



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEOTECNICA
PRELIMINAR DEL MOVIMIENTO EN MASA COMPLEJO, UBICADO EN EL
SECTOR CHAMBÚ DEL MUNICIPIO DE RICAURTE, NARIÑO. ESCALA 1:5.000.**



CAMILA ALEJANDRA OBANDO BETANCOURT

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
PROGRAMA DE GEOLOGÍA
VILLA DEL ROSARIO**

2021



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA Y GEOTECNICA
PRELIMINAR DEL MOVIMIENTO EN MASA COMPLEJO, UBICADO EN EL
SECTOR CHAMBÚ DEL MUNICIPIO DE RICAURTE, NARIÑO. ESCALA 1:5.000.**

CAMILA ALEJANDRA OBANDO BETANCOURT

**Proyecto de grado en modalidad practica empresarial presentado como requisito para
obtener el título de:**

Geólogo.

DIRECTOR

JAIRO ANDRES QUINTERO NAVAS

Geólogo – MSc. Geotecnia

CODIRECTOR

LUIS CARLOS ROSERO LÓPEZ

Geólogo – Esp. Geotecnia– Profesional Universitario CORPONARIÑO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA DE GEOLOGÍA

VILLA DEL ROSARIO

2021

CONTENIDO

RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	i
2. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO GENERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. MARCO DE REFERENCIA.....	3
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2. MARCO GEOLÓGICO	3
3.3. MARCO GEOMORFOLÓGICO	6
4. MARCO TEÓRICO.....	9
4.1. Movimientos en masa y su clasificación	9
4.2. Geología para Ingeniería	10
4.3. Geomorfología.....	11
5. METODOLOGÍA.....	12
5.1. Etapa 1: Recopilación y análisis de información secundaria	12
5.2. Etapa 2: Elaboración de Mapas preliminares para la fase de campo.....	13
5.3. Etapa 3. Reconocimiento de campo	15
5.4. Etapa 4. Análisis e interpretación de la información obtenida en campo.....	18
6. ANÁLISIS Y RESULTADOS	19

6.1.	Unidades de geología para Ingeniería	19
6.2.	Geomorfología.....	26
7.	CONCLUSIONES	66
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	69

FIGURAS

Figura 1	<i>Localización del Área de Estudio.....</i>	4
Figura 2	<i>Geología Regional de la Zona de Estudio.....</i>	5
Figura 3.	<i>Geomorfología Regional</i>	7
Figura 4	<i>A. Esquema de un Deslizamiento Rotacional. B. Esquema de un Deslizamiento Traslacional - Esquema de un Deslizamiento Traslacional de roca. C-D. Reptación.....</i>	10
Figura 5	<i>Diagrama Metodológico</i>	12
Figura 6	<i>Recopilación de Información Primaria. A. Estación de Control de Suelos UGI. B. Verificación de Geoformas.....</i>	16
Figura 7	<i>Mapa de Geología para la Ingeniería (UGI).....</i>	20
Figura 8.	<i>Suelo Transportado Coluvial Antiguo. A. Suelo (SP). B. Suelo (CH). C. Suelo (SM). D. Suelo (CL).</i>	22
Figura 9	<i>Suelo Transportado Coluvial Reciente.....</i>	23
Figura 10	<i>Suelo Transportado de Flujo Torrencial</i>	24
Figura 11	<i>Suelo Transportado de Cauce Activo.....</i>	25
Figura 12	<i>Suelos Antrópicos</i>	26
Figura 13	<i>Mapa de Pendientes de la Zona de Estudio</i>	27
Figura 14	<i>Mapa Hipsométrico de la Zona de Estudio.....</i>	29

Figura 15 <i>Mapa de Curvatura de Planta</i>	31
Figura 16 <i>Mapa de Curvatura de Perfil</i>	32
Figura 17 <i>Mapa de Curvatura Total</i>	33
Figura 18 <i>Mapa de Aspecto</i>	35
Figura 19 <i>Mapa de Procesos Morfodinámicos</i>	37
Figura 20 <i>Deslizamiento 1. A. Medidas Escarpe Principal del Deslizamiento 1. B. Deslizamiento 1 Visto de Planta. C. Deslizamiento 1 visto de frente. D. Vista Vuelo Drone.</i>	39
Figura 21 <i>A-B.. Vistas Frontales y Laterales Deslizamiento 2. C. Deslizamiento 2 Visto de Planta.</i>	40
Figura 22 <i>Movimiento 3 Visto de Planta</i>	41
Figura 23 <i>Vista Flujo Torrencial, Imagen Tomada Entre el Dia 12 y 13 de mayo de 2020.</i>	42
Figura 24 <i>Zonas Proclives o Propensas a Movimientos en Masa</i>	43
Figura 25 <i>Erosión en Cárcavas</i>	44
Figura 26 <i>Procesos de Reptación Zona de Estudio</i>	45
Figura 27 <i>A. Imagen Satelital Fecha 10/10/2018. B. Fotografía Drone el Dia del Evento 13/05/2020</i>	46
Figura 28 <i>Fotografía de Drone. Fecha 11/03/2021</i>	47
Figura 29 <i>Flujo del Día del evento.</i>	48
Figura 30 <i>Análisis Multitemporal Año 2018.</i>	49
Figura 31 <i>Mapa Geomorfológico Escala 1:5.000</i>	52
Figura 32 <i>Cima de Ladera Denudada (Dcl) y Rampa de ladera denudada (Drl)</i>	54
Figura 33 <i>Rampa de Ladera Denudada (Dcl)</i>	55

