

**MANUAL DE OBRAS DE BIOINGENIERIA EN ZONAS DE LADERAS CON
PROCESOS DE REMOCIÓN DE MASAS PARA ALTITUDES SUPERIORES A
3000 M.S.N.M . EL CASO DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ-BOGOTA D.C**

**LUISA FERNANDA HERNADEZ BERNAL
EDID BIBIANA SUESCUN CASTELLANOS**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA
2016**

**MANUAL DE OBRAS DE BIOINGENIERIA EN ZONAS DE LADERAS CON
PROCESOS DE REMOCIÓN DE MASAS PARA ALTITUDES SUPERIORES A
3000 M.S.N.M . EL CASO DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ-BOGOTA D.C**

**LUISA FERNANDA HERNADEZ BERNAL
EDID BIBIANA SUESCUN CASTELLANOS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
Javier Valencia
Ingeniero Civil**

**Codirector
Melquicedec Cantor B.
Ingeniero civil Msc.**

**UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTA
2016**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5 CO)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre para:



Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y crear a partir del material

El licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe darle crédito a esta obra de manera adecuada, proporcionando un enlace a la licencia, e indicando si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo del licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con finés comerciales.

No hay restricciones adicionales — Usted no puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Aviso:

Usted no tiene que cumplir con la licencia para los materiales en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se entregan garantías. La licencia podría no entregarle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como relativos a publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Director

Bogotá, 1, junio, 2016

A nuestros padres, quienes confiaron en nuestras capacidades desde el primer momento, siendo los mejores consejeros y aportando a nuestra formación profesional integridad, respeto y humildad, a ellos que lucharon día a día , por cumplir este sueño que no solo es nuestro , es también de ellos.

A nuestros Hermanos que nos brindaron su apoyo y comprensión en todas esas noches las cuales eran igual de productivas del día.

AGREDECIMIENTOS

A la Universidad Católica de Colombia, a los profesores y compañeros del Programa de Ingeniería Civil.

Al Ingeniero MELQUICEDC CANTOR, Codirector de Trabajo de grado, por su profesionalismo, enseñanzas, críticas y calidad humana.

Al Ingeniero IVAN SEPULVEDA Ingeniero de planeación de la Alcaldía Local de Sumapaz, por su acompañamiento, información suministrada y confiar en nosotras.

Al Ingeniero URIEL RODRIGUEZ por su acompañamiento aportes y colaboración.

Al CONSORCIO CEDROANDINO contratista de la Localidad de Sumapaz, quien ejecuta las obras de mitigación en la localidad, por sus aportes, enseñanza y profesionalismo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.2 Contexto Local	14
1.2 ANTECEDENTES	14
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 ESTADO DEL ARTE	16
1.5 MARCO TEORICO	18
1.5.1 Erosiones Superficial de los Suelos	18
1.5.2 Tipos de Erosión.	18
1.5.2.1 Erosión por Viento	18
1.5.2.2 Erosión por Gotas de Lluvia.	19
1.5.2.3 Erosión Laminar	19
1.5.2.4 Erosión en Masas (Deslizamientos). “	20
1.5.3 Agentes que Intervienen en la Erosión	21
1.5.3.1 Lluvia	21
1.5.3.2 Intensidad de la Lluvia	21
1.5.3.2 Frecuencia de Lluvia	22
1.5.3.3 Grado de Pendiente	23
1.6 MARCO CONCEPTUAL	23
1.6.1 Bioingeniería	23
1.6.2 Erosiones Superficial de los Suelos	23
1.6.3 Infiltración	23
1.6.4 Trinchos Vivos	24
1.6.5 Pendiente del Talud	24
1.7 OBJETIVOS	24
1.7.1 Objetivos Generales	24
1.7.2 Objetivos Específicos	24
1.8 METODOLOGIA	25
1.8.1 Recopilación de Información Básica	25
1.8.2 Estudios de Características Regionales	25
1.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	25
1.10 PRESUPUESTO OFICIAL	26
2. GENERALIDADES GEOLÓGICAS	27
2.1 LOCALIZACIÓN	28
2.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO	30
2.2.1 Tipos de Sondeos	30
2.2.2 Estudios Geológicos y Geomorfológicos	30
2.3 ESTRATIGRAFÍA	31

	pág.
2.3.1 Formación Chipaque (Ksch).	31
2.3.2 Grupo Guadalupe (Ksg)	31
2.3.3 Depósitos Coluviales (Qc)	32
2.3.4 Depósitos Aluviales (Qal)	32
2.3.5 Odolitas de Fusagasugá (Pglf).	32
2.4 ASPECTOS ESTRUCTURALES	32
2.4.1 Falla de Nazareth	33
2.4.2 Sinclinal de San Juan	33
2.4.3 Anticlinal de Pueblo Viejo	33
2.4.4 Sistema de Fallas de Paquiló	34
2.4.5 Sistema de Fallas de Venecia – El Consuelo	35
2.4.6 Fallas El Porvenir y Altamizal	35
2.5 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	35
2.5.1 El Clima	35
2.5.2 Hidrografía	36
2.5.2.1 Micro Cuencas Cuenca del Río Sumapaz	36
3. CARACTERIZACIÓN PUNTOS INTERVENIDOS EN LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ	38
4. SISTEMATIZACION EXPERIENCIAS CON BIOINGENIERIA	69
4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ALCANCE	69
4.1.1 Realización de Recomendaciones Técnicas, Ajuste de Diseños y Cantidades de Obra	69
4.1.2 Concertación de Predios	69
4.1.3 Construcción de las Obras de Bioingeniería	69
4.1.4 Proceso Constructivo.	69
4.1.4.1 Taponamiento de Grietas	69
4.1.4.2 Filtros Vivos: Filtros Principales y Secundarios	69
4.1.4.3 Ubicación del Filtro	69
4.1.4.4 Trinchos Disipadores	70
4.1.4.5 Disipadores	71
4.1.4.6 Terrazas	72
4.1.4.7 Las Terrazas o Pantallas	72
5. CONCLUSIONES	74
6. ANALISIS DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES GENERALES	75
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	78

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mecanismo de Erosión por Acción del Viento	18
Figura 2. Erosión por Golpe de una Gota de Lluvia	19
Figura 3. Proceso de Erosión Laminar	20
Figura 4. (a) Relaciones Precipitación-Escorrentía; (b) Tipos de mediciones de la Intensidad de la lluvia Adaptado	22
Figura 5. Mapa de la Localidad de Sumapaz	27
Figura 6. Localización Localidad de Sumapaz	28
Figura 7. Localización Zonas Intervenidas	29
Figura 8. Unidades Geológicas Localidad de Sumapaz	31
Figura 9. Aspectos Estructurales - Región de Sumapaz	33
Figura 10. Esquema Tectónico	34
Figura 11. Precipitación Media Mensual	36
Figura 12. Microcuencas - Cuenca Rio Sumapaz	37
Figura 13. Filtros Vivos	70
Figura 14. Trinchos Disipadores	71
Figura 15. Terrazas	72
Figura 17. Pantallas	73

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Cronograma de Actividades	25
Cuadro 2. Presupuesto Oficial	26
Cuadro 3. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 1	38
Cuadro 4. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 2	46
Cuadro 5. Ficha de inspección y Caracterización Punto N° 3	54
Cuadro 6. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 2	62

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual de Obras de Bioingenieria en Zonas de Laderas con Procesos de Remocion de Masa para Altitudes Superios a 3.000 M.S.N.M	78

RESUMEN

La Localidad 20 de Sumapaz perteneciente al Distrito capital de Bogotá (Colombia) se localiza sobre la cordillera Oriental, entre los 2.400 y 4.100 metros sobre el nivel del mar, donde se encuentra el Páramo de Sumapaz, considerado el más grande del mundo. Es una localidad de carácter rural, y se destaca por ser la localidad más grande del Distrito.

Debido a sus características topográficas y a la necesidad de garantizar la estabilidad de sus vías de penetración ha sido necesario el análisis y evaluación de algunas zonas afectadas por fenómenos de remoción en masa, donde se ha recurrido al diseño de estructuras tradicionales de contención y algunas obras de bioingeniería.

Teniendo en cuenta que éstas últimas son compatibles con el uso sostenible de los recursos naturales de las áreas de paramo, y con el fin de propender por el uso de sistemas amigables con el medio ambiente, se ha evaluado su efectividad en esta latitud y la posibilidad de incrementar su uso en sitios donde sea posible su implementación.

Para tal fin se ha realizado el seguimiento, análisis y evaluación de cuatro (4) obras ubicadas en el corregimiento de San Juan de esta localidad, con el fin de establecer claramente su efectividad y su adopción como medida de mitigación contra algunos fenómenos de remoción en masa en la localidad.

Mediante éste seguimiento se fijó el objetivo general del presente trabajo, el cual es realizar un manual de obras de bioingeniería en zonas de laderas con procesos de remoción de masas para altitudes superiores a 3000 m.s.n.m, como es el caso de la localidad de Sumapaz-Bogotá D.C, dirigido a los habitantes de cada una de las veredas que comprenden esta zona al sur de la ciudad.

La importancia del trabajo radica por lo tanto en el tratamiento de algunos procesos de remoción en masa con soluciones de Bioingeniería, implementado sobre las vías que comunican las diferentes veredas de esta Localidad. Buscando que la comunidad conozca su utilización y junto con la alcaldía de Sumapaz coloque en práctica cada una de estas actividades en bien de un equilibrio ambiental con su entorno

INTRODUCCIÓN

La erosión superficial y los deslizamientos, son fenómenos, que avanzan en forma acelerada a nivel nacional, debido al mal uso del suelo y la intervención de las corrientes de agua. Agravándose la situación por la ausencia de prácticas preventivas de conservación de estos recursos, y el poco conocimiento de la comunidad a medidas sencillas para protegerlos.

La bioingeniería comprende el uso de la vegetación para la estabilización de taludes y el control de la erosión. La bioingeniería de suelos es única en el sentido de que las partes de la planta por sí mismas, o sea las raíces y el follaje, funcionan como los elementos estructurales mecánicos para la protección del talud.

Los elementos vivos se colocan en el talud en diversos sistemas de arreglos geométricos en tal forma que ellos actúan como refuerzo, drenaje o barreras para los sedimentos¹.

La vegetación interviene tanto en la estabilidad superficial como a profundidad dentro del perfil del suelo. Su intervención es de tipo hidromecánica, y sus beneficios por estabilización o protección dependen del tipo de vegetación y del proceso de erosión del terreno. En el caso de la estabilidad de los movimientos en masa, los beneficios protectores al tener un manto vegetal son los de refuerzo mecánico por las raíces que ayudan a sostener o atar el suelo y permiten además la evaporación del agua a través de la evapotranspiración de las plantas.

“Se ha venido aplicando la bioingeniería en la restauración de suelos degradados por erosiones severas y remociones mázales, en diferentes municipios del país, principalmente en el departamento del Valle del Cauca, Caldas y Antioquia”².

La elaboración del manual incluye los procesos que los usuarios pueden realizar para la prevención y el control de laderas y/o zonas propensas al volcamiento o deslizamientos, por medio de aplicación de técnicas y procesos de bioingeniería en zonas con latitudes mayores a los 3000 m.s.n.m en la localidad de Sumapaz Bogotá-Colombia.

¹ SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 2001. p. 291.

² RIVERA POSADA, José Horacio. Experiencias de casos exitosos, con el uso de la bioingeniería en el control de problemas de erosión y movimientos masales. Bogotá: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático INDIGER, 2010. p. 1

1. GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Contexto Nacional. Los problemas más frecuentes en las zonas de laderas en Colombia, son las cárcavas profundas de tipo remóntate, como consecuencia de una erosión avanzada y severa, y los movimientos o deslizamientos de magnitudes diferentes, con consecuencias catastróficas, tales como: taponamiento de vías, destrucción de cultivos, viviendas y toda clase de infraestructura, inundaciones, damnificados y pérdida de vidas humanas, entre otros.

“Estos fenómenos se presentan por mala planificación, uso y manejo de los suelos y aguas superficiales sub superficiales, obras de infraestructura mal localizadas y a la deforestación indiscriminada, principalmente. La erosión y los deslizamientos avanzan cada año debido a que han sido afrontados de forma tradicional y no integral”³.

1.1.2 Contexto Local. La problemática pasa de la presentación de fenómenos de erosión superficial moderada a remociones en masa del terreno con diferentes características y consecuencias, donde además del daño ambiental y productivo se pone en riesgo la vida de los pobladores del sector afectado, lo que requiere obras de mitigación.

La Bioingeniería, además de contener, favorece el tratamiento del flujo de las aguas superficiales y profundas, evitando la saturación del terreno y lubricando las capas profundas de este, previniendo su deslizamiento. Aquí la utilización de filtros en guadua que drenen las zonas saturadas, trinchos que conduzcan las aguas superficiales y terrazas que permitan restablecer las bancadas de los terrenos se hace necesaria.

La falta de conocimiento de la comunidad trae como consecuencia el mal manejo de las aguas superficiales, tala de árboles, afectando el ecosistema. Por lo tanto se pretende dar a la comunidad conocimiento de las obras de Bioingeniería, su uso y proceso constructivo.

1.2 ANTECEDENTES

El fenómeno de deforestación ha sido uno de los principales causales de los problemas de inestabilidad de taludes en Colombia durante las últimas décadas, por esta razón diferentes entidades gubernamentales han intentado determinar las principales causas de esta actividad.

³ Ibíd., p. 1.

Según el IDEAM en el año 2002 “se identificaron algunas actividades agropecuarias no sostenibles como es la extracción de la madera para satisfacer el consumo de leña, los incendios forestales en diferentes zonas, conjugadas con actividades ilícitas como minería ilegal”⁴. Siendo tan solo algunos de los factores detonantes de la deforestaciones relacionadas con actividades humanas que afectan directamente e nuestro entorno natural, provocando eliminación de capas vegetales, y generando en cierto punto desestabilizaciones de suelos, que en conjunto con el mal uso del agua se pueden acarrear grandes problemas de erosión, deslizamientos y socavaciones, dando paso a grandes traumatismo para la movilidad de la población.

En el Páramo de Sumapaz, perteneciente a la Ciudad de Bogotá D.C ,se ha implementado un sistema de Bioingeniería en quince (15) zonas puntuales, utilizando sistemas de mitigación de movimientos de tierras, los cuales se llevan a cabo siguiendo parámetros estrictos de estudios de suelos, topografía, taludes, manejos de pendientes, elaboración de terrazas, trinchos, filtros y como actividad final revegetación y reforestación de la zona, con el fin de brindar estabilidad superficial, aprovechando la vegetación como contenedora del suelo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto se realizará con el fin de proponer un manual de construcción de obras en bioingeniería para la estabilización de suelos erosionados, utilizando obras de mitigación con materiales que ayuden en la conservación del medio ambiente, dicho manual será de fácil comprensión ya que está dirigido a la comunidad afectada.

Las tecnologías en Bioingeniería ajustada para la mitigación de zonas inestables da manejo a las aguas superficiales y sub superficiales, y por otro lado estudia las propiedades técnicas y biológicas de los elementos vegetales, y los utiliza como elementos de construcción en obras de recuperación ambiental.

Se pensó en la implementación de obras con tecnología para darle solución a problemas como son deslizamientos, derrumbes y procesos naturales que afectan diferentes actividades diarias y la movilidad de los habitantes de las 28 veredas de la localidad de Sumapaz. Sucesos que son presentados por el mal manejo de actividades agrarias, implementación de construcciones poco estables, uso de zonas con altas pendientes, deforestación y el mal manejo de las aguas lluvias, domésticas y de escorrentía.

⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Bogotá: IDEAM, 2011. p. 16

A través de un estudio de topografía, suelo, escurrimiento y las posibles inundaciones, nacimientos y corrientes subterráneas las cuales son posibles causales de los problemas de erosión en masas.

En prácticas de bioingeniería ya establecidas, se demostró las ventajas en su utilización especialmente por lograr la estabilización de procesos avanzados de erosiones en masas en un lapso de tiempo corto, siendo estas obras sencillas, amigables con el medio ambiente y de bajo costo en las cuales se ve una diferencia favorable a comparación de las obras ingenieriles convencionales en concreto.

Factores detonantes que generan fenómenos de remoción en masa de gran volumen que se pueden prever y mitigar , por lo que el Manual pretende ilustrar sobre las estrategias para la prevención, la rehabilitación y estabilización de las áreas maltratadas, con el fin de obtener resultados óptimos, seguros y más económicos que los procesos tradicionales de contención.

