

**Informe Técnico Deslizamiento Vereda La Camacha  
Toledo Norte de Santander**

Presentado a:  
**Alcaldía Municipal de Toledo  
Norte de Santander**

Elaborado por:  
**Geo. Esp. Carlos Humberto Del Real Estrada  
Matrícula Profesional 3573**

**Alcaldía Municipal de Toledo  
Norte de Santander  
Toledo, Julio de 2016**

## Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.....	2
Lista de Figuras .....	4
Agradecimientos.....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. Objetivos.....	7
2.1. Objetivo General.....	7
2.2. Objetivos Específicos .....	7
3. Localización y Acceso.....	8
4. Geología y Geomorfología.....	10
4.1. Estratigrafía .....	11
4.1.1. Formación Capachos (Ksc).....	11
4.1.2. Formación La Luna (Ksl).....	11
4.1.3. Formación Colon Mito Juan (Kscmj).....	11
4.1.4. Formación Barco (Pgb) .....	11
4.1.5. Formación los Cuervos (Pglc).....	11
4.1.6. Formación Mirador (Pgm) .....	11
4.1.7. Formación Carbonera (Pgc) .....	12
4.2. Corte Geológico .....	12
5. Observaciones de Campo .....	13
5.1. Dia 1 (Miercoles 29 de Junio 2016).....	13
5.2. Observaciones Día 2 (Junio 30 de 2016).....	16
5.3. Observaciones Día 5 (Julio 3 de 2016) .....	18
5.4. Observaciones Día 6 (Julio 4 de 2016) .....	20
5.5. Observaciones Día 7 (Julio 5 de 2016) .....	22
5.6. Observaciones Dia 15 (Julio 13 de 2016) .....	25
6. Análisis del Problema .....	27
6.1. Mecanismo de Falla .....	30

7.	Conclusiones.....	32
8.	Recomendaciones.....	34
9.	Bibliografía.....	35
10.	Anexos .....	36

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de Localización Municipio de Toledo y Vereda La Camacha.....	8
Figura 2. Localización de la vereda La Camacha y Modelo de Sombras del Terreno.....	9
Figura 3. Mapa Geológico Vereda La Camacha Adaptado de Ingeominas, 1999 .....	10
Figura 4. Corte Geológico de la Zona .....	12
Figura 5. Procesos de Remoción en Masa Día 1.....	13
Figura 6. Coronas de Deslizamiento 1 y 2 Presentadas en la Figura 5 .....	14
Figura 7. Devastación Observada el Día 1 .....	14
Figura 8. Pie del Deslizamiento Dia 1 .....	15
Figura 9. Pie del Deslizamiento Día 2 .....	16
Figura 10. Mapa de Procesos de Remoción Día 2 .....	17
Figura 11. Magnitud del Deslizamiento Día 5. ....	18
Figura 12. Detalle de las Coronas Principales.....	19
Figura 13. Fotografía del Sobrevuelo, se indican las partes de deslizamiento. ....	20
Figura 14. Fotografía del Sobrevuelo , se indican dos deslizamientos antiguos en la zona alta de las laderas Este y Oeste aparentemente Inactivos.....	21
Figura 15. Agrietamientos en la Zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Camacha. ....	22
Figura 16. Agrietamientos en el Suelo y Afectación a algunos árboles de la Zona.....	23
Figura 17. Corona de deslizamiento con salto de 4 m en la Vertical y 6 en la Horizontal ...	23
Figura 18. Interpretación de Procesos de Remoción en Masa de la vereda La Camacha. ..	24
Figura 19. Fotografía del Deslizamiento de corona a Punta. ....	25
Figura 20. Zona Alta de la vereda La Camacha, Se indica Deslizamiento en Bloque. ....	26
Figura 21. Esquema de Aguas de Infiltración (Azul), Percolación (Verde), Escorrentía (Gris) y Lluvia (Negro).....	27
Figura 22. Cuenca y Subcuenca de la Quebrada La Camacha.....	28
Figura 23. Mapa de Procesos de Remoción En Masa.....	29
Figura 24. Modelo de Deslizamiento Rotacional.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.).....	30
Figura 25. Modelos deslizamientos Rotacionales.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.).....	30
Figura 26. Relación entre el Tipo de Movimiento y Velocidad de Ocurrencia.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.) ...	31

## Agradecimientos

A la Administración Municipal del Municipio de Toledo por su entrega y total dedicación en esta eventualidad y el compromiso de cada uno de los miembros del equipo de trabajo en cabeza del señor Alcalde Municipal Jairo Alberto Castellanos

A la Defensa Civil por su acompañamiento en campo y su entera disposición para trabajar en equipo y llevar esta emergencia de la mejor manera posible

Al personal de ECOPETROL SA de la estación Toledo en cabeza del Ingeniero Alejandro que hicieron posible la habilitación de recursos como el vuelo en Helicóptero para recorrer la zona afectada y el Drone de ultima tecnología sin los cuales hubiese sido imposible tener la visión de conjunto que se logran con las imágenes aéreas de primera categoría.

Al Ejército y la Policía Nacional que han acompañado en todo momento al equipo de trabajo y han lidiado con los curiosos que insisten con acceder a las zonas de riesgo.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los problemas de deslizamientos son comunes en la zona andina, sin embargo estos fenómenos se han potenciado debido a la deforestación y el deterioro del recurso suelo, que al cruzarse con eventos atípicos de lluvias y sequías generados por el cambio climático global generan eventualidades de escalas enormes.

Para el caso del Municipio de Toledo, se han venido presentando una serie de deslizamientos rotacionales en la vereda La Camacha, que han devastado completamente la zona. En el momento en el que se realiza este informe el fenómeno ha crecido de manera descumunal, afectando el eje del valle de esta vereda y el problema se agrava con las últimas observaciones obtenidas de una serie de visitas a campo y recorridos a pie y en helicóptero hechos por la zona. Este informe presenta la evolución de este deslizamiento y explica de manera técnica las causas y como la geología de la zona así como efectos antrópicos son los causantes de tal devastación.

Este evento se documenta completamente desde la primera visita realizada el día Miércoles 29 de Junio hasta la fecha de entrega de este informe, ya que este evento ha evolucionado con los días y seguirá evolucionando se presentan las proyecciones de evolución esperadas y las proyecciones que para cada día se han venido teniendo.

Presentar El área devastada, el resumen de viviendas afectadas y viviendas evacuadas es uno de los fines principales de este informe así como ilustrar desde el punto de vista técnico este fenómeno.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

Documentar y exponer la extensión y desarrollo del proceso de remoción en masa observado en la zona del sinclinal de La Camacha, presentar las causas de su génesis y hacer algunas predicciones sobre su comportamiento y desarrollo con el pasar de los días. Cartografiar sus elementos; Pie, Cabeza y cuerpo así como los subsistemas de deslizamiento que se observan.

### 2.2. Objetivos Específicos

Presentar la documentación fotográfica tomada en las diferentes salidas a campo en las que se observa la evolución del deslizamiento y las interpretaciones técnicas para cada caso.

Realizar la Cartografía de la zona del siniestro a partir de las evidencias presentadas y la información recolectada en campo.

Presentar un Corte geológico explicativo del fenómeno y realizar en base al mismo la formulación de las posibles causas y detonantes del proceso de remoción en masa.

Presentar proyecciones del desarrollo del fenómeno así como establecer su peligrosidad para las viviendas que se encuentran en cercanías al Cauce de la quebrada La Camacha y el Río Jordán

Formular Medidas y Puntos de Monitoreo que permitan hacer seguimiento al fenómeno y evitar de esta manera que cambios en el comportamiento del mismo sean potencialmente letales para la población.

### 3. Localización y Acceso

El municipio de Toledo se encuentra en el Suroriente del departamento Norte de Santander, a este se accede desde Cúcuta por la vía que comunica a Cúcuta con Chinácota y finalmente Toledo o por la Vía de la Soberanía que comunica a Pamplona con Labateca y finalmente a Toledo. Este Recorrido Toma desde Cúcuta aproximadamente 2 horas y media y desde Pamplona 1 hora y 40 minutos ver Figura 1.

La vereda La Camacha se localiza al Este del Casco Urbano de Toledo a unos 3.5 km aproximadamente, a esta se accede en carro por vía destapada, este recorrido toma de 15 a 20 minutos ver Figura 2Figura 1.

