitarios con fines de diseño, los cuales fueron interpretados junto con los registros estratigráficos antecedentes.

#### 6.2.2 Localización de la exploración del subsuelo

En las bases topográficas se localizaron los puntos de exploración del subsuelo, constituidos por 7 sondeos (total 32.85 ml), 3 apiques y 2 trincheras (total 18 ml) en La Unión (Tabla 9), así como 9 sondeos (total 30.85 ml), 2 apiques y 1 trinchera (total ml) en Betania (Tabla 10).

En el Anexo D.3 se presentan los registros estratigráficos unitarios de diseño de La Unión.

En el Anexo D.4 se presentan los registros estratigráficos unitarios de diseño de Betania.

De dicha exploración del subsuelo hacemos las siguientes aclaraciones, en la propuesta económica, se ofrecieron sondeos manuales y aunque se trató de llegar al rechazo en la mayor parte de los sondeos, las características del terreno y del propio equipo manual no permitían explorar mucho más profundo.

**Tabla 20 Exploración del subsuelo corregimiento La Unión**

| Sondeo | Profundidad (m) | Muestras |
|--------|-----------------|----------|
| S1     | 4.40            | 7        |
| S2     | 5.00            | 8        |
| S3     | 4.90            | 7        |
| S4     | 3.50            | 5        |
| S5     | 5.35            | 9        |
| S6     | 4.60            | 8        |
| S7     | 5.10            | 8        |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 21 Exploración del subsuelo corregimiento Betania**

| Sondeo | Profundidad (m) | Muestras |
|--------|-----------------|----------|
| S1     | 4.35            | 7        |
| S2     | 1.95            | 1        |
| S3     | 1.80            | 1        |
| S4     | 4.50            | 7        |
| S5     | 3.30            | 4        |
| S6     | 2.10            | 2        |
| S7     | 3.20            | 6        |
| S8     | 5.35            | 8        |
| S9     | 4.30            | 7        |

Las cantidades de los ítems de perforación manual, apiques y trincheras fueron excedidas ampliamente, pues de 30 ml de perforación manual propuestos, se realizaron casi 62 y se hicieron 8ml de apiques y 23 en trincheras. Además de la refracción sísmica que no estaba incluida en la propuesta inicial.

### **6.2.3 Nivel freático**

En la mayoría de los puntos de auscultación se encontró la tabla de agua, que osciló entre 2.0 y 3.0 m en Betania y entre 3.0 y 4.0 m en La Unión. Esta información también se reporta en los Anexos D.3 y D.4 de los registros estratigráficos unitarios de diseño de La Unión y Betania.

### **6.2.4 Ensayos de campo**

El entorno y materiales geológicos por su consistencia, permitieron la realización de la prueba de penetración estándar – SPT hasta la profundidad máxima explorada, realizando en ensayo con una pesa de 70 lb que se normaliza a la energía estándar de 140 lb. En los Anexos D.5 y D.6 se presentan las memorias de cálculo de pruebas de campo de La Unión y Betania.

### **6.2.5 Ensayos de laboratorio**

Observando la variación del perfil del subsuelo en cada sitio de exploración, y basado en la información existente de perforaciones anteriores se definieron los puntos y niveles de muestreo de manera que se logró una representación de todos los materiales encontrados.

Dentro de los ensayos de laboratorio se hacen los cortes directos saturados, debido a que representan la condición en terreno, por las características finas de los suelos presentes teniendo en cuenta que cuanto mayor sea el contenido de finos, mayor será la dificultad de expulsión de agua bajo cualquier condición de esfuerzos actuante.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Los análisis de laboratorio se realizaron con la firma SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS Y CIA LTDA, acreditada por la SIC. Algunas muestras fueron caracterizadas física y geomecánicamente mediante la realización de ensayos de laboratorio tales como:

- Humedad Natural
- Peso Unitario
- Compresión inconfiada
- Corte Directo

En los Anexos D.7 y D.8 se presentan el cuadro resumen de resultados y memorias de cálculo de pruebas de laboratorio de La Unión y Betania. No se realizaron ensayos triaxiales ya que las muestras no son inalteradas como para realizar este tipo de prueba y los resultados serían no conservadores en la evaluación de los parámetros de resistencia así obtenidos.

### 6.3 CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

En los Anexos D.3 y D.4 se presentan los registros estratigráficos unitarios identificando el tipo de exploración a que corresponden, localización mediante coordenadas, número, tipo y profundidad de las muestras recuperadas, descripción visual y geometría de los niveles estratigráficos diferenciados indicando su constitución, grado de consistencia o densidad relativa, condiciones del nivel del agua freática y otras características particulares de cada registro, que permitieron generar los Anexos<sup>3</sup> E.1 y E.2 de registros estratigráficos longitudinales.

### 6.4 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

La obtención de los parámetros geomecánicos promedio se basaron en las pruebas de campo y ensayos de laboratorio realizados, como primer paso se estableció la geometría del subsuelo y se seleccionaron los parámetros efectivos de resistencia de cada material ( $\phi$  y  $c$ ) y sus promedios ( $\phi_{prom}$  y  $c_{prom}$ ) y desviaciones estándar ( $s_t$  y  $s_c$ ) y el coeficiente de variación (CV) entre ellos aunque se sugieren los siguientes valores de:

$$t = \tan \phi$$

$$CV_t = s_t / t_{prom} = 0,20$$

$$CV_c = s_c / c_{prom} = 0,40$$

Una vez calculados o estimados los valores anteriores, se calculan para cada material los valores máximos (+) y mínimos (-) de cálculo de los parámetros de resistencia esperados:

$$t_{+ (max)} = t_{prom} + s_t$$

$$t_{- (min)} = t_{prom} - s_t$$

$$c_{+ (max)} = c_{prom} + s_c$$

$$c_{- (min)} = c_{prom} - s_c$$

<sup>3</sup> En el corregimiento La Unión las secciones geotécnicas 2 - 2', 5 - 5' y 7 - 7' corresponden a las secciones geológicas y geotécnicas A - A', B - B' y C - C' respectivamente. En el corregimiento Betania las secciones geotécnicas 2 - 2', 7 - 7' y 8 - 8' corresponden a las secciones geológicas y geotécnicas A - A', B - B' y C - C' respectivamente.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Con esta sustentación teórica para cada uno de los materiales se realizó el procedimiento descrito en la Tabla 22 y Tabla 24.

**Tabla 22 Descripción del procedimiento utilizado en la obtención de parámetros corregimiento de La Unión**

| LA UNION |        |        | COMPRESION INCONFINADA         | SPT                            |       | CORTE DIRECTO                  |       | VALOR PROMEDIO INICIAL         |       | RETROANALISIS                  |       | PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA  |
|----------|--------|--------|--------------------------------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--|
| No.      | Nombre | Fuente | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) |  |
| 1        | Qd1    | U.T.   | 10.00                          |                                |       |                                |       | 6.50                           | 27.37 |                                |       | Puesto que este material pertenece a un deslizamiento se toma como valor mínimo de φ=27.3 el obtenido en el ensayo de Corte Directo, el valor de c se establece mediante retroanálisis con un FS de 1.01 debido a la falla (ver modelo LU02A112) el cual encuentra equilibrio cuando c=5.0MPa, estos valores son considerados como los mínimos posibles del material, por lo cual mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos.             |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       | 3.00                           | 27.37 |                                |       | 0.50                           | 27.30 |  |
| 2        | Qd2    | U.T.   |                                |                                |       | 2.30                           | 19.00 | 2.30                           | 19.00 |                                |       | Material pertenece a un deslizamiento se toma como valor mínimo de φ=19.0 el obtenido en el ensayo de Corte Directo, el valor de c se establece mediante retroanálisis con un FS de 1.03 debido a la falla (ver modelo LU07A112) el cual encuentra equilibrio cuando c=6.5MPa, estos valores son considerados como los mínimos posibles del material, por lo cual mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos.                             |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       |                                |       |                                |       | 0.65                           | 19.00 |  |
| 3        | Qb     | U.T.   |                                |                                |       |                                |       | -                              | -     |                                |       | Se asumen como valor mínimo de φ=35 y c=12.5 MPa (ver modelo LU01A112) obteniendo un FS=1.35, que es acorde con las observaciones realizadas en campo, mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos.  |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       |                                |       |                                |       | 1.25                           | 35.00 |  |
| 4        | Qft    | U.T.   | 1.50                           |                                |       | 1.80                           | 20.10 | 1.44                           | 24.59 |                                |       | Puesto que este material pertenece a un flujo de tierra se toma como valor mínimo de φ=20.1, el mínimo obtenido en los ensayo de Corte Directo, el valor de c se establece mediante retroanálisis con un FS de 1.03 debido a la falla (ver modelo LU05A112) el cual encuentra equilibrio cuando c=4.5 MPa, estos valores son considerados como los mínimos posibles del material, por lo cual mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos. |
|          |        | O.H.   |                                | 0.22                           | 32.15 | 1.90                           | 22.60 |                                |       | 0.45                           | 20.10 |  |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       | 1.80                           | 23.50 |                                |       |                                |       |  |
| 5        | Qat    | U.T.   |                                |                                |       |                                |       | -                              | -     |                                |       | Por encontrarse estable esta unidad geológica, se toma como valores promedio φ=48.1 del SPT del material Qsr y el valor de cohesión se asume como c=23.5 Mpa, a partir de los cuales se calculan los valores mínimos y máximos.  |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       |                                |       |                                |       | 23.50                          | 48.10 |  |
| 6        | Qcl    | U.T.   | 2.25                           | 1.31                           | 37.10 | 0.90                           | 21.60 | 1.27                           | 33.94 |                                |       | Por encontrarse estable esta unidad geológica, se toman como parámetros geomecánicos promedio; la media entre los resultados de ensayos de campo y laboratorio φ=33.94 y c=12.7 MPa (ver modelo LU06A112) obteniendo un FS=1.35, que es acorde con las observaciones realizadas en campo, por lo cual se calculan los valores mínimos y máximos.   |
|          |        | O.H.   |                                | 0.62                           | 43.13 |                                |       |                                |       |                                |       |  |
| 7        | Qsr    | U.T.   |                                |                                |       |                                |       | 0.47                           | 48.12 |                                |       | Por encontrarse estable esta unidad geológica, se toma como valores promedio φ=48.12 del SPT y el valor de cohesión se asume como c=56 Mpa, a partir de los cuales se calculan los valores mínimos y máximos.  |
|          |        | O.H.   |                                |                                | 0.47  | 48.12                          |       |                                |       |                                |       |  |
| 8        | Kch    | U.T.   |                                |                                |       |                                |       | -                              | -     |                                |       | Se toma como valores promedio φ=48.12 del SPT del Qsr que en cualquier caso es más crítico que la roca inalterada y el valor de cohesión se asume como c=60 Mpa, a partir de los cuales se calculan los valores mínimos y máximos.   |
|          |        | O.H.   |                                |                                |       |                                |       |                                |       |                                |       |  |

**Tabla 23 Parámetros de resistencia utilizados en el corregimiento La Unión**

| Material |        | Valor mínimo                   |       | Valor promedio                 |       | Valor máximo                   |       |
|----------|--------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| No.      | Nombre | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | φ (°) |
| 1        | Qd1    | 0.50                           | 27.30 | 0.83                           | 32.83 | 1.16                           | 37.75 |
| 2        | Qd2    | 0.65                           | 19.00 | 1.08                           | 23.29 | 1.52                           | 27.32 |
| 3        | Qb     | 1.25                           | 35.00 | 2.08                           | 41.19 | 2.92                           | 46.41 |
| 4        | Qft    | 0.45                           | 20.08 | 0.75                           | 24.56 | 1.05                           | 28.74 |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

| Material |        | Valor mínimo                   |            | Valor promedio                 |            | Valor máximo                   |            |
|----------|--------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| No.      | Nombre | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) |
| 5        | Qat    | 2.35                           | 48.10      | 3.92                           | 54.33      | 5.48                           | 59.11      |
| 6        | Qcl    | 0.76                           | 28.30      | 1.27                           | 33.94      | 1.78                           | 38.93      |
| 7        | Qsr    | 3.36                           | 41.74      | 5.60                           | 48.12      | 7.84                           | 53.23      |
| 8        | Kch    | 3.60                           | 41.72      | 6.00                           | 48.12      | 8.40                           | 53.21      |

Con la información de la clasificación de los materiales obtenida de los resultados de laboratorio y la interpretación de los perfiles unitarios de campo, se elaboran los registros unitarios de diseño que son un modelo simplificado o agrupado en términos del comportamiento geomecánico de los materiales encontrados y correlacionados longitudinalmente a lo largo de las secciones de análisis e interpretación geológica - geotécnica.

En los perfiles estratigráficos longitudinales se asocian las unidades geológicas a cada uno de los estratos de suelos de depósito detectados en la exploración.

**Tabla 24 Descripción del procedimiento utilizado en la obtención de parámetros corregimiento de Betania**

| BETANIA |        |        | COMPRES. INCON.                | SPT                            |            | CORTE DIRECTO                  |            | VALOR PROMEDIO INICIAL         |            | RETRO ANÁLISIS                 |            | PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA   |
|---------|--------|--------|--------------------------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|---|
| No.     | Nombre | Fuente | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) |   |
| 1       | Qd1    | U.T.   |                                | 1.14                           | 16.7       | 6.00                           | 17.10      | 3.57                           | 16.89      | 0.50                           | 16.70      | Material pertenece a un deslizamiento se toma como valor mínimo de $\phi=16.7$ el obtenido en el ensayo SPT, el valor de c se establece mediante retroanálisis con un FS de 0.99 debido a la falla (ver modelo BE02A112) el cual encuentra equilibrio límite cuando $c=5.0$ MPa, estos valores son considerados como los mínimos posibles del material, por lo cual mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos.                              |
|         |        | O.H.   |                                |                                |            |                                |            |                                |            |                                |            |   |
| 2       | Qd2    | U.T.   | 0.50                           | 1.14                           | 16.7       |                                |            | 0.63                           | 28.78      | 6.00                           | 27.00      | Dado que este material pertenece a un deslizamiento se toma como valor mínimo de $c=6$ MPa obtenido en el ensayo de Corte Directo, el valor de $\phi$ se establece mediante retroanálisis con un FS de 1.01 debido a la falla (ver modelo BE07A112) el cual encuentra equilibrio límite cuando $\phi=27$ MPa, estos valores son considerados como los mínimos posibles del material, por lo cual mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos. |
|         |        | O.H.   |                                | 0.26                           | 36.2       | 0.60                           | 33.50      |                                |            |                                |            |   |
| 3       | Qd3    | U.T.   | 0.50                           | 1.14                           | 16.7       |                                |            | 0.71                           | 27.07      | 0.97                           | 37.50      | Debido a la pendiente del terreno se asumen como valor mínimo de $\phi=37.5$ y $c=0.97$ MPa (ver modelo BE03A212) donde se obtuvo un FS=1.00, que es acorde con las observaciones realizadas en campo, mediante retrocálculo se establecen los parámetros promedio y máximos.   |
|         |        | O.H.   |                                | 0.50                           | 37.5       |                                |            |                                |            |                                |            |   |
| 4       | Qr     | U.T.   |                                | 0.00                           | 39.5       | 7.81                           | 17.95      | 3.37                           | 26.30      |                                |            | Por las condiciones de estabilidad de este material se tomaron como valores promedio los resultados del ensayo de Corte Directo $\phi=21.4$ y $c=23$ MPa con lo cual se obtiene un FS=1.48 (ver modelo BE06A112), que es acorde con lo observado en campo, mediante retrocálculo se establecen los parámetros mínimos y máximos.  |
|         |        | O.H.   |                                |                                |            | 2.30                           | 21.40      |                                |            |                                |            |   |
| 5       | Qcl    | U.T.   |                                | 0.00                           | 39.5       |                                |            | 3.62                           | 39.48      |                                |            | Los parámetros promedio de este material se tomaron de la media de los datos existentes de compresión inconfiada y SPT los parámetros mínimos y máximos se establecieron mediante retrocálculo.   |
|         |        | O.H.   | 10.45                          | 0.42                           | 39.4       |                                |            |                                |            |                                |            |   |
| 6       | Qsr    | U.T.   | 8.75                           |                                |            |                                |            | 3.16                           | 29.96      |                                |            | Por las características del material se asume $\phi=29.6$ (promedio de los datos existentes) y $c=50.6$ MPa, con lo cual se calculan los parámetros mínimos y máximos.  |
|         |        | O.H.   |                                | 0.33                           | 34.6       | 0.40                           | 25.30      |                                |            |                                |            |   |
| 7       | Kch    | U.T.   |                                | 0.18                           | 29.1       |                                |            | 0.09                           | 34.18      |                                |            | Por las características del material se asume $\phi=34.2$ (promedio de los datos existentes) y $c=50.6$ MPa, con lo cual se calculan los parámetros mínimos y máximos.  |
|         |        | O.H.   |                                | 0.00                           | 39.3       |                                |            |                                |            |                                |            |   |



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 25 Parámetros de resistencia utilizados en el corregimiento Betania**

| Material |        | Valor mínimo                   |            | Valor promedio                 |            | Valor máximo                   |            |
|----------|--------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| No.      | Nombre | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) | Cohesión (Ton/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) |
| 1        | Qd1    | 0.50                           | 16.7       | 0.83                           | 20.6       | 1.16                           | 24.2       |
| 2        | Qd2    | 0.60                           | 27.0       | 1.00                           | 32.5       | 1.40                           | 37.4       |
| 3        | Qd3    | 0.97                           | 37.5       | 1.62                           | 43.8       | 2.27                           | 49.0       |
| 4        | Qr     | 1.38                           | 17.4       | 2.30                           | 21.4       | 3.22                           | 25.2       |
| 5        | Qcl    | 2.17                           | 33.4       | 3.62                           | 39.5       | 5.07                           | 44.7       |
| 6        | Qsr    | 30.36                          | 24.8       | 50.60                          | 29.96      | 70.84                          | 34.7       |
| 7        | Kch    | 30.36                          | 28.5       | 50.60                          | 34.2       | 70.84                          | 39.2       |

Asociados a los diferentes materiales se encuentran los parámetros de resistencia obtenidos de diversas fuentes como ensayos de laboratorio (corte directo o compresión inconfiada), a partir de ensayos de campo (SPT), así como por análisis retrospectivos en las zonas donde ha ocurrido la falla (FS = 1.0).

Los valores obtenidos de las citadas fuentes en el corregimiento La Unión se presentan en la Tabla 23 y para el corregimiento Betania en la Tabla 25.

## 6.5 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Con la información geológica, geomorfológica e inventario de procesos, así como con los resultados de la investigación geotécnica se establecieron zonas de comportamiento relativamente homogéneo.

Dichas zonas no se restringen a los procesos actuales sino hasta donde sus características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas pueden llegar a generar potenciales procesos.

Los datos se agruparon de acuerdo con la unidad litológica a la que pertenece el material, diferenciando entre material granular y material cohesivo o fino,

De acuerdo con la metodología observacional y con los criterios del panel de expertos de la consultoría, se establecieron las unidades geotécnicas de comportamiento similar para los corregimientos de La Unión y Betania, como se presenta en los Anexos D.9 y D.10 respectivamente.

La metodología define tres categorías de material; roca, material intermedio y suelos.

- El material tipo roca se subdivide de acuerdo con su origen y textura, resistencia y fracturamiento.
- El material tipo intermedio se diferencia de acuerdo con las características de la matriz y la influencia de la condición estructural.
- El material tipo suelo se distingue en residual y transportado, evaluando su consistencia o compacidad si su carácter preferencial es cohesivo o granular, respectivamente.

---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **La Unión**

Para el corregimiento La Unión la unidad geotécnica que ocupa la mayor extensión es la de suelos transportados, debido a la cercanía a los escarpes de roca parental que dan origen a los depósitos coluviales. Se diferencian dos grandes unidades, en la parte nor oriental coluviones clasto soportados de densidad baja (STF4) a media (STF7) y en el resto del área de estudio coluviones matriz soportados (STF2).