1.4 ESTADO DEL ARTE

Entretanto, la bioingeniería es considerada como algo único en el sentido que las mismas partes de las plantas sirven como elementos mecánicos a la estructura principal en los sistemas de protección de laderas, las cuales se transforman a través del tiempo en obras vivas que cada día son más fuertes. Estas estructuras, se convierten tanto en refuerzo mecánico de los suelos, como en sistemas de drenajes hidráulicos y barreras vivas para prevenir y contener la erosión y los movimientos mázales.

Las plantas vivas y otros materiales naturales, han sido usados por siglos para controlar los problemas de erosión en suelos de ladera y a lo largo de las orillas de los ríos en diferentes partes del mundo. Estos materiales naturales y métodos de control de erosión, llegaron a ser menos populares con la llegada de la revolución industrial. La era de las máquinas y el desarrollo del concreto y la tecnología del acero, estimularon el uso de construcciones de materiales rígidos e inertes en proyectos de ingeniería. Estos materiales permitieron medidas geométricas exactas, y prometieron inicialmente ser más durables, baratos y seguros (Gray y Sotir, 1996). En los Estados Unidos la tendencia hacia el abandono de la vegetación y las estructuras naturales para control de erosión y protección de laderas fue relativamente rápida y pronunciada. Esta tendencia fue estimulada por el costo bajo de la energía, el relativamente costo alto de la mano de obra y la distribución y abundancia amplia de la materia prima necesaria en la fabricación del acero y el concreto (Franti, 1997).

El uso de los métodos bioingenieriles datan en China desde antes del siglo XII cuando fueron utilizados gran cantidad de arbustos para estabilizar taludes. Al comienzo del siglo XX, técnicas similares fueron usadas en China para controlar inundaciones y erosión a lo largo del Río Amarillo (Franti, 1997).

El uso de la bioingeniería en los Estados Unidos, data de los años 1920 y 1930, y las aplicaciones más comunes fueron para la estabilización de orillas de arroyos, caminos y carreteras y restauración de taludes.

Europa experimentó una tendencia similar. Sin embargo, unos pocos practicantes continuaron para usar y mejorar los métodos vivos en mezcla con los de construcción. En el año 1930 un número de profesionales en varias disciplinas técnicas fueron exitosos empleando los conceptos básicos de la bioingeniería del suelo. Estas técnicas incluyeron el uso de sauce vivo como una construcción elemental viva, construcción de muros de piedra combinados con recortes de madera y muros con incrustaciones de vegetación (Gray y Sotir, 1996). En los últimos 20 años, la bioingeniería ha sido reconocida como una técnica reemergente para el control de la erosión, por ser estructuras estéticamente agradables y ambientalmente seguras (Franti, 1997).

La bioingeniería ha sido practicada ampliamente y en forma exitosa en Europa, especialmente en Alemania, donde los métodos bioingenieriles han sido usados por más de 150 años (Franti, 1997).

La tala completa de la vegetación arbórea para el establecimiento de pastos y cultivos genera una inestabilidad de las formaciones superficiales expresada por una gran cantidad de movimientos en masa. En pendientes fuertes, parte de la estabilidad de las laderas, se debe al enraizamiento (Rice, 1977 citado por Florez, 1986), tanto por el anclaje vertical como por el horizontal (Gray, 1971, Dynes, 1967, citados por Florez, 1986).

No se puede confundir la bioingeniería con la simple siembra de árboles, o la mera construcción de trinchos en guadua, sino que ella va mucho más allá, buscando y atacando inicialmente las causas de los problemas.

La estabilización con obras de bioingeniería es inmediata, ya que se intervienen las causas y no los efectos, y la vegetación sólo entra a ser un componente biológico complementario en la restauración definitiva del área degradada a través del tiempo, tal como lo hace equilibradamente la naturaleza sin la intervención del hombre.

Resultados exitosos con la bioingeniería, en cuanto al control de la erosión severa y los movimientos mázales en todo tipo de suelos climas y topografías, se obtuvieron, a través de convenios Interinstitucionales, entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C.) y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), con participación de la comunidad y las ONG's de los diferentes municipios, a través de programas de socialización, sensibilización concientización y capacitación, entre ellas la ONG Eco ambientes del Municipio de Argelia Valle (Rivera y Sinisterra, 2006)⁵.

⁵ RIVERA POSADA, Op. cit. p. 2.

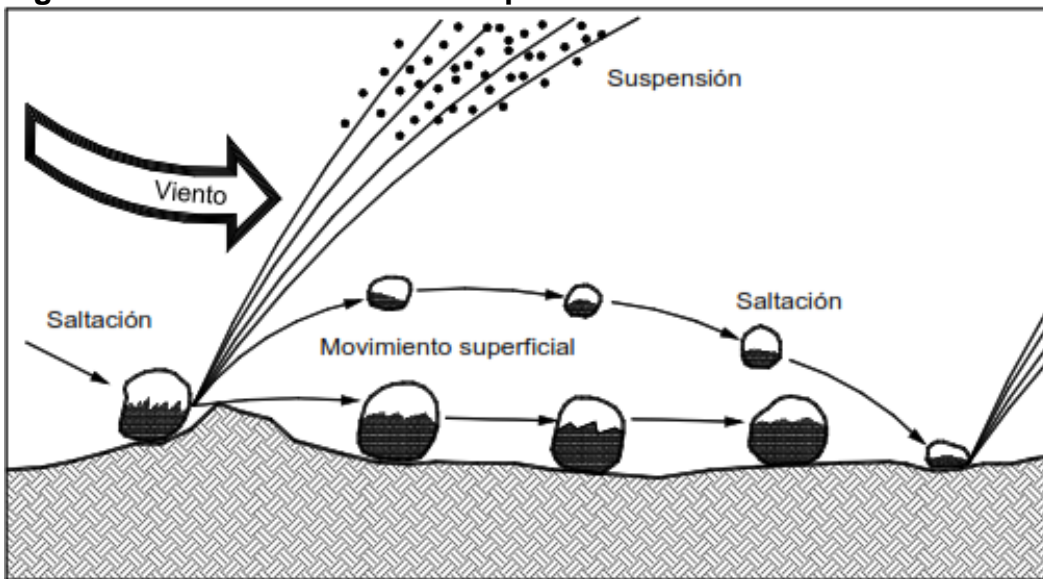
1.5 MARCO TEORICO

1.5.1 Erosiones Superficial de los Suelos. Según Suarez 1980 “La erosión es el resultado de la acción de las fuerzas de fricción del agua o el viento, proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento”⁶. Esto implica la existencia de los elementos que participan el proceso en el cuales suelo sería el elemento pasivo y el agua, viento que serían elementos activos en movimiento, por otra parte la vegetación actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos.

1.5.2 Tipos de Erosión.

1.5.2.1 Erosión por Viento. La erosión por el viento ocurre cuando los suelos sin vegetación son expuestos a altas velocidades del viento. “Cuando la velocidad del viento genera una fuerza tractiva superior a las fuerzas gravitacionales y cohesivas de las partículas de suelo, el viento desprende las partículas y las transporta en suspensión. Las partículas de menor tamaño (0.1 a 0.5 mm) son movidas por el viento en una forma de saltos o brinco. Las partículas gruesas se mueven rodando y las finas son transportadas en suspensión”⁷ (véase la Figura 1).

Figura 1. Mecanismo de Erosión por Acción del Viento



Fuente. SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 2001. p. 59.

⁶ LÓPEZ PELAÉZ, Juan Diego. Estudio y control de la erosión hídrica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2001. p. 20.

⁷ RIVERA POSADA, Horacio. Principios de la Bioingeniería [en línea]. Bogotá: Tripod [citado 27 enero, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://ecoambientes.tripod.com/principios.html>>

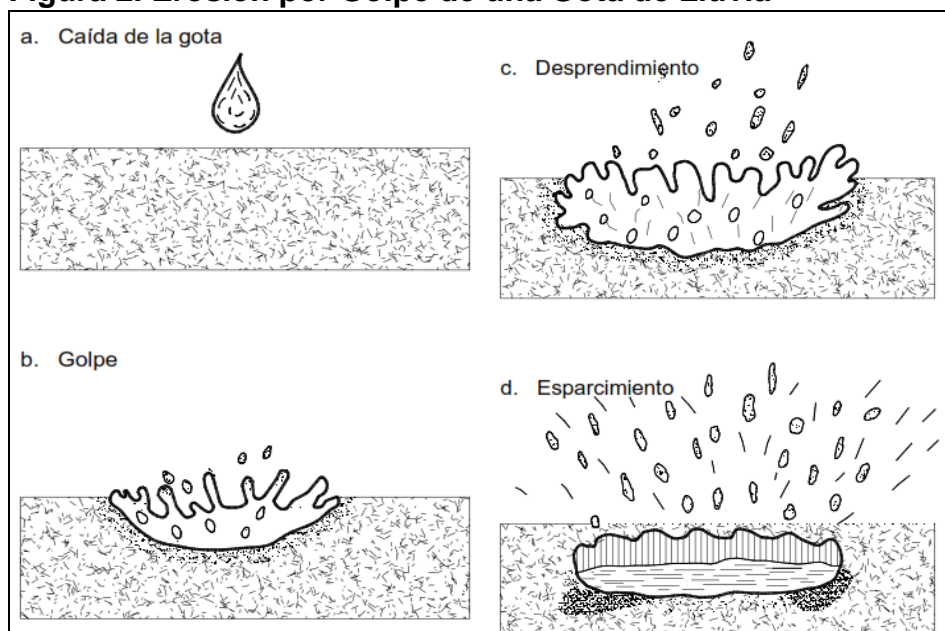
1.5.2.2 Erosión por Gotas de Lluvia.

La erosión por golpeo de la lluvia ocurre por el impacto de las gotas de agua sobre una superficie desprotegida, el cual produce el desprendimiento y remoción de capas delgadas de suelo. Este impacto rompe las estructuras del suelo y lo separan en partículas relativamente pequeñas. Estas partículas son luego transportadas por la escorrentía. Al caer una gota de lluvia levanta partículas de suelo y las reparte en un área de aproximadamente un metro cuadrado. Parte de la lluvia se infiltra y parte fluye por la superficie.

En un suelo sin protección vegetal se calculan hasta cincuenta metros cúbicos de suelos removidos por hectárea en una lluvia fuerte de una hora de duración.

La Erosión es una función de poder erosiónate del agua y de la erosionabilidad del suelo. La erosión causada por la lluvia está determinada por la cantidad, intensidad y duración de la misma cuando la intensidad y cantidad de lluvias de alta erosión será más rápida⁸ (véase la Figura 2).

Figura 2. Erosión por Golpe de una Gota de Lluvia



Fuente. SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 2001. p. 59.

1.5.2.3 Erosión Laminar. La erosión laminar consiste en el desprendimiento y transporte en capas bien definidas superficiales de suelo por acción de la escorrentía difusa.

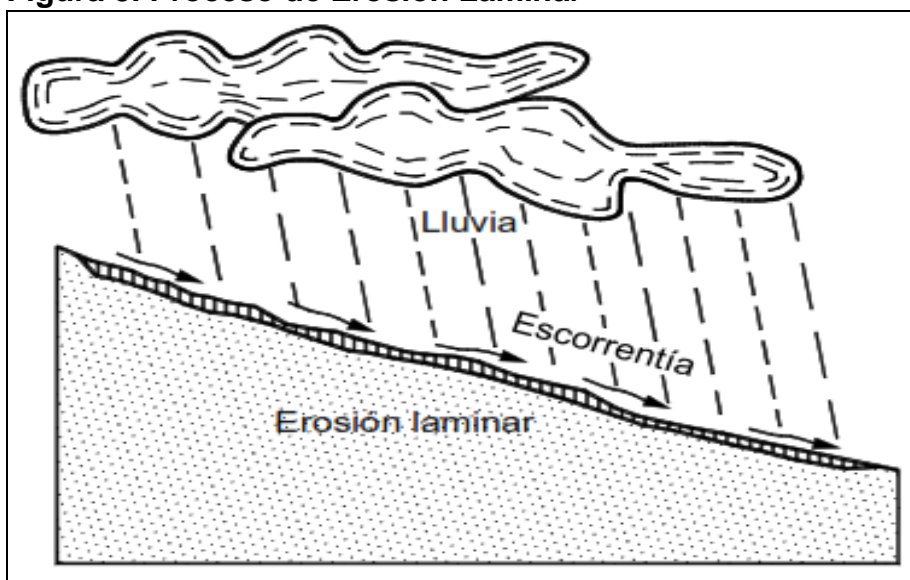
⁸ SUÁREZ DÍAZ, Op. cit., p. 60.

El suelo va perdiendo casi en forma imperceptible. Este tipo de erosión es muy común en los suelos residuales y en las zonas recientemente deforestadas.

La acción de las gotas de lluvia altera el suelo superficial. El agua parcialmente se infiltra y parcialmente se acumula sobre la superficie del terreno formándose una capa delgada de agua con flujos de 2 a 3 milímetros de espesor. El flujo laminar tiene poco poder erosivo pero por partes se convierte en turbulento, aumentando en forma importante la capacidad de erosión.

Las áreas de cultivos no permanentes son extraordinariamente susceptibles a la erosión laminar al igual que los suelos sin vegetación u los sujetos a sobre pastoreo de ganado⁹ (véase la Figura 3).

Figura 3. Proceso de Erosión Laminar



Fuente. SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 2001. p. 62.

1.5.2.4 Erosión en Masas (Deslizamientos). “Incluyen los fenómenos de desprendimiento transporte y deposición de grandes masas de suelo por acción de la fuerza del agua en movimiento.

En el desprendimiento y transporte de las masas actúan las fuerzas de gravedad y la fuerza del agua. Los fenómenos de erosión en masa incluyen los siguientes tipos de movimientos (Gray y Sotir ,1996)¹⁰

⁹ Ibíd., p. 62.

¹⁰ RIVERA POSADA, Horacio. Principios de la Bioingeniería [en línea]. Bogotá: Tripod [citado 27 enero, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://ecoambientes.tripod.com/principios.html>>

1.5.3 Agentes que Intervienen en la Erosión.

1.5.3.1 Lluvia. La lluvia o precipitación es considerada como la principal fuente de agua sobre el terreno; de su cantidad, intensidad y frecuencia depende del volumen de flujo que se desliza en capas uniformes.

1.5.3.2 Intensidad de la Lluvia.

Es un factor primordial del fenómeno, ya que la velocidad de penetración del agua en el suelo es frecuentemente insuficiente cuando esta cae con gran intensidad; la llegada al suelo de una elevada cantidad de agua en un periodo corto de tiempo, el cual produce rápidamente una escorrentía, a lo que se deduce la importancia de la intensidad de la lluvia que el total de la misma. Hudson (1982) expone que los intensos aguaceros típicos de los trópicos tienen un efecto más catastrófico que las suaves lluvias de los climas templados.