*Figura 1. Mapa de Localización Municipio de Toledo y Vereda La Camacha*

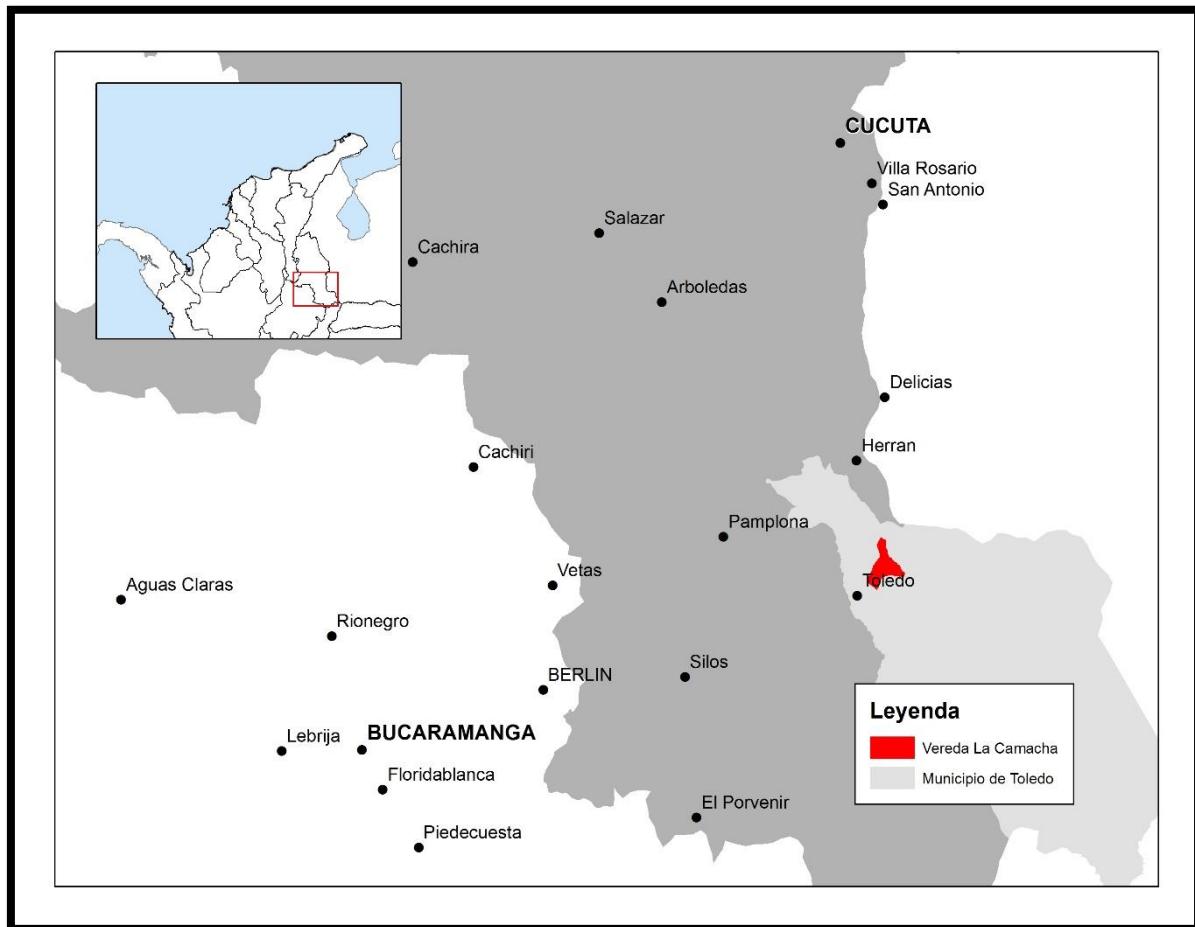
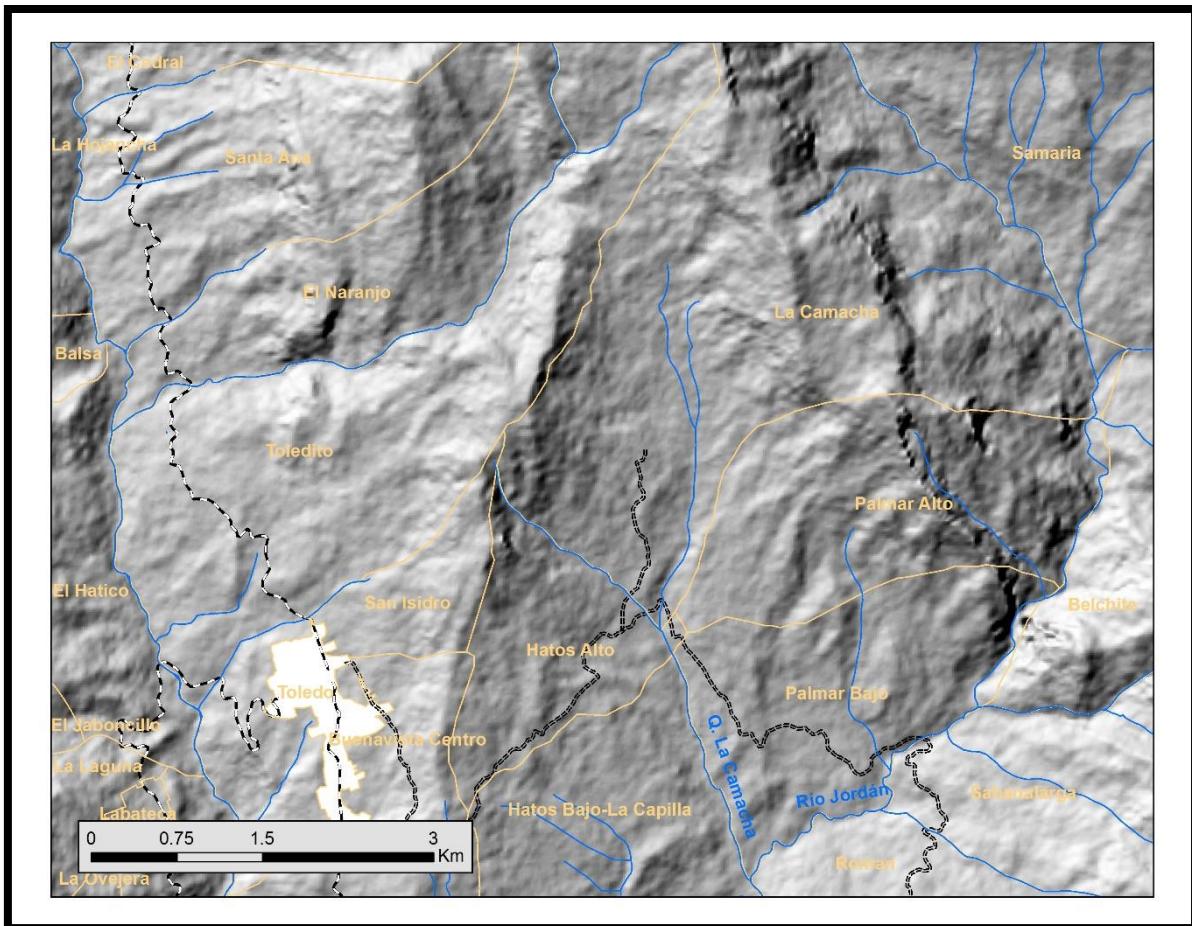


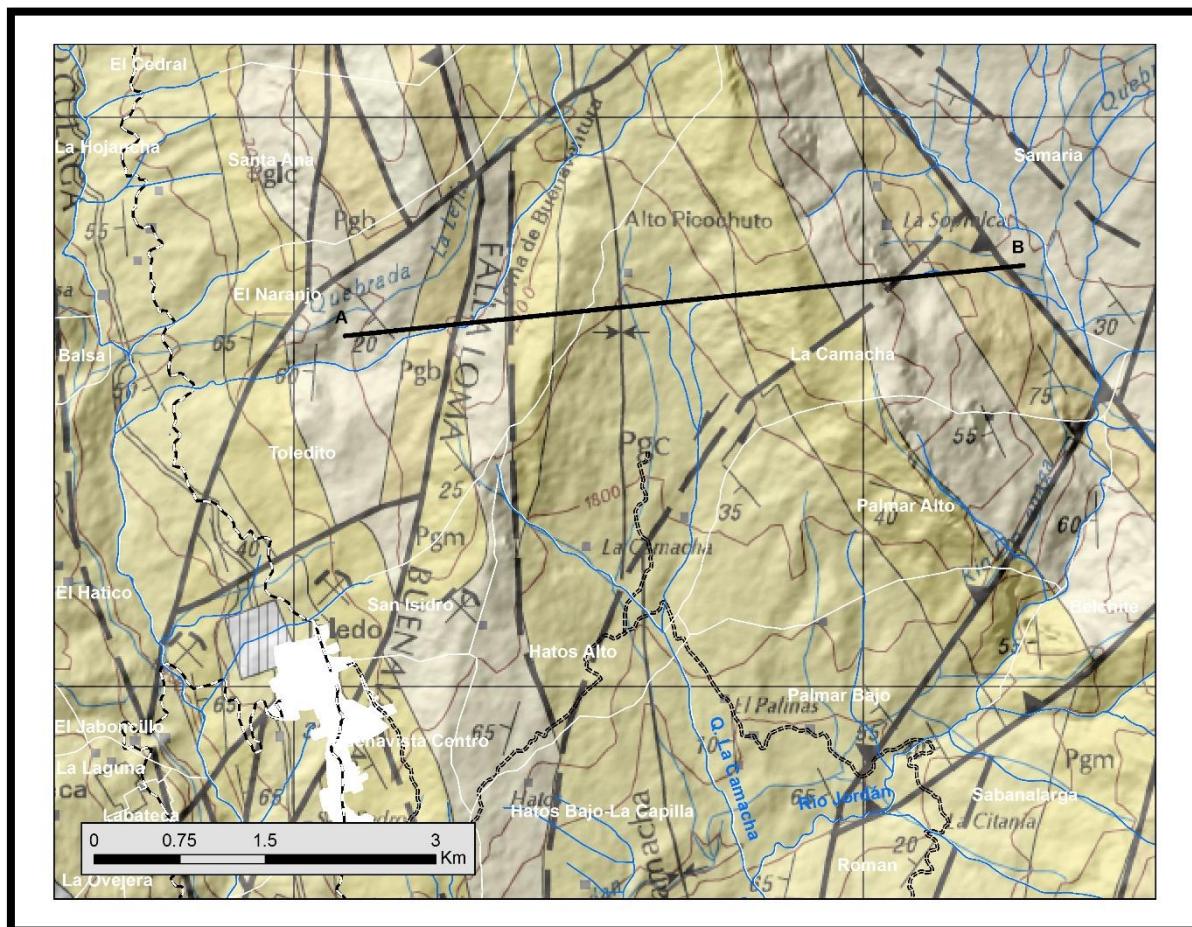
Figura 2. Localización de la vereda La Camacha y Modelo de Sombras del Terreno



## 4. Geología y Geomorfología

La vereda la camacha se encuentra en un gran valle de pendientes suaves y terreno ondulado cuya estructura en el subsuelo corresponde a un sinclinal propuesto por Royero *et al*, 1999. El sinclinal de la Camacha se encuentra Fallado en el flanco Oeste por la Falla de la Loma y su estructura en la zona de estudio la conforman las formaciones Los Cuervos, Mirador y a nivel de Terreno Carbonera. En los alrededores a la zona de estudio los mantos carboníferos de la formación Los Cuervos Son explotados mediante socavones, la Formación Mirador Aflora en las partes altas de la vereda y la suprayacente formación carbonera aflora en toda la zona de estudio. Una unidad suprayacente a esta no se encontró en esta zona ni en sus cercanías (Royero, 2001)

Figura 3. Mapa Geológico Vereda La Camacha Adaptado de Ingeominas, 1999



#### 4.1. Estratigrafía

En la zona de estudio aflora parte de la secuencia sedimentaria cretácica y la secuencia Paleógena más antigua, estas están conformadas así:

##### 4.1.1. Formación Capachos (Ksc)

Definida por Julivert *et al* 1968, la conforman principalmente calizas que afloran en la zona del río talco, Vereda Santa Isabel. Para el presente estudio esta formación se tiene en cuenta como contexto geológico

##### 4.1.2. Formación La Luna (Ksl)

Nombre utilizado por primera vez en 1926 por Garner para referirse a una secuencia de Calizas y Lodoítas Calcáreas negras fosilíferas con concreciones calcáreas. En cercanías a el municipio esta formación presenta lítitas (Cherts) los cuales son explotados como recevo para el mantenimiento de vías.