Cerca al escarpe de roca de límite norte central, se aprecia un pequeño afloramiento donde no era practicable la toma de datos estructurales, perteneciente a rocas sedimentarias preferencialmente blandas y friables (RB1). Ocupando depresiones del terreno o canales de drenaje, se encuentran suelos transportados de carácter fino y consistencia media (STF5) a blanda (STF6). En la parte central se generó un relleno con material proveniente de excavaciones de la construcción de vías o antrópico (SFTA).

Finalmente se identificó nivel aislado de material de terraza alta, que se asocia a una unidad geotecnia de material intermedio (RB2) de origen transportado y erodabilidad media a baja de la matriz, localizado en la parte nor oriental del área de estudio y junto a la vía perimetral.

### **Betania**

En la mayor parte del área de estudio del corregimiento se encuentran depósitos matriz soportados, correspondientes a la unidad geotecnia de suelos transportados (STF2).

Ladera arriba de la vía de acceso se localizan dos unidades geotécnicas de suelos transportados que ocuparon depresiones del terreno y que fueron cortadas por los cortes las viviendas y vías (STF3), caracterizadas por su carácter fino, baja consistencia y alta presencia de agua. La misma unidad se aprecia en un paleo canal en la parte oriental del corregimiento, donde actualmente se presentan los deslizamiento que afectan la tubería de alcantarillado que conduce las aguas a los tanques de concreto reforzado.

En las dos (2) micro cuencas adyacentes al oriente de la anterior se encuentran suelos transportados de carácter fino y consistencia media (STF1 y STF3) en proceso de reptación incipiente. En el extremo sur del corregimiento se presentan suelos residuales preferencialmente granulares (SRF1), coincidiendo con formas redondeadas del terreno.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **CAPITULO 7**

### **ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

#### **7.1 MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO AJUSTADO**

Con la información obtenida en la etapa de investigación del subsuelo se verificó y afinó el modelo geológico – geotécnico inicial. Con relación al estudio antecedente, en el corregimiento La Unión el deslizamiento de la parte sur es de menor espesor que el inicialmente reportado. En el corregimiento Betania y específicamente en el sitio denominado Betania II los depósitos coluviales tienen un espesor menor al definido anteriormente, lo cual posibilita la implementación de esquemas de obras de menor tamaño.

En los Anexos E.1 y E.2 se presentan las secciones interpretativas geológico – geotécnicas de los corregimientos La Unión y Betania.

#### **7.2 MODELOS Y MECANISMOS DE FALLA**

De acuerdo con la experiencia del grupo de Especialistas de la consultoría para los procesos potenciales y con base en los precedentes de los procesos de movimientos en masa para los casos reales, se definieron para cada una de las secciones de análisis los mecanismos de falla para dos posiciones del agua freática y sin ella. Por otro lado el modelo geológico – geotécnico descarta la generación superficies de falla que involucren la roca basal, ocurriendo los procesos esencialmente en los suelos residuales y transportados.

**Tabla 26 Mecanismos de falla en las secciones de análisis del corregimiento La Unión**

| <b>Sección</b> | <b>Tipo de Falla</b> | <b>Real / Potencial</b> |
|----------------|----------------------|-------------------------|
| 1 - 1'         | Rotacional           | P                       |
| 2 - 2'         | Rotacional           | R                       |
| 3 - 3'         | Rotacional           | P                       |
| 4 - 4'         | Rotacional           | P                       |
| 5 - 5'         | Rotacional           | P                       |
| 6 - 6'         | Rotacional           | P                       |
| 7 - 7'         | Rotacional           | R                       |

Para el corregimiento La Unión en la Tabla 26 se relacionan las secciones de análisis, el tipo de superficie de falla considerada y si se trata de un caso real o potencial. En los Anexos E.3 y E.4 se presentan los modelos de falla de los corregimientos La Unión y Betania. Se limitaron los casos a los mecanismos de falla posibles cinemáticamente, para las condiciones de análisis.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 27 Mecanismos de falla en las secciones de análisis del corregimiento Betania**

| Sección  | Superficie | Tipo de Falla | Real / Potencial |
|----------|------------|---------------|------------------|
| 1 - 1'   | Superior   | Rotacional    | P                |
|          | Inferior   | Rotacional    | R                |
| 2 - 2'   | Superior   | Rotacional    | R                |
|          | Inferior   | Traslacional  | R                |
| 3 - 3'   | Única      | Rotacional    | P                |
| 4 - 4'   | Única      | Rotacional    | P                |
| 5 - 5'   | Única      | Rotacional    | P                |
| 6 - 6'   | Única      | Traslacional  | P                |
| 7 - 7'   | Única      | Rotacional    | R                |
|          | Única      | Traslacional  | R                |
| 8 - 8'   | Única      | Rotacional    | P                |
| 9 - 9'   | Única      | Rotacional    | P                |
| 10 - 10' | Única      | Traslacional  | P                |

### 7.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EN LAS CONDICIONES ACTUALES

Los modelos de análisis tienen en cuenta la variación de los parámetros de resistencia mínimos y máximos de los materiales para tener en cuenta la variabilidad en la determinación de las propiedades de los materiales, ya que posteriormente los modelos con obras involucrarán los análisis de amenaza por procesos de movimientos en masa, combinando la probabilidad de ocurrencia de los eventos detonantes como son la lluvia y el sismo, contrastado con el periodo de análisis o de servicios esperado de la obras de mitigación.

Los modelos tienen en cuenta los escenarios extremos de la condición de agua y el escenario encontrado al momento de la exploración del subsuelo del presente estudio, para tener la sensibilidad de las variables involucradas en los corregimientos y dadas las condiciones observadas en campo con un Factor de seguridad cercano a 1.0 en los materiales que presentan Fenómenos de Remoción en Masa, en general la localidad tiene unas condiciones críticas desde el punto de vista de precipitaciones y humedad presente en los materiales geológicos, fuera de encontrarse en una categoría de riesgo sísmica alta.

Los archivos fuente de estos análisis se nombraron de acuerdo con la localización de la sección de análisis, de la siguiente manera:

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- BE, LU: Representa el corregimiento Betania (BE), La Unión (LU)  
 01, 02... 14: Representa la sección de análisis de acuerdo con la numeración de los Anexos E.1 y E.2  
 A1, A2, F1, F2: Representa las condiciones actuales (A) o futuras con obras (F) con un consecutivo de superficies de falla  
 01, .....24: Código del modelo dependiendo de la combinación de los parámetros máximos, mínimos, agua o sismo.

La descripción de cada uno de los modelos se presenta en la Tabla 28 y Tabla 30. Los resultados de los análisis de estabilidad sin obras en La Unión se presentan en la Tabla 29 (Anexo E.5) y para Betania en la Tabla 31 y la Tabla 32 (Anexo D.6).

**Tabla 28 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad actual para el corregimiento de La Unión**

| MODELO | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| LU01A1 | Sección 1-1' del corregimiento de La Unión para la condición actual de la superficie rotacional, ubicado hacia el Sur del corregimiento en el C.E.D.R. La Unión, en el relleno de material de excavación o botadero Qb.   |
| LU02A1 | Sección 2-2' para la condición actual de la superficie rotacional, ubicado hacia el Sur del corregimiento, en el deslizamiento activo Qd1, se utiliza como superficie de retroanálisis para la calibración de parámetros. |
| LU03A1 | Análisis de la sección 3-3' del corregimiento de La Unión para la condición actual de la superficie de análisis 1, ubicado hacia el Sur del colegio en el edificio de preescolar, en el depósito coluvial Qcl .           |
| LU04A1 | Modelo de la sección 4-4' para la condición actual del depósito aluvio-torrencial Qat con superficie de falla tipo rotacional, la sección se ubica hacia el Sur-oriente del corregimiento.                                |
| LU05A1 | Análisis de la sección 5-5', ubicado hacia el Sur-oriente del corregimiento, al oriente del C.D.E.R La Unión, en el flujo de tierra Qft, se realiza análisis retrospectivo sobre este material.                           |
| LU06A1 | Modelo de la sección 6-6' del corregimiento de La Unión para la condición actual, de la zona ubicada hacia el Norte del corregimiento, en el depósito coluvial Qcl.   |
| LU07A1 | Sección 7-7' del corregimiento de La Unión, ubicado hacia el Norte del corregimiento, en el deslizamiento activo Qd2, se realiza análisis retrospectivo sobre este material.  |

**Tabla 29 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento La Unión**

| Código | Cohesión         | Fricción     | Agua | Sismo | LU01A1 | LU02A1 | LU03A1 | LU04A1 | LU05A1 | LU06A1 | LU07A1 |
|--------|------------------|--------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 3.56   | 3.07   | 3.74   | 4.13   | 2.85   | 3.59   | 2.77   |
| 02     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 2.91   | 2.40   | 2.86   | 3.48   | 2.13   | 2.97   | 2.25   |
| 03     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 2.65   | 2.48   | 3.13   | 2.89   | 2.47   | 2.60   | 2.08   |
| 04     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 2.00   | 1.81   | 2.24   | 2.24   | 1.75   | 1.98   | 1.56   |
| 05     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 2.24   | 1.73   | 1.97   | 2.84   | 1.32   | 2.03   | 1.52   |
| 06     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 1.86   | 1.36   | 1.52   | 2.45   | 0.99   | 1.70   | 1.25   |
| 07     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 1.63   | 1.38   | 1.63   | 1.89   | 1.13   | 1.43   | 1.13   |
| 08     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 1.24   | 1.01   | 1.18   | 1.50   | 0.80   | 1.11   | 0.85   |
| 09     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 2.28   | 1.87   | 2.41   | 2.51   | 1.78   | 2.57   | 1.96   |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

| Código | Cohesión         | Fricción      | Agua | Sismo | LU01A1 | LU02A1 | LU03A1 | LU04A1 | LU05A1 | LU06A1 | LU07A1 |
|--------|------------------|---------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\min}$ | W1   | No    | 2.05   | 1.58   | 1.96   | 2.40   | 1.41   | 2.28   | 1.70   |
| 11     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\max}$ | W1   | No    | 1.39   | 1.30   | 1.81   | 1.30   | 1.39   | 1.60   | 1.29   |
| 12     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\min}$ | W1   | No    | 1.15   | 1.01   | 1.36   | 1.15   | 1.03   | 1.31   | 1.03   |
| 13     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\max}$ | W1   | Si    | 1.38   | 1.02   | 1.25   | 1.61   | 0.80   | 1.43   | 1.07   |
| 14     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\min}$ | W1   | Si    | 1.28   | 0.88   | 1.03   | 1.62   | 0.64   | 1.29   | 0.94   |
| 15     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\max}$ | W1   | Si    | 0.79   | 0.68   | 0.92   | 0.69   | 0.62   | 0.84   | 0.68   |
| 16     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\min}$ | W1   | Si    | 0.67   | 0.54   | 0.70   | 0.69   | 0.46   | 0.71   | 0.55   |
| 17     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\max}$ | W2   | No    | 3.23   | 3.07   | 3.74   | 4.13   | 2.81   | 3.46   | 2.75   |
| 18     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\min}$ | W2   | No    | 2.68   | 2.40   | 2.86   | 3.48   | 2.10   | 2.88   | 2.23   |
| 19     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\max}$ | W2   | No    | 2.32   | 2.48   | 3.12   | 2.89   | 2.43   | 2.47   | 2.06   |
| 20     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\min}$ | W2   | No    | 1.77   | 1.81   | 2.24   | 2.24   | 1.72   | 1.90   | 1.54   |
| 21     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\max}$ | W2   | Si    | 2.02   | 1.73   | 1.97   | 2.84   | 1.30   | 1.96   | 1.51   |
| 22     | C <sub>max</sub> | $\phi_{\min}$ | W2   | Si    | 1.70   | 1.36   | 1.51   | 2.45   | 0.98   | 1.65   | 1.24   |
| 23     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\max}$ | W2   | Si    | 1.41   | 1.38   | 1.63   | 1.89   | 1.11   | 1.36   | 1.12   |
| 24     | C <sub>min</sub> | $\phi_{\min}$ | W2   | Si    | 1.09   | 1.01   | 1.17   | 1.50   | 0.79   | 1.06   | 0.84   |

**Tabla 30 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad actual para el Corregimiento de Betania**

| MODELO | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| BE01A1 | Modelo de la sección 1-1' para la condición actual de la zona 1, ubicada hacia el occidente del centro de salud en el deslizamiento activo Qd3 .  |
| BE01A2 | Sección 1-1' para la condición actual de la superficie de análisis 2 , ubicado hacia el occidente del centro de salud en el depósito coluvial Qcl en la parte superior .  |
| BE02A1 | Sección 2-2' para la condición actual de la superficie de análisis con falla traslacional, ubicado cerca al centro de salud en el deslizamiento activo Qd1, se utiliza como superficie de calibración de parámetros geomecánicos.               |
| BE02A2 | Condición actual del coluvión en la Sección 2-2', ubicado en la zona trasera del centro de salud en el deslizamiento activo denominado Qd3.   |
| BE03A1 | Estabilidad global actual del muro en gaviones ubicado en la cancha múltiple, la Sección de análisis es la 3-3' y superficie de análisis 1 de tipo rotacional en el depósito coluvial Qcl.  |
| BE04A1 | Estabilidad global del muro en gaviones existentes en la sección 4-4' ubicada en el salón comunal con el fin de analizar el depósito coluvial Qcl.  |
| BE05A1 | Análisis de la Sección 5-5' para la condición actual de la superficie de análisis 1 , ubicada en el colegio ladera arriba, en el depósito coluvial Qcl.   |
| BE06A1 | Análisis de la sección 6-6' para la condición actual de la zona ubicada hacia el oriente del salón comunal, en el relleno Qr.   |
| BE07A1 | Modelo Sección 7-7' para la condición actual de la superficie de análisis 1 de tipo rotacional, ubicado hacia el Nor-oriente del colegio, en el deslizamiento activo Qd2, se utiliza como superficie de calibración de parámetros geomecánicos. |
| BE07A2 | Modelo Sección 7-7' para la condición actual de la superficie de análisis 2 de tipo traslacional, ubicado hacia el Nor-oriente del colegio, en el deslizamiento activo Qd2.   |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

| MODELO | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| BE08A1 | Sección 8-8' para la condición actual de la superficie rotacional en el relleno Qr, ubicado hacia el Nor-orienté del corregimiento.   |
| BE09A1 | Análisis de la sección 9-9' en condiciones actuales de la zona ubicada hacia el Nor-orienté del corregimiento, superficie de falla rotacional en el relleno Qr.                             |
| BE10A1 | Modelo de la sección 10-10' para la condición actual de la superficie de análisis tipo traslacional de la zona ubicada hacia el Nor-orienté del corregimiento, en el depósito coluvial Qcl. |
| BE11A1 | Modelo de la sección 11-11' para la condición actual, ubicado en el deslizamiento activo Qd2, zona inferior de los tanques de aguas residuales.   |
| BE12A1 | Análisis de la zona ladera abajo en el deslizamiento activo Qd2 para la condición actual de la sección 12-12'.  |
| BE13A1 | Sección 13-13' para la condición actual de la superficie de análisis 1 de la ladera al sur de los tanques de aguas residuales, en el deslizamiento activo Qd2.                              |
| BE14A1 | Sección 14-14' para la condición actual del deslizamiento activo Qd2, zona inferior de los tanques de aguas residuales.   |

**Tabla 31 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento Betania**

| Código | Cohesión         | Fricción         | Agua | Sismo | BE01A1 | BE01A2 | BE02A1 | BE02A2 | BE03A1 | BE04A1 |
|--------|------------------|------------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | No    | 3.75   | 3.07   | 2.76   | 3.68   | 4.90   | 5.93   |
| 02     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | No    | 3.14   | 2.91   | 2.33   | 3.09   | 4.19   | 5.42   |
| 03     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | No    | 2.66   | 2.75   | 1.94   | 2.59   | 3.47   | 3.87   |
| 04     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | No    | 2.05   | 2.59   | 1.50   | 2.00   | 2.76   | 3.34   |
| 05     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | Si    | 2.43   | 1.82   | 1.43   | 2.34   | 3.09   | 3.45   |
| 06     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | Si    | 2.07   | 1.71   | 1.21   | 2.00   | 2.67   | 3.20   |
| 07     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | Si    | 1.67   | 1.62   | 0.99   | 1.58   | 2.15   | 2.20   |
| 08     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | Si    | 1.30   | 1.50   | 0.77   | 1.28   | 1.72   | 1.94   |
| 09     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | No    | 2.67   | 1.76   | 1.97   | 2.14   | 3.83   | 4.73   |
| 10     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | No    | 2.39   | 1.66   | 1.77   | 2.02   | 3.44   | 4.55   |
| 11     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | No    | 1.63   | 1.45   | 1.19   | 1.12   | 2.46   | 2.79   |
| 12     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | No    | 1.35   | 1.35   | 0.99   | 1.00   | 2.06   | 2.57   |
| 13     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | Si    | 1.67   | 1.10   | 0.99   | 1.27   | 2.38   | 2.73   |
| 14     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | Si    | 1.54   | 0.99   | 0.90   | 1.26   | 2.17   | 2.68   |
| 15     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | Si    | 0.95   | 0.90   | 0.58   | 0.57   | 1.49   | 1.56   |
| 16     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | Si    | 0.82   | 0.79   | 0.49   | 0.55   | 1.27   | 1.48   |
| 17     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W2   | No    | 3.65   | 2.57   | 2.66   | 3.36   | 4.90   | 5.93   |
| 18     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W2   | No    | 3.07   | 2.41   | 2.26   | 2.87   | 4.19   | 5.42   |
| 19     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W2   | No    | 2.57   | 2.23   | 1.85   | 2.28   | 3.47   | 3.87   |
| 20     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W2   | No    | 1.98   | 2.09   | 1.44   | 1.79   | 2.76   | 3.34   |
| 21     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W2   | Si    | 2.36   | 1.55   | 1.37   | 2.12   | 3.09   | 3.45   |
| 22     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W2   | Si    | 2.03   | 1.42   | 1.18   | 1.85   | 2.67   | 3.20   |
| 23     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W2   | Si    | 1.60   | 1.34   | 0.93   | 1.37   | 2.15   | 2.20   |
| 24     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W2   | Si    | 1.26   | 1.22   | 0.73   | 1.10   | 1.72   | 1.94   |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 32 Factores de seguridad secciones de análisis del corregimiento Betania (continuación)**

| Código | Cohesión | Fricción     | Agua | Sismo | BE05A1 | BE06A1 | BE07A1 | BE07A2 | BE08A1 | BE09A1 | BE10A1 |
|--------|----------|--------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 01     | Cmax     | $\phi_{max}$ | No   | No    | 7.33   | 3.98   | 2.71   | 2.81   | 3.13   | 3.73   | 4.03   |
| 02     | Cmax     | $\phi_{min}$ | No   | No    | 6.32   | 3.77   | 2.06   | 2.16   | 2.71   | 3.45   | 3.43   |
| 03     | Cmin     | $\phi_{max}$ | No   | No    | 4.89   | 2.19   | 2.27   | 2.32   | 2.06   | 2.08   | 2.76   |
| 04     | Cmin     | $\phi_{min}$ | No   | No    | 3.87   | 1.93   | 1.62   | 1.67   | 1.64   | 1.80   | 2.15   |
| 05     | Cmax     | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 4.18   | 2.63   | 1.50   | 1.49   | 1.82   | 2.46   | 2.51   |
| 06     | Cmax     | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 3.63   | 2.49   | 1.15   | 1.16   | 1.59   | 2.30   | 2.17   |
| 07     | Cmin     | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 2.74   | 1.40   | 1.24   | 1.21   | 1.17   | 1.33   | 1.70   |
| 08     | Cmin     | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 2.19   | 1.26   | 0.89   | 0.88   | 0.94   | 1.17   | 1.33   |
| 09     | Cmax     | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 5.30   | 3.29   | 1.74   | 1.83   | 2.38   | 3.09   | 2.73   |
| 10     | Cmax     | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 4.88   | 3.21   | 1.37   | 1.46   | 2.18   | 2.98   | 2.52   |
| 11     | Cmin     | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 3.00   | 1.58   | 1.37   | 1.42   | 1.36   | 1.51   | 1.58   |
| 12     | Cmin     | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 2.57   | 1.50   | 1.01   | 1.05   | 1.16   | 1.40   | 1.33   |
| 13     | Cmax     | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 2.99   | 2.16   | 0.93   | 0.94   | 1.36   | 2.02   | 1.69   |
| 14     | Cmax     | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 2.49   | 2.13   | 0.74   | 0.76   | 1.27   | 1.98   | 1.57   |
| 15     | Cmin     | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 1.65   | 1.00   | 0.71   | 0.71   | 0.86   | 0.95   | 1.10   |
| 16     | Cmin     | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 1.43   | 0.96   | 0.53   | 0.53   | 0.75   | 0.90   | 0.85   |
| 17     | Cmax     | $\phi_{max}$ | W2   | No    | 6.57   | 3.99   | 2.16   | 2.34   | 3.04   | 3.73   | 3.40   |
| 18     | Cmax     | $\phi_{min}$ | W2   | No    | 5.78   | 3.77   | 1.68   | 1.82   | 2.65   | 3.45   | 2.99   |
| 19     | Cmin     | $\phi_{max}$ | W2   | No    | 4.19   | 2.19   | 1.76   | 1.89   | 1.97   | 2.08   | 2.17   |
| 20     | Cmin     | $\phi_{min}$ | W2   | No    | 3.38   | 1.93   | 1.28   | 1.37   | 1.38   | 1.80   | 1.75   |
| 21     | Cmax     | $\phi_{max}$ | W2   | Si    | 3.74   | 2.63   | 1.16   | 1.22   | 1.72   | 2.46   | 2.11   |
| 22     | Cmax     | $\phi_{min}$ | W2   | Si    | 3.32   | 2.49   | 0.91   | 0.97   | 1.55   | 2.30   | 1.88   |
| 23     | Cmin     | $\phi_{max}$ | W2   | Si    | 2.35   | 1.40   | 0.93   | 0.96   | 1.12   | 1.33   | 1.37   |
| 24     | Cmin     | $\phi_{min}$ | W2   | Si    | 1.91   | 1.26   | 0.68   | 0.71   | 0.91   | 1.30   | 1.08   |

