

**VIABILIDAD DE MUROS DE LLANTAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN EL BARRIO LA CAPILLA – SOACHA CUNDINAMARCA**

**JUAN RAMÓN BARÓN ZAMBRANO  
LUIGI SÁNCHEZ PEÑA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ALTERNATIVA TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2014**

**VIABILIDAD DE MUROS DE LLANTAS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN EL BARRIO LA CAPILLA – SOACHA CUNDINAMARCA**

**JUAN RAMÓN BARÓN ZAMBRANO  
LUIGI SÁNCHEZ PEÑA**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de  
Ingeniero Civil**

**Director  
Alejandra Rivera Basto  
Geóloga**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
ALTERNATIVA TRABAJO DE GRADO  
BOGOTÁ  
2014**



Atribución-NoComercial-Sin Derivadas 2.5 Colombia (cc-by-nc-nd/2.5-co)

Este es un resumen legible por humanos (y no un susillado) de la [licencia](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre para:



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

El licenciante no puede revocar esta libertad en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



**Atribución** — You must give appropriate credit, provide a link to the license, and indicate if changes were made. You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



**NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con fine comercial.



**Sin Derivar** — Si usted mezcla, transforma o crea nuevo material a partir de esta obra, usted no podrá distribuir el material modificado.

**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 es permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se entregan garantías. La licencia podría no entregarle todo lo que permite que necesite para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como relativos a publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utiliza el material.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Bogotá, 17, diciembre, 2014

Con especial agradecimiento a nuestras familia, la universidad Católica de Colombia el apoyo moral, académico en los momentos de aprendizaje de mi formación tanto profesional como personal.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. GENERALIDADES	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.1.1 Muros de Llantas para Proteger Caminos, Viviendas y Terrenos (Guatemala)	14
1.1.2 Problemática Actual México	14
1.1.3 Secretaria de Desarrollo Social – Alcaldía de Medellín	15
1.1.4 Práctica de Construcción de Trinchos con Llantas como Estrategia de Recuperación de Suelos Erosionados en los Cerros Tutelares de Cali	17
1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos	20
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	20
1.4.1 Temática	20
1.4.2 Temporal	20
1.5 MARCO TEÓRICO	21
1.5.1 Estructuras de Contención	21
1.5.1.1 Sistemas de Estabilización de Taludes y Laderas.	21
1.5.2 Muros de Llantas para Proteger Caminos y Terrenos	28
1.6 METODOLOGÍA	29
1.6.1 Definición del Área de Estudio	29
1.6.2 Recopilación, Revisión y Análisis de Información Secundaria	29
1.6.3 Análisis de las Deformaciones Superficiales por Cambios de Humedad	29
2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA MUNICIPIO DE SOACHA	30
2.1 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	31
2.1.1 Estrato 1 Relleno y Capa Vegetal	31
2.1.2 Estrato 2 Arcilla Limosa Café y Gris	31
2.1.3 Estrato 3 Arena Arcillosa y Limosa Gris	31
3. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MATERIAL RECICLABLE (LLANTAS)	32
3.1 CONSTRUCTION	33
3.1.1 Conformación y Nivelación del Terreno	33
3.1.2 Alineamiento y Amarre de Llantas	34
3.1.3 Relleno y Compactación de Llantas	34
3.1.4 Continuidad en Hileras de Llantas	35
4. IMPLEMENTACION	36
4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR	38

	pág.
5. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Barrió Fuente Clara – Medellín Colombia, Antes – Durante – Después	16
Figura 2. Barrió Fuente Clara – Medellín Colombia, Construcción de Muro con Llantas Recicladas	16
Figura 3. Trinchos con Llantas Recicladas – Cali Colombia, Antes – Después	18
Figura 4. Relleno de Llantas con Rocas para Dar Solidez y Mayor Peso a la Estructura	18
Figura 5. Localización Barrió La Capilla Soacha Cundinamarca	19
Figura 6. Desmonte de Tierra para Descargar Talud	22
Figura 7. Suavizar Pendientes en las Zonas Desfavorables	22
Figura 8. Refuerzo Semiprofundo para Coser Tapas Terreno Inestable	23
Figura 9. Enmallado	23
Figura 10. Muros de Gravedad	24
Figura 11. Anclado de Refuerzo en Terreno.	24
Figura 12. Ejecución de Pilas Rectangulares	25
Figura 13. Ejecución elementos Profundos Mediante Pantallas	25
Figura 14. Barrera de Micropilotes con Jet Grouting.	26
Figura 15. Implementación de Muros Ecológicos	26
Figura 16. Plantación de Vegetación y Evitar Erosión	27
Figura 17. Vista Frontal Talud con Llantas	32
Figura 18. Perspectiva Talud con Llantas	33
Figura 19. Conformación y Nivelación del Terreno	33
Figura 20. Alineamiento y Amarre de Llantas	34
Figura 21. Relleno y Compactación de Llantas	34
Figura 22. Continuidad en Hileras de Llantas	35
Figura 23. Bosquejo Primera Hilera del Muro de Llantas para la Estabilización de Taludes	37
Figura 24. Bosquejo Vista Panorámica del Muro de Llantas	37

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Materiales y Herramientas a Utilizar	38

## GLOSARIO

**CIPERÁCEAS:** forman una familia de plantas monocotiledóneas parecidas a los pastos, muchas de ellas polinizadas por vientos.

**EROSIÓN:**en un proceso de degradación del suelo producto de agentes atmosféricos, tales como la lluvia, la temperatura, el viento, dependientes de la propiedades fisicoquímicas del suelo, la cobertura vegetal y favorecido altamente en nuestro sector por los factores antrópicos.

**GRAMÍNEAS:** son plantas herbáceas que presentan una gran amplitud ecológica, por lo que suelen encontrar formando parte de la vegetación natural.

**JET – GROUTING:** consiste en la introducción en el terreno de material cementante, a través de varios chorros (Jet) a gran velocidad, la energía de este chorro provoca la rotura y la restructuración del terreno.

## INTRODUCCIÓN

Se conoce con el nombre genérico de taludes cualesquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las masas de tierra.

Son obras de tierra que se construyen en ambos lados de la vía tanto en excavaciones como en terraplenes con la inclinación tal que garantice la estabilidad de la obra.