##### 4.1.3. Formación Colón Mito Juan (Kscmj)

Constituida por lodoítas grises y negras ligeramente calcáreas micáceas y localmente fosilíferas, laminación plana paralela en capas gruesas y muy gruesas con algunos nodos arenoso-limosos y ferruginosos con intercalaciones de arenisca de cuarzo y grano fino, localmente biomicríticas (Royero, 2001)

##### 4.1.4. Formación Barco (Pgb)

En su sección tipo consta de 215m de areniscas cuarcíticas y delgadas intercalaciones de lodoítas , localmente micáceas y feldespáticas de grano grueso, ligeramente conglomeráticas en capas planas de 0.5 a 5m de espesor con estratificación cruzada.

##### 4.1.5. Formación Los Cuervos (Pglc)

La Formación Los Cuervos está constituida en su parte inferior por una sucesión de lodoítas grises, muy carbonosas, con delgadas intercalaciones de areniscas grises a gris claras, localmente lodosas. La parte media está compuesta por areniscas lodosas grises, amarillentas, cuarzosas, localmente feldespáticas, grano fino, con intercalaciones de lodoítas carbonosas y capas de carbón (0,20 a 1,50 m de espesor). En la parte superior aparecen lodoítas grises, ligeramente micáceas, con fragmentos carbonosos y óxidos de hierro. Los sedimentos de esta unidad se depositaron predominantemente en un ambiente transicional (deltaico), evidenciado por la presencia de mantos de carbón, El espesor de esta unidad es de 340 m aproximadamente (Royero, 2001).

##### 4.1.6. Formación Mirador (Pgm)

Su nombre proviene del Cerro Mirador en el Estado Zulia, Venezuela (Sutton, 1946) Consiste principalmente de areniscas con intercalaciones de lutitas carbonosas. En el área de estudio se observaron areniscas blancas limpias ligeramente cementadas, presenta cemento ferruginoso, intercalaciones de areniscas de grano fino y medio blancas en algunos sectores

conglomeráticos, feldespáticos y ferruginosos. El espesor de esta unidad es de 256 m en la sección San Bernardo – Chucarima. La Formación Mirador presenta aparentemente continuidad estratigráfica con la infrayacente Formación Los Cuervos e igualmente con la suprayacente Formación Carbonera.

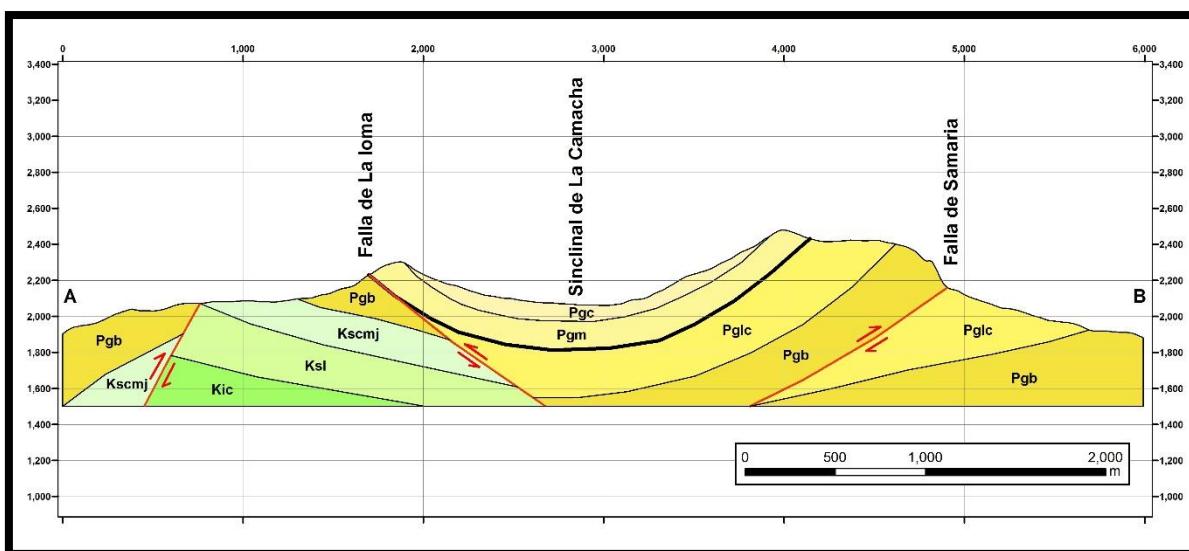
#### 4.1.7. Formación Carbonera (Pgc)

Secuencia de lodoletas grises a gris verdosas, con intercalaciones de areniscas arcillosas; presenta capas de carbón en las partes inferior y superior. En la zona de estudio se observan lodoletas grises, gris amarillentas a gris rojizas, localmente ferruginosas, micáceas, con nódulos ferruginosos aplastados, paralelos con la estratificación, en capas generalmente gruesas. Las intercalaciones son de areniscas de cuarzo, blancas y grises, grano fino y medio, ligeramente lodosas, micáceas, localmente feldespáticas, con óxidos de hierro, restos carbonosos e intraclastos de lodoletas, en capas medianas y gruesas. En la parte inferior presenta capas de carbón entre 40 y 80 cm de espesor. Esta unidad se depositó en un ambiente transicional (deltaico). Su espesor total varía entre 410 y 560 m (De Porta et al., 1974).

#### 4.2. Corte Geológico

En la zona de estudio se elaboró un corte geológico para exponer de mejor manera las condiciones geológicas de la zona, este corte corresponde a la línea A-B presentada en la Figura 3. En este corte se observa el sinclinal de la Camacha, las unidades que lo conforman y las fallas de Samaria y la Loma. De la misma manera la relación de estas unidades con la Topografía ver Figura 4.

*Figura 4. Corte Geológico de la Zona*



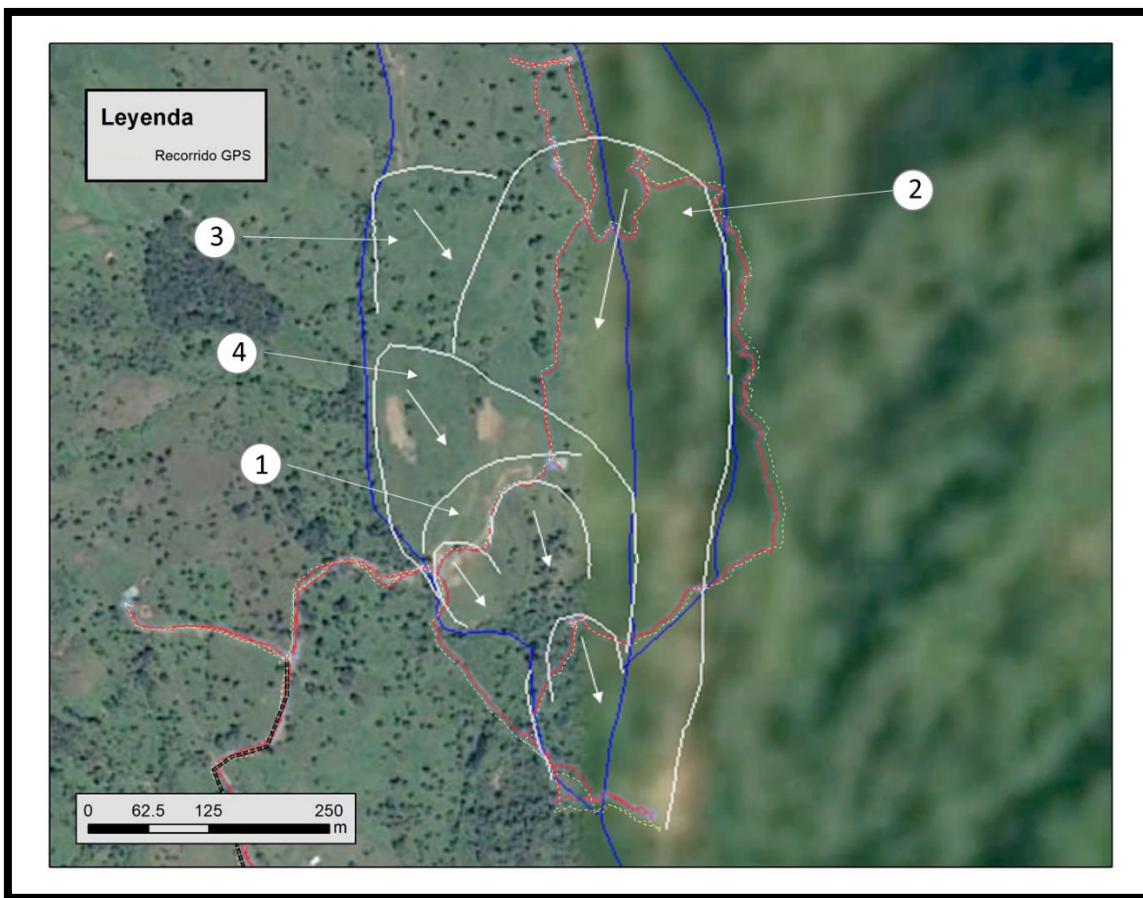
## 5. Observaciones de Campo

### 5.1. Día 1 (Miércoles 29 de Junio 2016)

Se llevó a cabo una visita a campo para determinar la causa de una serie de agrietamientos que se presentaron en el terreno y generaron el colapso de una casa. Se observaron una serie de agrietamientos en el terreno que conformaban dos coronas de deslizamiento principal. Las cuales presentaban desplazamientos en la horizontal de unos 4 metros y en la vertical de 2.5 metros. Para ese momento se levantó un mapa de procesos de remoción en masa en el que se observó actividad en las coronas 1 y 2 ver (Figura 5 y Figura 6).