La relación más importante entre las características de la precipitación y de los suelos que condicionan la aparición de escurrimiento, es aquella existente entre la necesidad de lluvia y la rapidez de infiltración del suelo, tal que:

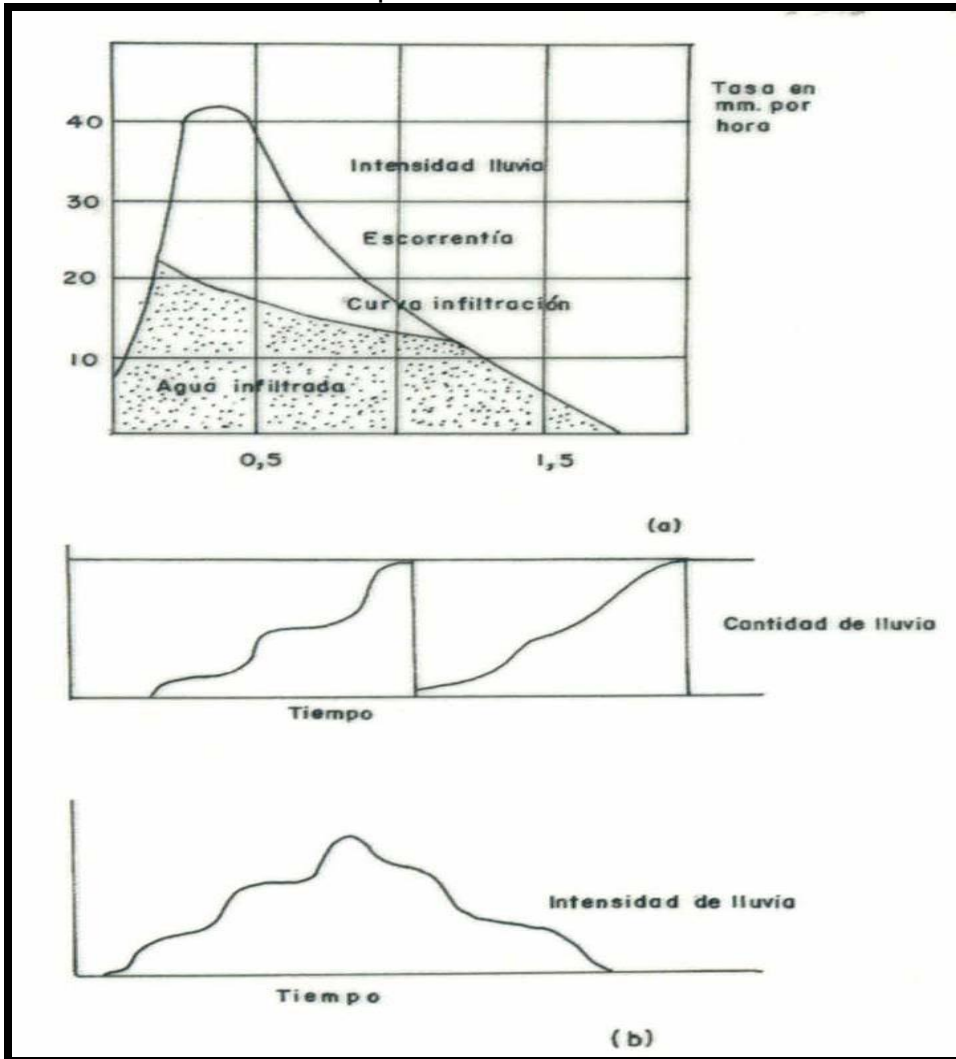
$$\text{Escurrecimiento} = \text{Intensidad lluvia} - \text{Velocidad Infiltración}$$

Si la intensidad de la precipitación es inferior a la capacidad de infiltración, no tendrá lugar la escorrentía, y la tasa de infiltración será igual a la intensidad de la lluvia; por otra parte, si la intensidad de la precipitación excede la capacidad de infiltración, la tasa de infiltración igualará la capacidad de infiltración u el excedente de la precipitación formará escurrimiento superficial.

En general puede afirmarse que mientras la Velocidad de infiltración > Intensidad Lluvia no habrá escurrimiento que produzca erosión, observándose que las lluvias de intensidad moderada producen erosión cuando el suelo ya se encuentra saturado¹¹ (véase la Figura 4).

¹¹ LÓPEZ PELAÉZ, Op. cit., p. 22.

Figura 4. (a) Relaciones Precipitación-Escorrentía; (b) Tipos de mediciones de la Intensidad de la Lluvia Adaptado



Fuente. LÓPEZ PELAÉZ, Juan Diego. Estudio y control de la erosión hídrica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2001. p. 23.

1.5.3.2 Frecuencia de Lluvia. La erosión del suelo debido a la recepción de la lluvia podría estar determinada por las condiciones meteorológicas previas: de tal forma, dos eventos de lluvia que sucedan sin haberse secado el suelo puede llevar a que la segunda lluvia infiltre, o lo haga mínimamente, y gran parte de la lluvia escurra.

“La frecuencia de las lluvias es crítica de acuerdo a las condiciones de terrenos, así cuando los intervalos entre lluvias son cortos el contenido de humedad del suelo es alto al comenzar aquellas, y por lo tanto, aumenta la posibilidad de que

se origine escorrentía aun con eventos de baja intensidad; lo contrario ocurriría en caso de tenerse periodos largos”¹².

1.5.3.3 Grado de Pendiente. “Regula la velocidad de circulación del agua sobre la superficie de forma casi exclusiva. En los trópicos húmedos el efecto de la pendiente”¹³.

1.6 MARCO CONCEPTUAL

1.6.1 Bioingeniería. “Comprende el uso de la vegetación para la estabilización de taludes y el control de la erosión. La bioingeniería de suelos es única en el sentido de que las partes de la planta por si mismas o sea las raíces y el follaje funcionan como los elementos estructurales mecánicos para la protección del talud”¹⁴. Los elementos vivos se colocan en el talud en diversos sistemas de arreglos geométricos en tal forma que ellos actúen como refuerzo, como drenaje o como barreras para los sedimentos. En el análisis de la bioingeniería se quiere tener en cuenta no solamente la ciencia de las plantas sino el comportamiento de los taludes y la mecánica erosiva.

1.6.2 Erosiones Superficial de los Suelos. Según Suarez La erosión es el “resultado de la acción de las fuerzas de fricción del agua o el viento, proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas de suelo causado por el agua y el viento. Esto implica la existencia de los elementos que participan el proceso en el cuales suelo seria el elemento pasivo y el agua, viento que serían elementos activos en movimiento, por otra parte la vegetación actúa como un regulador de las relaciones entre ambos elementos”¹⁵.

1.6.3 Infiltración. El agua de la lluvia al caer sobre el suelo trata de infiltrarse, desplazando el agua existente hacia abajo por macro poros, formando una especie de onda de presión de agua dentro del suelo, la cual produce un frente húmedo de infiltración.

Al inicio de la lluvia la totalidad de la precipitación se infiltra humedeciendo el suelo. La humedad en el suelo antes de la lluvia es determinante en la cantidad de infiltración porque al llover, el agua trata de penetrar al suelo humedeciéndolo y creando una capa delgada de saturación; y hasta que ésta capa no haya llegado a un punto de equilibrio no se forman una escorrentía y una corriente de infiltración. El equilibrio se logra cuando todo el perfil está transmitiendo agua a la máxima rata permitida por la parte menos permeable de los horizontes. Esto puede ocurrir entre diez minutos o varias horas después de iniciada la lluvia¹⁶.

¹² Ibid., p. 23.

¹³ SUÁREZ DÍAZ, Op. cit., p. 66

¹⁴ Ibid., p. 253

¹⁵ Ibid., p. 57

¹⁶ Ibid., p. 24

1.6.4 Trinchos Vivos. Los trinchos son barreras o vertederos construidos Generalmente con materiales vegetales con el objetivo Primario de reducir la erosión en una corriente no Permanente.

Estas barreras restringen el paso del Flujo, reduciendo su velocidad y de esta forma su Capacidad de erosión. La magnitud de la restricción Al flujo es un factor muy importante en el diseño de Barreras. Estos trinchos pueden ser construidos Totalmente con materiales vegetales o utilizando Materiales vivos e inertes.

Los trinchos retardan el flujo, reducen la erosión y Ayuda a la revegetalización del fondo de la corriente. Una vez la vegetación densa es establecida dentro de la corriente esta ejerce una fuerza hidráulica adicional, reduciendo aún más las velocidades. Es importante que las especies vegetales que se escojan tengan una raíz profunda, en tal forma que se ancle de manera eficiente al suelo. No es conveniente que el follaje sea demasiado denso para que la restricción a flujo de agua no sea demasiado. Sin embargo, no existen formas matemáticas para este diseño¹⁷.

1.6.5 Pendiente del Talud. Para el diseño de la pendiente del talud se debe analizar a detalle las condiciones de litología, estructura y meteorización de los materiales constitutivos del talud.

El suelo y la roca son materiales extremadamente complicados y heterogéneos y Tienden a deteriorarse con el tiempo. Los suelos residuales por la presencia de discontinuidades estructurales son especialmente difíciles de manejar.

Para decidir el valor de la pendiente y la forma del talud se debe realizar un juicio en conjunto, analizando la influencia de todos los factores. En este estudio se puede requerir realizar ensayos de laboratorio y análisis de estabilidad, utilizando modelamientos matemáticos y físicos¹⁸.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 Objetivos Generales. Generar un manual de obras de bioingeniería para zonas de laderas con procesos de remoción de masas en niveles superiores de 3000 m.s.n.m en la localidad de Sumapaz Bogotá D.C de fácil comprensión para la comunidad.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las obras utilizadas en la zona, con el fin de obtener información de soporte técnico.
- Caracterizar la población beneficiaria de la localidad.

¹⁷ *Ibíd.*, p. 336

¹⁸ *Ibíd.*, p. 350

➤ Sistematizar los procesos constructivos empleados.

1.8 METODOLOGIA

1.8.1 Recopilación de Información Básica. La recopilación de la información básica requerida para la realización del Manual, será recolectada en base a los estudios técnicos, Informes de avance de obra y comunicados expedidos por la alcaldía de Sumapaz y el contratista quien ejecuta las obras en los diferentes puntos de la localidad. De igual manera se colectara información de acuerdo con los diferentes estudios de aplicación de bioingeniería en varias zonas del territorio nacional.

1.8.2 Estudios de Características Regionales. La topografía, geología y clima de la Región andina en especial la zona de estudio “Paramo de Sumapaz”, el concepto de paramo es un concepto ecológico o biogeográfico, el cual hace referencia a regiones montañosas de los andes ecuatoriales húmedos, por encima de los 3.000 M.S.N.M, el cual se describe como un lugar frio y húmedo, presentando una variación de temperatura y gran nubosidad.

Se distingue además como paramo por las condiciones ambientales extremas; una gran influencia biológica y física, suelos ácidos, baja presión atmosférica, escasa densidad, baja temperatura media con fuertes oscilaciones diurnas.

1.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presenta el cronograma de las actividades a realizar en la investigación (véase el Cuadro 1).

Cuadro 1. Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	MES DE EJECUCION							
	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Presentación de Anteproyecto								
Visita Zonas intervenidas en la Localidad de Sumapaz								
Aprobación Anteproyecto								
Seguimiento Zonas intervenidas con obras de Bioingeniería en la Localidad de Sumapaz								
Recopilación información Expedida por la Localidad de Sumapaz								
Análisis de la Información Recopilada								
Entrega Documento Inicial								
Entrega Documento Final								

Fuente. Los Autores.

1.10 PRESUPUESTO OFICIAL

A continuación se presenta el presupuesto para realizar en la investigación (véase el Cuadro 2).

Cuadro 2. Presupuesto Oficial

PRESUPUESTO OFICIAL				
ACTIVIDAD	CANT	UN	VALOR UN	VALOR TOTAL
Visita Zonas intervenidas en la Localidad de Sumapaz	2	día	\$ 50.000	\$ 100.000
Visita Oficinas Alcaldía de Sumapaz	8	día	\$ 5.000	\$ 40.000
Seguimiento Zonas intervenidas con obras de Bioingeniería en la Localidad de Sumapaz	5	día	\$ 50.000	\$ 50.000
Impresiones	240	Hoja	\$ 500	\$ 120.000
Poster		Pliego		\$ -
Otros (Llamadas ,Internet , papelería)				\$ -
				\$ -
COSTO TOTAL				\$ 510.000

Fuente. Los Autores.

2. GENERALIDADES GEOLÓGICAS

El macizo del Páramo del Sumapaz corresponde a un nudo orográfico culminante de la cordillera Oriental, con una altura media que oscila entre 3.500 y 4.000 metro sobre el nivel del mar, con dirección S.W.-N.E, alejándose cada vez más del valle del rio magdalena y desplazándose el cordón horizontal y el eje de altura hacia el oriente. El sector occidental del macizo, con su vertiente sobre el valle del Magdalena, tanto hacia el norte como hacia el sur, está formado por valles tectónicos que con sus ramales cordilleranos forman ejes secundarios y paralelos al eje principal. La vertiente oriental, es mucho más corta y pendiente y esta cruzada por profundos valles transversales de erosión, excavados por los ríos hasta su medula.

“El páramo de Sumapaz en la divisoria de aguas entre las vertientes del sistema fluvial del rio Orinoco en el oriente y del rio magdalena al occidente , repartiendo sus aguas radialmente en todas las direcciones, desde su parte más alta, convirtiéndose así en uno de los ecosistemas fluviales más importantes del centro del país”¹⁹ (véase la Figura 5).

Figura 5. Mapa de la Localidad de Sumapaz



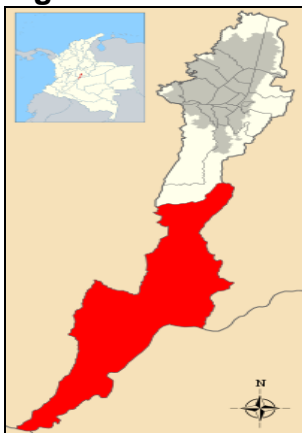
Fuente. SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE COLOMBIA. El Páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá [en línea]. Bogotá: La Sociedad [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: www.sogeocol.edu.co/documentos/Paramos.pdf>

¹⁹ SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE COLOMBIA. El Páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá [en línea]. Bogotá: La Sociedad [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: www.sogeocol.edu.co/documentos/Paramos.pdf>

2.1 LOCALIZACIÓN

Los puntos de estudio se encuentran ubicados en la localidad de Sumapaz ubicada en la cordillera Oriental, en la región del macizo de Sumapaz, zona del Alto Sumapaz, la cual se considera ecosistema de insustituible en funciones ecológicas, ente los 2.600 metros a 4.320 metros de altura sobre el nivel del Mar. Abarca una extensión de 75.761 hectáreas que representan el 42 % de las 177.944 hectáreas que comprende el Distrito. Está situada al sur de Bogotá urbana y ocupa cerca del 90% del total de su área rural (véase la Figura 6).

Figura 6. Localización Localidad de Sumapaz



Fuente. WIKIPEDIA. Sumapaz (Bogotá) [en línea]. Bogotá: Wikipedia [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sumapaz_\(Bogotá\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Sumapaz_(Bogotá))>

La localidad hace parte del páramo de Sumpaz, uno de los hídricos más grandes de Colombia el cual integra las cuencas de los ríos Magdalena y Orinoco. Actualmente está inscrito al sistema de parques naturales, dando origen al Parque Nacional Natural Sumpaz, que constituye una de las áreas más importantes del país por su vegetación con predominio de frailejones, musgo y pajonales, y por poseer una alta capacidad para condensar y almacenar el agua presente en el suelo por presentar una alta permeabilidad, convirtiéndola en área ideal para almacenar el recurso hídrico (véase la Figura 7).

Sumapaz limita por el norte con las localidades de Usme y Ciudad Bolívar, por el sur con el departamento de Huila, por el oriente con los municipios de Chipaque, Uña, Gutiérrez y San Juan de Cubarral, y por el occidente con los municipios de Pasca, Arbeláez, San Bernardo y Cabrera, Pertenece política y administrativamente a Bogotá Distrito Capital de Colombia. Esta localizada en el extremo Sur del Distrito y una distancia de 31 Kilómetros del área Urbana de la Capital²⁰.

²⁰ ALCALDÍA LOCAL DE SUMAPAZ. Ubicación [en línea]. Bogotá: Wikipedia [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sumapaz.gov.co/index.php/mi-localidad>>

Figura 7. Localización Zonas Intervenidas



Fuente. GOOGLE EART. Zonas Intervenidas [en línea]. Bogotá: Google Eart [citado 20 febrero, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.google.es/intl/es/earth/>>

Evaluar la estabilidad geotécnica y las características físicas de los sectores identificados donde se presentan procesos de inestabilidad activos y zonas potenciales inestables del talud o el borde de la ladera; de tal forma que se permita identificar la condición de amenaza ante procesos de remoción en masa en los escenarios establecidos a corto y largo plazo, lo cual permitirá realizar el planteamiento de las estrategias, medidas y alternativas de mitigación del riesgo más favorable, consistente con los análisis de zonificación de la amenaza, a partir de la información adquirida, recopilada y analizando los resultados del estudio.

Se evaluarán los resultados de la investigación del subsuelo efectuado y establecer la capacidad portante del suelo y análisis de estabilidad de los taludes en la zona.

Para estos estudios se implementó una metodología coherente de explotación del subsuelo con el fin de lograr estimar aceptablemente los parámetros de resistencia y las características físicas de los estratos de soporte.

2.2 EXPLORACIÓN DE CAMPO

De acuerdo con el alcance de este estudio se definió la explotación del subsuelo, tipo y cantidad de ensayos, y el equipo de trabajo necesario para el desarrollo del proyecto.