Dado el carácter preferencialmente cohesivo de los materiales y que las superficies de falla se desarrollan en éstos, los resultados son altamente dependientes del parámetro de resistencia cohesión. Por otra parte la condición con sismo empieza a ser crítica en el caso de utilizar el valor de la cohesión mínima. Por otra parte la primera línea piezométrica W1 es más crítica que la W2, ya que coincide con la superficie del terreno, mientras que la segunda es la reportada en la exploración del subsuelo al momento de la realización del presente estudio.

### **La Unión**

La sección que presenta los factores de seguridad más bajos es la 5 - 5', superficies reales o de falla comprobada en las secciones 2 - 2' y 7 - 7'.

En condiciones con sismo, con la primera línea piezométrica W1 y con el parámetro de cohesión mínima, todas las secciones de análisis reportan el estado de falla. En condiciones con sismo, con la segunda línea piezométrica W2 y con los dos parámetros de resistencia en sus valores mínimos, únicamente las secciones de análisis 5 - 5' y 7 - 7' reportan el estado de falla.

### **Betania**

Las secciones que presentan en general los factores de seguridad más altos son las 3 - 3', 4 - 4', 5 - 5' y 10 - 10'. Las superficies reales las que se presentan en las secciones 1 - 1', 2 - 2', 7 - 7', 8 - 8' y 9 - 9' en estado de falla comprobada.

En condiciones con sismo y con la primera línea piezométrica W1 cuando se utiliza alguno de los parámetros de resistencia en sus valores mínimos, las secciones de análisis 1 - 1' y 2 - 2' reportan el estado de falla. En condiciones con sismo y con la segunda línea piezométrica W2 y



## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

con los dos parámetros de resistencia en sus valores mínimos, la condición estabilidad es precaria en general en todas las secciones de análisis, pero solamente en las secciones 2 - 2' y 7 - 7' se reporta la falla.

### 7.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LAS CONDICIONES ACTUALES

En las condiciones actuales se concluye que las condiciones de estabilidad son de por sí ya precarias sin eventos extremos, lo cual se ve agravado por la degradación de los parámetros de resistencia con la presencia del agua.

Por lo anterior en ambos corregimientos las medidas de drenaje son fundamentales, que si bien por la condición hidrológica de los mismos no es posible eliminarla totalmente, si es importante abatir el agua subsuperficial y lograr la evacuación rápida de las aguas superficiales o de escorrentía, conduciéndolas fuera del área de estudio donde no generen nuevos problemas.

Por otra parte, solamente en drenaje no es suficiente para garantizar la mitigación de los procesos en algunas secciones de análisis, por lo cual las alternativas de diseño de obras deben resultar como una combinación de las opciones de solución geométrica (reconformación topográfica) y de contención local.

No se anticipa como solución viable técnica y económicamente la utilización del refuerzo de los taludes, ya que no se puede garantizar su efectividad de su trabajo integral y solidario dentro de materiales disímiles como los coluviones, fuera de los costos que implican colocar tales elementos en número considerable si se quiere sumar fuerzas resistentes que contengan la masa de suelo que se puede movilizar en un caso dado.



**Fotografía 12** Deslizamiento ladera abajo de la vía a la vereda Tunal Bajo

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Finalmente se considera una para de la solución común a las diferentes alternativas de obras a considerar en el numeral siguiente, la protección superficial de los taludes ya que el ecosistema es altamente susceptible a la deforestación y esto explica los procesos actuales por la modificación de la manera como ocurre la escorrentía y la infiltración de agua al terreno.

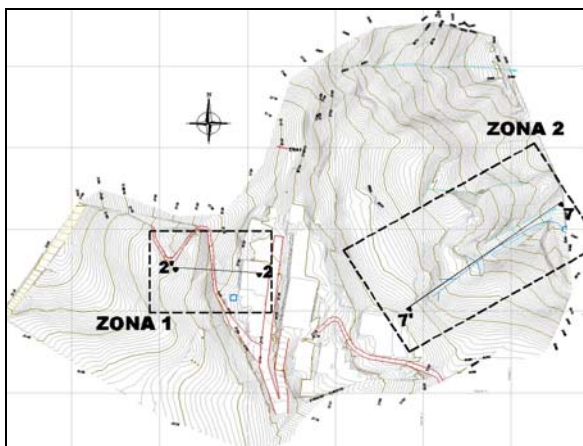
Incluso estas medidas deben ser consideradas aún en zonas fuera del área de estudio, como en el caso del corregimiento La Unión, donde se presenta un deslizamiento ladera abajo de la vía a la vereda Tunal Bajo (Fotografía 12), asociada a la fuente pendiente, posiblemente socavación de por el río San Juan y la eliminación de la vegetación arbustiva para la habilitación del terreno para pastoreo.

En este caso se requiere coordinar acciones interinstitucionales y con el propietario del predio, para iniciar un programa de reforestación y un uso de conservación para disminuir la velocidad de avance del proceso.

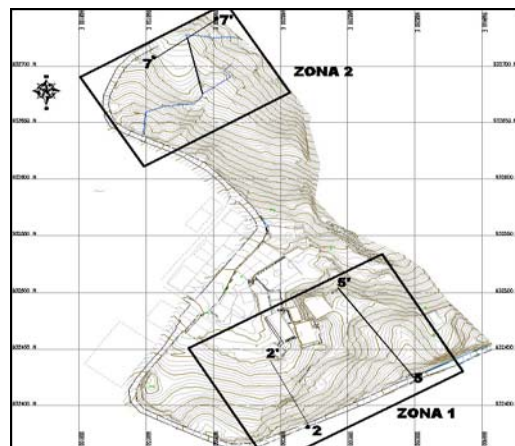
### 7.5 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS Y MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

Debido a la localización de los Fenómenos de Remoción en Masa evidenciados en los corregimientos se divide en zonas de influencia de cada uno con el fin de establecer las medidas de mitigación para cada uno de ellos, estas zonas se presentan en las Figuras 12 y 13.

**Figura 17 Localización de zonas y secciones Betania**



**Figura 18 Localización de zonas y secciones La Unión**



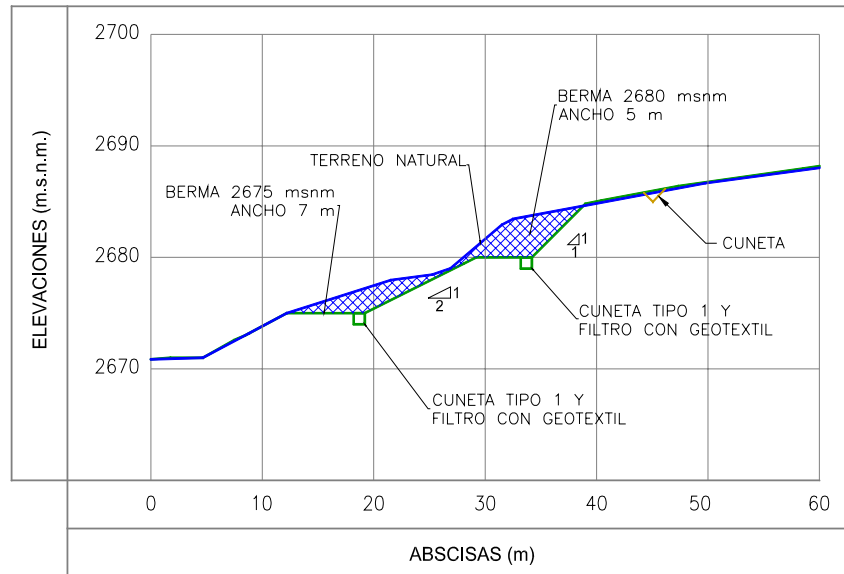
Los modelos de análisis con obras y medidas no estructurales reportan los siguientes resultados en la modelación de la estabilidad y sus memorias de cálculo se presentan en los Anexos F.9 y F.10, para la alternativa de obra y sección principal de análisis, así:

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**La Unión Sección 2 - 2' (Zona 1 Escarpe vial ladera abajo del colegio)**

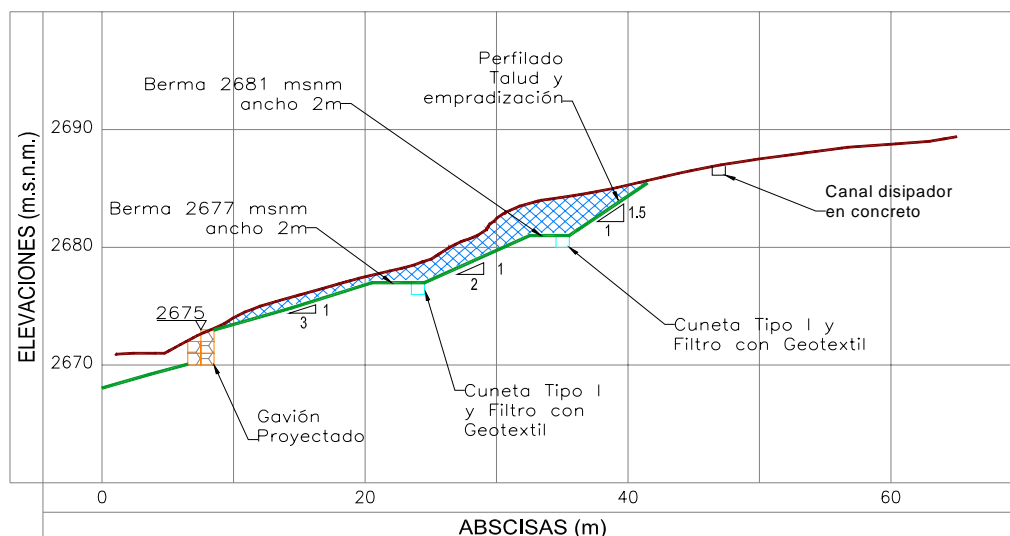
- **Alternativa 1:** Perfilado en suelo con berma 2675.0 msnm talud 1.0H:0.5V berma 2680 y descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis LU02F1 y LU02F2.

**Figura 19 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 1**



- **Alternativa 2:** Muro en gaviones de 3 m de altura seguido de una berma de 4 m de ancho y talud 1.0H:0.5V hasta la berma 2677 msnm de 4 m de ancho luego talud 1.0H:0.5V hasta la berma 2681 msnm y descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis LU02F3 y LU02F4.

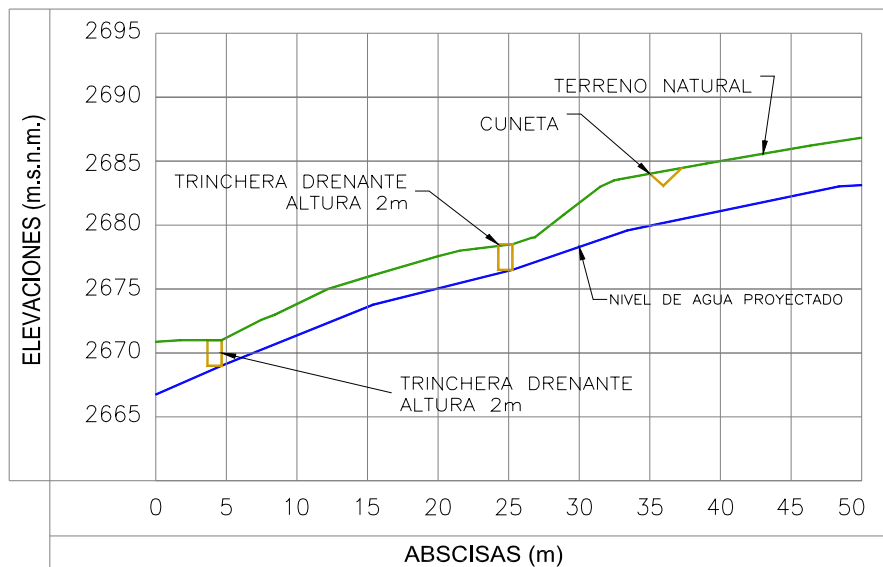
**Figura 20 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 2**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- **Alternativa 3:** Drenaje con cunetas y trincheras de 2.0 m. Modelo de análisis LU02F5.

**Figura 21 Sección 2 - 2 La Unión con obras alternativa 3**



- Para esta sección y todas las alternativas se considera obra común la localización, replanteo, zanja de coronación y cuneta por la vía.

La descripción de cada uno de los modelos realizados se presenta en la Tabla 33, los factores de seguridad reportados con cada alternativa de obra se presentan en la Tabla 34.

**Tabla 33 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad futura para el corregimiento de La Unión**

| MODELO | DESCRIPCIÓN  |
|--------|--|
| LU02F1 | Sección 2-2' alternativa 1 del corregimiento de La Unión para la condición futura, ubicado hacia el Sur del corregimiento, en el depósito coluvial Qcl.  |
| LU02F2 | Sección 2-2' en condición futura como superficie de análisis 2 de la alternativa 1, ubicado hacia el Sur del corregimiento en los taludes proyectados, considerando parte del deslizamiento activo Qd1.          |
| LU02F3 | Alternativa 2 para la sección 2-2' del corregimiento de La Unión, superficie de análisis rotacional en la berma 3H:1V en la parte superior del muro en gaviones proyectado, en el deslizamiento activo Qd1.      |
| LU02F4 | Sección 2-2' - alternativa 2 análisis del descabece 1H:1V del coluvión de la parte superior, ubicado hacia el Sur del corregimiento en los taludes y muro en gaviones.   |
| LU02F5 | Alternativa 3 para la sección 2-2' la cual consiste en drenaje con cunetas y trincheras drenantes de 2.0 m de altura.  |
| LU05F6 | Alternativa 1 de la sección 5-5' del corregimiento de La Unión para la condición futura de la superficie de análisis tipo rotacional, ubicado hacia el oriente del C.E.D.R. La Unión, en el flujo de tierra Qft. |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

| MODELO | DESCRIPCIÓN  |
|--------|--|
| LU05F7 | Alternativa 1 de la sección 5-5' del corregimiento de La Unión para la condición futura asumiendo falla del terreno en la parte superior del muro en gaviones proyectado                               |
| LU05F8 | Sección 5-5' alternativa 2 para la condición futura con superficie de análisis rotacional, ubicado hacia el oriente del C.E.D.R. La Unión, en el flujo de tierra $Q_{ft}$ , se considera solo drenaje. |

**Tabla 34 Factor de seguridad con obras en La Unión - Sección 2 - 2'**

| Código | Cohesión         | Fricción     | Agua | Sismo | LU02F1 | LU02F2 | LU02F3 | LU02F4 | LU02F5 |
|--------|------------------|--------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 2.82   | 3.47   | 2.34   | 3.23   | 3.12   |
| 02     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 2.30   | 2.77   | 2.30   | 2.58   | 2.55   |
| 03     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 2.03   | 2.69   | 2.26   | 2.49   | 2.65   |
| 04     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 1.57   | 1.99   | 1.84   | 1.84   | 2.08   |
| 05     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 1.98   | 1.89   | 1.18   | 1.87   | 1.57   |
| 06     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 1.63   | 1.52   | 1.16   | 1.51   | 1.29   |
| 07     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 1.39   | 1.44   | 1.14   | 1.42   | 1.32   |
| 08     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 1.09   | 1.07   | 1.04   | 1.06   | 1.04   |
| 09     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 2.82   | 3.47   | 2.34   | 3.23   | 3.12   |
| 10     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 2.30   | 2.77   | 2.30   | 2.58   | 2.55   |
| 11     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 2.03   | 2.69   | 2.26   | 2.49   | 2.65   |
| 12     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 1.57   | 1.99   | 1.84   | 1.84   | 2.08   |
| 13     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 1.98   | 1.89   | 1.18   | 1.87   | 1.57   |
| 14     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 1.63   | 1.52   | 1.16   | 1.51   | 1.29   |
| 15     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 1.39   | 1.44   | 1.14   | 1.42   | 1.32   |
| 16     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 1.09   | 1.07   | 1.04   | 1.06   | 1.04   |

Los factores de seguridad reportados con cada alternativa de obra en la sección 2-2' se presentan en la Tabla 34 donde se observa que la probabilidad de falla a 1 y 25 años es baja para todas las secciones con obra, estos resultados se presentan en el anexo F.5.

De manera especial se realiza un análisis en condiciones extremas de sismo=0.3g y agua con los parámetros promedio que son con los que se espera que se comporte el talud, obteniendo para cada una de las secciones factores de seguridad de: LU02F1=1.31, LU02F2=1.11, LU02F4=1.13, LU02F5=1.24.

No obstante el entorno geológico, geotécnico, hidrológico y sísmico establece un escenario restrictivo que hace que las obras, aún con un adecuado mantenimiento no puedan tener un periodo de servicio mayor a 25 años.