Al observar y cartografiar las coronas de deslizamiento observadas en campo se realizó una predicción en el comportamiento del terreno si el fenómeno continuaba de la misma manera. Como se observa en la Figura 5 se estableció la posibilidad de la generación de las coronas de deslizamiento 3 y 4 hasta el momento inexistente. Se realizó una observación de los daños causados por el siniestro y se realizó un recorrido por la zona en la que se identificó la pérdida del cauce de las quebradas de la zona.

Figura 5. Procesos de Remoción en Masa Día 1



*Figura 6. Coronas de Deslizamiento 1 y 2 Presentadas en la Figura 5*



Recorriendo la zona se identificó la devastación causada por el evento, ver Figura 7, así como las partes que conforman el deslizamiento. Se llevó a cabo un recorrido a la parte baja de la zona para identificar el pié del deslizamiento ver Figura 8.

Hasta este punto se identifica una serie de deslizamientos de tipo rotacional que generan hundimientos en el terreno y que las aguas de escorrentía entran en las grietas generadas por este primer evento de deslizamiento. La intensidad de las lluvias es leve pero las mismas son constates.

Se observa de la misma manera que la zona de estudio es conformada principalmente por fincas ganaderas que eliminan la cobertura vegetal para abrir potrero. Esta actividad genera un gran deterioro del recurso suelo y facilitan el desarrollo de eventos de remoción en masa como este.

*Figura 7. Devastación Observada el Día 1*



*Figura 8. Pie del Deslizamiento Dia 1*



### 5.2. Observaciones Día 2 (Junio 30 de 2016)

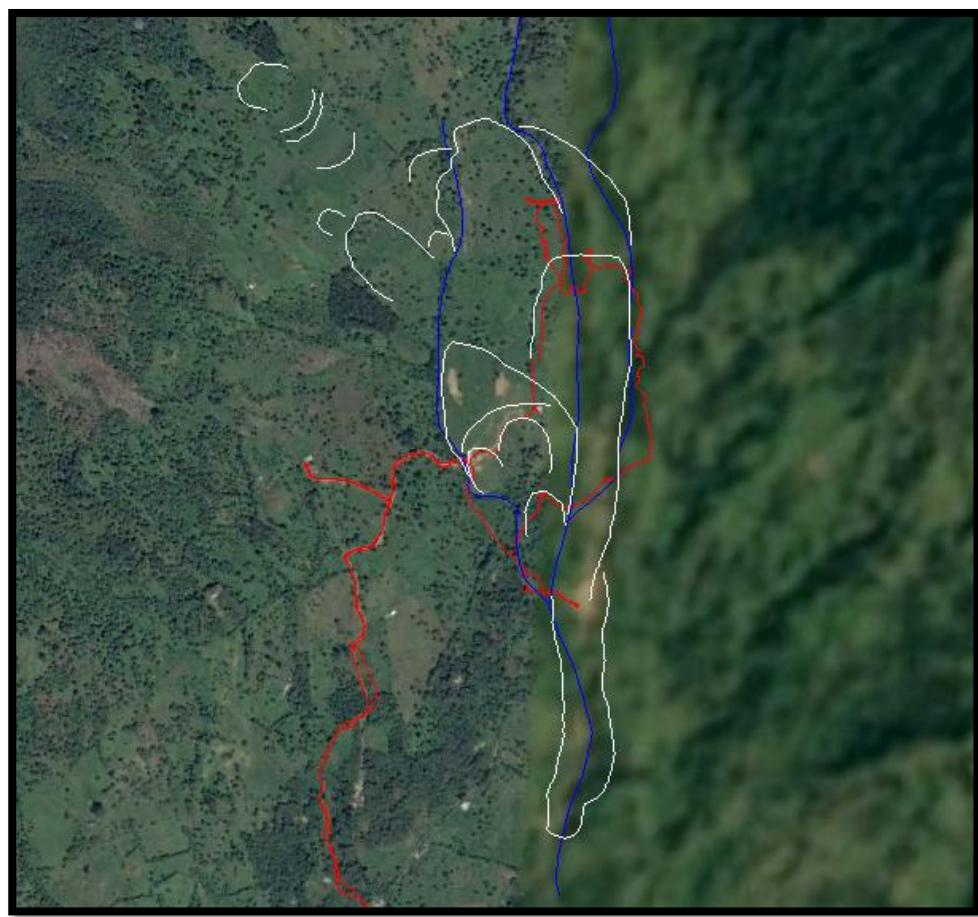
Para el día 2 se observó el desarrollo del pie del deslizamiento, y como el mismo avanza unos 420 metros de donde se obsevó el día anterior. El desarrollo de las coronas de deslizamiento presentados de la Figura 5 aumenta hasta los 5 metros en vertical y 40 metros en la Horizontal. El material transportado por el deslizamiento aumenta su capacidad de avance por el valle de la quebrada la camacha y destruye todo en una zona que comprende 20 metros a lado y lado del cauce principal. Para es te punto se monitorea el pié del deslizamiento que comienza a avanzar y aguas abajo existe infraestructura vial que es estratégica para el municipio. Al medir la velocidad de avance del deslizamiento se encuentra que presenta una velocidad de desplazamiento de 20 cm por minuto llegando a ser de 35 cm por minuto.

En la Figura 10 se presentan los cambios Observados para el Día 2 entre los que se destaca la generación de un pie de talud con una longitud considerable y la activación de procesos de remoción en masa asociados al incremento en el desplazamiento de los primeros agrietamientos vistos el Día 1.