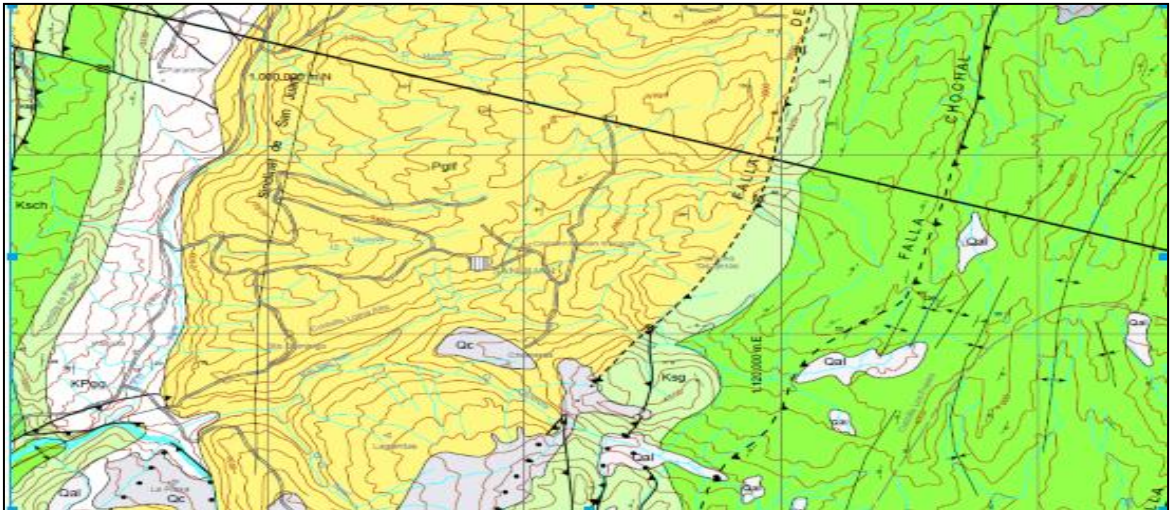
2.2.1 Tipos de Sondeos. Para el desarrollo de las actividades de explotación se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

- En este punto se efectuaron un recorrido para considerar los puntos adecuados en donde se realizaran las exploraciones necesarias para determinar las características del subsuelo.
- Se determinó un plan de exploración consistente en 3 sondeos, los cuales se denominan S1 a S3.
- Los sondeos se realizaran hasta una profundidad de 6.00 m.
- Se recobraron muestras cada 1.50 m, los cuales fueron remitidas al laboratorio para practicar los correspondientes ensayos de caracterización, con los cuales se obtuvieron los parámetros geotécnicos necesarios para el cálculo de capacidades portantes y asentamientos.

2.2.2 Estudios Geológicos y Geomorfológicos. Los aspectos geológicos y geomorfológicos regionales, y las condiciones locales y/o del detalle del sitio de estudio ubicado en la localidad de Sumapaz, en la ciudad de Bogotá D.C.

El sitio de estudios se encuentra ubicado en la provincia de los páramos de Sumapaz, en el corregimiento de San Juan, en donde afloran rocas con edades desde cretácico superior al cuaternario, la presencia de formaciones como la formación Chipaque (Ksch), formaciones pertenecientes al grupo Guadalupe (Ksg), Depósitos coluviales y aluviales (Qc-Qal), y suelos propios del grupo lodolitas de Fusagasugá, que presentan la mayor formación de la Zona de Estudio. Aspectos de Geología Regional a escalas regional existen varios estudios geológicos que han caracterizado las unidades y estructuras de la sabana de Bogotá y paramo de Sumapaz. El sitio de estudio, comprende un área estructuralmente compleja perteneciente a la parte central de las cordillera Oriental, en donde afloran rocas con edades desde el cretácico superior al Cuaternario; estas unidades estratigráficas y las estructuras de mayor importancia, considerando los estudios realizados por el estudio realizados por el instituto de investigación e información geocientífica, minera ambiental y nuclear (2002) realizado a escala 1:10.000 y planchas 265 INGEMINAS (2010) a escala 1:100.000 respectivamente.

Figura 8. Unidades Geológicas Localidad de Sumapaz



Fuente. GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. p. 16.

2.3 ESTRATIGRAFÍA

2.3.1 Formación Chipaque (Ksch).

El nombre “Chipaque” fue empleado por primera vez por Hubach (1931) con el rango de “Conjunto Chipaque”. Redefinida por Renzoni (1962), quien la presenta como una “unidad conformada fundamentalmente por Lutitas”, hecho que la diferencia claramente de sus dos unidades infra y suprayacentes que están formadas por areniscas y destacan netamente en el relieve”.

La Formación Chipaque consta en su parte inferior a media de una alternancia de lodolitas grises oscuras a negras, físciles en capas muy finas a muy gruesas; intercaladas con capas muy delgadas a muy gruesas plano paralelas y no paralelas de arenitas de grano fino a medio de cuarzo color gris claro a oscuro, cemento silíceo; los primeros 25m de espesor se presentan delgadas intercalaciones de caliza muy meteorizada. En la parte superior de la sección, predomina la lodolita negra en capas delgadas a muy gruesas con intercalaciones de capas delgadas a gruesas de arenita de grano muy fino a fino de cuarzo, de color gris oscuro a negro con cemento silíceo y a veces calcáreo²¹

2.3.2 Grupo Guadalupe (Ksg). Se encuentra ubicado el límite inferior en la última ocurrencia de lodolitas negras de la Formación Chipaque y su límite superior en la primera ocurrencia de arcillolitas de la Formación Guaduas.

²¹ GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. p. 17.

El grupo Guadalupe divide la unidad en un conjunto inferior arcilloso y otro superior arenoso, denominados Guadalupe Inferior y Guadalupe Superior, además subdivide el Guadalupe Superior de base a techo en Arenisca Dura, Plaeners y Arenisca Tierna.

En el área de la carretera a San Juan de Sumapaz, el Grupo Guadalupe se presenta por lo general como un paquete monótono de capas delgadas a gruesas de cuarzoarenita de grano fino a muy fino, de color gris claro a oscuro, con algunas intercalaciones de lodolitas y arcillolitas²².

2.3.3 Depósitos Coluviales (Qc). Son los que se desarrollan sobre las laderas al pie de los escarpes, asociados generalmente con fallas, acumulando cantos de diferentes tamaños, siendo el de mayor extensión el depósito coluvial ubicado al sur del Sinclinal de San Juan.

2.3.4 Depósitos Aluviales (Qal). Se encuentran restringidos a los drenajes principales y secundarios generalmente donde se observa un cambio de pendiente en el drenaje. Estos depósitos consisten en bloques, redondeados y sobre sondeados, especialmente de areniscas de cuarzo, en una matriz no consolidado de arenas y arcillas; presentan una expresión morfológica plana.

2.3.5 Odolitas de Fusagasugá (Pglf). Está constituida principalmente por lodolitas con niveles de arenitas, los niveles blandos poco afloran y son predominantemente lodolitas de color pardo rojizo y gris, algunas veces con arenita muy fina. Los niveles duros corresponden a arenitas líticas con tamaño de grano fino que varía entre arena fina a gruesa, como minerales principales se encuentran cuarzo, chert, líticos volcánicos y metamórficos y como minerales secundarios micas, ferromagnesianos, turmalina, circón.

“Las arenitas presentan poca matriz arcillosa, cementación silíceo y ferruginosa, con Colores que varían desde gris pardo hasta amarillo ocre, según el estado de alteración”²³.

2.4 ASPECTOS ESTRUCTURALES

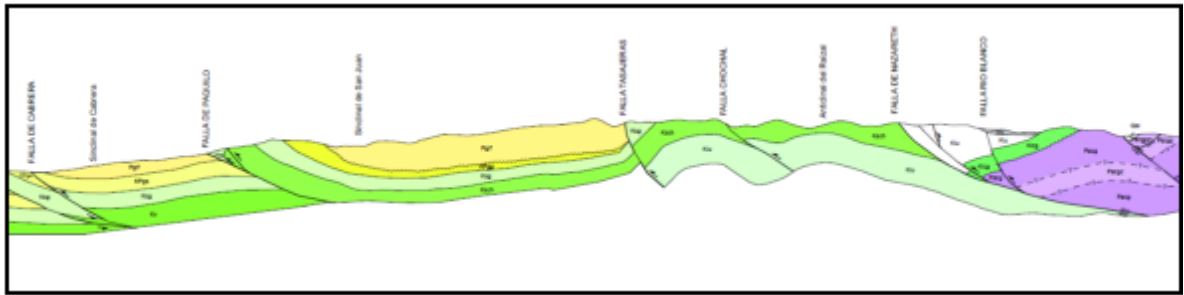
“El área de estudio se encuentra ubicada en un sector tectónicamente complejo que se caracteriza por la presencia de sinclinales asimétricos amplios y extensos, en contraste con anticlinales pequeños apretados. Los pliegues se encuentran limitados por fallas inversas orientadas en sentido NE-SW, con planos inclinados preferencialmente hacia el oriente con ángulos estimados ente 30° y 45°²⁴ (véase la Figura 9).

²² *Ibid.*, p. 17

²³ *Ibid.*, p. 18

²⁴ *Ibid.*, p. 18

Figura 9. Aspectos Estructurales - Región de Sumapaz



Fuente. GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. p. 16.

2.4.1 Falla de Nazareth. Se presenta al oriente de la población de Nazareth, corresponde a un cabalgamiento, con dirección N10°E, vergencia hacia el occidente y buzamiento entre 30 y 45°, el cual es deducido del corte geológico. Es la estructura de mayor longitud en el área que pone en contacto rocas de la Formación Une sobre rocas de la Formación Chipaque.

2.4.2 Sinclinal de San Juan. Su nombre Proviene del Municipio de San Juan, está limitado por las fallas de Tasajera y El Pilar. “Es un pliegue abierto, subvertical cuyo eje esta desplazado hacia el flanco occidental, mostrando diferencias en espesor entre ambos flancos, hacia el norte tiene una dirección aproximada de N30°E y hacia el sur de N15°E. Este pliegue está conformado por rocas del Grupo Guadalupe y la Formación Guaduas en sus flancos y en su núcleo por las Lodolitas de Fusagasugá”²⁵.

2.4.3 Anticlinal de Pueblo Viejo. Debe su nombre a la loma Pueblo Viejo, es un pliegue cerrado, sin inmersión, con dirección del plano axial N30°E y una inclinación de aproximadamente 35° convergencia hacia el occidente. Su núcleo está caracterizado por la Formación Chipaque y con los flancos por el Grupo Guadalupe (véase la Figura 10).

²⁵ Ibid., p. 19.

2.4.5 Sistema de Fallas de Venecia – El Consuelo. Deben su nombre a la población de Venecia y El Consuelo. Es un Grupo de Fallas de cabalgamiento, con vergencia hacia el occidente, que generan escamas tectónicas las cuales involucran la Formación Chipaque, Grupo Guadalupe, Formación Seca y Lodolitas de Fusagasugá.

2.4.6 Fallas El Porvenir y Altamizal. Debe su nombre a la cuchilla Altamizal y a la cuchilla El Porvenir, son fallas de cabalgamiento, convergencia hacia el oriente que monta rocas del Grupo Villeta sobre rocas del Grupo Guadalupe. Estas dos fallas se interpretan como retro cabalgamientos del sistema Venecia- El Consuelo.

2.5 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

Siendo una región culminante de la Cordillera Oriental, el páramo de Sumapaz es la divisoria de aguas entre los sistemas fluviales del Guaviare-Orinoco en el oriente, y el Magdalena en el occidente, repartiendo sus aguas radialmente en todas las direcciones, desde su parte más alta, de una muy tranquila topografía, de típicas formas peri glaciares, formando una serie de hoyas hidrográficas, que pueden ser convenientes en parte en una reserva de agua para la Sabana de Bogotá.

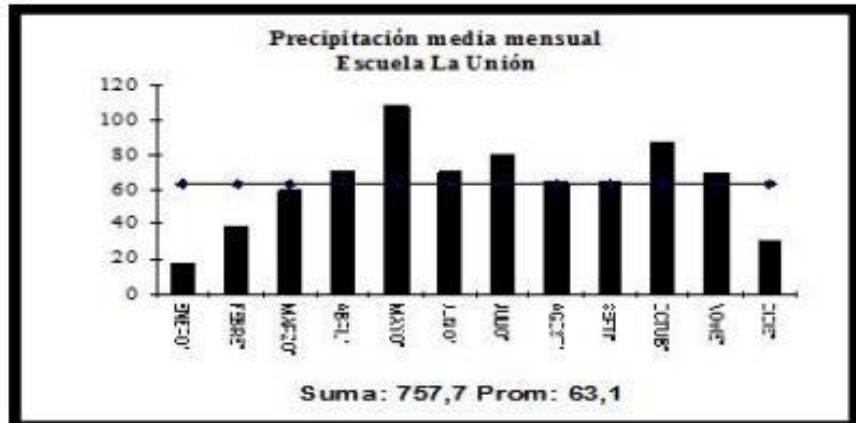
Un dorso cordillerano ligeramente más elevado (alrededor de 4.000 metros) se extiende, arrancando en el occidente en el Alto de Rabona (algo más al sur de Alto de Andabobos) hacia el oriente hasta cerca de Cerro Nevado de Sumapaz (4.300 m.), separando las altas cuencas de los ríos Ariari y río Blanco.

Del norte hacia el sur se extiende otro dorso cordillerano, con alturas ligeramente superiores a los 4.000 metros, y que separa la parte occidental del páramo, de tranquila topografía, de la región oriental fuertemente accidentada. Constituyen al parecer ambas partes del páramo diferentes formaciones geológicas. Esta divisoria geológica y topográfica se encuentra en el Alto de los Cáquezas (4.000m.) con la cuchilla divisoria entre los ríos Blanco y Ariari, formando el centro geográfico del páramo de Sumapaz²⁷.

2.5.1 El Clima. En general, la zona se caracteriza por tener un clima frío, con temperaturas medias que oscilan entre 4.4° C, en el área de la laguna Negra, y 8.3° C, en La Unión, corregimiento de San Juan. Según el (IGAC 1985) los valores medios mensuales de la temperatura del aire tienen poca variación a lo largo del año, la época de verano se presenta en los meses de Enero y Diciembre; los meses más lluviosos son Abril, Octubre y Noviembre (véase la Figura 11).

²⁷ *Ibid.*, p. 21

Figura 11. Precipitación Media Mensual



Fuente. GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. p. 22.

➤ Parte alta de la zona oriental: bosque muy húmedo montano, localizándose por encima de los 3.000 msnm, con registros de precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm/año y temperaturas que oscilan entre 6 y 12 °C. Parte central: pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo, con precipitaciones superiores a los 2.000 mm/año y temperaturas que varían entre los 12 y 18 °C.

➤ Parte baja: se registran precipitaciones inferiores 1.000 mm/año, con unas temperaturas superior a los 24 °C, caracterizándose la zona como bosque seco tropical.

2.5.2 Hidrografía. “La Cuenca del Río Sumapaz en el Departamento de Cundinamarca, está ubicada al sur del Departamento, hace parte de la vertiente Occidental que va hacia el Valle del Río Magdalena. Su riqueza hídrica está en la posesión de esta gran vertiente. La pieza rural de la Cuenca del Río Sumapaz, se encuentra en la cuenca alta del río Sumapaz que es afluente del Río Magdalena, y a su vez se alimenta del Río Pilar, Río San Juan y Río Sumapaz”²⁸.

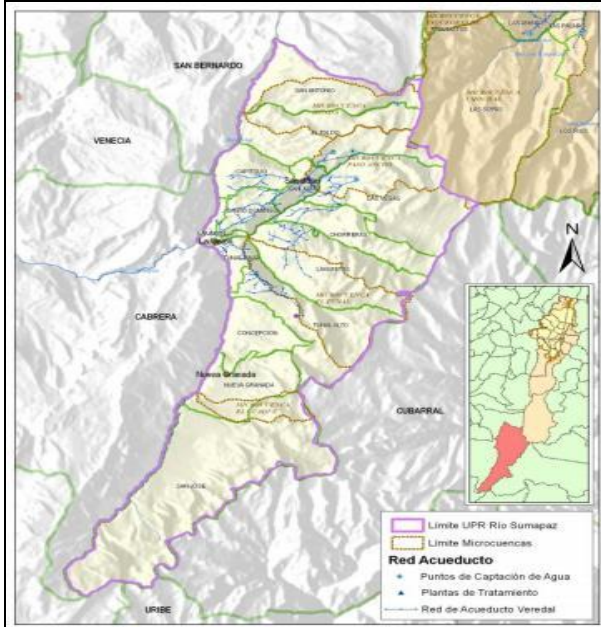
2.5.2.1 Micro Cuencas Cuenca del Río Sumapaz. A la Cuenca del Río Sumapaz pertenece la sub cuenca del Río San Juan y el Pilar.