La estabilidad de los muros en gaviones se evaluó mediante la utilización del Software Gawac for Windows V1.0.1 (1997 Barros GCP Engenharia Brasil) teniendo como condición fija la presencia de agua y comparando los resultados debido a la existencia o no de sismo, estos resultados así como los parámetros de diseño y la memoria de cálculo se presentan en el Anexo F.9 y se resumen en la Tabla 35, los muros M2 y M3 tienen características geométricas similares por lo cual se realiza un diseño típico para estos.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

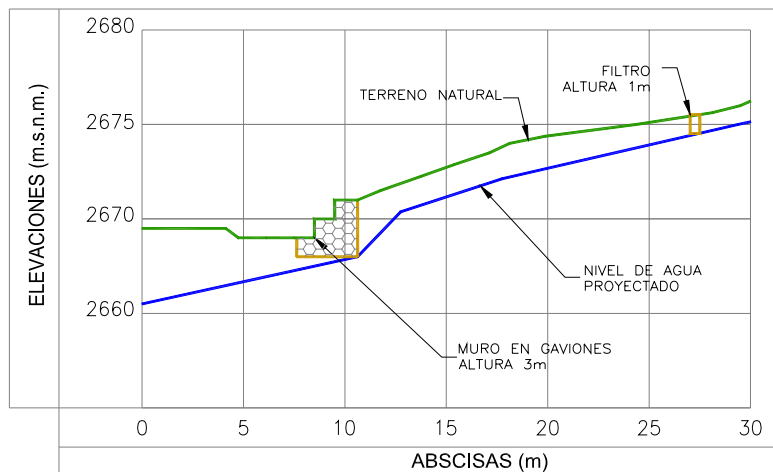
**Tabla 35 Resumen análisis de estabilidad local gaviones La Unión**

| Factor de Seguridad | Muro M1   |           | Muro M2 - M3 |           |
|---------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|
|                     | sin sismo | con sismo | sin sismo    | con sismo |
| Deslizamiento       | 2.03      | 1.43      | 2.3          | 1.48      |
| Vuelco              | 1.78      | 1.08      | 1.88         | 1.03      |
| Rotación            | 1.72      | 1.12      | 1.85         | 1.44      |

**La Unión Sección 5 - 5' (Zona 2 Zona de flujo adyacente al oriente del colegio)**

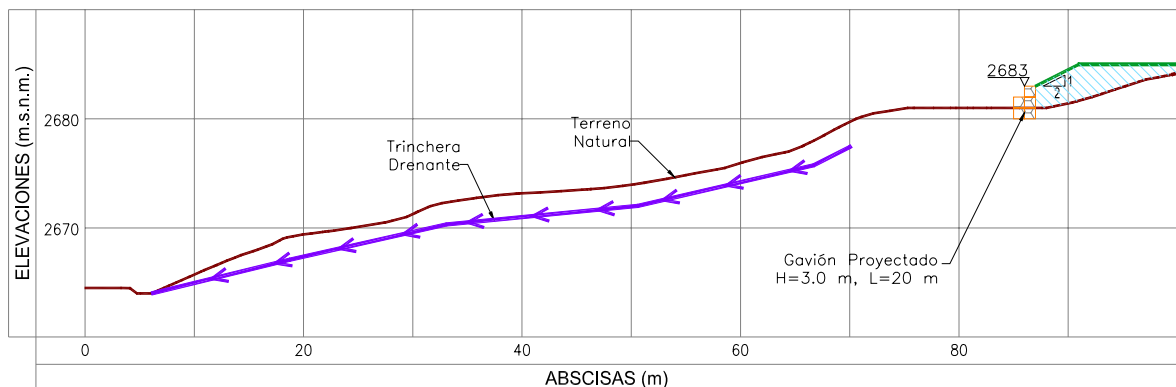
- **Alternativa 1:** Muro en gaviones de 3 m de altura y filtros drenantes de H=1.0 m. Modelos de análisis LU05F6 y LU05F7.

**Figura 22 Sección 5 - 5 La Unión con obras alternativa 1**



- **Alternativa 2:** Trincheras drenantes de H=2.0m y un muro en gaviones de 3 m de altura para contener el relleno 2H:1V hasta la berma 2685 msnm. Modelo de análisis LU05F8.

**Figura 23 Sección 5 - 5 La Unión con obras alternativa 2**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- Para esta sección y todas las alternativas se considera obra común la localización, replanteo, zanja de coronación y canal de descole.

Los factores de seguridad reportados con cada alternativa de obra se presentan en la Tabla 36. La probabilidad de falla a 1 y para 25 años es baja para todas las secciones analizadas, aunque debido a las condiciones restrictivas del entorno geológico, geotécnico, hidrológico y sísmico hacen que las obras no puedan tener un periodo de servicio mayor a 25 años.

**Tabla 36 Factor de seguridad con obras en La Unión - Sección 5 - 5'**

| Código | Cohesión         | Fricción         | Agua | Sismo | LU05F6 | LU05F7 | LU05F8 |
|--------|------------------|------------------|------|-------|--------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | No    | 3.51   | 4.33   | 4.22   |
| 02     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | No    | 2.86   | 3.44   | 3.48   |
| 03     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | No    | 2.64   | 3.38   | 3.09   |
| 04     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | No    | 1.99   | 2.50   | 2.35   |
| 05     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | Si    | 1.88   | 1.90   | 2.02   |
| 06     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | Si    | 1.54   | 1.52   | 1.68   |
| 07     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | No   | Si    | 1.40   | 1.47   | 1.46   |
| 08     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | No   | Si    | 1.06   | 1.09   | 1.12   |
| 09     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | No    | 3.39   | 4.15   | 4.22   |
| 10     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | No    | 2.78   | 3.32   | 3.48   |
| 11     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | No    | 2.52   | 3.21   | 3.09   |
| 12     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | No    | 1.91   | 2.38   | 2.35   |
| 13     | C <sub>max</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | Si    | 1.81   | 1.82   | 2.02   |
| 14     | C <sub>max</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | Si    | 1.33   | 1.46   | 1.68   |
| 15     | C <sub>min</sub> | φ <sub>max</sub> | W1   | Si    | 1.49   | 1.40   | 1.46   |
| 16     | C <sub>min</sub> | φ <sub>min</sub> | W1   | Si    | 1.02   | 1.04   | 1.12   |

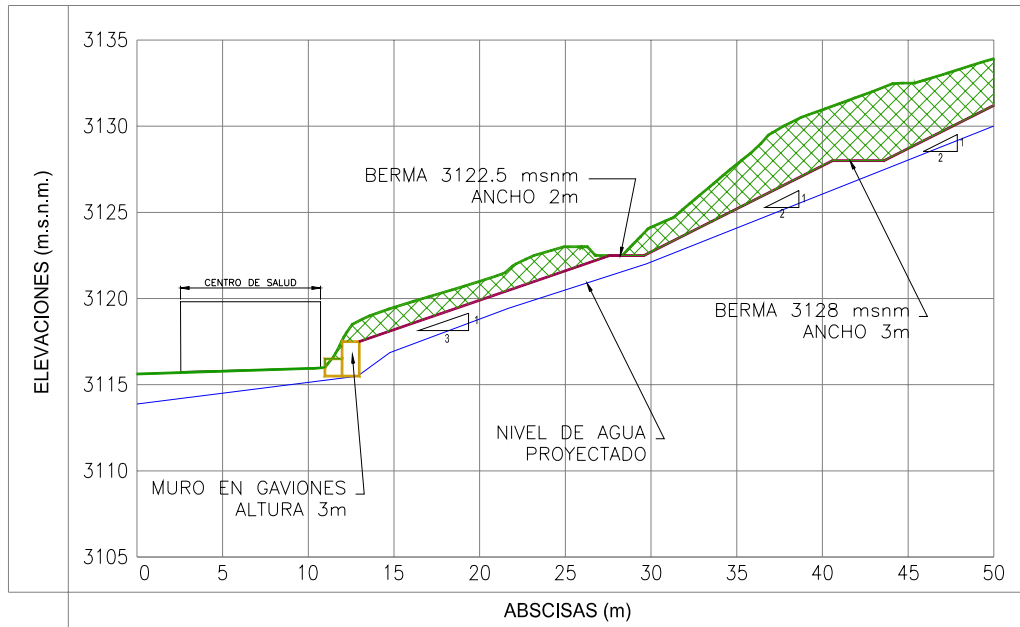
El sismo de diseño en estas condiciones para asegurar que no falle la obra en condiciones de parámetros promedio, con agua y sismo corresponde para estas secciones a: LU02F6=0.18g, LU02F7=0.18g, LU02F8=0.22g

**Betania Sección 2 - 2' (Zona 1 Deslizamiento en la parte posterior del Centro de Salud)**

- **Alternativa 1:** Muro en gaviones de 2 m de altura, con un talud 3.0H:1.0V hasta la berma 3122.5 de 2 m de ancho, luego un talud de 2.0H:1.0V hasta la berma 3128 msnm de 3 m de ancho con descabece 2.0H:1.0V. Modelos de análisis BE02F1 y BE02F2.

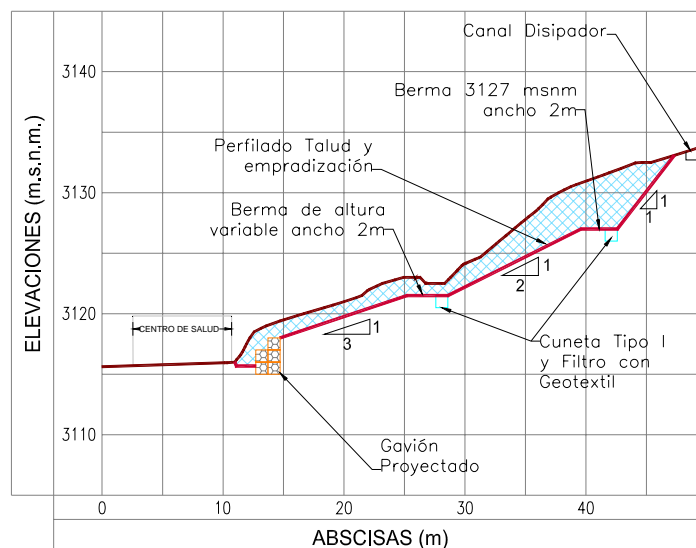
**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 24 Sección 2 - 2 Betania con obras alternativa 1**



- **Alternativa 2:** Muro en gaviones de 3 m de altura, con un talud 3.0H:1.0V hasta la berma 3121.5 de 2 m de ancho, luego un talud de 2.0H:1.0V hasta la berma 3126 msnm de 3 m de ancho con descabece 1.0H:1.0V. Modelos de análisis BE02F3 y BE02F4.

**Figura 25 Sección 2 - 2 Betania con obras alternativa 2**

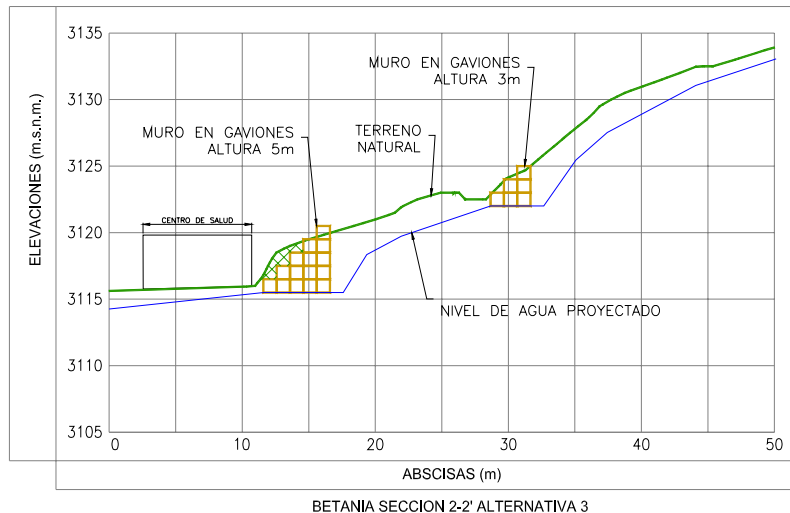




**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- **Alternativa 3:** Muro en gaviones de 4 m de altura cerca de la fachada anterior del centro de salud y muro en gaviones de 3 m de altura en el camino. Modelos de análisis BE02F5 y BE02F6.

**Figura 26 Sección 2 - 2 Betania con obras alternativa 3**



- Para esta sección y todas las alternativas se considera obra común la localización, replanteo y cuneta en la zona trasera del centro de salud.

La descripción de los modelos realizados se presenta en la Tabla 37, Los factores de seguridad reportados con cada alternativa de obra se presentan en la Tabla 38. La probabilidad de falla a 1 año es baja para todas las secciones con obra y para 25 años es baja. No obstante el entorno geológico, geotécnico, hidrológico y sísmico establece un escenario restrictivo que hace que las obras, aún con un adecuado mantenimiento no puedan tener un periodo de servicio mayor a 25 años.

**Tabla 37 Descripción de los modelos realizados en los análisis de estabilidad futura para el corregimiento de Betania**

| MODELO | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| BE02F1 | Análisis de la sección 2-2' alternativa 1 para la condición futura de la superficie de falla tipo translacional, corte 2H:1V de la parte superior en coluvion.  |
| BE02F2 | Modelo Sección 2-2' alternativa 1 para la condición futura de la superficie de análisis inferior cerca al muro en gaviones, de la parte inferior atrás del centro de salud, en el deslizamiento activo Qd1. |
| BE02F3 | Corte superior Sección 2-2' alternativa 1 para la condición futura de la superficie de análisis 3 parte superior, en el depósito coluvial Qcl.  |
| BE02F4 | Sección 2-2' alternativa 2, falla de tipo rotacional, ubicado cerca al centro de salud, en el deslizamiento activo Qd1.   |
| BE02F5 | Alternativa 3 para la Sección 2-2' en condiciones con obras, estabilidad global del muro en gaviones superior en el deslizamiento Qd3.  |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

| MODELO | DESCRIPCIÓN   |
|--------|---|
| BE02F6 | Alternativa 3 para la Sección 2-2' en condiciones con obras, estabilidad global del muro en gaviones inferior en el deslizamiento Qd1.    |
| BE07F7 | Modelo Sección 7-7' alternativa 1 con drenes subhorizontales de 20 m de longitud para la condición futura, del deslizamiento activo Qd2.  |
| BE07F8 | Análisis de la alternativa 3 de la Sección 7-7' consistente en trincheras drenantes de 2.0 m de altura, para el deslizamiento activo Qd2. |

**Tabla 38 Factor de seguridad con obras en Betania – Sección 2 - 2'**

| Código | Cohesión         | Fricción     | Agua | Sismo | BE02F1 | BE02F2 | BE02F3 | BE02F4 | BE02F5 | BE02F6 |
|--------|------------------|--------------|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 8.19   | 3.62   | 7.71   | 3.96   | 3.24   | 2.51   |
| 02     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 7.31   | 3.15   | 7.13   | 3.49   | 2.78   | 2.18   |
| 03     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 5.03   | 2.37   | 4.52   | 2.52   | 2.42   | 2.08   |
| 04     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 4.15   | 1.90   | 3.78   | 2.04   | 1.95   | 1.75   |
| 05     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 4.56   | 1.86   | 4.31   | 2.04   | 2.05   | 1.32   |
| 06     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 4.10   | 1.63   | 4.02   | 1.81   | 1.80   | 1.17   |
| 07     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 2.76   | 1.20   | 2.50   | 1.27   | 1.49   | 1.09   |
| 08     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 2.30   | 0.97   | 2.10   | 0.90   | 1.23   | 0.93   |
| 09     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 7.46   | 3.42   | 6.92   | 3.96   | 3.23   | 2.29   |
| 10     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 6.79   | 3.01   | 6.52   | 3.49   | 2.77   | 2.03   |
| 11     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 4.38   | 2.19   | 3.82   | 2.52   | 2.40   | 1.87   |
| 12     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 3.70   | 1.77   | 3.29   | 2.04   | 1.94   | 1.61   |
| 13     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 4.14   | 1.76   | 3.82   | 2.04   | 2.04   | 1.21   |
| 14     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 3.80   | 1.56   | 3.66   | 1.81   | 1.80   | 1.09   |
| 15     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 2.39   | 1.10   | 2.08   | 1.27   | 1.48   | 0.99   |
| 16     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 2.04   | 0.90   | 1.81   | 0.90   | 1.22   | 0.86   |

Dado que los casos con  $FS < 1.0$  se encuentran en la situación mas desfavorable posible que corresponden a parámetros de cohesión y ángulo de fricción mínimos, con agua y con sismo = 0.30 g, los cuales son poco probables que se encuentre en el mismo tiempo, por lo cual se consideró cada uno de los casos con los parámetros geomecánicos promedio, con sismo = 0.30g y el nivel de agua de diseño se obtienen para cada una de las secciones factores de seguridad de: BE02F2=1.29 , BE02F4=1.38 , BE02F9= 1.04, asegurando la estabilidad en todos los casos. Como consecuencia se encuentra que la probabilidad de falla genera amenaza baja de acuerdo con los resultados que se presentan en el Anexo F.7.

La estabilidad del muro en gaviones se evaluó mediante la utilización del Software Gawac for Windows V1.0.1 (1997 Barros GCP Engenharia Brasil) teniendo como condición fija la presencia de agua y comparando los resultados debido a la existencia o no de sismo, estos resultados así como los parámetros de diseño y la memoria de cálculo se presentan en el Anexo F.10 y se resumen en la Tabla 39.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

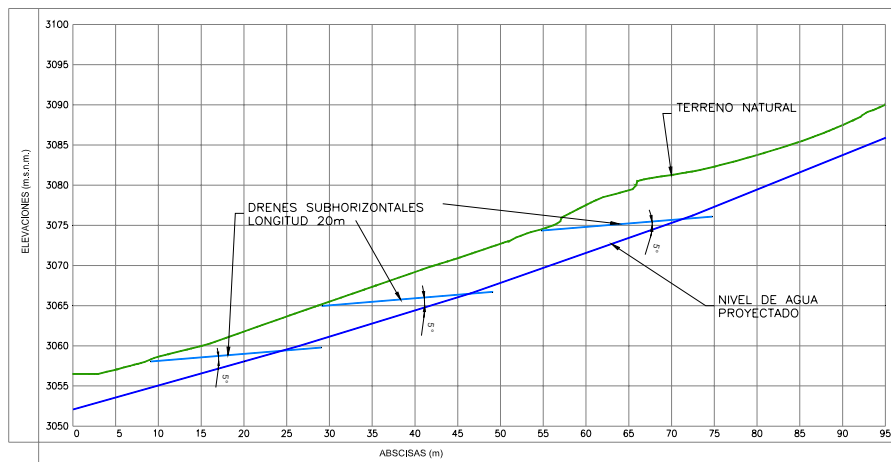
**Tabla 39 Resumen análisis de estabilidad local gaviones La Unión**

| Factor de Seguridad | Muro M1   |           |
|---------------------|-----------|-----------|
|                     | sin sismo | con sismo |
| Deslizamiento       | 13.19     | 7.68      |
| Vuelco              | 2.35      | 1.41      |
| Rotación            | 3.39      | 1.84      |

**Betania Sección 7 - 7' (Zona 2 Flujo en la parte sur del asentamiento)**

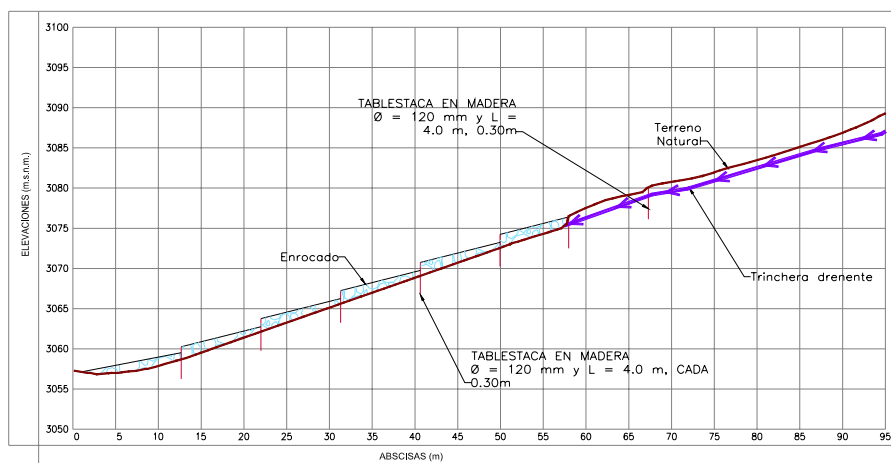
- **Alternativa 1:** Drenes sub horizontales de 20 m de longitud. Modelo de análisis BE02F7.