*Figura 9. Pie del Deslizamiento Día 2*



*Figura 10. Mapa de Procesos de Remoción Día 2*

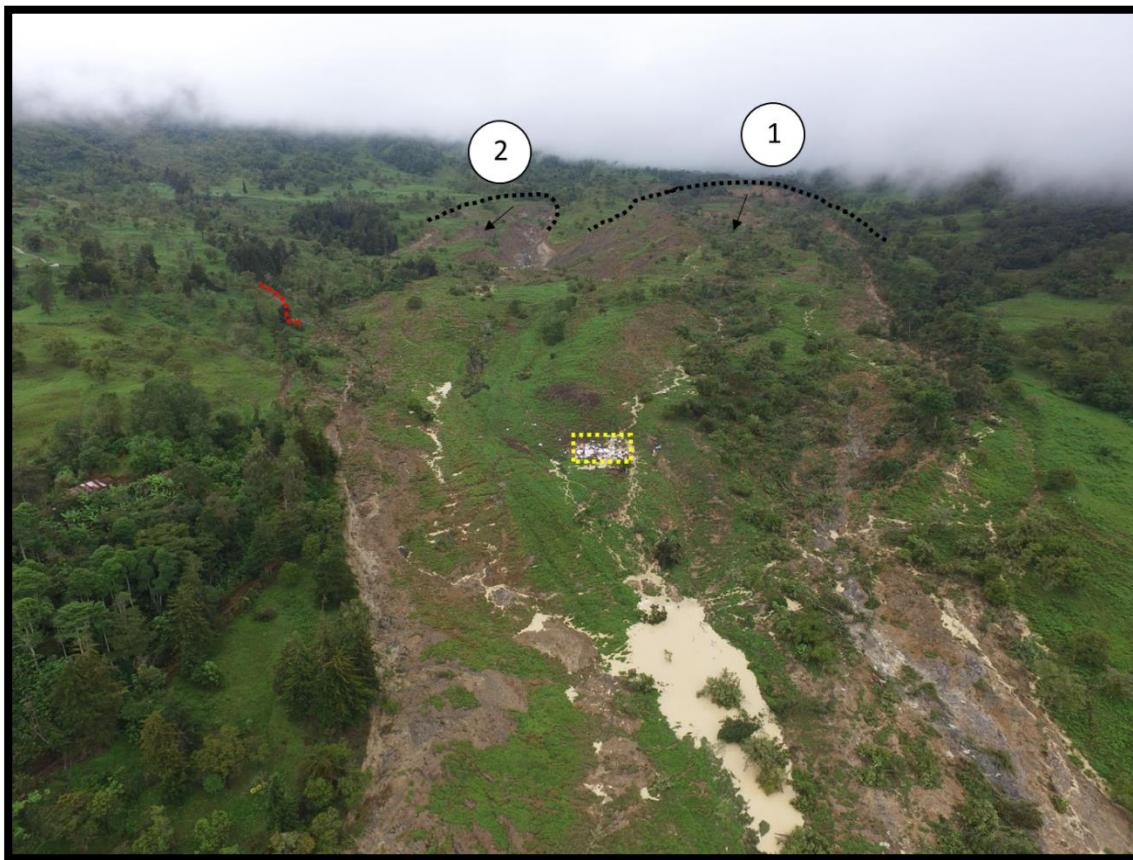


### 5.3. Observaciones Día 5 (Julio 3 de 2016)

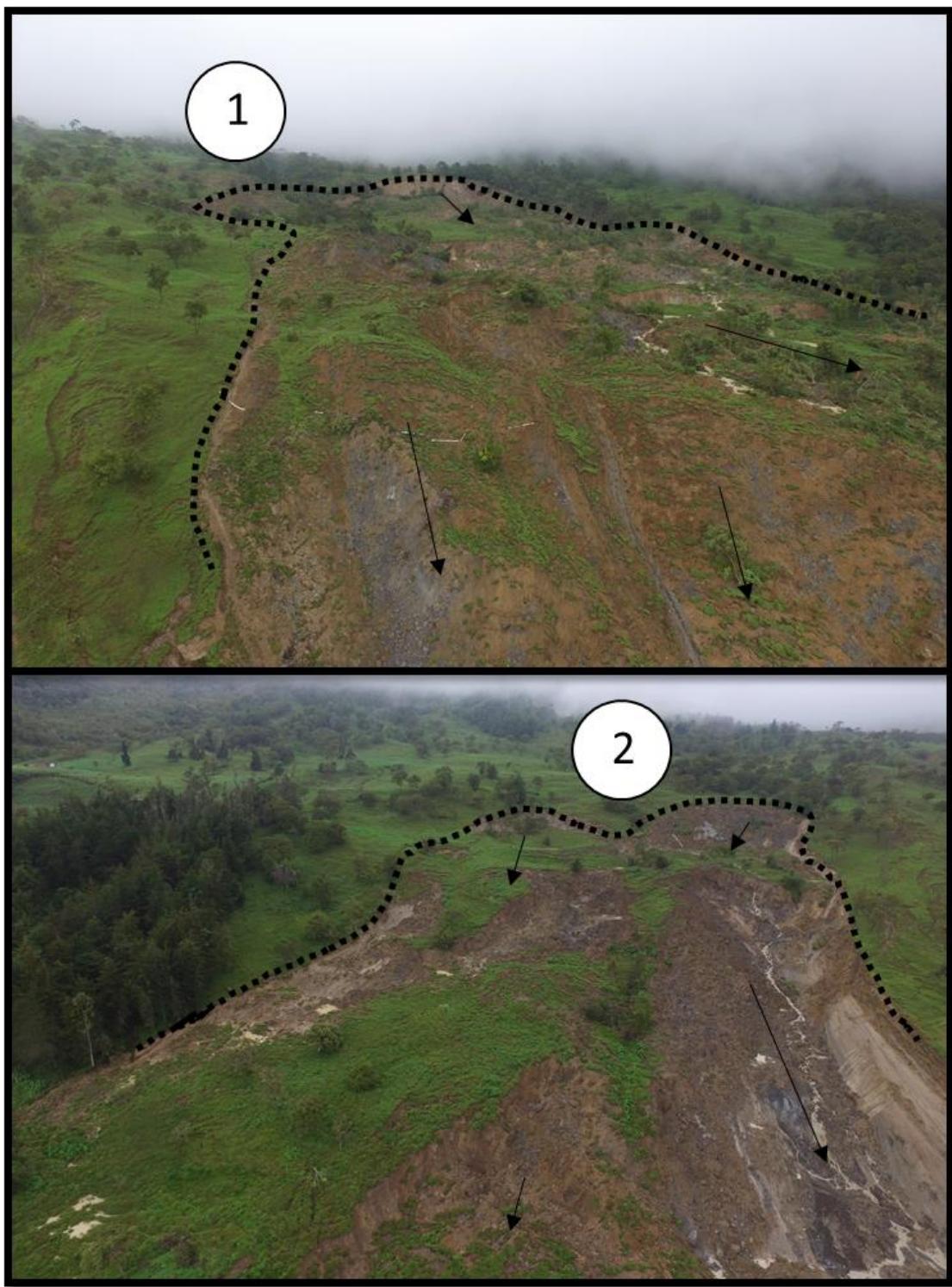
Para el Día 5 se cuenta con un Drone que sobrevuela la zona y toma una serie de fotografías que permiten establecer de gran manera la magnitud y el comportamiento del suelo durante el evento de deslizamiento. En la Figura 11 se destacan las coronas de deslizamiento principales y el desplazamiento observado que es para este momento de unos 120 metros. Ya que la línea roja resalta la Carretera que debería encontrarse a la misma altura que la casa que es resaltada con el recuadro amarillo.

Para este momento las coronas de deslizamiento principales 1 y 2 (ver Figura 11) han avanzado 270 metros aproximadamente ladera arriba. De estas se observa que el comportamiento del material ha pasado de ser el de un sólido cohesivo a un material que fluye con características plasticas. Este comportamiento se puede apreciar en la Figura 12 donde se observa que los desplazamientos son de magnitudes considerables y el material a su paso abre espacios rectilinos en cuyas paredes se marcan las estrias de desplazamiento. Este comportamiento un poco mas fluido es el resultado de la gran cantidad de agua que el material arcilloso ha adsorbido para este tiempo.

*Figura 11. Magnitud del Deslizamiento Día 5.*



*Figura 12. Detalle de las Coronas Principales*



#### 5.4. Observaciones Día 6 (Julio 4 de 2016)

Para el día 6, las condiciones climáticas mejoraron y fue posible con la ayuda de ECOPETROL coordinar un vuelo en helicóptero para recorrer el área. En este recorrido se buscaba determinar las posibles zonas que el desplazamiento del pie del deslizamiento pudiese afectar, monitorear la evolución del deslizamiento pendiente arriba y tener una visión global de el desarrollo del deslizamiento.

De la misma manera se buscaba observar los proceso que en la parte alta de la vereda pudieran activarse y alimentar el proceso principal que se presenta en la Figura 13. Durante este Sobrevuelo no fue posible observar coronas de deslizamiento en la zona alta de la vereda ni tampoco fue posible relacionar nuevos eventos salvo un par de deslizamientos antiguos que se presentan en las laderas altas de la vereda Figura 14.

En estas imágenes se crea la sensación de que algunos eventos antiguos observados en la zona alta del deslizamiento pudiesen reactivarse y alimentar el deslizamiento principal, por otra parte las lluvias habían cesado cerca de un día y medio, y estos proceso parecían inactivos. Estas hipótesis pudieron corroborarse el Día 7 que contrario a lo que se pensaría con estas evidencias, el deslizamiento seguía evolucionando de una manera poco menos que espeluznante.

*Figura 13. Fotografía del Sobrevuelo, se indican las partes de deslizamiento.*



*Figura 14. Fotografía del Sobrevuelo , se indican dos deslizamientos antiguos en la zona alta de las laderas Este y Oeste aparentemente Inactivos.*



### 5.5. Observaciones Día 7 (Julio 5 de 2016)

Se Organizó una Salida a campo para llegar a pie a la zona mas alta de Sinclinal de La Camacha. Conocida localmente como Pozo negro, consiste en una serie de hatos ganaderos con poca o casi nula vegetación arbórea. Existía en su momento una preocupación por la ocurrencia de un proceso similar en la zona de la cuenca que los remansos que sirve como captación para el acueducto del casco Urbano, durante esta salida a campo no fue posible evidenciar que algún proceso de remoción en masa se encuentre activo en esta cuenca. Sin embargo al llegar a la zona del parte aguas con la cuenca que la quebrada La Camacha se evidenciaron una serie de Agrietamientos concordantes con procesos de remoción en masa incipientes ver Figura 15.

*Figura 15. Agrietamientos en la Zona alta de la Cuenca de la Quebrada La Camacha.*



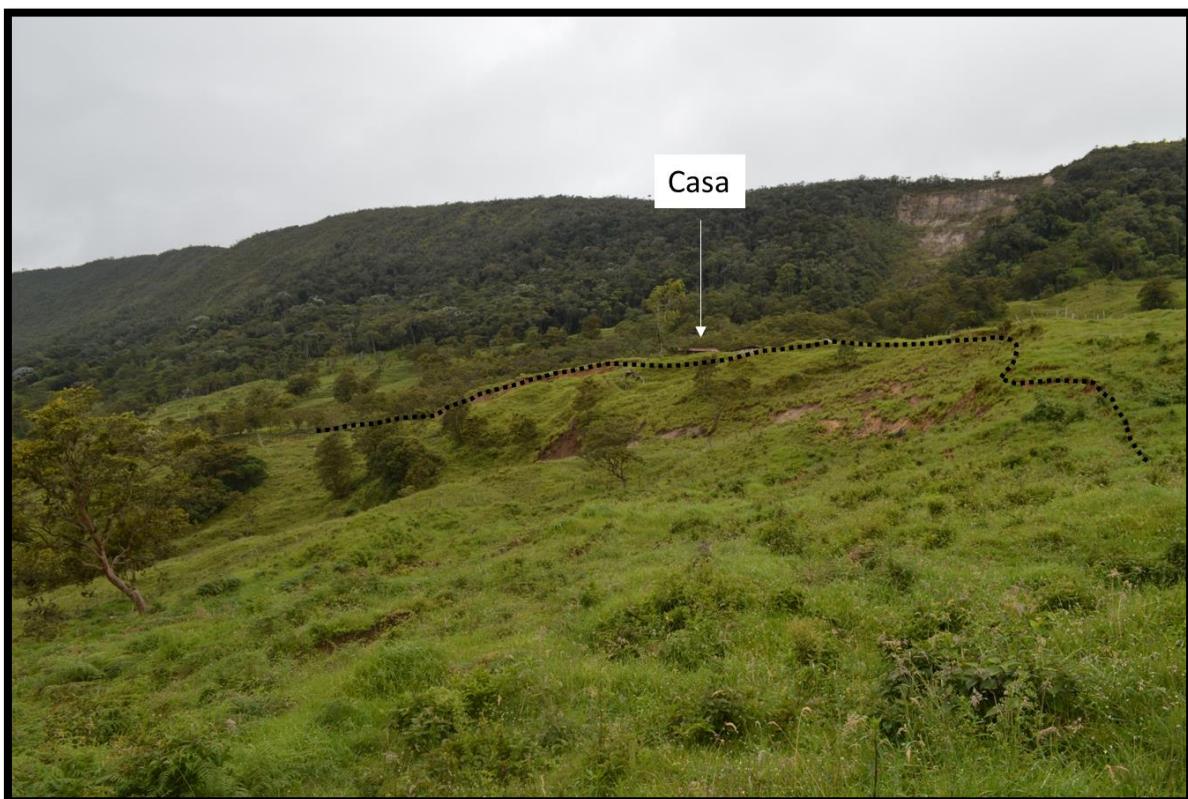
Conforme se iba adelantando el recorrido fue posible establecer una serie de coronas de deslizamiento en la parte más alta de la zona de pozo negro que exhiben un patron de fracturamiento concordante al del proceso principal. En la Figura 16 se presenta una serie de agrietamientos que se observaron en el suelo y como algunas de estas grietas son continuas por decenas de metros. De la misma forma estas grietas afectan un árbol a que le generan un fracturamiento sagital. Luego de estas observaciones se procedió a realizar un recorrido ladera abajo para determinar la existencia de agrietamientos que enlacen estas coronas de deslizamiento con el evento de remoción en masa principal.