En este territorio predominan los ecosistemas de páramo y bosque de niebla. Allí nacen y se cruzan un gran número de corrientes y existen grandes lagunas y terrenos pantanosos, como un ejemplo importante existen los pantanos de Anda bobos (vereda San Juan). Algunas micro cuencas hidrográficas de la Localidad de Sumapaz cumplen la función de abastecimiento de agua potable, es decir sirven a la población que habita los centros poblados, asentamientos menores y veredas de la cuenca del Río Sumapaz, para la obtención del agua para las viviendas y para el

²⁸ Ibid., p. 22

consumo humano a través de acueductos veredales. Las micro cuencas abastecedoras en la cuenca del Sumapaz son: Quebrada honda, Paso Ancho (Quebrada la Rabona), Paso Ancho (Quebrada Paso Ancho), Paso Ancho (Quebrada Tasajeras), el Tunal (Quebrada el Gobernador), Tunal (Quebrada el Espejo) y el Guaque²⁹ (véase la Figura 12).

Figura 12. Microcuencas - Cuenca Rio Sumapaz



Fuente. GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. p. 23.

²⁹ Ibid., p. 22

3. CARACTERIZACIÓN PUNTOS INTERVENIDOS EN LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ

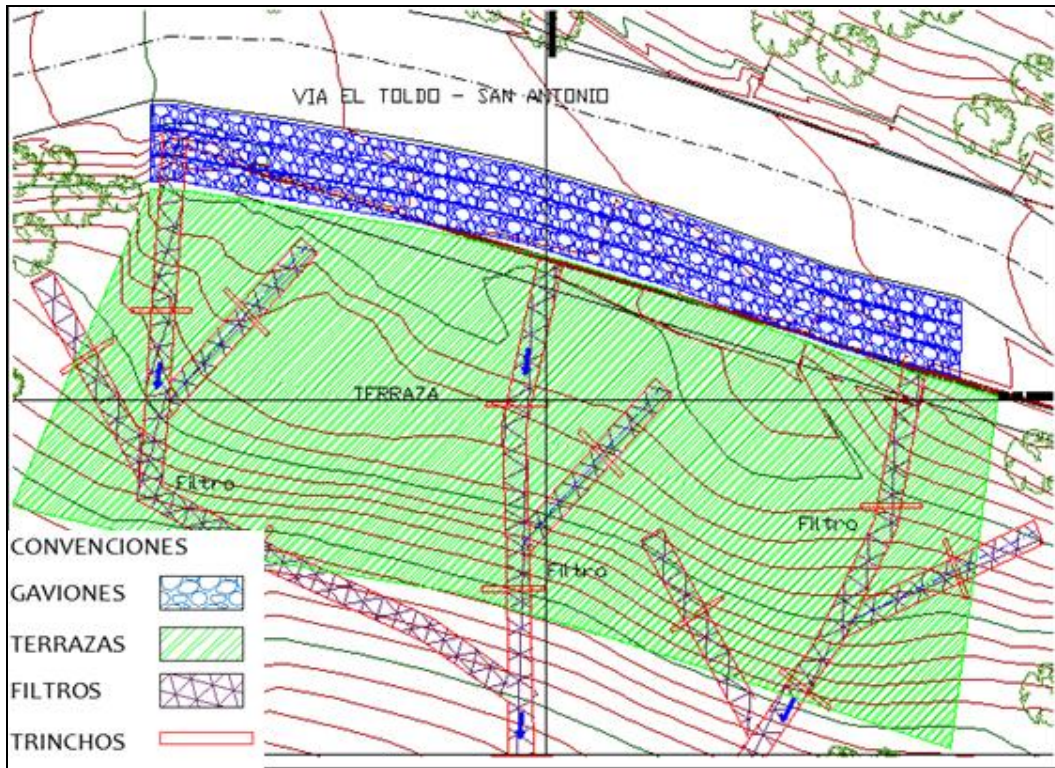
A continuación se presentan las fichas de inspección y caracterización intervenidos en la localidad de Sumapaz (véase los Cuadros 3, 4, 5 y 6).

Cuadro 3. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 1

	<p>FICHA DE INSPECCION Y CARACTERIZACION PUNTO N° 1</p>	<p>Fecha de informe: 20 de Enero de 2016</p> <p>Elaborado Por : Bibiana Suescun / Luisa Hernández</p>
<p>RECONOCIMIENTO GENERAL DE PUNTOS A INTERVENIR</p>		
<p>1</p>	<p>Dentro de las actividades preliminares se hizo un reconocimiento general de los puntos que justifican técnicamente la construcción de las obras de bioingeniería.</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		
<p>Realización de trabajo de levantamiento topográfico.</p>		
<p>2</p>	<p>Como actividad preliminar, se adelanta el proceso de elaboración de la topografía para todos los puntos priorizados, esto con el fin de poder realizar los diseños y los tipos de las obras o modelos de Bioingeniería a construir.</p>	

Cuadro 3. (Continuación)

Realización de trabajo de levantamiento topográfico.



ESTUDIO DE SUELOS

3 Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos .

Características de lo+A24:G35s Sondeos: En el punto a analizar se realizaron 3 sondeos de los cuales se obtuvo la siguiente información

No.	PROFUNDIDAD	EQUIPO
S1	6.00 m	Paladruga, SPT
S2	6.00 m	Paladruga, SPT
S3	6.00 m	Paladruga, SPT

Material de suelo

Una vez realizado el estudio de Suelos, los materiales encontrados en la zona de estudio, predominan los materiales arcillo arenosos , sobre estratos duros de roca arenisca , se observa rechazo en SPT a una profundidad promedio de 2,50 m.

Perfil Estratigráfico

Realizados lo ensayos de laboratorio y considerando la clasificación de los materiales que se registran se presentan los siguientes perfiles estratigráficos de acuerdo con los 3 sondeos que se realizaron.

Cuadro 3. (Continuación)

3	Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos .	
Sondeo N° 1		
Profundidad	0.00 m a 0.70 m	"Arcilla Limosa color Amarillo"
Profundidad	0.70 m a 1.50 m	"Arcilla de baja compresibilidad color Café "
Humedad Natural	24.11 %	
Limite Liquido	36.37	
Limite Platico	19.14	
Índice de Plasticidad	17.23	
Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"		
Profundidad	0.70 m a 1.50 m	"Arcilla ligera arenosa de baja compresibilidad color café"
Humedad Natural	18.18%	
Limite Liquido	34.65	
Limite Platico	20.71	
Índice de Plasticidad	19.93	
Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"		
Profundidad	2.30 m a 4.00 m	"Material arcilloso café"
Profundidad	4.00 m a 6.00 m	"Material arcilloso café"
Sondeo N° 2		
Profundidad	0.00 m a 0.50 m	"Material de relleno con limo arcilloso color amarillo"
Profundidad	0.50 m a 1.50 m	"Arcilla ligera arenosa de baja compresibilidad color café "
Humedad Natural	8.46 %	
Limite Liquido	29.94	
Limite Platico	18.02	
Índice de Plasticidad	11.93	
Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"		
Profundidad	0.70 m a 1.50 m	"Arcilla ligera arenosa de baja compresibilidad color café"
Humedad Natural	16.40%	
Limite Liquido	31.29	
Limite Platico	21.75	
Índice de Plasticidad	9.54	
Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"		
Profundidad	2.50 m a 3.50 m	"Roca arenisca"
Profundidad	3.50 m a 6.00 m	"Roca arenisca"
Sondeo N° 3		
Profundidad	0.00 m a 0.80 m	"Material de relleno color gris"
Profundidad	0.80 m a 1.80 m	"Arcilla ligera arenosa de baja compresibilidad color café "
Humedad Natural	10.16 %	
Limite Liquido	30.11	
Limite Platico	18.68	
Índice de Plasticidad	11.43	

Cuadro 3. (Continuación)

3	Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos .																
<p style="text-align: center;">Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"</p> <p>Profundidad 1.80 m a 2.50 m "Arcilla ligera arenosa de baja compresibilidad color café"</p> <table border="0"> <tr><td>Humedad Natural</td><td style="text-align: right;">21.52%</td></tr> <tr><td>Limite Liquido</td><td style="text-align: right;">33.81</td></tr> <tr><td>Limite Platico</td><td style="text-align: right;">18.91</td></tr> <tr><td>Índice de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">14.91</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Se clasifica como CL " Limos Orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad"</p> <p>Profundidad 2.50 m a 3.50 m "Limo de baja compresibilidad color café"</p> <table border="0"> <tr><td>Humedad Natural</td><td style="text-align: right;">19.15%</td></tr> <tr><td>Limite Liquido</td><td style="text-align: right;">40.39</td></tr> <tr><td>Limite Platico</td><td style="text-align: right;">26.67</td></tr> <tr><td>Índice de Plasticidad</td><td style="text-align: right;">13.72</td></tr> </table> <p style="text-align: center;">Se clasifica como ML " Limos Inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca arenas finas limosas o arcillosas"</p> <p>Profundidad 3.50 m a 6.00 m "Material limo arcilloso color café "</p>		Humedad Natural	21.52%	Limite Liquido	33.81	Limite Platico	18.91	Índice de Plasticidad	14.91	Humedad Natural	19.15%	Limite Liquido	40.39	Limite Platico	26.67	Índice de Plasticidad	13.72
Humedad Natural	21.52%																
Limite Liquido	33.81																
Limite Platico	18.91																
Índice de Plasticidad	14.91																
Humedad Natural	19.15%																
Limite Liquido	40.39																
Limite Platico	26.67																
Índice de Plasticidad	13.72																
<p>Caracterización Geotécnica</p> <p>Se identificaron de las muestra las características geotécnicas del material.</p>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">PARÁMETRO</th> <th style="width: 50%;">VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad</td> <td style="text-align: center;">Entre 1.508 t/m³</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td style="text-align: center;">0.0 t/m²</td> </tr> <tr> <td>Angulo de fricción</td> <td style="text-align: center;">30°</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETRO	VALOR	Densidad	Entre 1.508 t/m ³	Cohesión	0.0 t/m ²	Angulo de fricción	30°								
PARÁMETRO	VALOR																
Densidad	Entre 1.508 t/m ³																
Cohesión	0.0 t/m ²																
Angulo de fricción	30°																
<p>Fecha de informe: 15 de Febrero de 2016</p>																	
<p>TAPONAMIENTO DE GRIETAS</p>																	
4	Las grietas permiten la infiltración de las aguas de escorrentía lo cual, en la mayoría de los casos, genera deslizamientos, para lo cual se procedió a taponarlas con material presente en la zona.																
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>																	



Cuadro 3. (Continuación)

CONSTRUCCION DE ZANJAS DE INFILTRACION	
5	<p>Se llevó a cabo la excavación para la elaboración de las zanjas de filtración. Las consisten con una zanja construida a nivel, donde la tierra de la excavación se ubica en la parte más baja y se pisa para evitar arrastres, complementándose para este fin con una revegetalización que sirve de amarre a la tierra removida. Esto hace que el agua de escorrentía se infiltre en el suelo, reduciendo su velocidad y al mismo tiempo reteniendo los sedimentos para evitar la erosión.</p>
	
Fecha de informe: 17 de Marzo de 2016	
CONSTRUCCION DE FILTROS	
6	<p>Excavación de zanjas para filtros principales.</p>
	

Cuadro 3. (Continuación)

7	Construcción de filtro principal. Donde se calcula la construcción de una zanja de 0.6mts de base y un promedio de 1.2 más de profundidad, y 16 guaduas.
	
8	Construcción de filtro secundario: los secundarios que alimentaron a los primeros con la misma excavación pero donde solo se requieren 12 metros de guadua por metro lineal, y la profundidad de la zanja se reduce a 1metro.
Fecha de informe: 7 de Abril de 2016	
CONSTRUCCION DE TRINCHOS	
9	Excavación de zanjas para trincho disipador.
	

Cuadro 3. (Continuación)

10	<p>Construcción de trincho disipador: Estructuras biomecánicas establecidas en forma escalonada a través de la pendiente o dentro de los drenajes naturales y cauces de quebradas. Los trinchos vivos disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; es de aclarar qué no son obras de contención.</p>
	
11	<p>Construcción de trinchos simples. Se recomienda construir un trincho cada 4 a 6 metros en el recorrido de los filtros vivos construidos desde 15 ms abajo de la base de los filtros para evitar el desplazamiento de estos o el socavamiento de la base por las aguas colectadas por el filtro. (Rivera H. 2.011).</p>
	
<p>Fecha de informe: 28 de Abril de 2016</p>	

Cuadro 3. (Continuación)

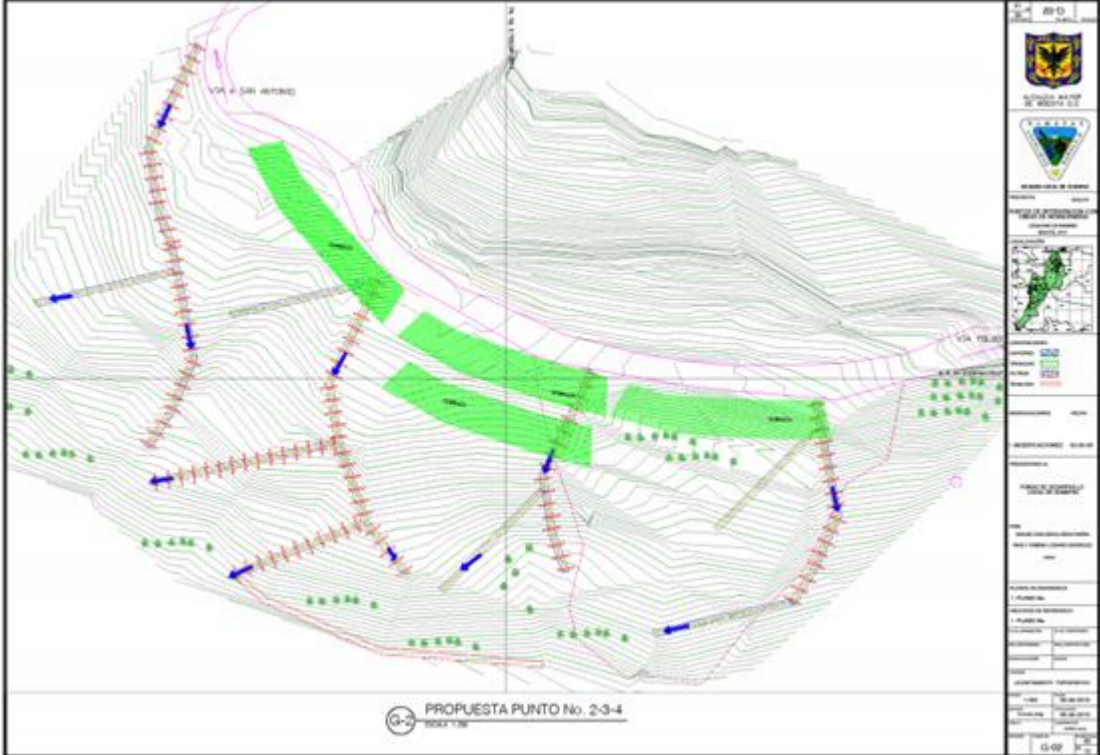
CONSTRUCCION DE TERRAZAS	
12	Construcción de la terraza: Estructuras de estabilización construidas en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznable, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carretera. Brindan estabilidad en la base de terrenos, especialmente en taludes, derrumbes.
	
REVEGETALIZACION	
13	Revegetación con céspedes, siembra y fertilización.
	

Fuente. El Autor.

Cuadro 4. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 2

	FICHA DE INSPECCION Y CARACTERIZACION PUNTO N° 2	Fecha de informe: 20 de Enero de 2016 Elaborado Por : Bibiana Suescun / Luisa Hernandez
RECONOCIMIENTO GENERAL DE PUNTOS A INTERVENIR		
1	Dentro de las actividades preliminares se hizo un reconocimiento general de los puntos que justifican técnicamente la construcción de las obras de bioingeniería.	
		
Realización de trabajo de levantamiento topográfico.		
2	Como actividad preliminar, se adelanta el proceso de elaboración de la topografía para todos los puntos priorizados, esto con el fin de poder realizar los diseños y los tipos de las obras o modelos de Bioingeniería a construir.	