**Figura 27 Sección 7 - 7 Betania con obras alternativa 1**



- **Alternativa 2:** Trincheras drenantes en espina de pescado de 2 m de altura. Modelo de análisis LU05F8.

**Figura 28 Sección 7 - 7 Betania con obras alternativa 2**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

- Para esta sección y todas las alternativas se considera obra común el traslado de la red de alcantarillado en forma superficial con tubería flexible sobre marcos H, hincados en el terreno para asimilar posible deformaciones y detectar en forma inmediata fugas y roturas. Igualmente incluye la construcción del descole después de los tanques sobre el lomo resistente del terreno, con la construcción de una protección de la superficie de descole.

Los factores de seguridad reportados con cada alternativa de obra se presentan en la Tabla 40. La probabilidad de falla a 1 año es baja para todas las secciones con obra y para 25 años es baja. No obstante el entorno geológico, geotécnico, hidrológico y sísmico establece un escenario restrictivo que hace que las obras no puedan tener un periodo de servicio mayor a 25 años.

**Tabla 40 Factor de seguridad con obras en Betania – Sección 7 - 7'**

| Código | Cohesión         | Fricción     | Agua | Sismo | BE07F7 | BE07F8 |
|--------|------------------|--------------|------|-------|--------|--------|
| 01     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 2.88   | 2.87   |
| 02     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 2.20   | 2.18   |
| 03     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | No    | 2.39   | 2.39   |
| 04     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | No    | 1.71   | 1.71   |
| 05     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 1.49   | 1.50   |
| 06     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 1.15   | 1.16   |
| 07     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | No   | Si    | 1.22   | 1.24   |
| 08     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | No   | Si    | 0.88   | 0.89   |
| 09     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 2.88   | 2.63   |
| 10     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 2.20   | 2.01   |
| 11     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | No    | 2.39   | 2.18   |
| 12     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | No    | 1.71   | 1.56   |
| 13     | C <sub>max</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 1.49   | 1.37   |
| 14     | C <sub>max</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 1.15   | 1.06   |
| 15     | C <sub>min</sub> | $\phi_{max}$ | W1   | Si    | 1.22   | 1.13   |
| 16     | C <sub>min</sub> | $\phi_{min}$ | W1   | Si    | 0.88   | 0.81   |

Se consideró estos casos con los parámetros geomecánicos promedio, con sismo=0.30g y el nivel de agua de diseño obteniendo para cada una de las secciones factores de seguridad de: BE02F7= 1.18, BE02F8= 1.07, asegurando la estabilidad en todos los casos

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## CAPITULO 8

### AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

#### 8.1 AMENAZA

La amenaza es la probabilidad de que un fenómeno de origen natural o humano, potencialmente capaz de causar daño, se produzca en determinados momento y lugar y que afecte a una comunidad.

Para la evaluación de la Amenaza se utilizo la metodología general de Estimativos Puntuales de *Rosenblueth* (1975) la cual permite que conocidas las distribuciones estadísticas de los  $n$  parámetros  $X$  que intervienen en el problema y con los Factores de Seguridad (FS) para las  $2^n$  combinaciones posibles de los  $X$  parámetros.

Una vez calculados o estimados los parámetros efectivos de resistencia máximos y mínimos de cada material ( $\phi$  y  $c$ ) y a partir del coeficiente de correlación  $\rho_{tc} = -0,50$  (se recomienda asumirlo entre  $-0.5$  y  $0$ ) se calculan los factores de ponderación “ $p$ ” por aplicar a los factores de seguridad obtenidos para cada combinación de parámetros de resistencia, así:

$$p_{--} = p_{++} = (1 + \rho_{tc})/4$$

$$p_{-+} = p_{+-} = (1 - \rho_{tc})/4$$

Luego se establecen las condiciones que se pueden presentar, asociadas a la ocurrencia de eventos detonantes, lluvias (LI) y sismos (Eq). En la práctica, tales condiciones son cuatro, correspondientes a las combinaciones de ocurrencia o no de lluvias críticas y ocurrencia o no de sismos de diseño. Se selecciona el período de diseño de las obras TD y la lluvia y el sismo de diseño, con sus correspondientes períodos de retorno  $TR_{LI}$  y  $TR_{Eq}$ . A partir de éstos, se calcula la probabilidad de ocurrencia de estos eventos  $E$  durante el período de diseño, así:

$$P_{LI} = 1 - e^{-(TD/TR_{LI})}$$

$$P_{Eq} = 1 - e^{-(TD/TR_{Eq})}$$

Se hacen los análisis de estabilidad para cada condición. Puesto que se consideran cuatro posibles combinaciones de parámetros de resistencia, para cada condición se obtendrán 4 factores de seguridad

|        |                      |
|--------|----------------------|
| FS - - | con $\phi -$ y $c -$ |
| FS - + | con $\phi -$ y $c +$ |
| FS + - | con $\phi +$ y $c -$ |
| FS + + | con $\phi +$ y $c +$ |

Con los valores obtenidos de FS y los factores de ponderación “ $p$ ” se obtienen la esperanza del factor de seguridad  $E(FS) = FS_{prom}$  y la desviación estándar correspondiente  $S(FS)$ :

$$E(FS) = (p_{--})(FS_{--}) + (p_{-+})(FS_{-+}) + (p_{+-})(FS_{+-}) + (p_{++})(FS_{++})$$

$$E(FS^2) = (p_{--})(FS_{--}^2) + (p_{-+})(FS_{-+}^2) + (p_{+-})(FS_{+-}^2) + (p_{++})(FS_{++}^2)$$

$$S(FS) = [E(FS^2) - E(FS)^2]^{1/2}$$

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Con los cuales se obtiene la probabilidad de falla, para cada condición analizada (con lluvia y con sismo, sin lluvia y sin sismo, con lluvia y sin sismo, y sin lluvia y con sismo), utilizando para el efecto una distribución normal, logNormal y Weibull para el factor de seguridad FS.

Una vez analizadas todas las condiciones, se halla la probabilidad total de falla correspondiente  $P_{TF}$ , entendida como la sumatoria de las probabilidades de falla para cada condición afectadas por las probabilidades de ocurrencia o no ocurrencia de los eventos detonantes que corresponden a tal condición.

$$P_{TF} = [P_f/(LI)(Eq)] * [P(LI)(eq)] + [P_f(LL)(Eq)] * P(LI)(Eq) + [P_f(LI)(Eq)] * [P(LI)(Eq)] + [P_f/(LI)(Eq)] * [P(LI)(Eq)]$$

La cual se expresa como:

$$P_{TF} = P_{f_{LIEq}}(1 - P_{LI})(1 - P_{Eq}) + P_{f_{LIEq}}(1 - P_{LI})(P_{Eq}) + P_{f_{LIEq}}(P_{LI})(1 - P_{Eq}) + P_{f_{LIEq}}(P_{LI})(P_{Eq})$$

Con lo cual resultan 16 análisis de estabilidad para cada estado del talud ya sea el estado con obras para la combinación de los parámetros de resistencia mínimos y máximos, con los factores detonantes lluvia y sismo (casos 1 a 16).

Se asocian posiciones del nivel del agua freática para las condiciones extremas generadas por la lluvia, es decir sin ella y coincidiendo con la superficie del terreno. No obstante se calcularon otros 8 análisis de estabilidad para la posición del nivel del agua freática encontrada en la investigación del subsuelo (casos 17 a 24).

Para la distribución de Factores de Seguridad se utilizan las distribuciones Normal, LogNormal y Weibull uniparamétrica (González 1992)

Dado que teóricamente  $FS \geq 0$ , parece más lógico emplear la distribución lognormal, en la cual todos los cálculos estadísticos se hacen con el logaritmo natural de FS ( $\ln FS$ ) en vez de con FS.

Para las distribuciones tanto normal como lognormal, es necesario calcular el parámetro  $Z_n$ :

$$Z_n = (1 - FS_{prom}) / S(FS) \text{ en el caso de la distribución Normal}$$

$$Z_{ln} = -(\ln FS_{prom}) / S(\ln FS) \text{ en el caso de la distribución lognormal}$$

Luego se calcula la función aproximada de distribución normal para  $Z =$  valor absoluto de  $Z_n$ :

$$g(Z) = 0.5 * (1 + 0.049867347 * Z + 0.0211410061 * Z^2 + 0.0032776263 * Z^3 + 0.0000380036 * Z^4 + 0.0000488906 * Z^5 + 0.000005383 * Z^6)^{-16}$$

Y se calcula la probabilidad de falla como

$$\text{Si } FS_{prom} \geq 1.0, P_f = g(Z)$$

$$\text{Si } FS_{prom} < 1.0, P_f = 1.0 - g(Z)$$

Para el caso de la distribución de Weibull uniparamétrica la probabilidad de falla viene dada por:

$$P_f = (0.5)^{[FS^K]}$$

$K =$  factor de Weibull unimodal función del coeficiente de variación de FS,  $C_v = S(FS) / FS_{prom}$

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

$$K = 1.728542701 + 1.2482105159/(Cv) + 1.0579369639/(Cv^{0.5}) - 3.0396416438/(Cv^{0.25})$$

Para el mismo caso de promedio y desviación estándar de FS, la distribución lognormal da valores superiores de P f que la distribución normal, mientras que la distribución Weibull resulta Distribuciones del Factor de Seguridad en valores menores de Pf que las otras dos.

En las condiciones actuales por los factores de seguridad y la probabilidad de falla a 1 y 25 años, se registran valores que se asocian a una condición de amenaza por procesos de movimientos en masa media y baja (ver Tabla 41 y Tabla 42).

**Tabla 41 Resumen factores de seguridad y esperanzas la unión sin obras La Unión**

| SECCIÓN             | LU01A1  | LU02A1  | LU03A1  | LU04A1  | LU05A1  | LU06A1  | LU07A1  |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| LOGNORMAL (1 año)   | 0.0037  | 0.0072  | 0.0003  | 0.0062  | 0.0057  | 0.0011  | 0.0074  |
| NORMAL (1 año)      | 0.0068  | 0.0092  | 0.0010  | 0.0098  | 0.0077  | 0.0041  | 0.0116  |
| WEIBULL (1año)      | 0.0002  | 0.0011  | 0.0001  | 0.0007  | 0.0012  | 0.0001  | 0.0013  |
| LOGNORMAL (25 años) | 0.05506 | 0.10032 | 0.02930 | 0.07287 | 0.08933 | 0.03062 | 0.09683 |
| NORMAL (25 años)    | 0.0740  | 0.1143  | 0.0335  | 0.0944  | 0.1026  | 0.0465  | 0.1123  |
| WEIBULL (25años)    | 0.0231  | 0.0469  | 0.0265  | 0.0225  | 0.0499  | 0.0195  | 0.0444  |
| AMENAZA (1 año)     | BAJA    | BAJA    | BAJA    | BAJA    | BAJA    | BAJA    | BAJA    |
| AMENAZA (25 años)   | MEDIA   | MEDIA   | BAJA    | MEDIA   | MEDIA   | MEDIA   | MEDIA   |

**Tabla 42 Resumen factores de seguridad y esperanzas la unión sin obras Betania**

| SECCIÓN             | BE01A1 | BE01A2 | BE02A1 | BE02A2 | BE03A1 | BE04A1 | BE05A1 | BE06A1 | BE07A1 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| LOGNORMAL (1 año)   | 0.0008 | 0.0001 | 0.0110 | 0.0118 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0021 | 0.0061 |
| NORMAL (1 año)      | 0.0037 | 0.0002 | 0.0177 | 0.0139 | 0.0004 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0190 | 0.0083 |
| WEIBULL (1año)      | 0.0000 | 0.0001 | 0.0034 | 0.0040 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0009 |
| LOGNORMAL (25 años) | 0.0201 | 0.0332 | 0.1316 | 0.1375 | 0.0006 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0218 | 0.0960 |
| NORMAL (25 años)    | 0.0370 | 0.0327 | 0.1434 | 0.1437 | 0.0042 | 0.0044 | 0.0066 | 0.0540 | 0.1081 |
| WEIBULL (25años)    | 0.0095 | 0.0320 | 0.0638 | 0.0629 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0037 | 0.0482 |
| AMENAZA (1 año)     | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   |
| AMENAZA (25 años)   | BAJA   | BAJA   | MEDIA  | MEDIA  | BAJA   | BAJA   | BAJA   | MEDIA  | MEDIA  |
| SECCIÓN             | BE07A2 | BE08A1 | BE09A1 | BE10A1 | BE11A1 | BE11A2 | BE11A3 | BE11A4 |        |
| LOGNORMAL (1 año)   | 0.0041 | 0.0045 | 0.0031 | 0.0013 | 0.0027 | 0.0000 | 0.0034 | 0.0184 |        |
| NORMAL (1 año)      | 0.0064 | 0.0133 | 0.0210 | 0.0050 | 0.0066 | 0.0043 | 0.0088 | 0.0356 |        |
| WEIBULL (1año)      | 0.0005 | 0.0004 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0050 |        |
| LOGNORMAL (25 años) | 0.0778 | 0.0573 | 0.0289 | 0.0210 | 0.0458 | 0.0002 | 0.0544 | 0.1412 |        |
| NORMAL (25 años)    | 0.0918 | 0.0790 | 0.0604 | 0.0431 | 0.0612 | 0.0094 | 0.0689 | 0.1444 |        |
| WEIBULL (25años)    | 0.0439 | 0.0209 | 0.0057 | 0.0052 | 0.0208 | 0.0000 | 0.0271 | 0.0652 |        |
| AMENAZA (1 año)     | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   | BAJA   |        |
| AMENAZA (25 años)   | MEDIA  | MEDIA  | MEDIA  | MEDIA  | MEDIA  | BAJA   | MEDIA  | MEDIA  |        |

Para ambos corregimientos prima la categoría de amenaza por movimientos en masa en la categoría media en la mayoría de las secciones o modelos de análisis a 25 años, en el escenario sin obras o medidas de mitigación.

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

En los Anexos G.5 y G.6 se presenta el escenario de zonificación de amenaza por procesos de movimientos en masa a 25 años para los corregimientos La Unión y Betania, encontrado que para en alrededor del flujo de La Unión aparecería una categoría de amenaza media, mientras que el resto de esta zona de estudio permanecerá con las obras de mitigación en una condición de amenaza baja. La totalidad del área del corregimiento Betania se encontrará con obras en una categoría de amenaza baja.

Para Betania se hizo la zonificación de la categoría de amenaza baja en tres subdivisiones, de acuerdo con los términos de referencia. La amenaza baja - baja coincide en el sector occidental donde afloran los suelos residuales, mientras que la zona de amenaza baja – alta está asociada a la situación de suelos transportados llenando depresiones del terreno. El resto del área de estudio de coluviones tiene categoría de amenaza baja – media.

### **8.2 VULNERABILIDAD**

De acuerdo con la descripción de las viviendas la categoría de vulnerabilidad estructural de las viviendas ante sollicitaciones debidas de desplazamientos horizontales y verticales por procesos de movimientos en masa, es alta por tener sistemas estructurales de mampostería simple o no confinada y las precarias condiciones de cimentación, con contadas excepciones de unidades de vivienda en material de recuperación y mampostería confinada.

Lo anterior es confirmado con los reportes de daños de las viviendas adyacentes a los polideportivos en ambos corregimientos, que al momento de la construcción fueron afectadas por las excavaciones locales para la cimentación de las estructuras y sus obras de contención. Por lo anterior se deben establecer procedimientos de construcción de las obras de mitigación que minimicen el desconfinamiento de los taludes y cimentaciones de viviendas vecinas, así como incluir obras de drenaje temporal para evitar la generación de daños en las casas y obras de infraestructura.

### **8.3 RIESGO**

En consecuencia la calificación del riesgo por procesos de movimientos en masa de los corregimientos es media a alta en las condiciones actuales, pero con la implementación de las obras de mitigación se propende por garantizar que prevalezca una condición de riesgo medio. No obstante el riesgo es dinámico y debe informarse sobre cualquier situación que pueda comprometer la estabilidad del terreno y la habitabilidad de las viviendas.



DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

## CAPITULO 9

### ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

#### 9.1 CRITERIOS Y MÉTODO APLICADO

Con base en los análisis geotécnicos y teniendo en cuenta la necesidad de mitigar los procesos de movimiento en masa, se plantearon las diferentes alternativas de obras de mitigación para seleccionar la combinación óptima de ellas (de acuerdo con los aspectos técnicos que definan que sean o no excluyentes). Las consideraciones que se tuvieron presentes en la escogencia de las obras y medidas de mitigación fueron técnicas, ambientales, sociales y económicas.

**Consideraciones técnicas:** Se evalúan adecuaciones e intervenciones para cada alternativa de estabilización, anticipando los efectos sobre la infraestructura y la comunidad de los corregimientos, para minimizar los daños que se puedan generar a causa de los procesos de inestabilidad geotécnica y erosión.

**Consideraciones ambientales:** El impacto ambiental de la medida de estabilización o mitigación propuesta está dado en función de la utilidad ambiental general de la obra y su eficacia. La alternativa seleccionada debe mitigar los procesos de degradación de taludes, minimizando los cambios morfométricos y paisajísticos (escena color, rugosidad y forma).

**Consideraciones sociales:** En el análisis de alternativas se debe ponderar el beneficio de la comunidad y las relaciones comunidad – proyecto – factores y medios productivos. La influencia antrópica sobre la zona de estudio dada por las actividades agropecuarias que adelanta la comunidad, generando cambios en la morfología y patrón de drenaje. En general todas las alternativas tienen una misma favorabilidad social.

**Consideraciones económicas:** Las consideraciones económicas se definen en instancias de proyecto como inversión inicial o costo de la obra de mitigación, operación como costo de mantenimiento y costo del riesgo.

El costo de la obra se debe entender como el costo que representaría la construcción de las obras de estabilización, protección y control.

El costo de mantenimiento está dado en función de su periodicidad, es decir que tan frecuentes serían los mantenimientos para el correcto funcionamiento de las obras construidas.

Finalmente el costo del riesgo se define en función de la probabilidad de falla de obras de estabilización protección y control, o valor de las pérdidas como un porcentaje del costo de la obra únicamente, aunque podrían incluirse aspectos funcionales y de pérdidas humanas.

El modelo de decisión probabilístico es un mecanismo de decisión para la selección de alternativas de obras y medidas no estructurales de mitigación de riesgo por procesos de movimientos en masa, teniendo en cuenta la probabilidad de falla y el costo de la solución basados en un análisis comparativo utilizando un árbol de decisión hipotético. Finalmente se incluye para diferenciar la mejor alternativa cuando el intervalo de decisión es cerrado, que se asimile una relación beneficio – costo incluyendo el riesgo asumido por el factor de seguridad encontrado, escogiendo la menor relación.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

La definición de riesgo esperado es la dada por Wu et al (1996), como la amenaza o probabilidad de una falla por la consecuencia o costo de la misma. El costo de la falla se consideró como el producto del índice de daño del elemento expuesto por el valor inicial de la alternativa o costo inicial de la alternativa, más la atención de la emergencia, reubicación, obras de contingencia, más un costo social y administrativo no ponderable pero que también se genera. Así el costo de la falla se estimó como 2.0 veces el costo de la alternativa. El caso de no falla se incrementó el costo de la obra por un 15% a causa del mantenimiento.

Para el caso de reubicación total se asume el costo como el valor comercial de los predios, pero en la práctica no es factible por el nivel de arraigo de la comunidad en la localidad Sumapaz y que no existen zonas de expansión dentro de los mismos corregimientos donde iniciar un proceso de reasentamiento, en condiciones de amenaza baja por cualquier fenómeno natural.