*Figura 16. Agrietamientos en el Suelo y Afectación a algunos árboles de la Zona.*



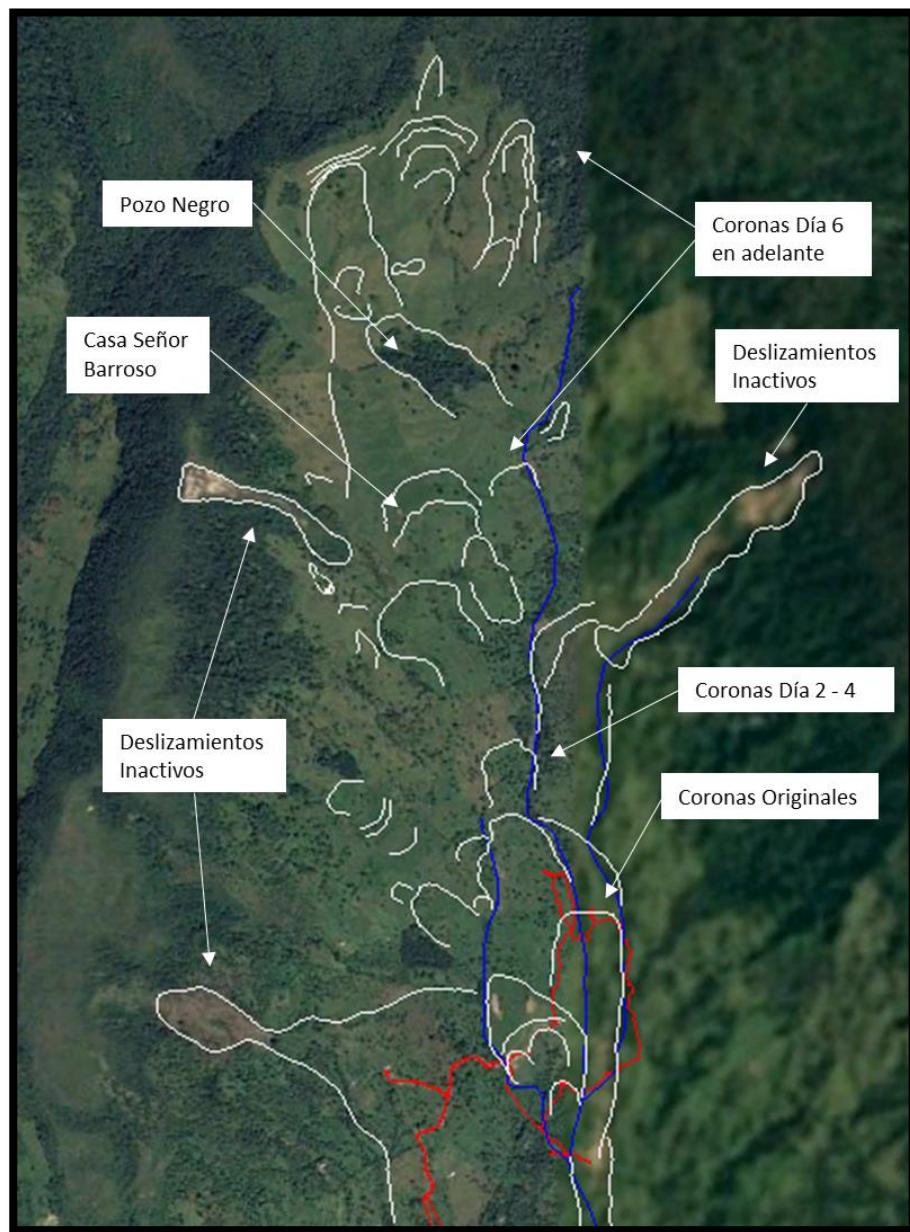
Al llegar a la zona de la Finca del Señor de apellido Barroso fue posible documentar deslizamientos rotacionales con escarpes de 3 metros, muy similares a los que se observaron el Día 1 ver Figura 17.

*Figura 17. Corona de deslizamiento con salto de 4 m en la Vertical y 6 en la Horizontal*



Habiendo hecho estas observaciones se procedió a realizar una fase de interpretación fotogeológica Utilizando la base Imagenológica de Google Earth. En esta oportunidad se resaltaron las coronas de deslizamiento observadas y las que según la interpretación en la imagen fueron determinados como procesos de remoción en masa activos e inactivos. Desafortunadamente parte de la zona Este del área de estudio, no cuenta con buena resolución, pero con el área que se observa fue posible realizar la interpretación ver Figura 18.

Figura 18. Interpretación de Procesos de Remoción en Masa de la vereda La Camacha.



## 5.6. Observaciones Dia 15 (Julio 13 de 2016)

Para el día 13 fue posible hacer un nuevo vuelo en helicóptero y se observó la tremenda escala que alcanzó el deslizamiento. Es posible observar en esta fotografía el comportamiento de flujo que presenta el material ver Figura 19, debido a que el suelo es en gran medida arcilloso, este retiene agua y aumenta su plasticidad, de manera tal que conforme el deslizamiento se mueve, el material que lo compone comienza a hacerse más fluido. En este punto las preocupaciones comienzan a ser más grandes. A pesar de que el comportamiento del deslizamiento ha sido bastante predecible, y que su avance es lo suficientemente lento como para evacuar las viviendas. Preocupa en gran medida que la parte alta del deslizamiento se comporta como un deslizamiento en bloque ver Figura 21.

Observada esta tendencia a deslizar como bloque se hacen algunas consideraciones. Los deslizamientos en bloque son bastante más rápidos que los deslizamientos rotacionales y que los flujos de lodo, debido a que existieron deslizamientos previos, este gran bloque que se viene desarrollando en la parte alta tendría facilidad para avanzar sobre la masa de lodos que se ha acumulado pendiente abajo. Esta disposición espacial puede llegar a ser en este caso potencialmente letal ya que este bloque bajaría por la ladera con una velocidad bastante grande destruyendo todo a su paso.

*Figura 19. Fotografía del Deslizamiento de corona a Punta.*



*Figura 20. Zona Alta de la vereda La Camacha, Se indica Deslizamiento en Bloque.*

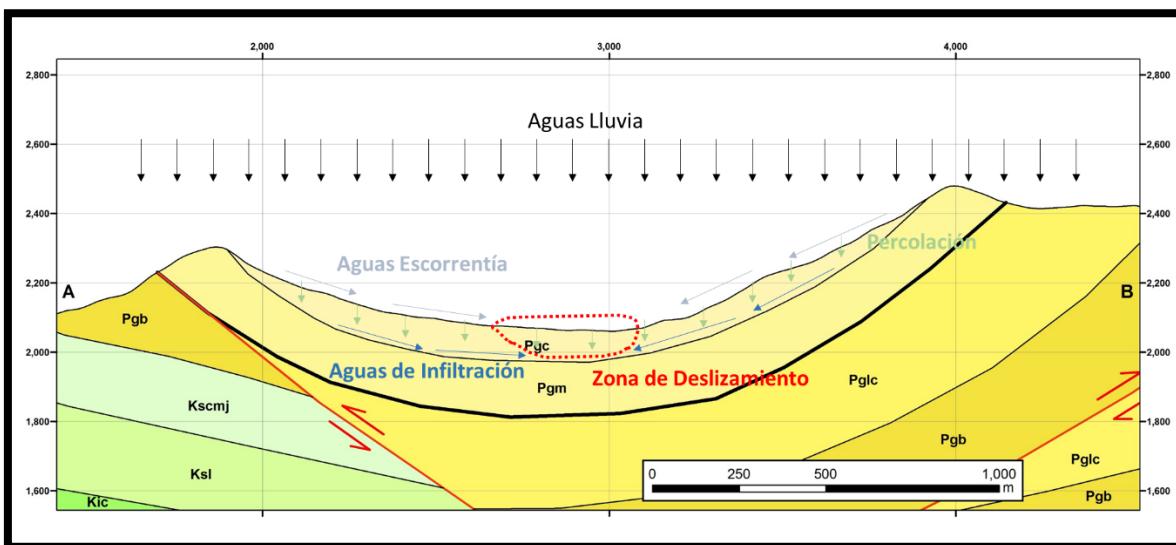


## 6. Análisis del Problema

El factor detonante para la generación de este gran evento de remoción en masa es la lluvia, eso es bastante claro, pero existen una serie de factores que han potenciado las lluvias para que generen este colosal deslizamiento, la deforestación y el deterioro del recurso suelo debido a la explotación ganadera de esta zona es un factor de gran peso. Por otra parte existe un factor geológico que agrava en gran medida el problema.