Cuadro 4. (Continuación)

														
ESTUDIO DE SUELOS														
3	<p>Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos de acuerdo a lo requerido en el contrato. Esta actividad tiene por producto el informe de estudio de suelos.</p>													
<p>Características de los sondeos :</p> <p>En el punto a analizar se realizaron tres sondeos de los cuales se obtuvo la siguiente información.</p>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">No.</th> <th style="text-align: center;">PROFUNDIDAD</th> <th style="text-align: center;">EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">S1</td> <td style="text-align: center;">6.00 m</td> <td style="text-align: center;">Paladruga, SPT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S2</td> <td style="text-align: center;">6.00 m</td> <td style="text-align: center;">Paladruga, SPT</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">S3</td> <td style="text-align: center;">6.00 m</td> <td style="text-align: center;">Paladruga, SPT</td> </tr> </tbody> </table>			No.	PROFUNDIDAD	EQUIPO	S1	6.00 m	Paladruga, SPT	S2	6.00 m	Paladruga, SPT	S3	6.00 m	Paladruga, SPT
No.	PROFUNDIDAD	EQUIPO												
S1	6.00 m	Paladruga, SPT												
S2	6.00 m	Paladruga, SPT												
S3	6.00 m	Paladruga, SPT												
<p>Material del suelo: los materiales de suelo encontrados en la zona de estudio, en los cuales predominan los materiales arcillosos de baja compresibilidad con intercalaciones de grava arcillosa. Perfil Estratigráfico: Realizados los ensayos de laboratorio y considerando la clasificación de los materiales que se registran se presentan los siguientes perfiles estratigráficos de acuerdo con los tres sondeos que se realizaron.</p>														

Cuadro 4. (Continuación)

3	Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos de acuerdo a lo requerido en el contrato. Esta actividad tiene por producto el informe de estudio de suelos.		
Sondeo N° 1			
0.00 a 1.80 m	=	Arcilla de baja compresibilidad color café	
		humedad natural	12.16%
		límite líquido	45.61
		límite plástico	23.27
		índice de plasticidad	22.34.
		Se clasifica como CL según USC.	
1.80 a 2.00 m	=	Arcilla de baja compresibilidad color café	
		humedad natural	11.40%
		límite líquido	36.11
		límite plástico	17.80
		índice de plasticidad	18.31
		Se clasifica como CL según USC	
2.00 a 3.50 m	=	Material arcilloso color café	
3.50 a 6.00 m	=	Material arcilloso color café	
Sondeo N° 2			
0.00 a 1.60 m	=	Arcilla de baja compresibilidad color café	
		humedad natural	12.25%
		límite líquido	36.58
		límite plástico	17.56
		índice de plasticidad	19.02.
		Se clasifica como CL según USC.	
1.60 a 2.10	=	Arcilla de baja compresibilidad color marrón	
		humedad natural	11.50%,
		límite líquido	35.71
		límite plástico	16.43
		índice de plasticidad	19.28
		Se clasifica como CL según USC.	
2.10 a 3.50 m	=	Material arcilloso color marrón	
3.50 a 6.00 m	=	Material arcilloso color marrón	
Sondeo N° 3			
0.00 a 0.80 m	=	Material limoso con arcilla arena y grava color gris	
0.80 a 1.80 m	=	Limo de baja compresibilidad color café	
		humedad natural	37.95%
		límite líquido	48.59
		límite plástico	31.69
		índice de plasticidad	16.90
		Se clasifica como ML según USC.	

Cuadro 4. (Continuación)

3	Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos de acuerdo a lo requerido en el contrato. Esta actividad tiene por producto el informe de estudio de suelos.									
	1.80 a 2.50 m	= Arcilla de baja compresibilidad color café								
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">humedad natural</td> <td style="text-align: right;">54.56%</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">límite líquido</td> <td style="text-align: right;">35.07</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">límite plástico</td> <td style="text-align: right;">22.04</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">índice de plasticidad</td> <td style="text-align: right;">13.03</td> </tr> </table>	humedad natural	54.56%	límite líquido	35.07	límite plástico	22.04	índice de plasticidad	13.03
humedad natural	54.56%									
límite líquido	35.07									
límite plástico	22.04									
índice de plasticidad	13.03									
	2.50 a 4.00 m	= Grava arcillosa con arena de baja compresibilidad color café								
		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">humedad natural</td> <td style="text-align: right;">11.29%</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">límite líquido</td> <td style="text-align: right;">39.96</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">límite plástico</td> <td style="text-align: right;">20.79</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">índice de plasticidad</td> <td style="text-align: right;">19.18</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Se clasifica como GC CL según USC.</p>	humedad natural	11.29%	límite líquido	39.96	límite plástico	20.79	índice de plasticidad	19.18
humedad natural	11.29%									
límite líquido	39.96									
límite plástico	20.79									
índice de plasticidad	19.18									
	4.00 a 6.00 m	= Material gravoso color café								
	Caracterización geotécnica: Se identificaron de las muestra las características geotécnicas del material.									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PARÁMETRO</th> <th style="text-align: center;">VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Densidad</td> <td style="text-align: center;">Entre 1.823 t/m³</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Cohesión</td> <td style="text-align: center;">1.35 t/m²</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Angulo de fricción</td> <td style="text-align: center;">26°</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETRO	VALOR	Densidad	Entre 1.823 t/m ³	Cohesión	1.35 t/m ²	Angulo de fricción	26°
PARÁMETRO	VALOR									
Densidad	Entre 1.823 t/m ³									
Cohesión	1.35 t/m ²									
Angulo de fricción	26°									
	Fecha de informe: 15 de Febrero de 2016									
CONTROL DE ACTIVIDADES										
TAPONAMIENTO DE GRIETAS										
4	Las grietas permiten la infiltración de las aguas de escorrentía lo cual, en la mayoría de los casos, genera deslizamientos, para lo cual se procedió a taponarlas con material presente en la zona.									
										

Cuadro 4. (Continuación)

CONSTRUCCION DE ZANJAS DE INFILTRACION	
5	<p>Se llevó a cabo la excavación para la elaboración de las zanjas de filtración. Las consisten con una zanja construida a nivel, donde la tierra de la excavación se ubica en la parte más baja y se pisa para evitar arrastres, complementándose para este fin con una revegetalización que sirve de amarre a la tierra removida. Esto hace que el agua de escorrentía se infiltre en el suelo, reduciendo su velocidad y al mismo tiempo reteniendo los sedimentos para evitar la erosión.</p>
	
Fecha de informe: 17 de Marzo de 2016	
CONSTRUCCION DE FILTROS	
6	<p>Excavación de zanjas para filtros principales.</p>
	

Cuadro 4. (Continuación)

7	Construcción de filtro principal. Donde se calcula la construcción de una zanja de 0.6mts de base y un promedio de 1.2 mts de profundidad, y 16 guaduas.
	
8	Construcción de filtro secundario: los secundarios que alimentaron a los primeros con la misma excavación pero donde solo se requieren 12 metros de guadua por metro lineal, y la profundidad de la zanja se reduce a 1 metro.
Fecha de informe: 7 de Abril de 2016	
CONSTRUCCION DE TRINCHOS	
9	Excavación de zanjas para trincho disipador.
	

Cuadro 4. (Continuación)

10	Construcción de trincho disipador: Estructuras biomecánicas establecidas en forma escalonada a través de la pendiente o dentro de los drenajes naturales y cauces de quebradas. Los trinchos vivos disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; es de aclarar qué no son obras de contención.
	
11	Construcción de trinchos simples. Se recomienda construir un trincho cada 4 a 6 metros en el recorrido de los filtros vivos construidos desde 15 cms abajo de la base de los filtros para evitar el desplazamiento de estos o el socavamiento de la base por las aguas colectadas por el filtro. (Rivera H. 2.011).
<p style="text-align: center;">TRINCHOS</p> 	
Fecha de informe: 28 de Mayo de 2016	

Cuadro 4. (Continuación)

CONSTRUCCION DE TERRAZAS	
12	Construcción de la terraza: Estructuras de estabilización construidas en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznable, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carretera. Brindan estabilidad en la base de terrenos, especialmente en taludes, derrumbes.
	
REVEGETALIZACION	
13	Revegetación con céspedes, siembra y fertilización.
	

Fuente. Los Autores.

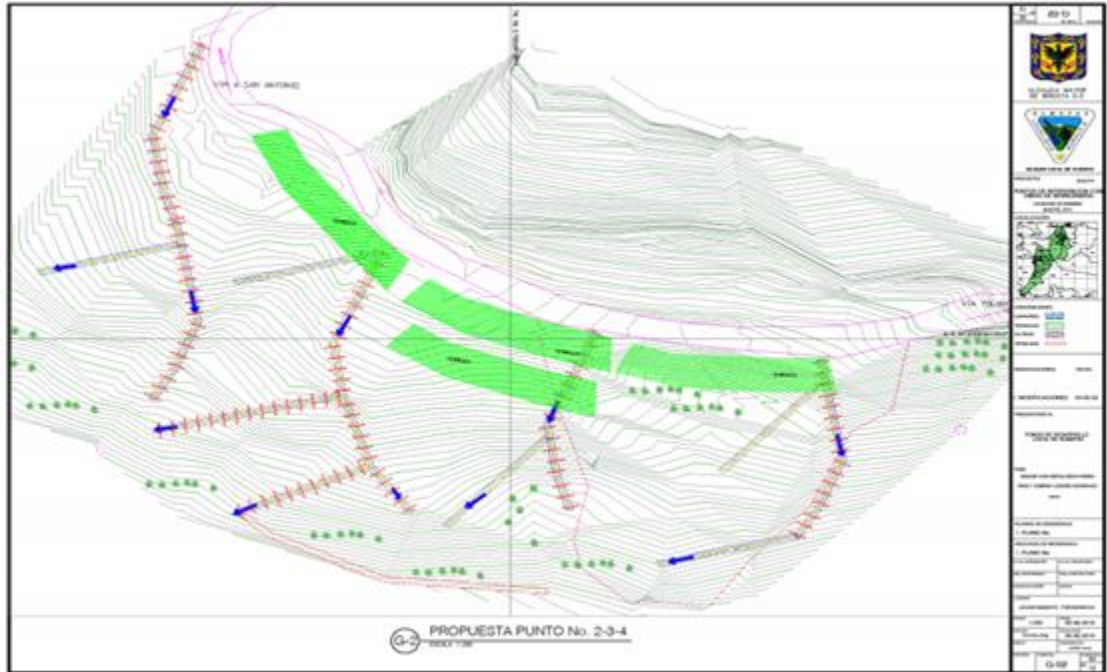
Cuadro 5. Ficha de inspección y Caracterización Punto N° 3

 <p>U CATÓLICA de Colombia</p>	<p>FICHA DE INSPECCION Y CARACTERIZACION PUNTO N° 3</p>	<p>Fecha de informe: 20 de Enero de 2016</p> <p>Elaborado Por : Bibiana Suescun / Luisa Hernandez</p>
<p>RECONOCIMIENTO GENERAL DE PUNTOS A INTERVENIR</p>		
<p>1</p>	<p>Dentro de las actividades preliminares se hizo un reconocimiento general de los puntos que justifican técnicamente la construcción de las obras de bioingeniería.</p>	
		

Cuadro 5. (Continuación)

Realización de trabajo de levantamiento topográfico.

2 Como actividad preliminar, se adelanta el proceso de elaboración de la topografía para todos los puntos priorizados, esto con el fin de poder realizar los diseños y los tipos de las obras o modelos de Bioingeniería a construir.



ESTUDIO DE SUELOS

3 Se adelanta como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos de acuerdo a lo requerido en el contrato. Esta actividad tiene por producto el informe de estudio de suelos.

Características de los sondeos :

En el punto a analizar se realizaron tres sondeos de los cuales se obtuvo la siguiente información.

No.	PROFUNDIDAD	EQUIPO
S1	6.00 m	Paladruga, SPT
S2	6.00 m	Paladruga, SPT
S3	6.00 m	Paladruga, SPT

Material del suelo:

los materiales de suelo encontrados en la zona de estudio, en los cuales predominan los materiales arcillosos de baja compresibilidad con intercalaciones de grava arcillosa.

Perfil Estratigráfico: Realizados los ensayos de laboratorio y considerando la clasificación de los materiales que se registran se presentan los siguientes perfiles estratigráficos de acuerdo con los tres sondeos que se realizaron.

Cuadro 5. (Continuación)

Sondeo N° 1	
0.0 a 0.80 m	= Suelo de derrumbe
0.80a 1.80 m	= Arcilla de baja compresibilidad color café
	humedad natural 9.60%,
	límite líquido 38.92
	límite plástico 22.34
	índice de plasticidad 16.57
	<i>Se clasifica como CL según USC.</i>
1.80 a 2.20 m	= Arcilla de baja compresibilidad color café
	humedad natural 11.29%,
	límite líquido 38.22,
	límite plástico 19.32
	índice de plasticidad 18.9.
	<i>Se clasifica como CL según USC</i>
2.20 a 3.50 m	= Material arcilloso color café
3.50 a 6.00 m	= Material arcilloso color café
Sondeo N° 2	
0.00 a 0.80 m	= Suelo de derrumbe
0.80 a 1.80 m	= Limo de baja compresibilidad color café
	humedad natural 33.90%
	límite líquido 45.75,
	límite plástico 28.19
	índice de plasticidad 17.56
	<i>Se clasifica como ML según USC.</i>
1.80 a 2.80 m	= Limo de baja compresibilidad color café
	humedad natural 41.26%,
	límite líquido 49.68,
	límite plástico 30.92
	índice de plasticidad 18.76
	<i>Se clasifica como ML según USC.</i>
2.80 a 3.50 m	= arcilla de baja compresibilidad color café
	humedad natural 35.48%
	límite líquido 41.29,
	límite plástico 25.0
	índice de plasticidad 16.29.
	<i>Se clasifica como CL según USC</i>
3.50 a 6.00 m	= Material arcilloso color café
Sondeo N° 3	
0.00 a 0.80 m	= Material de derrumbe
0.80 a 1.50 m	= Arcilla ligera y tipo grava de baja compresibilidad color café
	humedad natural 19.32%
	límite líquido 46.80
	límite plástico 25.51
	índice de plasticidad 21.29
	<i>Se clasifica como CL según USC.</i>
1.50 a 2.20 m	= Limo de alta compresibilidad color café
	humedad natural 28.42%
	límite líquido 51.63
	límite plástico 33.28
	índice de plasticidad 18.35

Cuadro 5. (Continuación)

Sondeo N° 3									
Se clasifica como MH según USC									
2.20 a 4.00 m	= Material limoso color café								
4.00 a 6.00 m	= Material limoso color café								
Caracterización geotécnica: Se identificaron de las muestra las características geotécnicas del material.									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARÁMETRO</th> <th>VALOR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad</td> <td>Entre 1.37 t/m³</td> </tr> <tr> <td>Cohesión</td> <td>2.84 t/m²</td> </tr> <tr> <td>Angulo de fricción</td> <td>24°</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETRO	VALOR	Densidad	Entre 1.37 t/m ³	Cohesión	2.84 t/m ²	Angulo de fricción	24°
PARÁMETRO	VALOR								
Densidad	Entre 1.37 t/m ³								
Cohesión	2.84 t/m ²								
Angulo de fricción	24°								
Fecha de informe: 15 de Febrero de 2016									
CONTROL DE ACTIVIDADES									
TAPONAMIENTO DE GRIETAS									
4	Las grietas permiten la infiltración de las aguas de escorrentía lo cual, en la mayoría de los casos, genera deslizamientos, para lo cual se procedió a taponarlas con material presente en la zona.								
									
CONSTRUCCION DE ZANJAS DE INFILTRACION									
5	Se llevó a cabo la excavación para la elaboración de las zanjas de filtración. Las consisten con una zanja construida a nivel, donde la tierra de la excavación se ubica en la parte más baja y se pisa para evitar arrastres, complementándose para este fin con una revegetalización que sirve de amarre a la tierra removida. Esto hace que el agua de escorrentía se infiltre en el suelo, reduciendo su velocidad y al mismo tiempo reteniendo los sedimentos para evitar la erosión.								

Cuadro 5. (Continuación)



Fecha de informe: 17 de Marzo de 2016

CONSTRUCCION DE FILTROS



6 Excavación de zanjas para filtros principales.



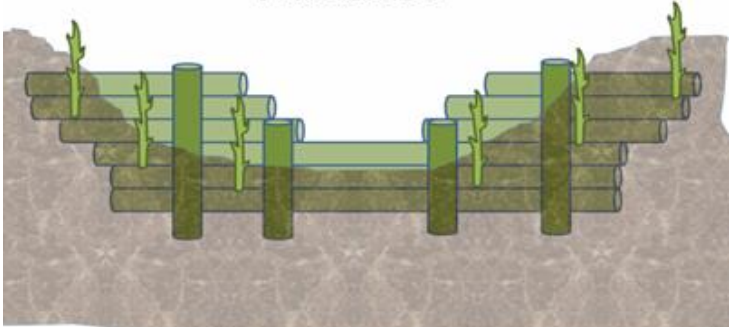


7 Construcción de filtro principal. Donde se calcula la construcción de una zanja de 0.6mts de base y un promedio de 1.2 mts de profundidad, y 16 guaduas.