## 9.2 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

### 9.2.1 Elusión del problema

Esta solución considera la búsqueda de retirar la infraestructura y la comunidad localizada en la zona de influencia de los sitios inestables para evitar exposición a la amenaza. No obstante el problema de inestabilidad queda allí.

### 9.2.2 Solución geométrica

Esta solución pretende mejorar la geometría del terreno actual mediante el movimiento de tierras requerido para garantizar la estabilidad a mediano plazo en los corregimientos La Unión y Betania, con énfasis en las construcciones escolares que se pretenden beneficiar.

### 9.2.3 Contención

Esta solución modifica parcialmente la geometría actual del terreno, estableciendo o restituyendo el confinamiento del terreno mediante la implementación de una estructura de contención. En general se prefieren las obras de tipo flexible como los muros en gaviones para los cuales se utilizará el software Gawacwin V1.0.1 año 1999.

### 9.2.4 Drenaje y reforestación

Este esquema de solución se considera en forma necesaria y complementaria a cualquiera de las anteriores alternativas planteadas. El drenaje busca recolectar y transportar las aguas lluvias, de escorrentía y de infiltración en todos los sitios, con lo cual se modifican las condiciones del suelo, propendiendo por el mejoramiento de las fuerzas resistentes de los materiales en términos de resistencia al corte. Por otra parte la reforestación provee un tratamiento superficial al terreno y genera una franja de protección ambiental y de amortiguamiento, mediante la empradización, colocación de barreras vivas, trinchos en madera.

## 9.3 PROBABILIDAD DE FALLA Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE ALTERNATIVAS

La Unión Zona 1 Escarpe vial ladera abajo del colegio (Sección 2 - 2)

### □ Alternativa 1 Reconfiguración y drenaje

Pf Normal 25 años = 1.6 %

Costo (millones de pesos) \$107.6 a costo directo

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Alternativa 2 Contención, reconformación y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.6 %

Costo (millones de pesos) \$195.9 a costo directo

**Alternativa 3 Subdrenaje y drenaje**

Pf Normal 25 años = 0.7 %

Costo (millones de pesos) \$274.9 a costo directo

**La Unión Zona 2 Zona de flujo adyacente al oriente del colegio (Sección 5 – 5)**

**Alternativa 1 Contención y drenaje**

Pf Normal 25 años = 5.0 %

Costo (millones de pesos) \$28.5 a costo directo

**Alternativa 2 Subdrenaje y drenaje**

Pf Normal 25 años = 4.4 %

Costo (millones de pesos) \$75.8 a costo directo

**Betania Zona 1 Deslizamiento en la parte posterior del Centro de Salud (Sección 2 – 2)**

**Alternativa 1 Reconformación mayor, contención moderada y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.4 %

Costo (millones de pesos) \$148.5 a costo directo

**Alternativa 2 Contención intermedia, reconformación intermedia y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.0 %

Costo (millones de pesos) \$ 210.2 a costo directo

**Alternativa 3 Contención mayor, reconformación moderada y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.9 %

Costo (millones de pesos) \$214.3 a costo directo

**Betania Zona 2 Flujo en la parte sur del asentamiento (Sección 7 – 7)**

**Alternativa 1 Drenes horizontales, traslado red de alcantarillado y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.1 %

Costo (millones de pesos) \$107.6 a costo directo

**Alternativa 2 Trincheras drenantes, traslado red de alcantarillado y drenaje**

Pf Normal 25 años = 1.7 %

Costo (millones de pesos) \$32.0 a costo directo

## 9.4 ÁRBOL DE DECISIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

Con los criterios anteriores y teniendo en cuenta una relación beneficio – costo en términos del factor de seguridad obtenido con la superficie de agua W1, parámetros de resistencia máximos. Para La Unión el árbol de decisión se presenta en la Figura 22 y para Betania en la Figura 23.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 29** Árbol de decisión de alternativas de obras de mitigación La Unión

| LA UNIÓN - ZONA I |          | ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS |                    |                     |                     |                     | BENE |
|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                   |          | PROB. MAX %                 | COSTO DE OBRA mill | COSTO DE FALLA mill | COSTO ESPERADO mill | RIESGO ASUMIDO mill | FS   |
| ALTERNATIVA 1     | FALLA    | 1.6                         | \$ 204.7           | \$ 409.40           | \$ 117.9            | \$ 117.9            | 1.50 |
|                   | NO FALLA | 98.4                        | \$ 204.7           | \$ 113.16           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 2     | FALLA    | 1.6                         | \$ 405.9           | \$ 811.76           | \$ 124.3            | \$ 124.3            | 1.77 |
|                   | NO FALLA | 98.4                        | \$ 405.9           | \$ 113.16           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 3     | FALLA    | 0.7                         | \$ 210.0           | \$ 419.98           | \$ 116.3            | \$ 116.3            | 1.57 |
|                   | NO FALLA | 99.3                        | \$ 210.0           | \$ 114.20           |                     |                     |      |

| LA UNIÓN - ZONA II |          | ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS |                    |                     |                     |                     | BENE |
|--------------------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                    |          | PROB. MAX %                 | COSTO DE OBRA mill | COSTO DE FALLA mill | COSTO ESPERADO mill | RIESGO ASUMIDO mill | FS   |
| ALTERNATIVA 1      | FALLA    | 5.0                         | \$ 46.4            | \$ 92.80            | \$ 108.4            | \$ 108.4            | 1.06 |
|                    | NO FALLA | 95.0                        | \$ 46.4            | \$ 109.25           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 2      | FALLA    | 4.4                         | \$ 127.9           | \$ 255.80           | \$ 116.4            | \$ 116.4            | 1.13 |
|                    | NO FALLA | 95.6                        | \$ 127.9           | \$ 109.94           |                     |                     |      |

**Figura 30** Árbol de decisión de alternativas de obras de mitigación Betania

| BETANIA - ZONA I |          | ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS |                    |                     |                     |                     | BENE |
|------------------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                  |          | PROB. MAX %                 | COSTO DE OBRA mill | COSTO DE FALLA mill | COSTO ESPERADO mill | RIESGO ASUMIDO mill | FS   |
| ALTERNATIVA 1    | FALLA    | 1.4                         | \$ 169.3           | \$ 338.60           | \$ 116.5            | \$ 116.5            | 1.76 |
|                  | NO FALLA | 98.6                        | \$ 169.3           | \$ 113.39           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 2    | FALLA    | 1.0                         | \$ 134.5           | \$ 269.00           | \$ 115.4            | \$ 115.4            | 2.04 |
|                  | NO FALLA | 99.0                        | \$ 134.5           | \$ 113.85           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 3    | FALLA    | 1.9                         | \$ 262.9           | \$ 525.80           | \$ 120.7            | \$ 120.7            | 1.21 |
|                  | NO FALLA | 98.1                        | \$ 262.9           | \$ 112.82           |                     |                     |      |

| BETANIA - ZONA II |          | ARBOL DE DECISIÓN A 25 AÑOS |                    |                     |                     |                     | BENE |
|-------------------|----------|-----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                   |          | PROB. MAX %                 | COSTO DE OBRA mill | COSTO DE FALLA mill | COSTO ESPERADO mill | RIESGO ASUMIDO mill | FS   |
| ALTERNATIVA 1     | FALLA    | 1.1                         | \$ 158.4           | \$ 316.80           | \$ 116.0            | \$ 116.0            | 1.37 |
|                   | NO FALLA | 98.9                        | \$ 158.4           | \$ 113.74           |                     |                     |      |
| ALTERNATIVA 2     | FALLA    | 1.7                         | \$ 169.5           | \$ 339.00           | \$ 116.9            | \$ 116.9            | 1.49 |
|                   | NO FALLA | 98.3                        | \$ 169.5           | \$ 113.05           |                     |                     |      |

## **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

De acuerdo con los análisis anteriores las alternativas recomendadas por sectores y para cada uno de los corregimientos son las siguientes:

- La Unión Zona 1 - Alternativa 2
- La Unión Zona 2 - Alternativa 2
- Betania Zona 1 - Alternativa 2
- Betania Zona 2 - Alternativa 2

### **9.5 AMENAZA CON OBRAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PLAN DE ACCIÓN RECOMENDADO**

Para el alcance de **DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS, DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y 2 Y LA UNIÓN DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D. C.**, los términos de referencia solicitan únicamente realizar los análisis de amenaza por procesos de movimientos en masa con medidas de mitigación, que incluyen las acciones estructurales y no estructurales de la alternativa seleccionada como óptima técnica, social, económica y ambientalmente.

La probabilidad de falla para 25 años asociada a la categoría de amenaza alta esta definida entre 100 y 41%, en la categoría media entre 41 y 4% y para la categoría baja menor al 4%. No obstante y como se verá mas adelante, se sub dividió esta última categoría en amenaza baja alta entre 4.0 y 1.1%, baja media entre 1.1 y 0.13% y baja - baja menor de 0.13%.

Los planos de amenaza por movimientos en masa con obras de mitigación se presentan en el Anexo respectivo, encontrando que para 25 años en el corregimiento La Unión la Zona 2 tendrá una categoría media mientras que el resto del área de estudio será baja.

Para el corregimiento Betania se determinó para toda el área de estudio una categoría baja. No obstante se estableció en la Zona I, la Zona II y los canales naturales de drenaje relleno con suelos transportados la categoría de amenaza baja alta, mientras que el extremo sur donde se exponen los suelos residuales tienen la categoría de amenaza baja - baja. El resto del área de estudio tiene una categoría de amenaza baja media.

El plan de acción recomendado para el corregimiento La Unión es realizar la totalidad de las obras. No obstante ante la necesidad de priorizar las intervenciones de cada sector teniendo en cuenta criterios de viabilidad financiera, se recomienda implementar las obras de la Zona 2.

De la misma manera y con los mismos criterios el plan de acción recomendado para el corregimiento Betania, se recomienda implementar ambas zonas debido a que la potencial afectación del centro de salud está definida por un deslizamiento activo y que es necesario aislar la parte sur donde se presenta el desplazamiento de la red de alcantarillado, pronunciando los procesos de movimientos en masa.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **CAPITULO 10**

### **DISEÑO DETALLADO DE OBRAS Y MEDIDAS NO ESTRUCTURALES**

#### **10.1 INTRODUCCIÓN**

El objeto del diseño detallado de obras y medidas no estructurales para los corregimientos de La Unión y Betania, es la mitigación de los riesgos por procesos de movimientos en masa, entendidas como el conjunto de acciones de gestión e inversión que buscan disminuir los niveles de riesgo existentes o eliminar los factores que los generan.

#### **10.2 ASPECTOS DE DISEÑO**

En la Zona 1 del corregimiento de La Unión se encuentra un deslizamiento activo producido por la pérdida de confinamiento efectuado por la construcción de la vía, donde la masa deslizada se modeló en condiciones actuales con un  $FS=1.0$  involucrando la falla. Como medida de mitigación se planteó la construcción de una estructura de contención en gaviones de 3 m de altura del cual se verificó su estabilidad interna y local con el Software Gawac encontrando  $FS>1.0$  para las diferentes condiciones de estabilidad como vuelco, deslizamiento y rotación global con sismo y sin sismo (ver Anexo F.9). Con el fin de reducir las fuerzas actuantes se planteó la reconfiguración del talud con una inclinación inicial de 3H:1V hasta la cota 2677 msnm seguida de un corte 2H:1V de 4.0 m de altura hasta la cota 2681 msnm con un ancho de 2.0 m y un descabece 1H:1.5V, para el manejo del agua superficial se propone la construcción de cunetas tipo I y canales disipadores en concreto y para el manejo del agua subsuperficial se considera la construcción de filtros drenantes de 1.0 x 1.0 m bajo las cunetas con su respectiva tubería perforada y geotextil (ver plano 6). La probabilidad de falla en estas condiciones es máximo del 1.6% catalogando la zona como de amenaza baja con obras.

Para el flujo de tierra en la sección 5-5' y el deslizamiento de la zona 2 se propone la construcción de trincheras drenantes de 2.0 m de altura y 1.0 de base con el fin de abatir el nivel freático hasta esa profundidad, los resultados de los análisis de estabilidad de la sección 5-5' arrojan una probabilidad de falla con las obras propuestas cercana al 5% catalogándola como de amenaza media. La construcción se propone con un corte 1H:2V con una altura máxima de 2.0 m donde debe dejarse una berma de por lo menos 2.0 m de ancho para continuar con el corte 1H:2V.

Para confinar los cimientos del comedor se propone la construcción de un muro en gaviones en forma de "L" relleno con materiales provenientes de la excavación de la zona del deslizamiento, cuyo material debe ser seleccionado y colocado en capas uniformes que se extenderán sucesivamente en todo el ancho, y deberán extenderse de forma tal que mantengan una superficie aproximadamente horizontal, no deberá tener más de 20 cm de espesor una vez compactada, y la compactación de cada capa será mínimo del 90% de la densidad proctor modificado de acuerdo con AASHTO T-180 método D. Las últimas dos (2) capas de terraplén (0.40 m.), serán compactas al 95% de la densidad AASHTO.

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

Para la zona 1 del corregimiento de Betania que corresponde al centro de salud se propone la construcción de un muro en gaviones de 3.0 m de altura a 2.0 m de la fachada de las edificaciones del cual se verificó su estabilidad interna y local con el Software Gawac encontrando  $FS > 1.0$  para las todas las diferentes condiciones de estabilidad como vuelco, deslizamiento y rotación global con sismo y sin sismo (ver Anexo F.10). Se planteó la reconformación del talud con una inclinación inicial de 3H:1V hasta la rasante del camino proyectado en la sección 1-1' del plano 6, posteriormente se recomienda un corte 2H:1V hasta la cota 3127 msnm con una berma de 2.0 m de ancho y un descabece 1H:1V en el material tipo coluvion, para el manejo del agua superficial se propone la construcción de cunetas tipo III y canales disipadores escalonados en concreto y para el manejo del agua subsuperficial se considera la construcción de filtros drenantes de 1.0 x 1.0 m bajo las cunetas con su respectiva tubería y geotextil (ver plano 6). La probabilidad de falla en estas condiciones no supera el 2.0% por lo cual se cataloga como zona de amenaza baja con obras.

La zona 2 del corregimiento de Betania es la zona con mayor complejidad constructiva. Las obras diseñadas tienen como función principal disminuir la vulnerabilidad al controlar el área que amenaza las viviendas. Para lograrlo, de las alternativas planteadas se escogió la alternativa 2 la cual corresponde a manejo del drenaje y protección de la zona activa. La complejidad de las obras se basa en el riesgo que conlleva la maniobrabilidad de la maquinaria sobre una superficie movilizadora, y dispuesta en una pendiente considerable.

El esquema de las obras en la Zona 2 del corregimiento Betania tiene varios componentes, como son los diversos sistemas de tablestacas; Madera, Metálicas y Marcos "H" los cuales se describen a continuación.

- Las tablestacas en madera se consideraron para contener el relleno del material drenante del fondo del canal natural de drenaje, en forma escalonada con el fin de reducir la pendiente y proporcionar confinamiento a los costados del citado canal, la tablestaca se diseñó con un voladizo de 1.5 m de largo el cual contendría el enrocado de relleno, la longitud requerida para resistir los empujes es de 4.0 m, la separación entre tablestacas es de 30 cm, detrás de las cuales debe colocarse tablas en ordinario de 2.5 cm de ancho a todo lo largo de la fila de tablestaca. Igualmente se consideran trincheras drenantes de 2 m de ancho y 1.0 m de altura que se conectan al relleno del material drenante del fondo del canal natural. En la parte superior cercana al colegio se propone la construcción de filtros los cuales entregan a la trinchera descrita anteriormente.
- Las tablestacas metálicas sirven de medida de confinamiento de la zona de los tanques de concreto existentes, la longitud requerida para contener los empujes provocados es de 4.50 m considerando un tubo de  $\phi=193$  mm y  $e=8.3$  mm el cual tiene un momento resistente de  $110\text{cm}^3$ , estas tablestacas deben estar separados 1.0 m centro a centro y en la parte superior deben soldarse un tubo de iguales características.
- Los Marcos "H" se propusieron con el fin establecer un sistema flexible de conducción de la tubería con las aguas residuales en caso de existencia de movimientos superficiales del terreno que asimilen pequeños desplazamientos además de tener la tubería siempre visible para detectar y corregir cualquier fuga o rotura, el diseño se consideró como el de una tablestaca metálica especial con una carga vertical resistida por la fricción con el terreno, la memoria de cálculo se presenta en el Anexo F.10.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

### **10.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS RECOMENDADAS**

En la Zona 1 del corregimiento de La Unión se planteo la reconfiguración del terreno y la implementación de una estructura de contención en gaviones, para restituir el confinamiento que se había perdido con el corte vial. Adicionalmente la zona debe recuperar la cobertura vegetal y arbustiva nativa, así como restringir el uso de actividades de impliquen riego.

En la Zona 2 del corregimiento de La Unión se propuso la construcción de una trinchera drenante, así como la construcción de un relleno confinado con un muro de contención en gaviones a modo de relleno de contrapeso adyacente el relleno existente y que sirve a la vez para confinar los cimientos del comedor escolar que actualmente se encuentra en construcción.

En la Zona 1 del corregimiento Betania se diseño un movimiento de tierras para reconfigurar el área del deslizamiento, con la restricción de mantener el camino ubicado en la parte alta, así como profundas obras de drenaje y subdrenaje en las bermas que se constituyen con el movimiento de tierras.

El esquema en la denominada Zona 2 del corregimiento Betania tiene viarias instancias, como son la contención con diversos sistemas de tablestacas; Madera, Metálicas y Marcos "H".

- Los primeros sirven para constituir el relleno del material drenante del fondo del canal natural de drenaje, en forma escalonada para reducir la pendiente y que también proporcionan confinamiento a los costados del citado canal, así como aíslan el avance del proceso hacia el colegio.
- Los segundos sirven de cómo medida de confinamiento de la zona de los tanques de concreto existentes y que hacer parte del tratamiento de las aguas residuales, así como parte de las tuberías de salida de los mismos hacia el descole y entrega.
- Los terceros sirven para relocalizar superficialmente tramo de tubería de alcantarillado, para tenerla siempre visible detectar y corregir cualquier fuga o rotura, así como establecer un sistema flexible ante los movimientos superficiales del terreno y asimilar pequeños desplazamientos, la red de drenaje existente debe ser conectada a la tubería metálica proyectada y deshabilitada en los tramos posteriores, evitando así que se mantengan los aportes de aguas residuales de las viviendas o que viviendas futuras se conecten a esta red de drenaje. Igualmente se consideran trincheras drenantes que se conectan al relleno del material drenante del fondo del canal natural de drenaje.

Se consideró que prima el efecto del agua superficial sobre el agua subsuperficial por lo cual se proyectaron estructuras de drenaje como cunetas y disipadores donde sean necesarios acordes con los rasgos hidrogeológicos y topográficos actuales y/o proyectados.

Los trabajos para la conformación de relleno compactado de material producto de las excavaciones que se realicen en áreas adyacentes al proyecto consisten en extender, humedecer u orear, conformar y compactar el material seleccionado producto de las excavaciones del proyecto.

### **10.4 DESCRIPCIÓN DE LAS MEDIDAS NO ESTRUCTURALES RECOMENDADAS**

Dentro de las medidas no estructurales para la mitigación de riesgos por procesos de movimientos en masa para los corregimientos La Unión y Betania, se encuentran la restricción al uso del suelo en las zonas aledañas a los colegios y especialmente las áreas objeto de



## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

reconformación, para la construcción de invernaderos o cultivos que demanden la instalación de riego, ya que agregan agua al subsuelo.