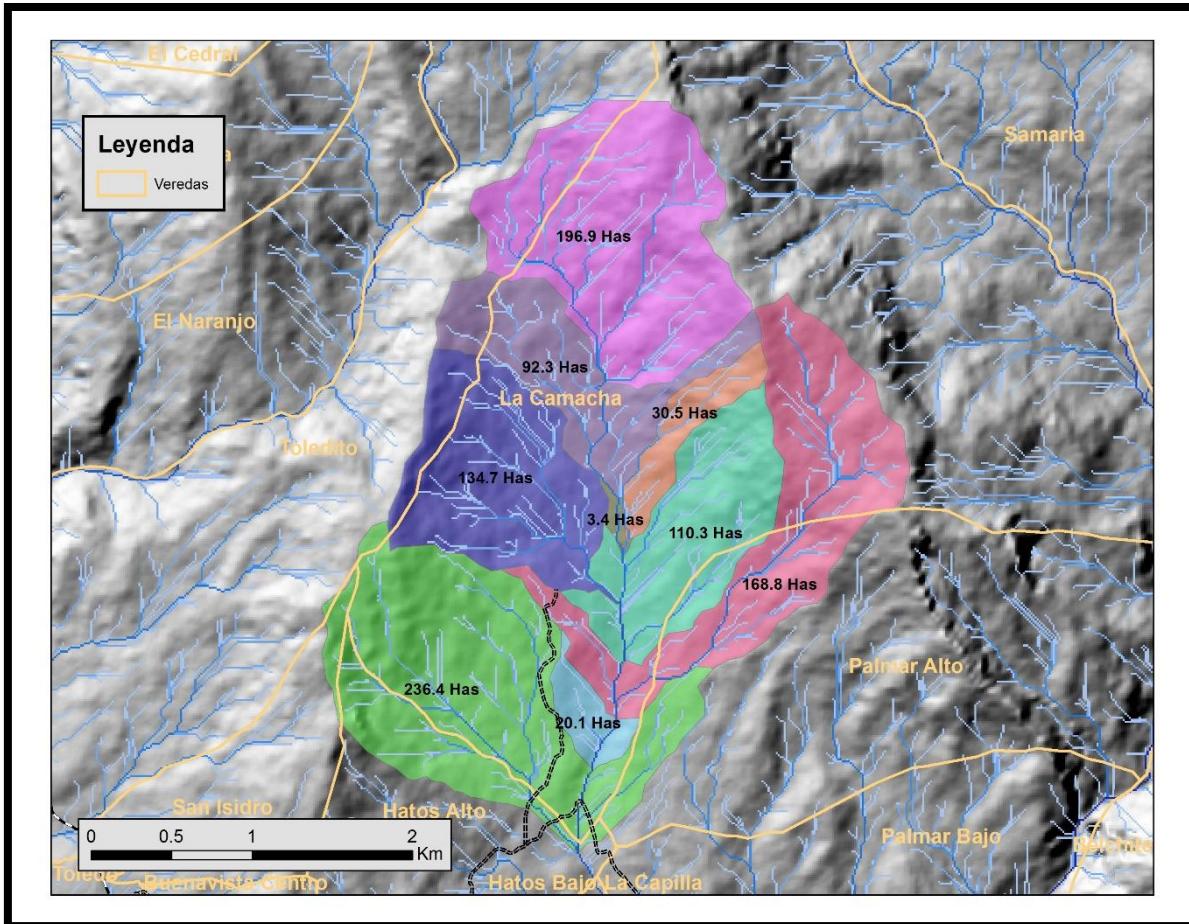
El Área del deslizamiento se ubica en la zona central del valle de la vereda La Camacha el cual en el Subsuelo conforma una estructura sinclinal como se mostró en el aparte de Geología. Esta condición genera que además del agua de escorrentía que fluye naturalmente hacia el centro del valle, también lo hagan las aguas de infiltración. Éstas Aguas alimentan el nivel freático artificial generado por la Formación Mirador (Pgm) que en el subsuelo se comporta como una Capa Semi Impermeable, evitando de esta forma la percolación de las aguas de infiltración en el terreno y generando un nivel freático sobre la misma que genera mayor inestabilidad en el terreno. Esta es la razón por la que ocurre este deslizamiento tan grande en una zona de pendientes Moderadas a Bajas.

Figura 21. Esquema de Aguas de Infiltración (Azul), Percolación (Verde), Escorrentía (Gris) y Lluvia (Negro)



La zona de la cuenca de la quebrada La Camacha es también un factor importante a tener en cuenta que abarca un área considerable debido a que cada gota de lluvia que cae dentro de ella contribuye al desarrollo del evento de remoción en masa principal y los eventos que se encuentran en desarrollo incipiente. En la Figura 22 se presentan las subcuenca que conforman la zona alta de la cuenca de la vereda La Camacha, Se presenta el área de cada Una de ellas. Este es el resultado del procesamiento del modelo digital del terreno con puntos cada 12.5 m del sensor ALOS PALSAR Japonés.

Figura 22. Cuencas y Subcuenca de la Quebrada La Camacha.



Con el fin de dimensionar el Tamaño colosal de este deslizamiento, se procede a generar un mapa con cada uno de los procesos identificados durante éste estudio y ponerlos en un esquema regional local ver Figura 23.

Al medir el área de la zona afectada se obtiene la no despreciable cifra de 285.4 Hectáreas con procesos de remoción en masa Activos. Dentro de esta cifra no se tiene en cuenta la extensión de tierra cubierta por el Material que ha avanzado por delante del pie de falla del deslizamiento. Si se asume que la profundidad promedio de la superficie de falla es de 2 metros, tenemos que:

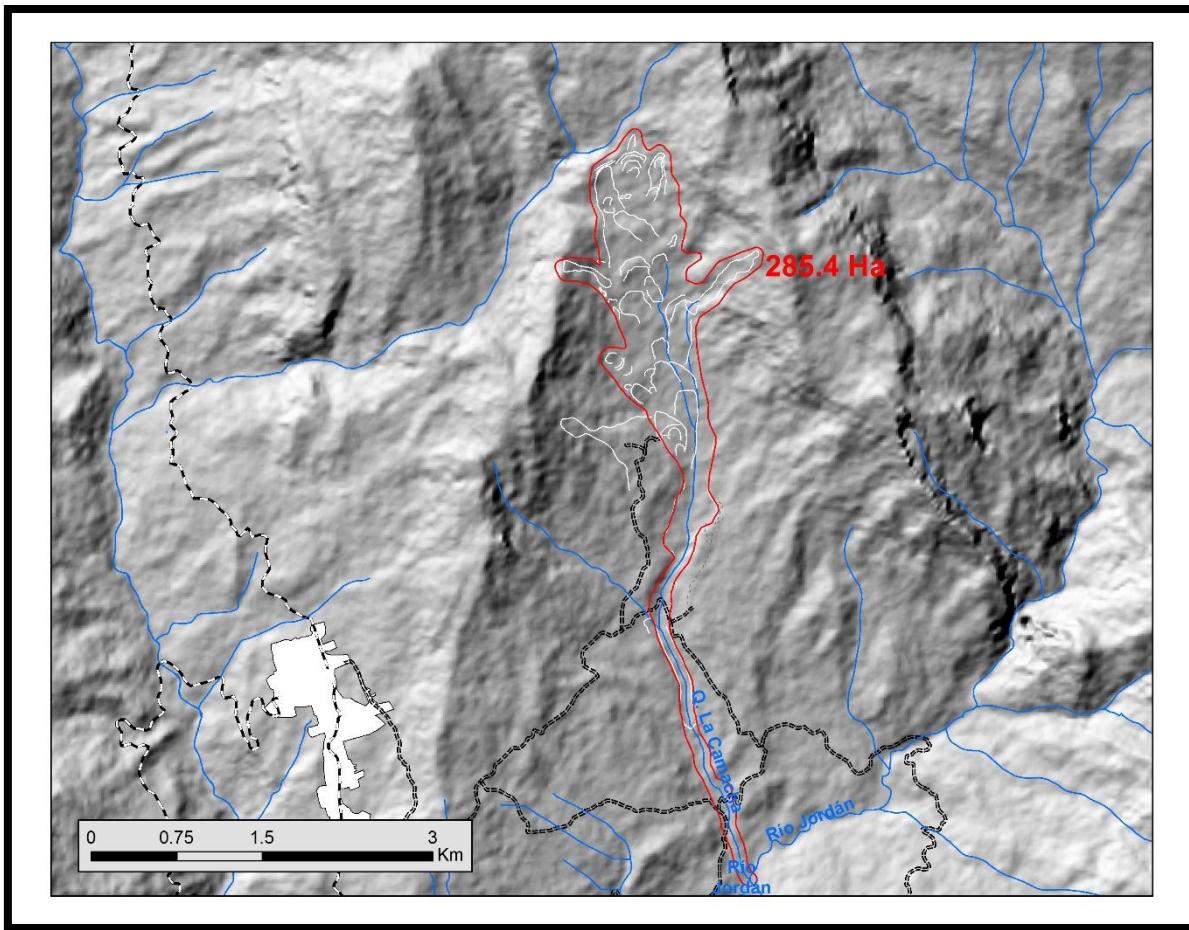
$$Volumen\ de\ Material = 285.4\ Ha * 10000 \frac{m^2}{Ha} * 10\ m$$

$$Volumen\ de\ Material = 28'540.000\ m^3$$

$$\sqrt[3]{28'540.000\ m^3}$$

Al hacer estas operaciones se calcula que el material removido llenaría un cubo de 305.5 m de largo por 305.5 m de ancho por 305.5 m de alto. Si se calcula una densidad de 1.8 toneladas por metro cúbico, el material removido de este deslizamiento pesaría 51'372.000 toneladas.

Figura 23. Mapa de Procesos de Remoción En Masa.



## 6.1. Mecanismo de Falla

Para ilustrar el mecanismo de falla observado se presenta un modelo de deslizamiento rotacional clásico en el que se observa que al fallar el suelo presenta hundimiento en la parte del escarpe principal y el mismo genera una fuerza que genera levantamiento en el material que se encuentra en la zona del Cuerpo del deslizamiento y rotación en estos bloques ver Figura 24.

Según las evidencias observadas en campo el mecanismo de falla observado, sobretodo en los primeros días era principalmente rotacional. Como se observa en la Figura 25 y en algunas fotografías de campo el deslizamiento se comportó en las primeras instancias como un Derrumbe Rotacional multiple y Rotacional Sucesivo en mayor parte.