Cuadro 5. (Continuación)

8	<p>Construcción de filtro secundario: los secundarios que alimentaron a los primeros con la misma excavación pero donde solo se requieren 12 metros de guadua por metro lineal, y la profundidad de la zanja se reduce a 1 metro.</p>
<p>Fecha de informe: 7 de Abril de 2016</p>	
<p>CONTROL DE ACTIVIDADES</p>	
<p>CONSTRUCCION DE TRINCHOS</p>	
9	<p>Excavación de zanjas para trincho disipador.</p>
	
10	<p>Construcción de trincho disipador: Estructuras biomecánicas establecidas en forma escalonada a través de la pendiente o dentro de los drenajes naturales y cauces de quebradas. Los trinchos vivos disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; es de aclarar qué no son obras de contención.</p>
	
11	<p>Construcción de trinchos simples. Se recomienda construir un trincho cada 4 a 6 metros en el recorrido de los filtros vivos construidos desde 15 cms abajo de la base de los filtros para evitar el desplazamiento de estos o el socavamiento de la base por las aguas colectadas por el filtro. (Rivera H. 2.011).</p>

Cuadro 5. (Continuación)


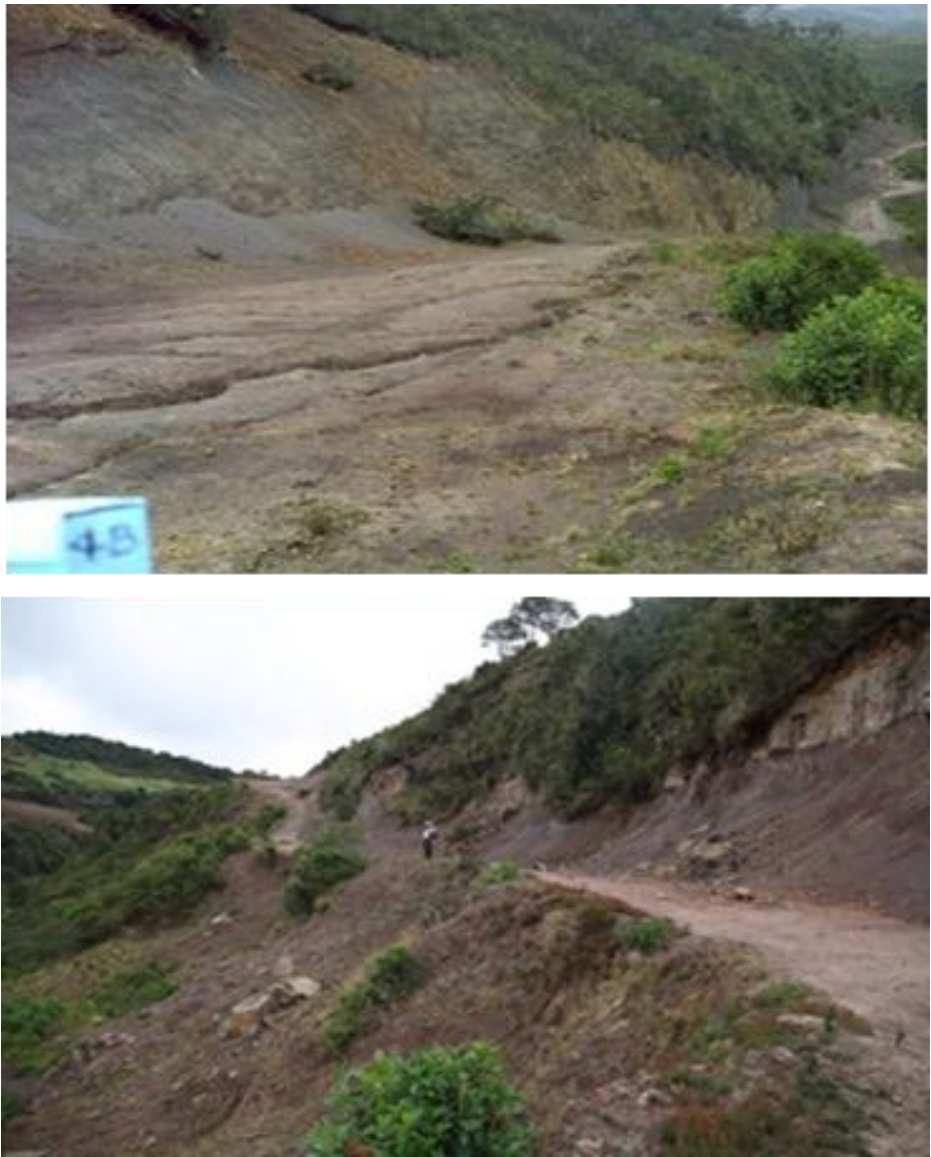
TRINCHOS	
	
Fecha de informe: 25 de Abril de 2016	
CONSTRUCCION DE TERRAZAS	
12	Construcción de la terraza: Estructuras de estabilización construidas en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznable, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carretera. Brindan estabilidad en la base de terrenos, especialmente en taludes, derrumbes.
	
	

Cuadro 5. (Continuación)

REVEGETALIZACION	
13	Revegetación con céspedes, siembra y fertilización.
	

Fuente. Los Autores

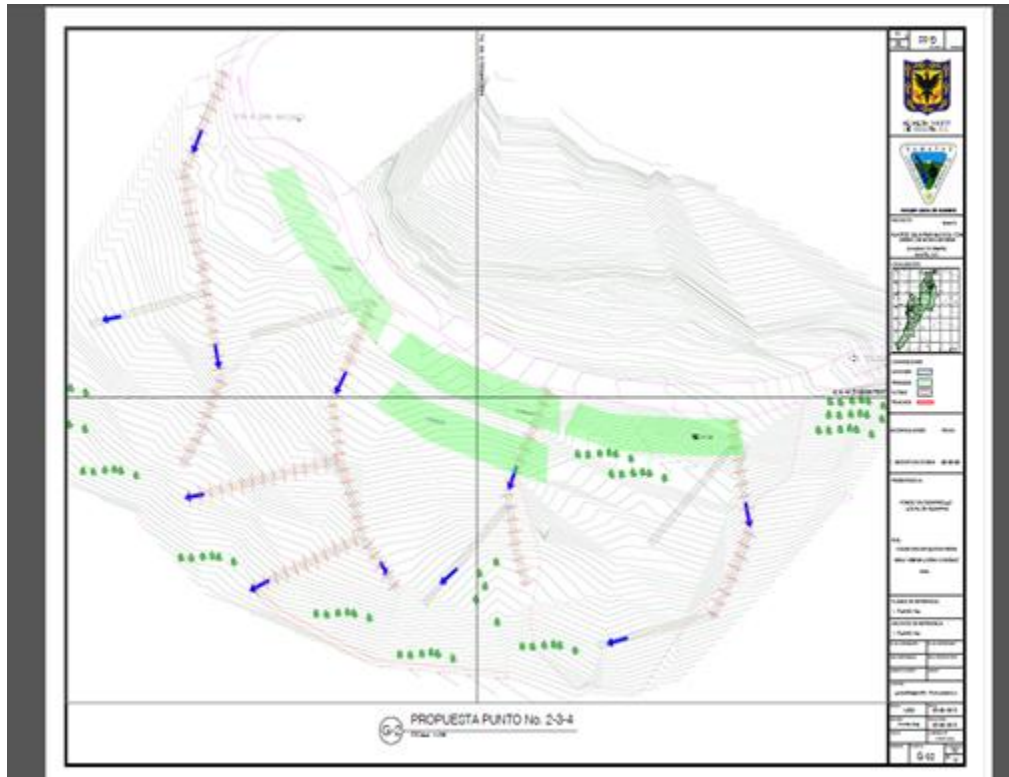
Cuadro 6. Ficha de Inspección y Caracterización Punto N° 2

	<p>FICHA DE INSPECCION Y CARACTERIZACION PUNTO N° 2</p>	<p>Fecha de informe: 20 de Enero de 2016</p> <p>Elaborado Por : Bibiana Suescun / Luisa Hernandez</p>
<p>CONTROL DE ACTIVIDADES</p>		
<p>RECONOCIMIENTO GENERAL DE PUNTOS A INTERVENIR</p>		
<p>1</p>	<p>Dentro de las actividades preliminares se hizo un reconocimiento general de los puntos que justifican técnicamente la construcción de las obras de bioingeniería.</p>	
		

Cuadro 6. (Continuación)

Realización de trabajo de levantamiento topográfico.

2 Como actividad preliminar, se adelantó el proceso de elaboración de la topografía para todos los puntos priorizados, esto con el fin de poder realizar los diseños y los tipos de las obras o modelos de Bioingeniería a construir.



ESTUDIO DE SUELOS

3 Se adelantó como actividad preliminar para todos los puntos el estudio de suelos de acuerdo a lo requerido en el contrato. Esta actividad tiene por producto el informe de estudio de suelos.

Características de los sondeos :

En el punto a analizar se realizaron tres sondeos de los cuales se obtuvo la siguiente información.

No.	PROFUNDIDAD	EQUIPO
S1	6.00 m	Paladruga, SPT
S2	6.00 m	Paladruga, SPT
S3	6.00 m	Paladruga, SPT

Material del suelo: Se encontrados en la zona de estudio donde predominaron los materiales, arcillosos de baja compresibilidad con intercalaciones de arena limosa y grava.

Perfil Estratigráfico:

Realizados lo ensayos de laboratorio y considerando la clasificación de los materiales que se registran se presentan los siguientes perfiles estratigráficos de acuerdo con los tres sondeos que se realizaron.

Cuadro 6. (Continuación)

Sondeo N° 1	
0.00 a 0.50 m	= Suelo de derrumbe.
0.50 a 0.80 m	= Arcilla de baja compresibilidad color rojizo, de donde se obtuvieron los siguientes datos.
	<i>humedad natural</i> 22.61%,
	<i>límite líquido</i> 35.35
	<i>límite plástico</i> 20.74
	<i>índice de plasticidad</i> 14.60.
0.80 a 2.00 m	= Material arcilloso color rojizo.
2.00 a 4.00 m	= Material arcilloso color rojizo
4.00 a 6.00 m	= Material arcilloso color rojizo
Sondeo N° 2	
0.00 a 0.80 m	= Material limoso con arena
0.80 a 1.10 m	= Arcilla de baja compresibilidad color rojizo, de donde se obtuvieron los siguientes datos.
	<i>humedad natural</i> 9.94%
	<i>límite líquido</i> 41.24
	<i>límite plástico</i> 19.29
	<i>índice de plasticidad</i> 21.95
1.10 a 2.80 m	= Material arcilloso color rojizo
2.80 a 3.50 m	= Material arcilloso color rojizo
3.50 a 6.00 m	= Material arcilloso color rojizo
Sondeo N° 3	
0.00 a 0.80 m	= Material de derrumbe
0.80 a 1.50 m	= Arcilla de baja compresibilidad color café, de donde se obtuvieron los siguientes datos.
	<i>humedad natural</i> 12.11%
	<i>límite líquido</i> 46.80
	<i>límite plástico</i> 23.88
	<i>índice de plasticidad</i> 22.92
	Se clasifica como CL según USC.
1.50 a 2.20 m	= Arena limosa con grava color gris
	<i>humedad natural</i> 12.85%
	<i>límite líquido</i> 0
	<i>límite plástico</i> 0
	<i>índice de plasticidad</i> 0
	Se clasifica como SM según USC.
2.20 a 4.00 m	= Material areno gravoso
4.00 a 6.00 m	= Material areno gravoso
Caracterización geotécnica:	
Se identificaron de las muestra las características geotécnicas del material.	
PARÁMETRO	VALOR
Densidad	Entre 1.45 t/m ³
Cohesión	2.91 t/m ²
Angulo de fricción	24°
Fecha de informe: 15 de Febrero de 2016	

Cuadro 6. (Continuación)

CONTROL DE ACTIVIDADES	
TAPONAMIENTO DE GRIETAS	
4	<p>Las grietas permiten la infiltración de las aguas de escorrentía lo cual, en la mayoría de los casos, genera deslizamientos, para lo cual se procede a taponarlas con material presente en la zona, preferiblemente se usa material edáfico con partículas de mínimo diámetro granulométrico, arcillas, las cuales se compactan por medio de presión aplicada con un pisón.</p>
	
CONSTRUCCION DE ZANJAS DE INFILTRACION	
5	<p>Se llevó a cabo la excavación para la elaboración de las zanjás de filtración. Consisten con una zanja construida a nivel, donde la tierra de la excavación se ubica en la parte más baja y se pisa para evitar arrastres, complementándose para este fin con una revegetalización que sirve de amarre a la tierra removida. Esto hace que el agua de escorrentía se infiltre en el suelo, reduciendo su velocidad y al mismo tiempo reteniendo los sedimentos para evitar la erosión.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>SECCION 1</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>SECCION 2</p> </div> </div>	
	
<p>Fecha de informe: 17 de Marzo de 2016</p>	

Cuadro 6. (Continuación)

CONSTRUCCION DE FILTROS	
6	Excavación para filtros principales.
	
7	Construcción de filtro principal. Donde se calcula la construcción de una zanja de 0.6mts de base y un promedio de 1.2 mts de profundidad, y 16 guaduas.
	
8	Construcción de filtro secundario: los secundarios que alimentaron a los primeros con la misma excavación pero donde solo se requieren 12 metros de guadua por metro lineal, y la profundidad de la zanja se reduce a 1 metro.
<p>Fecha de informe: 7 de Abril de 2016</p>	

Cuadro 6. (Continuación)

CONSTRUCCION DE TRINCHOS

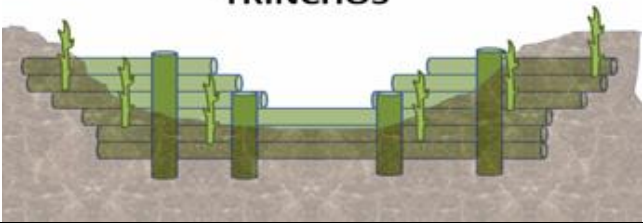

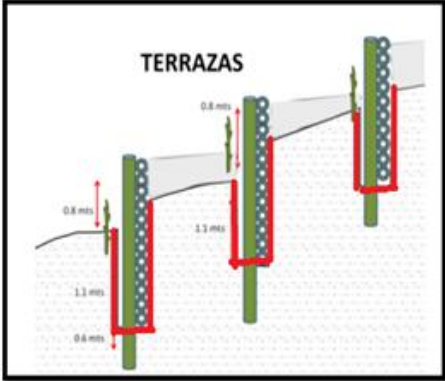


9 Excavación de zanjas para trincho disipador.



10 Construcción de trincho disipador: Estructuras biomecánicas establecidas en forma escalonada a través de la pendiente o dentro de los drenajes naturales y cauces de quebradas. Los trinchos vivos disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; es de aclarar que no son obras de contención.



Cuadro 6. (Continuación)

11	<p>Construcción de trinchos simples. Se recomienda construir un trincho cada 4 a 6 metros en el recorrido de los filtros vivos construidos desde 15 cms abajo de la base de los filtros para evitar el desplazamiento de estos o el socavamiento de la base por las aguas colectadas por el filtro. (Rivera H. 2.011).</p>
<p>TRINCHOS</p>  <p>El diagrama muestra una sección transversal de un terreno con una pendiente. Se ven varias estructuras de trinchos, que consisten en pilas de piedras o materiales similares, espaciadas a lo largo de la pendiente para estabilizarla.</p>	
<p>Fecha de informe: 25 de Abril de 2016</p>	
<p>CONTROL DE ACTIVIDADES CONSTRUCCION DE TERRAZAS</p>	
12	<p>Construcción de la terraza: Estructuras de estabilización construidas en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznables, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carretera. Brindan estabilidad en la base de terrenos, especialmente en taludes, derrumbes.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>La fotografía muestra a trabajadores en un talud construyendo terrazas con pilas de piedras. El diagrama ilustra la estructura de las terrazas con dimensiones: 0.8 mts de altura, 1.3 mts de ancho y 0.4 mts de profundidad.</p>	
<p>REVEGETALIZACION</p>	
13	<p>Se llevó a cabo la revegetalización con céspedes, siembra y fertilización.</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Las fotografías muestran a un trabajador sembrando céspedes en un talud y una vista general de un talud con terrazas ya construidas y parcialmente revegetalizadas.</p>	

Fuente. Los Autores

4. SISTEMATIZACION EXPERIENCIAS CON BIOINGENIERIA

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ALCANCE

De acuerdo con las actividades descritas en la caracterización de los puntos intervenidos en la localidad de Sumapaz y con la información suministrada por el contratista se establecen especificaciones y requerimientos:

4.1.1 Realización de Recomendaciones Técnicas, Ajuste de Diseños y Cantidades de Obra. Se requiere un conocimiento preliminar de las áreas a intervenir por lo que se debe realizar la revisión de los sitios a ser intervenidos, ajustando las recomendaciones técnicas, y sugiriendo los cambios pertinentes para garantizar los resultados y la estabilidad de la obra.