En la zona ubicada ladera abajo de la vía que conduce a la vereda Tunal Bajo en el corregimiento de La Unión, se recomienda la implementación de un plan de reforestación con especies nativas, con el ánimo de controlar los procesos de inestabilidad que han remontado la ladera y en un mediano o largo plazo pueden afectar el área de influencia directa del presente estudio o afectar la comunicación si comprometa la banca misma de la vía.

### 10.5 ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA EJECUCIÓN DE MEDIDAS RECOMENDADAS

El análisis de viabilidad de ejecución de las obras recomendadas tiene por objeto adelantar la coordinación de los planos respecto a las condiciones presentes en el terreno, de manera que se minimicen o eliminen los imprevistos que puedan detener el normal desarrollo de los trabajos o imposibiliten la realización parcial de la misma.

#### 10.5.1 Técnica

Los aspectos considerados en la definición de la viabilidad técnica comprenden la disponibilidad de los terrenos que físicamente ocuparán las obras o que funcionalmente restrinjan el uso de áreas adyacentes, englobado dentro de la viabilidad predial.

#### Predial

La localidad Sumapaz está compuesta por tres (3) corregimientos y 28 veredas (Figura 31). El corregimiento de Nazareth tiene 8 veredas, el corregimiento de Betania tiene 6 veredas y el corregimiento de San Juan de Sumapaz tiene 14 veredas.

- Las 8 veredas del corregimiento de Nazareth son Nazareth, Las Palmas, Los Ríos, Las Ánimas, Las Sopas, Las Auras, Taquecitos y Santa Rosa.
- Las 6 veredas del corregimiento de Betania son Betania, El Istmo, El Tabaco, Laguna Verde, Peñalisa y Raizal.
- Las 14 veredas del corregimiento de San Juan de Sumapaz son La Unión, San Juan, San Antonio, El Toldo, Chorreras, Santo Domingo, Capitolio, Las Vegas, Lagunitas, Tunal Bajo, Tunal Alto, Nueva Granada, Concepción y San José.

En el corregimiento de La Unión se levantaron las fichas prediales de acuerdo con el modelo suministrado por la DPAAE, para un total de 22 predios (Tabla 43, Anexo G.1).

De la misma manera en el corregimiento de Betania se levantaron las fichas prediales de acuerdo con el modelo suministrado por la DPAAE, para un total de 12 predios (Tabla 44, Anexo G.2).

De acuerdo con la información de propiedad, el único predio que cuenta con escrituras es el Colegio en la Unión, por lo cual las obras no son viables desde el punto de vista predial en la actualidad, hasta que sea concertada la cesión a título gratuito o se adquieran los terrenos donde se localizarán las obras.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Figura 31 Corregimientos y veredas de la localidad Sumapaz**



**Tabla 43 Relación de predios inventariados corregimiento La Unión**

| ID UT Sumapaz | ID Consultor OH | Propietario                    |
|---------------|-----------------|--------------------------------|
| U-1           | 001             | Luis Alfredo Romero Beltrán    |
| U-2           | 002             | Edilberto Guchuvo              |
| U-3           | 003             | Priciliano Murcia              |
| U-4           | 004             | Hernando Romero                |
| U-5           | 005             | Omar Castellanos               |
| U-6           | 006             | NO SE TIENE DATOS              |
| U-7           | 007             | Juan Agustín Romero            |
| U-8           | 008             | Manuel Molina                  |
| U-9           | 009             | José Israel Urrego             |
| U-10          | 010             | Orlando Buitrago               |
| U-11          | 011             | Rosalba Barragán               |
| U-12          | 012             | Cesar González                 |
| U-13          | 013             | Yury Andrea Romero             |
| U-14          | 014             | COLEGIO JUAN DE LA CRUZ VARELA |
| U-15          | 015             | ULATA                          |
| U-16          | 016             | Lilia Aurora Palacio           |
| U-17          | 017             | Carlos Darío Romero            |
| U-18          | 018             | Briselda Romero / Celio Romero |
| U-19          | 019             | Darío Romero                   |
| U-20          | 020             | Ramiro Suza / Virgilio         |
| U-21          | 021             | Celio Romero                   |
| U-22          | 022             | Carlos Julio Macana            |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 44 Relación de predios inventariados corregimiento Betania**

| ID UT Sumapaz | ID Consultor OH | Propietario                 |
|---------------|-----------------|-----------------------------|
| B-2           | 80              | Jorge Ignacio Porras Pulido |
| B-3           | 82              | IGLESIA                     |
| B-4           | 73              | CORREGIDURIA                |
| B-5           | 72              | Humberto Morales            |
| B-6           | 71              | COLEGIO                     |
| B-7           | 007             | Arais Gutiérrez y Gloria    |
| B-8           | 81              | SALON COMUNAL               |
| B-9           | 79              | Sonia Ospina                |
| B-10          | 78              | Ana Leticia Rey de Morales  |
| B-11          | 77              | CENTRO DE SALUD             |
| B-12          | 76              | Olga Morales                |
| B-13          | 75              | Pedro Pabón                 |

### **Redes de Servicios Públicos**

En el inventario de redes realizado con el levantamiento topográfico, se pretende reducir la posibilidad de proyectar las obras en la localización y alineamientos que generen interferencias con las redes de servicios públicos, así como las contingencias por interrupciones de los mismos ante eventualidades.

No obstante se recomienda estudiar desde el punto de vista sanitario, fuera del alcance del presente estudio de diseño detallado de las obras de mitigación de riesgos por movimientos en masa, la validez y eficiencia del sistema de tanques de decantación de aguas negras o servidas que se utiliza en Betania. Se considera de acuerdo con conceptos emitidos por expertos en el tema consultados, que el tratamiento en plantas compactas, a pesar de requerir mayor mantenimiento y cuidado de operación, es más efectivo que el sistema actual.

Por otra parte no se estuvieron disponibles planos record de la red de alcantarillado de los dos corregimientos y se verificó en campo que algunos predios, incluidos los colegios, aún están descargando las aguas servidas a la red comunitaria antigua. Se recomienda destinar recursos para un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado que permita hacer un diagnóstico del funcionamiento del sistema y proponga, defina acciones correctivas a corto plazo y formule las soluciones a mediano y largo plazo.

Para la ejecución de las obras de mitigación de riesgo por movimiento en masa la información de redes da una certidumbre media de su localización, por lo cual se deber tener precauciones al momento de ejecutar las excavaciones. La implementación de las recomendaciones del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, también traerá beneficios para la condición de estabilidad del terreno a través del ordenamiento del uso del agua y disposición de las aguas lluvias y negras.

Para el cálculo de la capacidad del cabezote se tiene en cuenta las sugerencias establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 del cual se tiene:

## DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

En las encuestas realizadas se obtuvo una población de 21 personas en la zona urbana pero debido a que en el momento de realizar la encuesta no se encontraban todos los habitantes del corregimiento y basados en indicaciones de los encuestados, se asumen como 30 personas lo cual corresponde con un grado de complejidad bajo. Como información antecedente se tiene el Estudio de U.T. Sumapaz del cual se cuenta con 25 personas y utilizando el Método Aritmético se tiene:  $P_f = P_{uc} + (P_{uc} - P_{ic}) * (T_f - T_{uc}) / (T_{uc} - T_{ci}) = 30 + (30 - 25) * (2028 - 2007) / (2007 - 2006) = 135$  habitantes con una dotación de 150 L/hab-día por lo cual

$$Q_{md} = P * d / 86400 = 135 \text{ habitantes} * 150 \text{ L/hab-día} / 86400 = \text{m}^3/\text{día}$$

$$Q_{md} = 0.23 \text{ L/s}; Q_{MD} = Q_{md} * k_1 = 0.23 * 1.3 = 0.30 \text{ L/s}$$

La capacidad del cabezote depende de la pendiente del solado así:  $Q = AR^{2/3} S^{1/2} / n$

$$0.00030 \text{ m}^3/\text{s} = (1 \text{ m} * 0.01 \text{ m}) * (1 \text{ m} * 0.01 \text{ m} / 1.02 \text{ m})^{2/3} S^{1/2} \text{ de donde se obtiene } S \approx 0.01\%$$

### Vías

También se tiene en cuenta la interferencia con las vías existentes, de carácter rural en este caso. Como medida de contingencia se recomienda temporalmente cerrar la alcantarilla del costado sur occidental de La Unión, que no tiene adecuado descole y entrega caudales importantes a la zona que se encuentra en movimiento ladera abajo de la carretera que conduce a la vereda Tunal Bajo. Lo anterior implica que debe continuarse el curso del agua hasta la siguiente alcantarilla, que queda antes del cruce sobre el Río San Juan.

### **10.5.2 Económica**

Para el diseño de la alternativa de obras recomendada se realizó el análisis de cantidades de obra con su respectiva memoria de cálculo, con el nivel de detalle que otorga la escala del levantamiento topográfico con el fin de evitar sobre costos. En ellas se incluye un desperdicio en los ítems según corresponda en la práctica ortodoxa.

El estudio de precios del mercado tiene en cuenta precios índices de obras emitidas por la Dirección Técnica de Planeación - Subdirección de Administración de Activos del Instituto de Desarrollo Urbano - IDU<sup>4</sup>, modificados para tener en cuenta la incidencia del transporte en el presupuesto final teniendo en cuenta las distancias a los corregimientos.

De acuerdo con los lineamientos de formulación de proyectos de construcción por parte de la DPAAE, se toma un valor de AIU de 25%.

### **10.5.3 Social**

En las comunicaciones realizadas en forma individual con los presidentes de Juntas de Acción Comunal y trabajos previos de la Alcaldía Local Sumapaz, en general la comunidad reconoce la necesidad de implementar las obras de mitigación de riesgos por procesos de movimientos en masa que beneficien los sectores aledaños a los colegios de los corregimientos La Unión y Betania. No obstante, en el campo de los derechos individuales se debe concertar el uso del suelo, las restricciones planteadas en el Plan de Acción Integral y necesariamente la adquisición de los predios privados (parcial o totalmente) que resultan afectados con las implantación de las obras mismas.

<sup>4</sup> Publicación de los Precios de Insumos y Precios de Referencia de Actividades de Obra

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Los espacios de participación de la comunidad durante la construcción deben ser definidos en el Plan de Gestión Social a realizar previamente a la iniciación de las obras por parte del contratista de construcción, con los siguientes lineamientos:

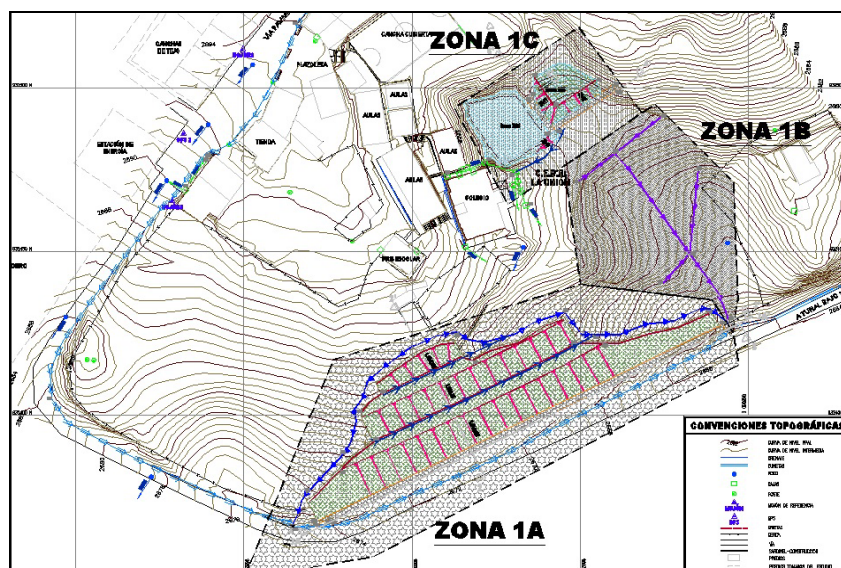
- Se debe definir instancias de coordinación para el suministro de personal no calificado a través de las Juntas de Acción Comunal, para que sea contratada la mano de obra de los corregimientos.
- Se debe tener una oficina de atención a la comunidad en cada corregimiento, en la cual una Trabajadora Social atienda las solicitudes, quejas y reclamos relacionados con la ejecución de las obras. Igualmente esta profesional deberá realizar las labores previas de información.
- Los cronogramas de trabajo deberá estar publicados en lugar visible y las vallas informativas deberán citar la fecha de iniciación y duración total de los trabajos.
- En la resolución de conflictos relacionada con las obras y su ejecución se deberá acudir a las instancias locales existentes (conciliador) y en caso de no ser favorables, se solicitará la participación de los Corregidores.

**10.6 CANTIDADES DE OBRAS, PRESUPUESTOS Y CRONOGRAMA**

Las cantidades de obra para cada una de las zonas se presentan a continuación con su respectivo presupuesto aproximado para los diferentes componentes de la alternativa propuesta, mientras que los análisis de precios unitarios se consignan en el Anexo H.2. Asimismo, en los Anexos H.7 y H.8 se plasman los cronogramas para su ejecución.

Como ya se reseñó, las obras (sus cantidades y presupuesto), están presentadas de modo tal que se puedan independizar las zonas (ver Figura 12 y 13) de intervención debido a los recursos disponibles, para el corregimiento de la unión debido a las características de la Zona 1 y su dimensión se dividieron en 3 subzonas (1A, 1B, 1C) así:

**Figura 32 Subdivisión de la Zona 1 del corregimiento de La Unión**



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 45: Presupuesto de obras La Unión Zona 1A.**

| ITEM            | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL           |
|-----------------|---|----|----------|---------------|-----------------|-----------------------|
| <b>1</b>        | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |                       |
| 1.1             | Localización y Replanteo                        | M2 | 3033     | \$ 557        | \$ 696          | \$ 2,109,831          |
| 1.2             | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 271      | \$ 4,391      | \$ 5,489        | \$ 1,487,451          |
| <b>2</b>        | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |                       |
| 2.1             | Excavaciones                                    | M3 | 4353     | \$ 16,116     | \$ 20,146       | \$ 87,689,393 *       |
| 2.2             | Rellenos  | M3 | 299      | \$ 13,700     | \$ 17,125       | \$ 5,124,656 *        |
| 2.3             | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 334.4    | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 5,146,383          |
| 2.4             | Transporte de material (10 KM)                  | M3 | 4054     | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 25,334,706 *       |
| <b>3</b>        | <b>CONCRETOS</b>                                |    |          |               |                 |                       |
| 3.2             | Concreto de protección e=0.05 m f'c= 2000 psi   | M3 | 13.3     | \$ 241,611    | \$ 302,014      | \$ 4,016,786          |
| <b>5</b>        | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |                       |
| 5.1             | Cuneta Tipo I                                   | ML | 114      | \$ 36,972     | \$ 46,215       | \$ 5,268,510          |
| 5.2             | Cuneta Tipo II                                  | ML | 401      | \$ 29,348     | \$ 36,685       | \$ 14,704,449         |
| 5.4             | Canales disipadores                             | ML | 172      | \$ 57,111     | \$ 71,389       | \$ 12,278,908         |
| 5.7             | Material de filtro para muro                    | M3 | 270      | \$ 77,782     | \$ 97,228       | \$ 26,251,425         |
| 5.8             | Filtro drenante B=1.0xH=1.0                     | M3 | 114      | \$ 40,157     | \$ 50,196       | \$ 5,722,373          |
| 5.9             | Tubería PVC 4"                                  | ML | 249      | \$ 31,078     | \$ 303,235      | \$ 75,505,515         |
| <b>6</b>        | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |                       |
| 6.1             | Empradización de Taludes                        | M2 | 3033     | \$ 4,946      | \$ 6,183        | \$ 18,751,523         |
| 6.3             | Muro en gaviones                                | M3 | 485      | \$ 104,264    | \$ 130,330      | \$ 63,210,050         |
| 6.4             | Geotextil                                       | M2 | 1378     | \$ 5,011      | \$ 6,264        | \$ 8,628,316          |
| <b>SUBTOTAL</b> |   |    |          |               |                 | <b>\$ 361,230,273</b> |

\* Estas cantidades de obras están sujetas a la construcción de la Zona 1C, debido al relleno con material seleccionado proyectado en esa zona.

**Tabla 46: Presupuesto de obras La Unión Zona 1B.**

| ITEM            | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL          |
|-----------------|---|----|----------|---------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b>        | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |                      |
| 1.1             | Localización y Replanteo                        | M2 | 530      | \$ 557        | \$ 696          | \$ 368,681           |
| 1.2             | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 283      | \$ 4,391      | \$ 5,489        | \$ 1,550,572         |
| <b>2</b>        | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |                      |
| 2.3             | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 755      | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 11,619,122        |
| 2.4             | Transporte de material (10 KM)                  | M3 | 755      | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 4,718,750         |
| <b>5</b>        | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |                      |
| 5.6             | Trinchera drenante B=1.0m y H=2.0 m             | M3 | 264      | \$ 108,403    | \$ 135,504      | \$ 35,772,990        |
| <b>6</b>        | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |                      |
| 6.1             | Empradización de Taludes                        | M2 | 530      | \$ 4,946      | \$ 6,183        | \$ 3,276,725         |
| 6.4             | Geotextil                                       | M2 | 858      | \$ 5,011      | \$ 6,264        | \$ 5,374,298         |
| <b>SUBTOTAL</b> |   |    |          |               |                 | <b>\$ 62,681,137</b> |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 47: Presupuesto de obras La Unión Zona 1C.**

| ITEM            | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL          |
|-----------------|---|----|----------|---------------|-----------------|----------------------|
| <b>1</b>        | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |                      |
| 1.1             | Localización y Replanteo                        | M2 | 1293     | \$ 557        | \$ 696          | \$ 899,443           |
| 1.2             | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 148      | \$ 4,391      | \$ 5,489        | \$ 812,335           |
| <b>2</b>        | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |                      |
| 2.2             | Rellenos  | M3 | 726      | \$ 13,700     | \$ 17,125       | \$ 12,432,750 *      |
| 2.3             | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 26.7     | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 410,110           |
| 2.4             | Transporte de material (10 KM)                  | M3 | 416      | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 2,602,500 *       |
| <b>3</b>        | <b>CONCRETOS</b>                                |    |          |               |                 |                      |
| 3.2             | Concreto de protección e=0.05 m f'c= 2000 psi   | M3 | 3.6      | \$ 241,611    | \$ 302,014      | \$ 1,087,250         |
| <b>5</b>        | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |                      |
| 5.1             | Cuneta Tipo I                                   | ML | 21       | \$ 36,972     | \$ 46,215       | \$ 947,408           |
| 5.7             | Material de filtro para muro                    | M3 | 32       | \$ 77,782     | \$ 97,228       | \$ 3,111,280         |
| 5.8             | Filtro drenante B=1.0xH=1.0                     | M3 | 21       | \$ 40,157     | \$ 50,196       | \$ 1,029,023         |
| 5.9             | Tubería PVC 4"                                  | ML | 53       | \$ 31,078     | \$ 303,235      | \$ 15,919,838        |
| 5.11            | Caja de paso 1.0x1.0, H=1.0                     | UN | 1        | \$ 242,588    | \$ 303,235      | \$ 303,235           |
| <b>6</b>        | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |                      |
| 6.1             | Empradizacion de Taludes                        | M2 | 277      | \$ 4,946      | \$ 6,183        | \$ 1,712,553         |
| 6.3             | Muro en gaviones                                | M3 | 160      | \$ 104,264    | \$ 130,330      | \$ 20,852,800        |
| 6.4             | Geotextil                                       | M2 | 236      | \$ 5,011      | \$ 6,264        | \$ 1,479,811         |
| <b>SUBTOTAL</b> |   |    |          |               |                 | <b>\$ 63,600,335</b> |

\* Estas cantidades de obras estan sujetas a la construcción de la Zona 1A, debido a la construcción del muro en gaviones M2 y M3 y al relleno con material seleccionado proyectado, que no está siendo considerado en la Zona 1C, puesto que no es requerido como obra de estabilización de FRM.