Los taludes tienen zona de emplazamiento que comprende, además de la vía, una franja de terreno a ambos lados de la misma. Su objetivo es tener suficiente terreno en caso de ampliación futura de una carretera y atenuar en gran medida, los peligros de accidentes motivación por obstáculos dentro de dicha zona, los cuales deben ser eliminados.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte se realiza una excavación en una formación terrea natural, en tanto que los taludes artificiales son los inclinados de los terraplenes. También se producen taludes en los bordes de una excavación que se realice a partir del nivel del terreno natural, a los cuales se suele denominar taludes de la excavación.

No hay duda de que el talud constituye la estructura más compleja de las vías terrestres; por eso es preciso analizar la necesidad de definir criterios de estabilidad de taludes entendiéndose, por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén. A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material térreo por mover y por lo tanto, diferentes costas.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes construidos por el ingeniero. Dentro de estos deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes y los de los terraplenes. Las diferencias importantes radican, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo en todo un conjunto de circunstancia que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las condiciones climáticas que privaron a lo largo de tal historia y de la influencia que el hombre ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado<sup>11</sup>.

---

<sup>1</sup> RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llanatas.pdf>>

Los muros de llantas sirven para proteger caminos, viviendas o terrenos que tienen amenazas de derrumbes, también es útil para estabilizar taludes y laderas inestables, a través de la retención de suelos. Adicional el sistema de muro armado se conceptualiza como una solución técnica para la retención y estabilización de suelos contra la erosión, generando una contención de empuje como la que brinda los muros de contención tipo gravedad, por su geometría circular permite construir infinidad de diseños según la forma y tamaño del área a proteger<sup>2</sup>.

Los muros tienen larga duración y resistencia a la acción de agentes naturales como el agua y el suelo mismo su construcción es sencilla y de fácil adaptación en las comunidades.

“Utilizando como materia prima llantas o neumáticos de desecho, contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente, siendo un sistema que no produce residuos ni emisiones a la atmósfera por combustión o calentamiento”<sup>3</sup>.

El muro de llantas es funcional porque el soporte se da por su propio peso de gravedad, su estabilidad se incrementa por una sobre posición de llantas armadas e inclinadas hacia atrás, entre diversos niveles o filas de llantas se colocan de abajo hacia arriba a modo de escalera. El uso de tierra como relleno en su interior, puede incrementarse agregando cemento. Todas las llantas van amarradas entre sí con alambre galvanizado debidamente trenzado y ajustado.

Adicional a esto la cubierta vegetal es la mejor defensa natural del terreno contra la erosión, toda planta desde la insignificante hoja hasta el árbol más corpulento, defiende el suelo de la acción perjudicial de la lluvia.

Por esto mismo es indispensable el papel que cumple y seguirá cumpliendo la cubierta vegetal en el campo de la geotecnia.

Cuando una gota de lluvia golpea un terreno cubierto con una vegetación densa, se rompe en minúsculas gotas de agua que penetra fácilmente; cuando esa gota golpea un suelo sin vegetación, la fuerza del impacto desprende partículas que quedan en suspensión y a medida que el agua se infiltra, se deposita en los espacios de poros del suelo, obstruyendo y dificultando el paso posterior del agua, la cual se ve obligada a fluir sobre la superficie del terreno.

El material granular al estar confinado en la llanta no va hacer arrastrado por la escorrentía y la lluvia cuando entre en contacto con el agua, debido a que gracias a su sistema constructivo el caucho de la llanta siempre va hacer quien reciba el

---

<sup>2</sup> YANTEK. Sistema Yantek [en línea]. México: La Empresa [citado 21 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://yantek.com/ecowall.html>>

<sup>3</sup> YANTEK. Sistema Yantek [en línea]. México: La Empresa [citado 21 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://yantek.com/ecowall.html>>

agua de la lluvia y protegerá el material que se encuentra dentro de la estructura generando una escorrentía natural sin arrastre del material.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

**1.1.1 Muros de Llantas para Proteger Caminos, Viviendas y Terrenos (Guatemala).** Durante La tormenta Stan (Octubre 2005), las poblaciones afectadas en Guatemala y El Salvador, sufrieron la pérdida de importante infraestructura social, como escuelas, viviendas, puentes, etc.

En la agricultura se perdieron cultivos de subsistencia familiar y de producción económica, además de extensas áreas de terreno ubicados en las riberas de los ríos Cuilco en Guatemala y Jiboa en El Salvador.

Los daños fueron significativos por el alto grado de deterioro de los recursos naturales que presentan estas cuencas, especialmente de los recursos forestales.

Los suelos arrasados comprenden terrenos para fines agropecuarios por las familias que en su mayoría viven en condiciones de pobreza y pobreza extrema. Lo que permitió que las lluvias extremas al encontrar suelos erosionados y degradados, promovieron el arrastre de sedimentos (tierra, lodos, etc.) hacia los arroyos y ríos que aumentaron su caudal, y que a su vez, arrastraron terrenos productivos, cultivos e infraestructuras. También fue significativo el problema de derrumbes, ya que las recurrentes lluvias encontraron suelos expuestos y frágiles, provocando movimientos en masa que afectaron viviendas, terrenos y caminos, principalmente<sup>4</sup>.

**1.1.2 Problemática Actual México.** En México y el mundo, el problema de de la disposición de llantas de desecho está asociado por una parte, al acelerado crecimiento del parque vehicular en las ciudades un hecho que resulta de las facilidades para adquirir un automóvil y el bajo costo de los automóviles usados provenientes de extranjeros. Por otra parte, en las fronteras del País es común comprar llantas de reúso importadas, las cuales se comercializan, usan y desechan en grandes volúmenes.

Según datos de El Banco Mundial, cada 1000 habitantes tienen un promedio de 283.24 automóviles. Si consideramos que la población mundial es de 68.946 mil millones, existen en el mundo 19.528 mil millones de automóviles, lo que se traduce en 97.641 mil millones de llantas de desuso cada 3 años son dispuesta en confinamiento o en el peor de los casos y lo general lo más común se abandonan en arroyos, baldíos, y otros, generando focos de infección de alto impacto.

---

<sup>4</sup>CORPORACION TÉCNICA ALEMANA. Reconstrucción y Gestión del Riesgo en América Central después de la tormenta Stan (RyGRAC-GTZ) [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Corporación [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.riesgoycambioclimatico.org/RyGRAC/prestacion1-NOS+RLB-2009-07-22.pdf>>

En el caso específico de México, a Diciembre de 2010 el conteo nacional de población del INEGI arrojó que habitan 113 millones de personas el territorio nacional, lo cual nos indica que se cuentan con 32 millones de vehículos y 128 millones de llantas por cada 3 años. De los datos arribamencionados, solo el 2% de las llantas en desuso son recicladas y el 91% queda en tiraderos clandestinos, arroyos, baldíos, y otros, generando focos de infección de alto impacto<sup>5</sup>.