Figura 24. Modelo de Deslizamiento Rotacional.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.)

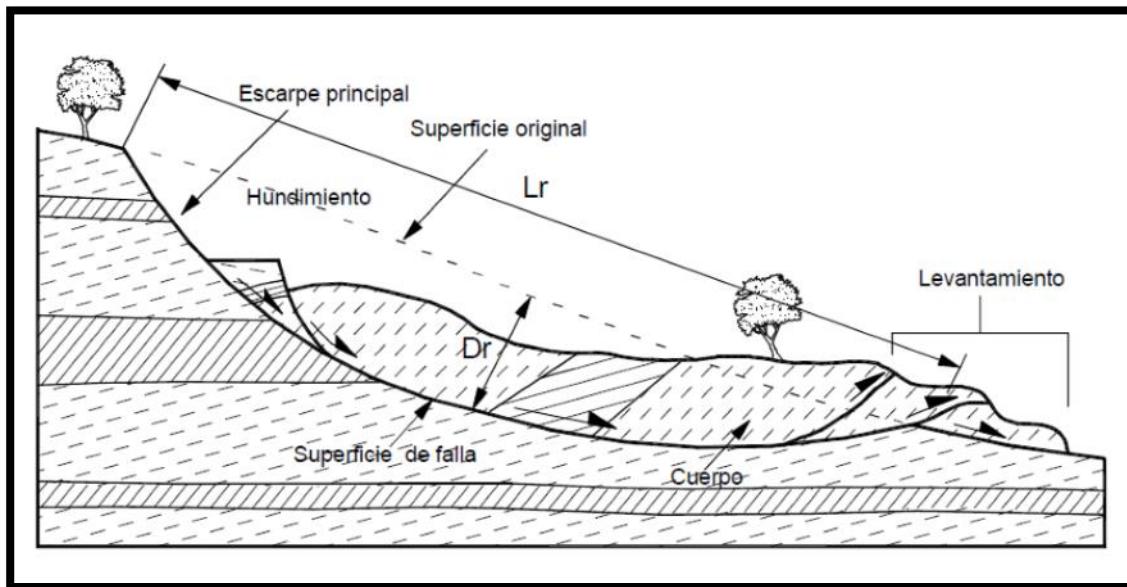
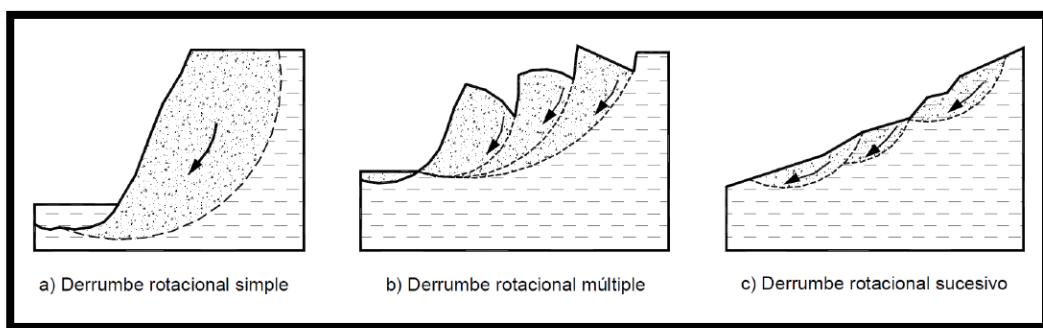
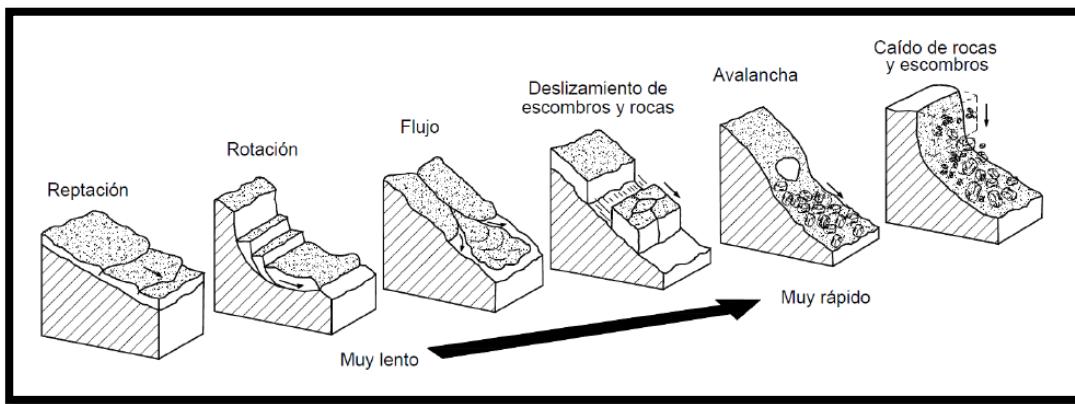


Figura 25. Modelos deslizamientos Rotacionales.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.)



Una vez fallado el terreno en los primeros días, la cantidad de Agua que de los flujos de escorrentía infiltraba por las fracturas hacia el subsuelo generó un cambio en la naturaleza del material y lo convirtió de bloques consistentes a un material con comportamiento de fluido plástico y pasando en velocidad como lo muestra la Figura 26 de Movimientos de rotación a movimientos mixtos de flujo y rotación.

*Figura 26. Relación entre el Tipo de Movimiento y Velocidad de Ocurrencia.(Fuente: Notas de Clase Especialización en Geotecnia Ambiental, Teoría de los Deslizamientos UDES.)*



## 7. Conclusiones

Este deslizamiento ha venido evolucionando de una manera que para la academia resultaría muy interesante, pero para los habitantes de la zona afectada ha sido devastadora. No solo por la velocidad con la que lo ha hecho sino por la magnitud y colossal escala (285.4 Has). Para este punto se espera que el deslizamiento complete su desarrollo conforme y el régimen de lluvias continúe en unas 4 semanas a 5 semanas. Si bien la velocidad de avance del pie del deslizamiento no ha sido grande como para cobrar vidas humanas, conforme y el régimen de lluvias aumente aumentará el potencial letal del deslizamiento.

La evacuación preventiva de las áreas de la corona del deslizamiento así como las cercanías a la quebrada la camacha constituyen la única medida efectiva para enfrentar esta calamidad pública, ya que desde el punto de vista técnico, formular obras de mitigación es completamente imposible.

El monitoreo de la zona afectada es el factor clave que permitirá enfrentar esta amenaza con un saldo 0 en término de vidas humanas. Desafortunadamente los daños materiales que este fenómeno cobrará son inevitables.

Según el comportamiento observado en el deslizamiento, su potencialidad de ser letal ha aumentado significativamente, debido a su cambio en el mecanismo de deslizamiento. Como se observó en los últimos días la formación del gran bloque en la zona de pozo negro preocupa en gran medida ya que de continuar las lluvias puede ocurrir que ese gran bloque se viniese ladera abajo, un mecanismo de detonación de este evento serían un sismo o unas lluvias fuertes y prolongadas.

El monitoreo pluviométrico y sísmico podría salvar vidas ya que la posibilidad de una avenida catastrófica se encuentra latente y los mecanismos detonantes de este evento sería el sismo o la lluvia. Establecer alertas tempranas a partir de este monitoreo es completamente clave.

Las causas de esta eventualidad sin ninguna duda son **La Deforestación, El deterioro del Recurso suelo, El régimen Atípico de Lluvias y Las condiciones Geológicas de la Zona.**

Es de esperarse que de continuar el Régimen de lluvias llegásemos a ver coronas de deslizamiento de 200 m de altura o más en la zona de pozo negro y desplazamientos aún mayores a los que se observan actualmente en las zonas ladera abajo por lo cual es de vital importancia monitorear constantemente la zona y en la medida de lo posible Evacuar.

Los puntos clave a monitorear son Las coronas de deslizamiento y su Altura en la zona de Pozo negro y la Finca de la familia Barroso, y el punto en el que se encuentre el pie del deslizamiento debido a que este seguirá avanzando con el correr de los días.

Las zonas de amenaza alta en esta eventualidad constituyen toda el área que se muestra con procesos activos de remoción en masa (ver Figura 23) y una zona de 40 metros a lado y lado de la quebrada la macha ver Anexo A.

En el anexo A se encuentran georeferenciadas las viviendas en la zona del desastre, esta zonificación permite establecer la relación que tienen cada una de las casas con la zona de deslizamiento.

En el anexo B se encuentran inventariadas las veredas que fueron afectadas indirectamente ya que en este momento se encuentran incomunicadas.

## 8. Recomendaciones

De ser posible, la declaratoria de las zonas altas de la vereda La Camacha como zonas estratégicas evitaría que se repitiera esta eventualidad en el futuro. Debido a que el costo de esta declaratoria puede ser considerablemente alto, dada la extensión del área, impulsar proyectos de reforestación sería un buen comienzo para cambiar la mentalidad depredadora del campesino colombiano.

El monitoreo que ha realizado la Defensa Civil en la Zona ha sido completamente ejemplar y ha resultado ser la piedra angular para lidiar con este evento catastrófico. Brindar un absoluto apoyo a este excelente grupo de personas permitirá sin alguna duda superar esta crisis.

## 9. Bibliografía

José María Royero Gutierrez, 2001. Geología y Geoquímica de la Plancha 111 Toledo – Norte de Santander Escala 1:100.000, Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía.

J. M. Royero, J. Zambrano, R. Daconte, H. Mendoza y R. Vargas 1999 Plancha 111 Toledo – Norte de Santander Escala 1:100.000. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía.

Notas de Clase Teoría de los Deslizamientos y resistencia al corte en suelos, Especialización en Geotecnia Ambiental, Universidad de Santander UDES 2016.

## 10. Anexos

- A. Mapa de Amenaza y Censo de Viviendas (tamaño 60cm x 100cm)
- B. Mapa de Veredas Incomunicadas