4.1.2 Concertación de Predios. En desarrollo del proyecto se requiere contar con la autorización de los propietarios y la concertación de los mismos en los puntos priorizados.

4.1.3 Construcción de las Obras de Bioingeniería. Se realizaran las obras según las características técnicas definidas a continuación y acorde a las cantidades de obra, que podrán ser modificadas previa autorización del supervisor, y justificada por las condiciones particulares de cada localización, dentro de las obras a implementar se encuentran las siguientes:

4.1.4 Proceso Constructivo.

4.1.4.1 Taponamiento de Grietas. Para lo que se procederá a rellenar las grietas que permiten la infiltración de las aguas de escorrentía con material presente en la zona donde se presentó el deslizamiento, de preferencia arcilla, luego de lo cual se compactara con un pisón.

4.1.4.2 Filtros Vivos: Filtros Principales y Secundarios. “Son zanjas interconectadas en el sentido de la pendiente, que se rellenan con camas superpuestas de material vegetal (Guadua), con capacidad de rebrote. Los filtros vivos permiten la evacuación rápida de las aguas internas que saturan el terreno, conduciéndolas hasta lugares seguros, como drenajes naturales y cunetas”³⁰.

4.1.4.3 Ubicación del Filtro. Se debe recorrer toda la zona afecta por movimientos en masa para tener criterios y poder determinar con exactitud los sitios de inicio de las zanjas de drenaje y sus profundidades. Las zanjas se deben empezar en los sitios más blandos del terreno donde al pisar este se hunde fácilmente, o donde aflora el agua superficial.

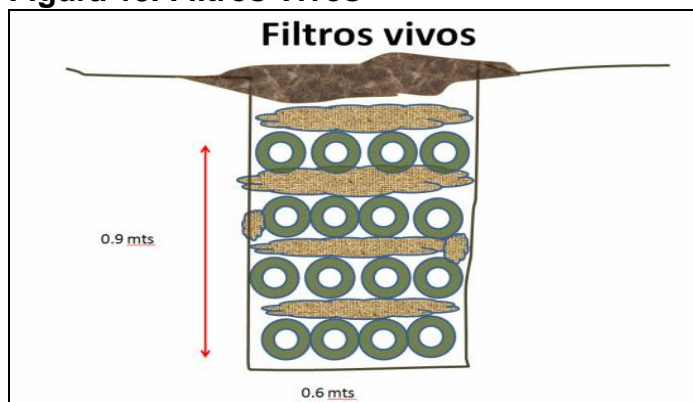
³⁰ RIVERA POSADA., J.H. y SINISTERRA R., J.A. Uso Social de la Bioingeniería para el control de la Erosión Severa. Cali:CIPAV, 2006. p. 24

Se recomienda construir un trincho cada 4 a 6 metros en el recorrido de los filtros vivos construidos desde 15 cms abajo de la base de los filtros para evitar el desplazamiento de estos o el socavamiento de la base por las aguas colectadas por el filtro.

Las zanjas se profundizan hasta encontrar terreno totalmente firme o hasta hallar la roca sin disturbar que por efecto del de la pendiente del terreno y la saturación del mismo obra como un plano del deslizamiento.

La intervención tiene dos componentes adicionales, primero capas de pasto cortado o de esterilla que se aplica para el presente proyecto teniendo en cuenta las condiciones del área intervenida, la cual permite aumentar el área de filtrado al separar las camas de guadua y evitar que la tierra con la que se tapa el filtro termine colmatándolo y deteriorando su vida útil³¹ (véase la Figura .

Figura 13. Filtros Vivos



Fuente. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. p. 32.

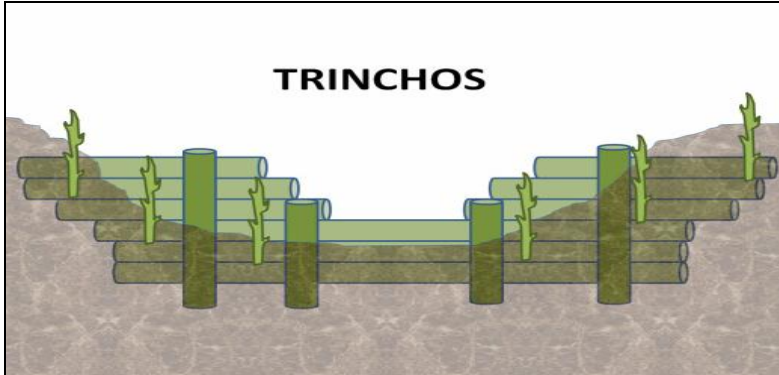
4.1.4.4 Trinchos Disipadores. “Estructuras biomecánicas establecidas en forma escalonada a través de la pendiente o dentro de los drenajes naturales y cauces de quebradas. Los trinchos vivos disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; No son obras de contención”³².

Estos también serán elaborados en guadua y tendrán adicionalmente 4 estacas vivas de Nacedero (*Trichanthera Gigantea*) y/o Matarratón (*Gliricidia Sepium*), por cada metro de trincho (véase la Figura 14).

³¹ RIVERA POSADA, José Horacio. Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales. *En*: Avances Técnicos Cenicafé. Enero – junio, 2011. no. 413, p.3.

³² RIVERA POSADA y SINISTERRA, Op. cit., p. 13

Figura 14. Trinchos Disipadores



Fuente. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. p. 33.

Los trinchos deben tener una altura promedio de 0.9 mts, donde el 70% de la obra se encuentra empotrada en una zanja construida en el terreno, la longitud de este depende del relieve encontrado en el sector específico del terreno que se esté estabilizando.

Dentro de los disipadores se plantea adicionalmente la elaboración de Trinchos disipadores simples, que se caracterizan por tener menor altura máximo 0.4 mts, y son ubicados en áreas del lote donde la construcción del filtro modificó los colectores naturales y que manejan un bajo caudal de aguas de escorrentía³³.

4.1.4.5 Disipadores. “Estructuras de estabilización en sentido de la pendiente formando balcones escalonados que luego son revestidos con cobertura vegetal. Brindan estabilidad en la base de terrenos deleznales, especialmente en taludes, derrumbes y negativos de carreteras”³⁴. Construidos aguas abajo de los trinchos con la finalidad de evitar el socavamiento de los mismos por los excesos de agua de escorrentía se empotraran cuatro piezas de guadua, que reciban y mitiguen el golpe del agua en su caída, los trinchos a los que se les complementa con el disipador serán concertados con la supervisión del contrato, con el fin de optimizar la aplicación de los disipadores.

Las medidas de las guaduas colocadas serán proporcionales al tamaño del vertedero del trincho disipador.

³³ CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. p. 33.

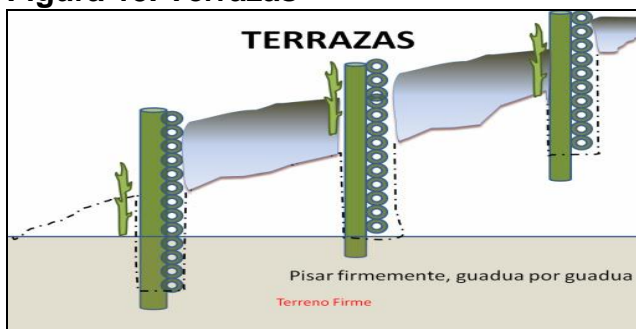
³⁴ *Ibid.*, p. 32

4.1.4.6 Terrazas. Estas también se implementarán en guadua y tendrán adicionalmente 4 estacas vivas de Nacedero (*Trichanthera Gigantea*) y/o Matarratón (*Gliricidia Sepium*), por metro de terraza construida.

Los terrazas deben tener una altura promedio de 1.8 mts, donde el 60% de la implementación se encuentra empotrada en una zanja que se implementa en el terreno, la longitud de este depende del relieve encontrado en el sector específico del terreno que se esté estabilizando, deben tener una guadua colocada al menos cada 0.6 mts, como soporte de una cortina de guaduas colocadas horizontalmente, desde la base de la zanja construida para la consolidación de la terraza. La obra requiere movimiento de tierra para la consolidación de esta, para lo que se debe apisonar la tierra de la terraza, evitando la infiltración del agua en el terreno³⁵.

Este sistema se construirá a una distancia entre terrazas de 1 metros, (se dispondrá de 12 guaduas de 12 centímetros de grosor, dispuestas horizontalmente y paralelas a la pared de la terraza) (véase la Figura 15) .

Figura 15. Terrazas



Fuente. CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. p. 33.

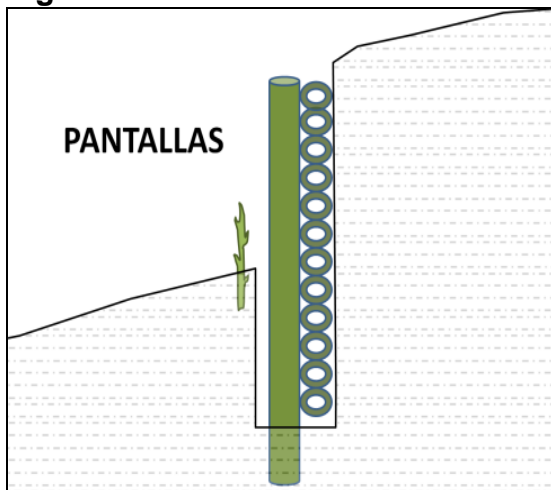
4.1.4.7 Las Terrazas o Pantallas. Las pantallas son labores consideradas como una variante de las terrazas básicamente se ubican en la parte más alta de los escarpes secundarios y el principal, rematando la intervención para evitar el socavamiento por las aguas lluvias de estos taludes que son altamente susceptibles al volcamiento, la pantalla es similar a la terraza diferenciándose en que por lo general requieren mayor número de guaduas para cubrir el escarpe intervenido y un bajo porcentaje de relleno y apisonado.

Estas también serán elaboradas en guadua y tendrán adicionalmente 4 estacas vivas de Nacedero (*Trichanthera Gigantea*) y/o Matarratón (*Gliricidia Sepium*), por metro de terraza construida.

³⁵ *Ibíd.*, p. 33

“Las pantallas deben tener una altura promedio de 1.9 mts, donde el 60% de la obra se encuentra empotrada en una zanja que se ubica en el terreno, la longitud de este depende del relieve encontrado en el sector específico del terreno que se esté estabilizando, deben tener una guadua colocada al menos cada 0.8 m., como soporte de una cortina de guaduas colocadas horizontalmente, desde la base de la zanja para la consolidación de la terraza”³⁶. La pantalla requiere movimiento de tierra para la consolidación de esta, para lo que se debe apisonar la tierra de la terraza y evitando la infiltración del agua en el terreno (véase la Figura 17).

Figura 16. Pantallas



Fuente. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. p. 34.

³⁶ Ibíd., p. 34.

5. CONCLUSIONES

- La comunidad no tiene conciencia de que los procesos de remoción y erosión afectan de una forma drástica el ambiente que los acoge, y los posibles daños que estos fenómenos les pueden generar con el paso de los días.
- La comunidad requiere de información de cómo poder ejecutar las obras de bioingeniería por ellos mismos, ya que entidades gubernamentales o alcaldías por obvias razones no realizarían este tipo de obras dentro de sus predios, por lo tanto se pretende que con el uso del manual se le facilite al campesino ejecutar de forma correcta estos sistemas de mitigación.
- Se sugiere que algunas de las entidades que trabajan para la zona dicten talleres donde se enseñen las formas de cómo mantener estas construcciones, y como se puede contribuir para el cuidado del medio ambiente junto a la posibilidad que desde sus hogares se minimice el impacto ambiental.
- Se espera que con este sistema de mitigación y protección de laderas, al ser usado e implementado por la comunidad se beneficien en obtener suelos más estables y más funcionales, pero sobre todo que estos sistemas tengan alguna clase de mantenimiento posterior para su efectivo funcionamiento.
- Además se aspira que los demás habitantes de comunidades aledañas tomen la iniciativa de implementar estos sistemas constructivos ya que realmente son de bajo costos y adicional que los materiales para la ejecución los pueden encontrar en sus mismas fincas o en la zona.

6. ANALISIS DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES GENERALES

- Los diseños que aparecen son representaciones esquemáticas y pueden tener un mayor o menor tamaño y altura, teniendo en cuenta la pendiente y el tipo de suelo encontrado.
- Preparación del terreno: se entiende por ésta actividad el acondicionamiento de la zona para el desarrollo del proyecto, es decir el trazado y la construcción de terrazas, sin que este implique la tala o aprovechamiento de material vegetal en el área e recuperar.
- Canalización de aguas de escorrentía mediante la construcción de zanjias para filtros, elaborados con toletes de guadua, formando trinchos que servirán como disipadores de energía, protegiendo así el cauce de la escorrentía.
- Trazado: ésta actividad está relacionada con la disposición de las estacas de material vegetal (nacedero y guadua), para lo cual se realizará el trazo previo.
- Plantación: El Material vegetal, representado por estacas de guadua o estolones sin tratar y nacedero, se sembrará a 0,25 metros de distancia entre estacas.
- Revegetalización con cespedón y siembra y fertilización: Se requiere la revegetalización de las áreas sin cobertura rastrera, con cespedon.
- Reforestación: Suministro de árboles acompañada de su respectiva siembra y fertilización.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA LOCAL DE SUMAPAZ. Ubicación [en línea]. Bogotá: Wikipedia [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sumapaz.gov.co/index.php/mi-localidad>>

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR. Implementar modelos de restauración y recuperación de zonas con fenómenos de remoción en masa del terreno en tres (3) sitios de las oficinas provinciales de Ríonegro y Tequendama. Bogotá: CAR, 2010. 53 p.

GEOTECHNICAL S.A.S. Estudio de suelos y análisis de estabilidad de taludes con obras de bioingeniería en la vereda San Antonio - corregimiento de San Juan en la localidad de Sumapaz. Bogotá: Ecobosques, 2016. 345 p.

GOOGLE EART. Zonas Intervenidas [en línea]. Bogotá: Google Eart [citado 20 febrero, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.google.es/intl/es/earth/>>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio tesis y otros trabajos de grado. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008. 36 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Bogotá: IDEAM, 2011. 66 p.

LÓPEZ PELAÉZ, Juan Diego. Estudio y control de la erosión hídrica. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2001. 190 p.

RIVERA POSADA, Horacio. Principios de la Bioingeniería [en línea]. Bogotá: Tripod [citado 27 enero, 2016]. Disponible en Internet: <URL: <http://ecoambientes.tripod.com/principios.html>>

------. Experiencias de casos exitosos, con el uso de la bioingeniería en el control de problemas de erosión y movimientos masales. Bogotá: Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático INDIGER, 2010. 27 p.

------. Sistemas de drenaje con filtros vivos para la estabilización y restauración de movimientos masales. En: Avances Técnicos Cenicafé. Enero – junio, 2011. no. 413.

RIVERA POSADA., J.H. y SINISTERRA R., J.A. Uso Social de la Bioingeniería para el control de la Erosión Severa. Cali: CIPAV, 2006. 110 p.

SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE COLOMBIA. El Páramo de Sumapaz un ecosistema estratégico para Bogotá [en línea]. Bogotá: La Sociedad [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: www.sogeocol.edu.co/documentos/Paramos.pdf>

SUÁREZ DÍAZ, Jaime. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones Sobre Erosión y Deslizamientos, 2001. 556 p.

WIKIPEDIA. Sumapaz (Bogotá) [en línea]. Bogotá: Wikipedia [citado 15 marzo, 2016]. Disponible en Internet: <URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sumapaz_\(Bogot%C3%A1\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Sumapaz_(Bogot%C3%A1))>