**1.1.3 Secretaria de Desarrollo Social – Alcaldía de Medellín.** La Alcaldía de Medellín, a través de la Secretaria de Desarrollo Social entregó el Sábado 21 de Enero, un nuevo muro de contención construido con llantas en tierra armada, que beneficiaba a 200 habitantes del barrio Fuente Clara, Sector de la Iguana.

La construcción de esta obra de mitigación contó con la participación activa de la comunidad y con el apoyo de ingenieros del sector privado, que se hicieron presentes con diversos materiales. El primer muro de este tipo se realizó en el cruce peatonal de los barrios Blanquizar y Olaya Herrera, beneficiando a más de 500 personas que lo utilizan diariamente. Actualmente, se está trabajando en un tercer muro en el barrio Nueva Villa de La Iguaná.

Las llantas son materiales no reciclables, cuya degradación tarda aproximadamente 350 años, por lo cual su uso en la fabricación de muros se convierte en una solución medio ambiental de gran impacto. Adicional que se hace partícipe la comunidad al no necesitarse mano de obra muy calificada para su construcción.

La Alcaldía de Medellín entregó a la comunidad del barrio Fuente Clara, sector La Iguaná, un nuevo muro de contención hecho con llanta en tierra armada, que se construyó sobre el acceso peatonal principal y que beneficia, aproximadamente, a 50 viviendas y a 200 habitantes que utilizan el paso diariamente<sup>6</sup> (véase la Figura 1).

---

<sup>5</sup>YANTEK. Antecedentes [en línea]. México: La Empresa [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://yantek.com/antecedentes.html>>

<sup>6</sup> CARMONA G., Carolina. Con Innovador muro hecho de llantas, Alcaldía de Medellín recupera paso peatonal en el barrio Fuente Clara, sector La Iguaná [en línea]. Medellín: Alcaldía DE Medellín [citado 19, septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://c13643354a4b6205e2000e7c1be8e4ed>>

**Figura 1. Barrió Fuente Clara – Medellín Colombia, Antes – Durante – Después**



Fuente. CARMONA G., Carolina. Con Innovador muro hecho de llantas, Alcaldía de Medellín recupera paso peatonal en el barrio Fuente Clara, sector La Iguaná [en línea]. Medellín: Alcaldía DE Medellín [citado 19, septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://c13643354a4b6205e2000e7c1be8e4ed>

Desde el mes de agosto, este lugar presentaba deslizamientos, debido a las filtraciones de aguas y a las continuas lluvias, por lo que se hacía necesario construir un muro de contención.

La Secretaría de Desarrollo Social, por medio del equipo técnico de la Gerencia de La Iguaná, brinda acompañamiento y capacitación a la comunidad en la elección, corte y amarre de las llantas, para que ella participe en su construcción (véase la Figura 2).

**Figura 2. Barrió Fuente Clara – Medellín Colombia, Construcción de Muro con Llantas Recicladas**



Fuente. CARMONA G., Carolina. Con Innovador muro hecho de llantas, Alcaldía de Medellín recupera paso peatonal en el barrio Fuente Clara, sector La Iguaná [en línea]. Medellín: Alcaldía DE Medellín [citado 19, septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://c13643354a4b6205e2000e7c1be8e4ed>

<http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://c13643354a4b6205e2000e7c1be8e4ed>

#### **1.1.4 Práctica de Construcción de Trinchos con Llantas como Estrategia de Recuperación de Suelos Erosionados en los Cerros Tutelares de Cali.**

En el Cerro de la Bandera, se realiza en la actualidad una explotación artesanal de carbón, lo cual viene afectando de modo significativo la estabilidad de la zona, debido al depósito de materiales provenientes de la extracción minera, en sitios que pueden ser removidos bien sea por las aguas lluvias o las aguas derivadas de la escorrentía, en los periodos de lluvia.

La vegetación predominante está representada por varias gramíneas, ciperáceas y algunas malezas de hoja ancha, que dinamizan la recuperación natural de la zona por regeneración natural, la cual en forma desafortunada es impactada por las quemas que afectan esta zona, sobre todo en los periodos de verano de junio, julio y agosto en el segundo semestre y de enero, febrero y marzo en el primer semestre.

Se observó la presencia de las áreas erosionadas producto de la minería, al mismo tiempo se observan los procesos de regeneración natural favoreciendo la cobertura de los suelos de la zona. Una vez definido el sitio de construcción del trincho en llantas se procede a trazar una especie de terraza a nivel, sobre la cual van ubicadas las llantas, las llantas son colocadas a nivel, por una parte para dar la estructura a la trinchera, y por otro para dar al mismo el consolidado aplomo, y así de este modo evitar su movimiento o inestabilidad, la primera línea de llantas, debe quedar nivelada y firmemente asentada, a fin de favorecer el asentamiento de las otras llantas, que darán la altura necesaria al trincho, cuando hay disponible rocas, las llantas son llenadas a fin de poder dar solidez a las mismas y así de este modo poder dar una adecuada resistencia y aplomo al trincho.

La utilización de trinchos con llantas, es muy común en la comunidad campesina de la cuenca del río Cali, para la construcción de terraplenes que corrigen algunos casos de cárcavas o de terraplenes<sup>7</sup> (véase las Figuras 3 y 4).

---

<sup>7</sup> MARTÍNEZ ASTUDILLO, Freddy Adalberto. Práctica de construcción de trinchos con llantas como estrategia de recuperación de suelos erosionados en los cerros tutelares de Cali Colombia [en línea]. Santiago de Cali: Universidad del Valle [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/trinchos%20LLANTAS.pdf>>

**Figura 3. Trinchos con Llantas Recicladas – Cali Colombia, Antes – Después**



Fuente. MARTÍNEZ ASTUDILLO, Freddy Adalberto. Práctica de construcción de trinchos con llantas como estrategia de recuperación de suelos erosionados en los cerros tutelares de Cali Colombia [en línea]. Santiago de Calí: Universidad del Valle [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/trinchos%20LLANTAS.pdf>>