Estos presupuestos se realizaron teniendo en cuenta que cada una de las obras se construye por separado, por lo cual algunas actividades como las excavaciones y rellenos tienen un carácter independiente en su transporte y material de procedencia, considerando que estas obras se realizan en diferente tiempo, el presupuesto requerido es de (Zona 1A + Zona 1B + Zona 1C) **CUATROCIENTOS OCHENTA Y SIETE MILLONES QUINIENTOS ONCE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS PESOS (\$487'511.746)** que no incluye la construcción del muro M2-M3 y su relleno en la Zona 1C.

En caso de ejecutarse todas las obras propuestas el material de excavación de la Zona 1A, se utiliza como material de relleno en la Zona 1C, y se requiere la construcción de los muros M2 y M3 como sitio de disposición de material de excavación por lo cual el presupuesto requerido es de **CUATROCIENTOS CINCO MILLONES OCHOCIENTOS SETENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y UN PESOS (\$405'878.871).**

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 48: Presupuesto de obras La Unión Zona 1.**

| ITEM     | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL   |
|----------|---|----|----------|---------------|-----------------|---------------|
| <b>1</b> | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |               |
| 1.1      | Localización y Replanteo                        | M2 | 2133     | \$ 482        | \$ 603          | \$ 1,285,133  |
| 1.2      | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 214      | \$ 4,361      | \$ 5,451        | \$ 1,166,568  |
| <b>2</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |               |
| 2.1      | Excavaciones                                    | M3 | 2533.2   | \$ 16,116     | \$ 20,146       | \$ 51,032,178 |
| 2.2      | Rellenos  | M3 | 94.5     | \$ 13,700     | \$ 17,125       | \$ 1,618,313  |
| 2.3      | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 184      | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 2,825,759  |
| 2.4      | Transporte de material                          | M3 | 2622     | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 16,389,406 |
| <b>3</b> | <b>CONCRETOS</b>                                |    |          |               |                 |               |
| 3.2      | Concreto de protección e=0.05 m f'c= 2000 psi   | M3 | 3.5      | \$ 241,611    | \$ 302,014      | \$ 1,057,049  |
| <b>5</b> | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |               |
| 5.1      | Cuneta Tipo I                                   | ML | 122.0    | \$ 33,222     | \$ 41,528       | \$ 5,066,416  |
| 5.4      | Canales disipadores                             | ML | 77       | \$ 54,861     | \$ 68,576       | \$ 5,280,352  |
| 5.7      | Material de filtro para muro B=1.0 m            | M3 | 70       | \$ 62,782     | \$ 78,478       | \$ 5,493,425  |
| 5.8      | Filtro drenante B=1.0xH=1.0                     | M3 | 122.0    | \$ 58,907     | \$ 78,478       | \$ 9,574,255  |
| 5.9      | Tubería PVC 4"                                  | ML | 157      | \$ 30,928     | \$ 38,660       | \$ 6,069,620  |
| 5.10     | Tubería metálica 8"                             | ML | 35       | \$ 92,590     | \$ 115,738      | \$ 4,050,813  |
| 5.11     | Caja de paso 1.0x1.0, H=1.0                     | UN | 2        | \$ 212,588    | \$ 265,735      | \$ 531,470    |
| <b>6</b> | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |               |
| 6.1      | Empadización de Taludes                         | M2 | 1192     | \$ 4,871      | \$ 6,089        | \$ 7,259,008  |
| 6.3      | Muro en gaviones                                | M3 | 175      | \$ 89,264     | \$ 111,580      | \$ 19,526,500 |
| 6.4      | Geotextil                                       | M2 | 801.7    | \$ 4,976      | \$ 6,220        | \$ 4,986,574  |
| 6.8      | Transporte de equipo de incado                  | KM | 45       | \$ 44,444     | \$ 55,555       | \$ 2,499,975  |

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 145,712,812</b> |
|-----------------|-----------------------|

Para la Zona 2 se requiere un presupuesto de **CIENTO VEINTE MILLONES OCHOCIENTOS OCHENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y NUEVE PESOS.**

**Tabla 49: Presupuesto de obras La Unión Zona 2.**

| ITEM     | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL   |
|----------|---|----|----------|---------------|-----------------|---------------|
| <b>1</b> | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |               |
| 1.1      | Localización y Replanteo                        | M2 | 913      | \$ 557        | \$ 696          | \$ 635,106    |
| 1.2      | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 456      | \$ 4,391      | \$ 5,489        | \$ 2,502,870  |
| <b>2</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |               |
| 2.3      | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 1934     | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 23,814,398 |
| 2.4      | Transporte de material excavado (10 KM)         | M3 | 1934     | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 12,090,000 |
| <b>5</b> | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |               |
| 5.2      | Cuneta Tipo II                                  | ML | 221      | \$ 29,348     | \$ 36,685       | \$ 8,107,385  |
| 5.6      | Trinchera drenante B=1.0m y H=2.0 m             | M3 | 456      | \$ 108,403    | \$ 135,504      | \$ 61,789,710 |
| <b>6</b> | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |               |
| 6.1      | Empadización de Taludes                         | M2 | 913      | \$ 4,946      | \$ 6,183        | \$ 4,515,698  |
| 6.4      | Geotextil                                       | M2 | 1482     | \$ 5,011      | \$ 6,264        | \$ 7,426,302  |

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 120,881,469</b> |
|-----------------|-----------------------|



**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

El presupuesto total para las obras en La Unión Zona 1 + Zona 2 es de **SEISCIENTOS NUEVE MILLONES CIENTO DIECISIETE MIL CUARENTA Y SEIS PESOS (\$526'760.340)**

Mientras que para el Corregimiento de Betania se requieren los siguientes presupuestos:

**Tabla 50: Presupuesto de obras Betania Zona 1.**

| ITEM            | DESCRIPCION                                     | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL           |
|-----------------|---|----|----------|---------------|-----------------|-----------------------|
| <b>1</b>        | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>                 |    |          |               |                 |                       |
| 1.1             | Localización y Replanteo                        | M2 | 2133     | \$ 482        | \$ 603          | \$ 1,285,133          |
| 1.2             | Aislamiento y protección de la zona intervenida | ML | 214      | \$ 4,361      | \$ 5,451        | \$ 1,166,568          |
| <b>2</b>        | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                    |    |          |               |                 |                       |
| 2.1             | Excavaciones                                    | M3 | 2533.2   | \$ 16,116     | \$ 20,146       | \$ 51,032,178         |
| 2.2             | Rellenos  | M3 | 94.5     | \$ 13,700     | \$ 17,125       | \$ 1,618,313          |
| 2.3             | Excavaciones miscelaneas                        | M3 | 184      | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 2,825,759          |
| 2.4             | Transporte de material                          | M3 | 2622     | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 16,389,406         |
| <b>3</b>        | <b>CONCRETOS</b>                                |    |          |               |                 |                       |
| 3.2             | Concreto de protección e=0.05 m f'c= 2000 psi   | M3 | 3.5      | \$ 241,611    | \$ 302,014      | \$ 1,057,049          |
| <b>5</b>        | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>                   |    |          |               |                 |                       |
| 5.1             | Cuneta Tipo I                                   | ML | 122.0    | \$ 33,222     | \$ 41,528       | \$ 5,066,416          |
| 5.4             | Canales disipadores                             | ML | 77       | \$ 54,861     | \$ 68,576       | \$ 5,280,352          |
| 5.7             | Material de filtro para muro B=1.0 m            | M3 | 70       | \$ 62,782     | \$ 78,478       | \$ 5,493,425          |
| 5.8             | Filtro drenante B=1.0xH=1.0                     | M3 | 122.0    | \$ 58,907     | \$ 78,478       | \$ 9,574,255          |
| 5.9             | Tubería PVC 4"                                  | ML | 157      | \$ 30,928     | \$ 38,660       | \$ 6,069,620          |
| 5.10            | Tubería metálica 8"                             | ML | 35       | \$ 92,590     | \$ 115,738      | \$ 4,050,813          |
| 5.11            | Caja de paso 1.0x1.0, H=1.0                     | UN | 2        | \$ 212,588    | \$ 265,735      | \$ 531,470            |
| <b>6</b>        | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>                    |    |          |               |                 |                       |
| 6.1             | Empadización de Taludes                         | M2 | 1192     | \$ 4,871      | \$ 6,089        | \$ 7,259,008          |
| 6.3             | Muro en gaviones                                | M3 | 175      | \$ 89,264     | \$ 111,580      | \$ 19,526,500         |
| 6.4             | Geotextil                                       | M2 | 801.7    | \$ 4,976      | \$ 6,220        | \$ 4,986,574          |
| <b>SUBTOTAL</b> |   |    |          |               |                 | <b>\$ 143,212,837</b> |

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

**Tabla 51: Presupuesto de obras Betania Zona 2.**

| ITEM            | DESCRIPCION  | UN | CANTIDAD | COSTO DIRECTO | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL           |
|-----------------|--|----|----------|---------------|-----------------|-----------------------|
| <b>1</b>        | <b>ACTIVIDADES PRELIMINARES</b>  |    |          |               |                 |                       |
| 1.1             | Localización y Replanteo   | M2 | 7811     | \$ 482        | \$ 603          | \$ 4,706,128          |
| 1.2             | Aislamiento y protección de la zona intervenida                                    | ML | 361      | \$ 4,361      | \$ 5,451        | \$ 1,967,901          |
| <b>2</b>        | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>   |    |          |               |                 |                       |
| 2.3             | Excavaciones miscelaneas   | M3 | 316      | \$ 12,311     | \$ 15,389       | \$ 4,861,306          |
| 2.4             | Transporte de material excavacion (10 km)  | M3 | 316      | \$ 5,000      | \$ 6,250        | \$ 1,974,375          |
| 2.5             | Enrocado   | M3 | 76       | \$ 38,777     | \$ 48,471       | \$ 3,664,427          |
| <b>4</b>        | <b>ESTRUCTURAS METALICAS</b>   |    |          |               |                 |                       |
| 4.1             | Tablestacas en metalicas $\phi=193\text{mm}$ , $e=8.33\text{mm}$ , $L=4.5\text{m}$ | UN | 22       | \$ 469,048    | \$ 586,310      | \$ 12,898,820         |
| <b>5</b>        | <b>ESTRUCTURAS DE DRENAJE</b>  |    |          |               |                 |                       |
| 5.6             | Trinchera drenante $H=1.0\text{m}$ y $B=2.0\text{m}$                               | ML | 52       | \$ 93,403     | \$ 116,754      | \$ 6,071,195          |
| 5.8             | Filtro drenante $B=1.0\text{m}$ $H=1.0$  | M3 | 116      | \$ 58,907     | \$ 78,478       | \$ 9,064,151          |
| 5.9             | Tubería PVC 4"   | ML | 168      | \$ 92,590     | \$ 115,738      | \$ 19,386,031         |
| 5.10            | Tubería Metálica 8"  | ML | 305      | \$ 92,590     | \$ 115,738      | \$ 35,299,938         |
| 5.11            | Caja de paso 1.0x1.0, $H=1.0$  | UN | 1        | \$ 212,588    | \$ 265,735      | \$ 265,735            |
| 5.12            | Cabezotes de entrega   | UN | 1        | \$ 627,210    | \$ 784,012      | \$ 784,012            |
| <b>6</b>        | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>   |    |          |               |                 |                       |
| 6.1             | Empradizacion de Taludes   | M2 | 543      | \$ 4,871      | \$ 6,089        | \$ 3,306,191          |
| 6.5             | Marco H  | UN | 58       | \$ 671,322    | \$ 839,153      | \$ 48,670,845         |
| 6.6             | Tablestacas en madera  | ML | 76       | \$ 84,092     | \$ 105,115      | \$ 7,988,740          |
| 6.8             | Transporte de equipo de incado   | KM | 90       | \$ 22,222     | \$ 27,778       | \$ 2,499,975          |
| <b>SUBTOTAL</b> |  |    |          |               |                 | <b>\$ 163,409,770</b> |

El presupuesto requerido para las obras necesarias en el Corregimiento de Betania Zona 1 es de **CIENTO CUARENTA Y TRES MILLONES DOSCIENTOS DOCE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y SIETE PESOS (\$143'212.837)** mientras que para la Zona 2 se requieren **CIENTO SESENTA Y TRES MILLONES CUATROCIENTOS NUEVE MIL SETECIENTOS SETENTA PESOS (\$163'409.770)**.

El presupuesto total para las obras en Betania son de **TRECIENTOS SEIS MILLONES SEISCIENTOS VEINTIDOS MIL SEISCIENTOS SIETE PESOS (\$306'622.607)**.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **CAPITULO 11**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **11.1 CONCLUSIONES**

Los análisis hidrológicos reconocen en la precipitación es un agente detonante de los procesos de movimientos en masa, en una zona climática caracterizada por precipitaciones de intensidad importante y larga duración, especialmente en el periodo de invierno cuando el exceso de agua establece una condición de humedad y posición del nivel freático.

Finalmente se destaca la importancia del control y mantenimiento de las obras, así como el monitoreo y seguimiento de su comportamiento.

#### **11.2 RECOMENDACIONES DE DISEÑO**

En todos los casos de manejo de agua superficial se emplean cunetas revestidas, para evitar el efecto de acumulación de agua en las zanjas en tierra, que se abran las grietas de tracción y/o se infiltra propiciando la falla del terreno.

El concepto de prevención en el diseño de las obras debe entenderse como la limitación de efectos perjudiciales sobre la infraestructura, así como también la limitación al uso del suelo con acciones no estructurales (relaciones con la comunidad) y gestión de información para documentar el proceso y su evolución (identificación, estudio, construcción, mantenimiento, monitoreo y seguimiento).

#### **11.3 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

La alternativa de obras de mitigación seleccionada en cada sector de los dos corregimientos, fue concebida en forma integral y por tanto se recomienda la ejecución total de las mismas para obtener los resultados esperados. No obstante y con la salvedad anterior, se sugieren prioridades de ejecución que en todo caso no deben dejar de completarse en un plazo mayor a tres (3) años, entendiéndose que se debe adelantar la viabilización financiera de etapas de obra comprendiendo varias vigencias.

Teniendo en cuenta que el detonante de los procesos de movimientos en masa es el factor relacionado al agua, se recomienda iniciar los trabajos al comienzo de un periodo seco.

El procedimiento constructivo recomendado para los movimientos de tierra como descarga, es iniciar las labores de ladera arriba hacia ladera abajo, retirando material de la parte superior para obtener la estabilidad de toda la masa (método geométrico), acorde con el tipo de falla rotacional. Con ello se busca reducir las fuerzas actuantes, representadas por la porción de masa activa del deslizamiento.

En general el contratista de construcción deberá tener la aprobación del interventor de construcción de los procedimientos constructivos, movilización de equipos, materiales y personal de manera que se garantice la seguridad de los trabajadores y la comunidad, así como se eviten contingencias sobre la infraestructura y las viviendas de los corregimientos.

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

Algunas de las recomendaciones, pero sin limitarse a ellas, son las siguientes:

- Las áreas de trabajo deberán estar delimitadas, demarcadas y señalizadas para informar a los trabajadores y la comunidad de los riesgos que la operación implica. En caso de ser necesario en las áreas donde se ejecutarán movimientos de tierras, se deberán proveer barreras temporales para evitar deslizamientos sobre las viviendas, las vías, redes eléctricas, etc, o incluso se deberá considerar el desalojo de construcciones en forma temporal para eliminar la posibilidad de afectación a la comunidad.
- Se deberá presentar al interventor de construcción y someter a la aprobación del contratante, un Plan de Manejo de Tráfico y un Reglamento de Seguridad Industrial, Higiene e Reglamento Interno de Trabajo. Cualquier trabajo que implique restricciones al flujo vehicular, deberá tener en cuenta que no se autorizarán cierres totales y se deberán coordinar con las autoridades del corregimiento para causar traumatismos en los días de mercado.
- El procedimiento constructivo recomendado para la ejecución de zanjas, trincheras drenantes y cunetas tiene como premisa la realización de toda excavación en el menor tiempo posible y en tramos cortos, dejando un tabique de suelo entre dos tramos de corte.
- Toda excavación en zanja mayor a 1.5 m de profundidad deberá ser entibada.

Se sugiere contar durante la construcción con la asesoría de un Ingeniero Especialista en Geotecnia, para valorar cualquier condición no prevista en la fase de consultoría y participar en la toma de decisiones en obra con fundamento técnico.

Teniendo en cuenta que se va a trabajar en un espacio rural, se debe prever el tiempo suficiente para la movilización de personal y maquinaria al sitio de construcción de las obras, además se debe manejar un sistema de señalización adecuado y sistemas de control en la ejecución de las labores, guardando criterios de seguridad industrial, orden y aseo.

#### **11.4 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO Y LIMPIEZA**

Las obras de mitigación deben ser objeto de un programa de mantenimiento y limpieza rutinario, en el cual se deben realizar entre otras, algunas de las siguientes actividades; Limpieza de cunetas, estructuras escalonadas y alcantarillas existentes, sellado y reparación de grietas en los elementos de concreto reforzado, rocería en la franja alledaña a las bermas en las zonas reconformadas y en la zona alledaña a las vías para garantizar la escorrentía hacia las cunetas.

DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.

## CAPITULO 12

### BIBLIOGRAFÍA

**ASIAN TECHNICAL COMMITTEE ON GEOTECHNOLOGY FOR NATURAL HAZARD.** IN ISSMFE, 1997. *Manual for Zonation on Areas Susceptibles to Ram Induced Slope Failure*. Japón.

**ASTÉ J. et al.** , 1994. Riegos Naturales y Vulnerabilidad. 1er Simposio Panamericano de Deslizamientos de Tierras, Guayaquil.

**GONZALEZ A.**, 1990. Conceptos sobre la Evaluación de Riesgo por Deslizamientos. IV Jornadas Geotécnicas SCI. Memorias Tomo 1.

**GONZALEZ A. & MILLÁN J.**, 1999. Procedimiento para la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafe de Bogotá, Colombia. XI Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz do Iguacu, Brasil.

**GONZALEZ A. & MILLÁN J.**, 1999. Resultados de la Evaluación de la Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en Santafe de Bogotá, Colombia. XI Conferencia Panamericana de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, Foz do Iguacu, Brasil.

**GONZALEZ DE VALLEJO.**, 2002. Ingeniería Geológica, Editorial Prentice Hall, Madrid, Pearson Education.

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

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

**MILLAN J. & OTROS.**, 1999. Cartografía de procesos en los estudios de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para Santafe de Bogotá. X Jornadas Geotécnicas.

**SUÁREZ DIAZ, J.**, 2006. Respuesta hidrogeológica de los deslizamientos de tierra. II Congreso Colombiano de Hidrogeología.

---

**DISEÑOS DETALLADOS, PRESUPUESTOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGO EN LOS ASENTAMIENTOS BETANIA 1, BETANIA 2, LA UNIÓN 1 Y LA UNIÓN 2 DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ EN BOGOTÁ D.C.**

## **ANEXOS**

---

|                |  |
|----------------|--|
| <b>ANEXO A</b> | <b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>                                 |
| <b>ANEXO B</b> | <b>GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA</b>                                  |
| <b>ANEXO C</b> | <b>CLIMA, HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA, HIDROGEOLOGÍA Y SISMOLOGÍA</b> |
| <b>ANEXO D</b> | <b>CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA</b>                                |
| <b>ANEXO E</b> | <b>ANÁLISIS DE ESTABILIDAD</b>                                   |
| <b>ANEXO F</b> | <b>ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN</b>                    |
| <b>ANEXO G</b> | <b>AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO</b>                          |
| <b>ANEXO H</b> | <b>DISEÑO DE OBRAS</b>   |
| <b>ANEXO I</b> | <b>PLANOS</b>  |