**Figura 4. Relleno de Llantas con Rocas para Dar Solidez y Mayor Peso a la Estructura**

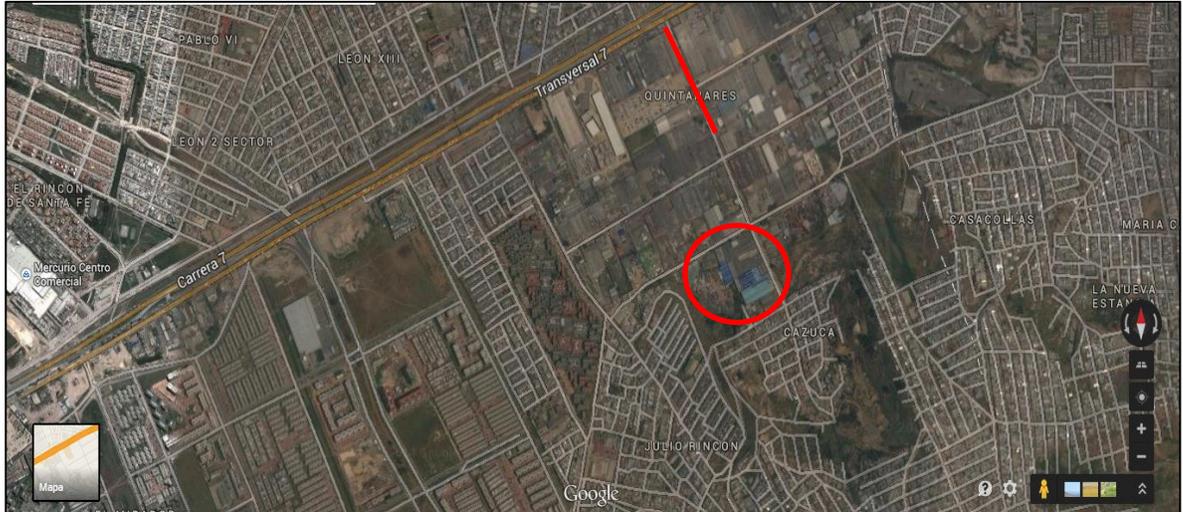


Fuente. MARTÍNEZ ASTUDILLO, Freddy Adalberto. Práctica de construcción de trinchos con llantas como estrategia de recuperación de suelos erosionados en los cerros tutelares de Cali Colombia [en línea]. Santiago de Calí: Universidad del Valle [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/trinchos%20LLANTAS.pdf>>

## 1.2 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El barrio La Capilla del municipio de Soacha Cundinamarca se encuentra ubicado en la parte inferior de los barrios que comprende el municipio, el barrio La Capilla es el último barrio antes de que el sistema de desagüe diseñado por la comunidad se conecte con el sistema de alcantarillado del municipio por la autopista Sur (véase la Figura 5).

**Figura 5. Localización Barrió La Capilla Soacha Cundinamarca**



Fuente. GOOGLE MAPS. Ubicación satelital barrio La Campiña Soacha [en línea]. Bogotá: Google [citado 25 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.google.com/maps/place/La+Capilla/@4.586237,-74.184894,1586m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x8e3f9fb2455ebb17:0x5fa0d34e5b05459>>

Por la falta de alcantarillado y la no debida canalización de las aguas negras y hervidas, el barrio La Capilla está recibiendo todo tipo de aguas y por no tener un sistema de recolección, almacenamiento y distribución el agua está filtrando en toda la extensión del barrio en la temporada invernal, colmatando todos sus poros natrales del suelo hasta la temporada de verano en donde evacua esta agua por medio de la evaporación dejando los vacíos que anteriormente ocupaba el agua. Estos vacíos generan asentamientos y movimiento de tierra en grandes masas.

Todas las viviendas que se encontraban en una zona detectada de deslizamiento fueron reubicadas en Ciudadela Ciudad Verde, pero el problema del desplazamiento poblacional ha generado nuevamente invasión en las zonas críticas de deslizamiento y asentamiento.

## **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1 Objetivo General.** Determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de contención alternativo con llantas en el barrio La Capilla.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

➤ Identificar posibles zonas de inestabilidad tanto activa como potencial para la posible construcción del sistema de estabilización de taludes en el Barrio la Capilla.

➤ Caracterizar los sistemas de estabilización con métodos de llantas.

➤ Brindarle a la comunidad del barrio La Capilla una alternativa económica en la estabilización de taludes.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

El alcance de nuestra investigación es brindarle a la comunidad del barrio La Capilla de Soacha Cundinamarca alternativas para que puedan solucionar la problemática ya mencionada.

Una alternativa para la estabilización de taludes es la implementación de muros de llantas, con relleno del material existente de la zona y con una cubierta vegetal para evitar nuevas invasiones, esto ayudaría también a un tema económico – social, en donde la comunidad pondría la mano de obra y el material saldría de la misma zona.

El siguiente trabajo de investigación estará enmarcado de acuerdo a los siguientes aspectos:

**1.4.1 Temática.** El aprovechamiento del material reciclable y existente de la zona en este caso las llantas, escombros, material suelto de la montaña son un aporte a la ingeniería y un aporte a la descontaminación de medio ambiente del barrio La Capilla.

**1.4.2 Temporal.** Este trabajo se desarrollará en el lapso de tiempo comprendido en el periodo académico del segundo semestre del 2014, en el cual se llevará a cabo las investigaciones documentales que nos permitan dar recomendación acerca del uso de estos materiales alternativos en el municipio de Soacha; la limitación puede ser que en el lapso de tiempo mencionado no se alcance a realizar a cabalidad las metas propuestas en el proyecto.

Esta investigación es la recopilación de toda la trayectoria del pregrado que hemos venido desarrollando en la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia en donde estamos conceptualizando lo aprendido en el programa.

## **1.5 MARCO TEÓRICO**

### **1.5.1 Estructuras de Contención**

#### **1.5.1.1 Sistemas de Estabilización de Taludes y Laderas.**

Existe una gran variedad de sistemas de contención y estabilización de taludes, utilizados a lo largo del tiempo, para tratar de resolver problemas de derrumbes o desprendimientos de grandes masas de terreno. En general, se puede plantear una clasificación en la que tuviéramos en cuenta cuál es el objetivo de la intervención sobre el talud o la ladera.

Para hablar de sistemas de estabilización propiamente dicha, en los que se pretende actuar sobre una gran masa de terreno inestable que puede provocar fenómenos de deslizamiento profundo mediante planos o círculos de rotura; o bien, sistemas de contención, aplicables a taludes de menor entidad o de menor masa de terreno movilizada.

El caso más habitual sobre el talud, suelen ser de varios tipos y combinadas entre sí, y todas ellas van encaminadas a conseguir un coeficiente de seguridad admisible frente al deslizamiento posible. Se puede destacar distintas actuaciones para conseguir dicho objetivo<sup>8</sup>.

➤ Desmante de tierras de la ladera para descargar el talud, suavizando pendientes en las zonas más desfavorables, y refuerzo del pie del talud para contener y perfilar su derrame (véase la Figura 6 y 7).

---

<sup>8</sup>CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

**Figura 6. Desmante de Tierra para Descargar Talud**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

**Figura 7. Suavizar Pendientes en las Zonas Desfavorables**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤ Refuerzo semiprofundo para coser capas de terreno inestable y evitar su desprendimiento (véase las Figuras 8 y 9).

**Figura 8. Refuerzo Semiprofundo para Coser Tapas Terreno Inestable**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

**Figura 9. Enmallado**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤ Construcción de elementos resistentes de contención, en superficie, mediante muros de gravedad que van anclados al terreno para resistir los esfuerzos transmitidos por los empujes (véase las Figuras 10 y 11).

**Figura 10. Muros de Gravedad**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

**Figura 11. Anclado de Refuerzo en Terreno.**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤Ejecución de elementos profundos mediante pantallas o cortinas de pilotes, rectangulares o circulares que tienen la misión de estabilizar el talud alcanzando y atravesando las posibles superficies de rotura, evitando el deslizamiento de la masa de terreno. Estos elementos pueden ir arriostrados en cabeza mediante anclajes perforados en el terreno colaborando para resistir los empujes sobre la

cortina de pilotes (véase las Figuras 12 y 13).

**Figura 12. Ejecución de Pilas Rectangulares**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

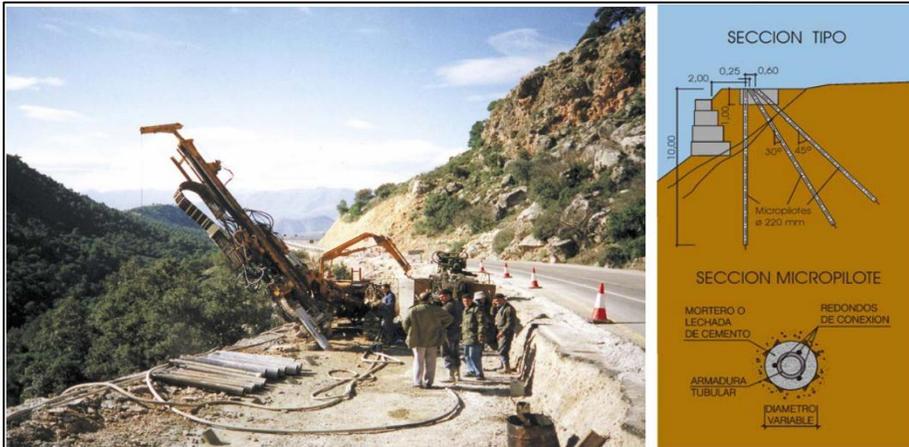
**Figura 13. Ejecución elementos Profundos Mediante Pantallas**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest[citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤ Realización de barreras de micro pilotes o columnas de jet grouting para coser y rigidizar la masa de suelo inestable, atravesando las superficies de rotura, para mejorar la estabilidad general del talud (véase la Figura 14).

**Figura 14. Barrera de Micropilotes con Jet Grouting.**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤ Implantación de muros ecológicos con material geotextil, utilizando el propio terreno para contener las zonas inestables (véase la Figura 15).

**Figura 15. Implementación de Muros Ecológicos**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

➤ Estabilización del suelo con adiciones (cal) o plantación de árboles que eviten la erosión de las capas superficiales y su posterior desprendimiento (véase la Figura 16).

### **Figura 16. Plantación de Vegetación y Evitar Erosión**



Fuente. CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

Junto con todos estos sistemas de estabilización y refuerzo de taludes es imprescindible la realización de un estudio geológico-geotécnico previo que aporte información del suelo existente en cada caso, y de las posibles razones que motivan su inestabilidad, así mismo, es necesario un control de los movimientos que se producen, mediante la instrumentación del talud y de los elementos de estabilización y contención que debe ser implantada previamente o simultáneamente con el comienzo de las actuaciones, manteniéndola durante todo el tiempo que dure la intervención, para controlar sus efectos y su evolución.

Es conveniente también, controlar periódicamente después de dichas actuaciones el comportamiento del talud, verificando la efectividad del tratamiento la elección de uno u otro sistema de estabilización vendrá dada por la entidad del posible deslizamiento en cada caso, y por la afección del mismo sobre construcciones o instalaciones existentes.

Hay casos en los que la intervención sobre taludes inestables se hace de forma progresiva, por fases, comprobando la eficacia de las actuaciones, con la intención de optimizar el costo de las mismas. Sin embargo hay situaciones en las que es necesario acudir a soluciones más contundentes de entrada para eliminar el riesgo de que se produzcan daños humanos o materiales inadmisibles.

En cualquier caso, la solución adoptada debe ser compatible con el estado del talud, evitando que durante la fase de ejecución de los elementos de refuerzo o

estabilización se acelere o aumente su inestabilidad, provocando un efecto contrario al deseado<sup>9</sup>.

### 1.5.2 Muros de Llantas para Proteger Caminos y Terrenos.

Los muros de llantas sirven para proteger caminos y terrenos que tienen amenazas de derrumbes siendo útil en la estabilización de taludes y laderas inestables a través de la retención del suelo. Por su forma geométrica circular permite construir infinitos diseños según la forma y tamaño del área a proteger. Los muros tienen larga duración y resistencia a la acción de agentes naturales como el agua y el suelo mismo, su construcción es sencilla y de fácil aceptación a las comunidades.

El muro de llantas es funcional porque el soporte se da por su propio peso de gravedad, su estabilidad se incrementa por una sobre posición de llantas armadas e inclinadas hacia atrás, entre los diversos niveles o filas de llantas que se colocan de abajo hacia arriba a modo de escalera, el uso de tierra como relleno en su interior puede incrementarse agregando cemento en proporciones de 20:1 debidamente mezclado en seco y compactado, todas las llantas van armadas entre sí con alambre galvanizado debidamente trenzado y ajustado.

Este sistema constructivo alcanza ciertas ventajas y beneficios frente a otros sistemas constructivos de taludes en el país, a continuación se nombrarán algunos:

- El muro tiene una alta duración y funcionalidad, dadas las características del material de las llantas
- Tiene alta resistencia a la lluvia, rayos solares y vientos.
- El costo económico es bajo comparado con otros sistemas constructivos como gaviones o muros de contención, adicional es flexible, deja pasar el agua y permite la revegetación
- Evita la contaminación, aleja cualquier tipo de enfermedad
- En el sector se potencializa la facilidad de obtener llantas, fácil de construir y de manejar por la comunidad.
- Permite un fácil mantenimiento del muro<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludes pt.pdf>>.

<sup>10</sup> CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludes pt.pdf>>.

## **1.6METODOLOGÍA**

**1.6.1 Definición del Área de Estudio.**A Partir de la información existente del estudio de suelos del barrio La Capilla, las visitas de campo, la recopilación de la información y el análisis de resultados, se definió el área de estudio, la cual comprende un sitio considerado como crítico por fenómenos de socavación, colmatación de aguas negras y derrumbes, debido a la no canalización de este fluido, la invasión de población desplazada y la falta de presencia del estado.

**1.6.2 Recopilación, Revisión y Análisis de Información Secundaria.**Consiste en la recopilación, revisión y análisis de la información previa existente relacionada con el tema para el área de estudio condición geológica, del barrio La Capilla del Municipio de Soacha Cundinamarca caracterización geotécnica de los materiales existentes superficialmente, obtenidas de la reubicación de familias y demolición de las viviendas.

➤Variaciones de nivel superficial con base en la información existente en algunas entidades públicas, como el INGEOMINAS, el IGAC y la DPAE.

➤Caracterización geológica y geotécnica de los materiales existentes superficialmente (entre 0 y 5 m de profundidad).

➤Información existente sobre otras características de estos suelos, tales como mineralogía, estudios de fábrica, compresibilidad, entre otros.

**1.6.3 Análisis de Resultados.**Con base en la información obtenida en las actividades anteriores, se realizó un análisis de las diferentes superficiales de la zona, la humedad del suelo en el tiempo y su efecto sobre la tasa de derrumbes en los suelos blandos del barrio La Capilla en Soacha.

## 2. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA MUNICIPIO DE SOACHA

En la sabana de Bogotá y más específicamente en el municipio de Soacha, se presentan afloramientos de rocas sedimentarias de origen marino y continental, con edades entre el cretáceo y el terciario y depósitos sedimentarios de edad pleistocena a reciente. En orden cronológico, de la más antigua a la más reciente las unidades geológicas son: Formación Chipaque, Grupo Guadalupe, Formación Guaduas, Formación Cacho, Formación Bogotá, Formación Arenisca la Regadera, Formación Usme, Formación Tunjuelo, y Formación Sabana. La zona de Soacha se enmarca en un ambiente geológico de depósitos cuaternarios y suelos residuales que dan origen a capas de arcillas y limos de consistencia media a dura.

Esta estructura se encuentra afectada por dos fallamientos asociados a las áreas explotadas las Fallas El Peñón y Chusacá; el sector donde se explotan las arenas se encuentra al occidente de esta última y Noreste de la primera, mientras que las de arenisca dura se localizan entre las dos fallas.

La Falla Chusacá se extiende por 13 kilómetros en las planchas referenciadas desde el municipio de Soacha hacia el sur, su tendencia varía de N 15 grados E al sur, a Norte Sur en su unión con la Falla El Peñón en la vereda Santa Rosa y presenta cabeceo hacia él. Esta pone en contacto unidades inferiores de Guadalupe (Dura y Plaeners) con Labor – Tierna.

La Falla El Peñón de similares características a la anterior con tendencia No 30” – 45 grados y una longitud de 9 Kilómetros en la Plancha 246 II C.

Asociadas a los esfuerzos que originaron las grandes fallas, se desarrollan fallas menores de tipo inverso y de rumbo que afectan y dislocan los pliegues en áreas más pequeñas, dentro de este tipo de fallas se mencionan las de Sucre, Quiba, Terreros, Soacha y Fusungá.

Es una zona bastante importante en el abastecimiento de materiales de construcción para Bogotá, dentro de los materiales se destacan las arcillas, las arenas, los recibos y las piedras para cementos, enchapes y estructuras.

Hacia el oriente del municipio se explotan arcillas y se encuentran establecidas varias ladrilleras que extraen su material de la Formación Guaduas y Bogotá, la que tiene un área potencial aproximada en la plancha 246 II B de 1300 hectáreas. Hacia el sector de Terreros se localizan varias canteras de recibos sobre la formación Plaeners principalmente. Y las arenas proceden de las formaciones Arenisca Dura.

La mayoría de las explotaciones que se desarrollan en Soacha de acuerdo a su volumen o tonelaje de materiales útiles y estériles extraídos de las minas durante

diferentes períodos y teniendo en cuenta su capacidad instalada de extracción de materiales, las inversiones, el valor de la producción y el empleo, el grado de mecanización de las minas y demás aspectos de orden técnico, económico y social, se clasifican en pequeña y mediana minería para las arcillas, gravas y recibos.

## **2.1 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

De las investigaciones realizadas, tanto de campo como de laboratorio, se presenta a continuación las características del subsuelo encontradas en la zona se distinguen claramente tres capas cuyas características son las siguientes:

**2.1.1 Estrato 1 Relleno y Capa Vegetal.** Se encuentra una capa vegetal de 0.30 metros, un relleno de de grava y arena de 1.50 metros, un limo arenoso de 1.50 metros.

**2.1.2 Estrato 2 Arcilla Limosa Café y Gris.** Detectada por debajo del relleno y de la paca vegetal, se presenta hasta el final de las investigaciones y hasta una profundidad de 9.30 metros. Se caracteriza por presentar una humedad media, plasticidad media y alta y una consistencia media y firme.

- Clasificación U.S.C.: CL
- Humedad natural: 11 - 32 %
- Limite líquido: 24 - 49 %
- Limite plástico: 19 - 20 %
- N spt: 4 - 12 golpes / pie
- Cu: 0.3 - 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>.

**2.1.3 Estrato 3 Arena Arcillosa y Limosa Gris.** Aparece por debajo del estrato arcilloso su densidad es media alta. Los resultados de campo y laboratorio son los siguientes:

- Clasificación U.S.C.: SC y SM
- Humedad natural: 13 - 18 %
- Porcentaje de finos: 18 - 32 %
- Limite líquido: NL - 33 %
- Limite plástico: NP - 17 %
- N spt: 8 - rechazo golpes / pie”

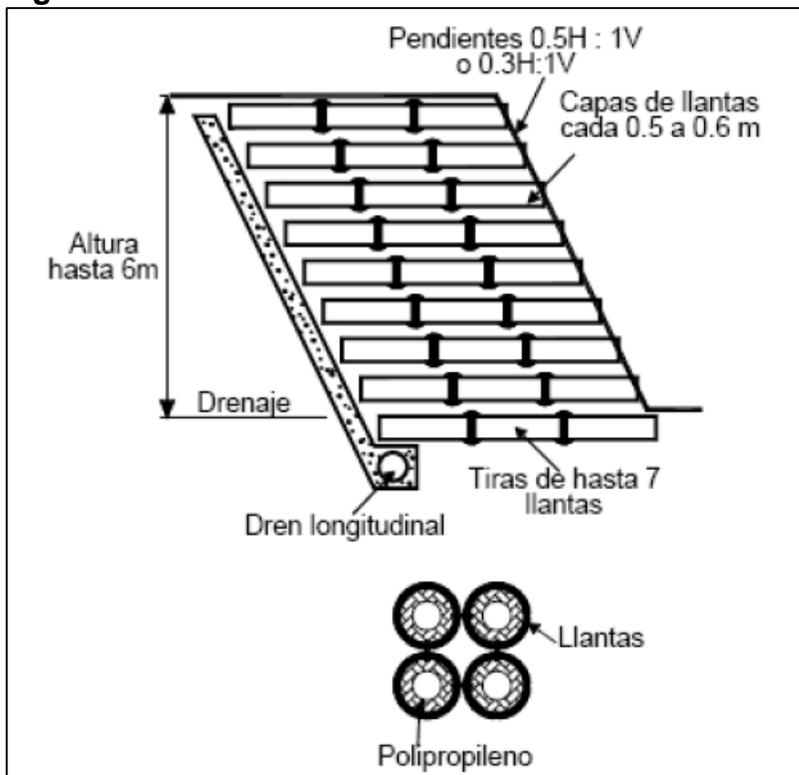
### 3. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON MATERIAL RECICLABLE (LLANTAS)

A través de este tipo de tratamientos se pueden estabilizar áreas inestables de taludes, de causes y de cárcavas, así como también amortizar el impacto lateral de flujos hídricos en cursos de agua, además la flexibilidad del material del neumático resulta apropiada para modelar el impacto del escurrimiento provocado por las crecidas de los cursos de agua.

En la actualidad los revestimientos de llantas constituyen desechos sólidos por lo que su reutilización resulta relevante y de bajo costo. Los revestimientos neumáticos se disponen traslapos formando un muro, uno encima de otro. La primera línea o línea de base se dispone y se amarra sobre una línea de postes horizontales que se entierran bajo la superficie.

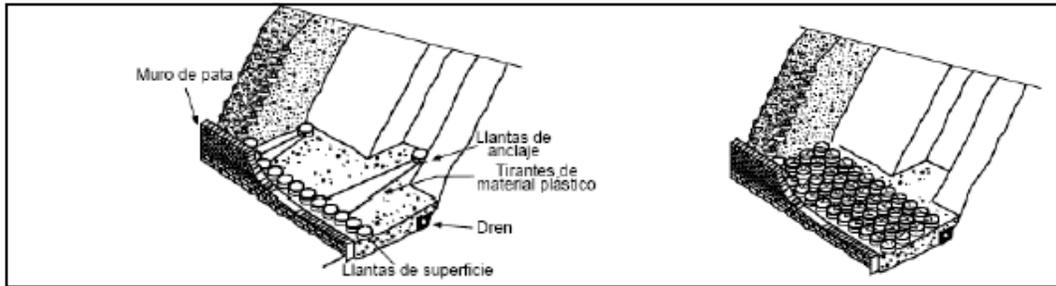
Los revestimientos se clavan con estacas a 0.6 metros y se rellenan con tierra compactada (véase las Figuras 17 y 18).

**Figura 17. Vista Frontal Talud con Llantas**



Fuente. GEOLOGÍA S.A.S. Estructuras de Contención o Anclaje [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/14-libro-deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales-jaime-suarez.html?download=144:193-14-estructurasdecontencioanclaje>>.

**Figura 18. Perspectiva Talud con Llantas**



Fuente. GEOLOGÍA S.A.S. Estructuras de Contención o Anclaje [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.erosion.com.co/presentaciones/category/14-libro-deslizamientos-y-estabilidad-de-taludes-en-zonas-tropicales-jaime-suarez.html?download=144:193-14-estructurasdecontenciooanclaje>>.

La preparación del terreno tiene como objetivo permitir la construcción de la infraestructura básica del relleno para recibir y disponer los RSM en una forma ordenada y con el menor impacto posible, así como facilitar las obras complementarias y las relativas al paisaje.

Los siguientes trabajos son de vital importancia para la preparación del terreno; se trata de obras sencillas y de bajo costo que pueden ser ejecutadas con rapidez por los trabajadores del municipio, cumpliendo con los requisitos sanitarios.

### 3.1 CONSTRUCTION

**3.1.1 Conformación y Nivelación del Terreno.** Realizar cortes o rellenos para luego nivelar por tramos, en forma de terraplén que tenga el ancho de la llanta, dejando cierta inclinación hacia adentro del terreno (véase la Figura 19).

**Figura 19. Conformación y Nivelación del Terreno**



Fuente. RYGRAC. Muros de Llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llanatas.pdf>>

**3.1.2 Alineamiento y Amarre de Llantas.** Se hace la alineación de cada llanta, se amarra una llanta con la otra usando alambre galvanizado, usando estacas se ancla la primera hilera de llantas (véase la Figura 20).

**Figura 20. Alineamiento y Amarre de Llantas**



Fuente. RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llanatas.pdf>>

**3.1.3 Relleno y Compactación de Llantas.** Se hace una selección del material de relleno, de ser posible seleccionar rocas triturada de  $\frac{3}{4}$ " de la zona, después de rellenar la llanta se procede a compactar el material con un pisón manual (véase la Figura 21).

**Figura 21. Relleno y Compactación de Llantas**



Fuente. RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llanatas.pdf>>.

**3.1.4 Continuidad en Hileras de Llantas.** Se repiten los pasos anteriores en las siguientes hileras hacia arriba que deben ir ordenadas con inclinación hacia atrás del talud, hasta alcanzar la altura requerida. La altura es proporcional a la relación Largo alto del talud (véase la Figura 22).

**Figura 22. Continuidad en Hileras de Llantas**



Fuente. RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llantas.pdf>>.

#### 4. IMPLEMENTACION

Después de las visitas a campo, evaluación del material, recopilación de información y validar con los habitantes del sector, se determina que el municipio de Soacha está identificada como la zona de mayor aptitud para la explotación de diferentes materiales de construcción especialmente arenas, rechos y arcillas, el elemento estructural dominante es el sinclinal de Fusungá, cuyo eje tiene una dirección noroccidente, la amplitud del sinclinal disminuye desde unos tres kilómetros al sur, hasta algo más de un kilómetro en su extremo norte donde se hunde en el cuaternario de la Sábana.

En la periferia de Soacha existe una gran concentración de explotaciones de arenas, rechos y piedras, procedentes del grupo Guadalupe, su tamaño y productividad es muy variada desde el artesanal a mediana minería.

Una característica de estas explotaciones es su ubicación en zonas de falla, facilitando su extracción por el grado de fracturamiento de las rocas. Este mismo hecho que los buzamientos varíen fuertemente de una explotación a otra e inclusive dentro del mismo frente.

El rápido proceso de invasión urbano ha venido ocupando áreas dedicadas a las explotaciones de materiales de construcción (canteras, chircales) limitándoles así el área de acción, urbanizando sin ninguna planificación en áreas con graves problemas de inestabilidad de terrenos y creando conflicto, dados los altos costos que implica dotar estas viviendas de infraestructura y servicios públicos.

Por esta razón una alternativa para estabilizar el terreno en el barrio La Capilla en el municipio de Soacha es hacer un modelo en un software que nos permita tener certeza de la aplicación del sistema en el barrio, en este trabajo se hizo una recopilación de toda la información pertinente para este modelo pero por limitación de tiempo no fue posible entregar el mismo, la investigación que da abierta para que otro grupo de investigación haga el modelo y culmine la viabilidad de los muros de llantas para la estabilización de taludes.

Dentro del alcance de la investigación y con las visitas a campo se observó que una zona en especial del barrio se puede implementar el sistema de estabilización de taludes con llantas, debido a que es una zona que ya ha sido intervenida con muros de gaviones que se construyeron en dos secciones que funcionan en el pie de la ladera pero que la ladera sigue inestable y se necesita un método de estabilización que brinde mayor cobertura en sentido vertical y una fabricación más sencilla y económica que la existente para la comunidad.

Adicional como se menciona anteriormente en la zona escogida ya se habían realizado trabajos y estudios de suelos (en poder de la comunidad) que son útiles para la futura modelación del muro de contención con llantas, adicional es espacio

en la zona escogida es el apropiado para maquinaria y el armado del muro por parte de la comunidad (véase las Figuras 23 y 24).

**Figura 23. Bosquejo Primera Hilera del Muro de Llantas para la Estabilización de Taludes**



Fuente. Los Autores.

**Figura 24. Bosquejo Vista Panorámica del Muro de Llantas**



Fuente. Los Autores.

#### 4.1 MATERIALES Y HERRAMIENTAS A UTILIZAR

**Cuadro 1. Materiales y Herramientas a Utilizar**

<i>Tipo de material / herramientas</i>	<i>Observaciones</i>
Llantas usadas de vehículos	Las dimensiones de las llantas deben ser en lo posible, de la misma medida. Los tamaños más grandes deben ubicarse en la conformación de la base
Alambre galvanizado calibre No.12	Puede remplazarse por lianas o bejucos
Palas, piochas, barras, alicate, barretón	Según disponibilidad para adecuar y nivelar terreno
Estacas de madera	Para el anclaje de las llantas del primer nivel

Fuente.RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llantas.pdf>>.

## 5. CONCLUSIONES

- Se comprobó si el sistema constructivo con llantas sirve para los problemas de deslizamiento en el barrio La Capilla del municipio de Soacha.
- De salir exitosa la recomendación dada en el sector de prueba se aplicará el sistema en el resto de barrio que presenta los mismos problemas y extender a los demás barrios que conforman el municipio de Soacha.
- Se presenta un diseño de estabilización de taludes que compite técnicamente con las obras civiles desarrolladas habitualmente en la mitigación de amenaza de deslizamiento, comprobando con las cantidades de obra las diferencias económicas con respecto a las soluciones tradicionales mediante muro de llantas flexible.

## BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE SOACHA. Nuestro municipio [en línea]. Bogotá: La Alcaldía [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: [http://www.soachacundinamarca.gov.co/documentos\\_municipio.shtml?apc=bfX-1-&r=Miner](http://www.soachacundinamarca.gov.co/documentos_municipio.shtml?apc=bfX-1-&r=Miner)>

CANDELA GONZÁLEZ, J. Sistemas de estabilización de taludes y laderas- casos prácticos [en línea]. Madrid: Grupo Terratest [citado 14 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>>.

CARMONA G., Carolina. Con Innovador muro hecho de llantas, Alcaldía de Medellín recupera paso peatonal en el barrio Fuente Clara, sector La Iguaná [en línea]. Medellín: Alcaldía DE Medellín [citado 19, septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.medellin.gov.co/irj/portal/ciudadanos?NavigationTarget=navurl://c13643354a4b6205e2000e7c1be8e4ed>>

CORPORACION TÉCNICA ALEMANA. Reconstrucción y Gestión del Riesgo en América Central después de la tormenta Stan (RyGRAC-GTZ) [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Corporación [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.riesgoycambioclimatico.org/RyGRAC/prestacion1NOS+RLB-2009-07-22.pdf>>

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

MARTÍNEZ ASTUDILLO, Freddy Adalberto. Práctica de construcción de trinchos con llantas como estrategia de recuperación de suelos erosionados en los cerros tutelares de Cali Colombia [en línea]. Santiago de Calí: Universidad del Valle [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://eidenar.univalle.edu.co/docentes/catedra/docs/fmartinez/trinchos%20LLANTAS.pdf>>

RYGRAC. Muros de llantas para proteger caminos, viviendas y terrenos [en línea]. Ciudad de Guatemala: La Empresa [citado 10 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/muro-con-llanatas.pdf>>

SERRANO GÓMEZ, Julián Andrés. Bioingeniería como ayuda a la solución de estabilización en taludes que representan una amenaza geotécnica en la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Ambiental. Modalidad Trabajo de Especialización, 2006. 62 p.

YANTEK. Antecedentes [en línea]. México: La Empresa [citado 19 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://yantek.com/antecedentes.html>>

YANTEK. Sistema Yantek [en línea]. México: La Empresa [citado 21 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://yantek.com/ecowall.html>>