Figura 34 <i>Ladera Denudada (Dld), Ladera Erosiva (Del) y Escarpe de Ladera Denudada (Deld)</i>	56
Figura 35 <i>Depósito de Vertiente</i>	57
Figura 36 <i>Deslizamiento Activo</i>	58
Figura 37 <i>Escarpe de depósito de vertiente (Dee) y Cauce aluvial (Fca)</i>	59
Figura 38 <i>Escarpe de Ladera Denudada</i>	60
Figura 39 <i>Escarpe de Ladera Erosiva</i>	61
Figura 40 <i>Flujo (Dft), Áreas Urbanizadas (Aur), Superficie de explanación (Ase), Cauce Fluvial (Fcf), Terraza Fluvial (Ftf)</i>	62
Figura 41 <i>Depósito Fluvial - Coluvia (Fdf) y Barra Puntal (Fbp)</i>	64

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Clasificación de la Dirección de la Pendiente – Aspecto</i>	14
Tabla 2 <i>Unidades de Geología para la Ingeniería en la Zona de Estudio</i>	19
Tabla 3 <i>Distribución de Pendientes en la Zona de Estudio</i>	28
Tabla 4 <i>Geomorfología de la Zona de Estudio</i>	51

RESUMEN

En mayo del 2020, en el sector Chambú del municipio de Ricaurte, debido a la alta temporada de lluvias, presentó un deslizamiento complejo que se comportó como un flujo de lodos, ocasionó la destrucción de 4 viviendas e inhabilitó el tránsito vehicular por la vía que conduce a la costa Pacífica Nariñense (CORPONARIÑO, 2020), debido a esto y a la poca información detallada en esta zona, fue indispensable realizar una de caracterización de las unidades geológicas para la ingeniería y geomorfología, con la finalidad de presentar un insumo a CORPONARIÑO para el “Estudio Básico de zonificación de amenazas por movimientos en masa de tipo flujo de lodos. Caso de estudio: Sector Chambú, Ricaurte – Nariño. Escala 1:5.00” y para futuros planes de mitigación para la toma de medidas no estructurales y estructurales, en el marco de la gestión del riesgo de desastres y el avance en proyectos de infraestructura y desarrollo.

La metodología comprendió 4 etapas. La primera asociada a la recopilación de la información secundaria de geología, geomorfología de la zona de estudio, así como también información bibliográfica del área. En la segunda etapa, se realizó los mapas preliminares de geomorfología, parámetros morfométricos y UGI. Posteriormente se realizó la verificación con trabajo de campo y cartografía. Posteriormente se realizó el análisis e interpretación de la información obtenida en campo para realizar finalmente la caracterización geomorfológica y geotécnica preliminar del sector Chambú.

En los resultados obtenidos, se destacó que el área donde se presenta el MM complejo, está caracterizada por el predominio de procesos erosivos como surcos y cárcavas, presenta inclinaciones de 8° a 35° que corresponden a relieves abruptos, geomorfología denudacional y el suelo se caracteriza por presentar una textura arcillosa y alto contenido de humedad.

Palabras Clave: Chambú, geomorfología, suelos, flujo de lodos

1. INTRODUCCIÓN

Una de las causas más frecuentes de pérdidas humanas y económicas alrededor del mundo son los movimientos en masa (Turner & Schuster, 1996); (Sidle & Ochiai, 2006). Éstos han ocasionado múltiples desastres en el mundo, causando pérdidas económicas por daños a la población y a la infraestructura expuesta, sumado a innumerables pérdidas humanas, especialmente en ambientes montañosos y tropicales como los andes colombianos (Proyecto multinacional Andino, 2007).

En Colombia, de acuerdo con los registros del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres, en el último siglo se han registrado 9,650 movimientos en masa, 7,124 muertes, 23,848 viviendas destruidas y cerca de 3 millones de personas afectadas (DesInventar, 2018). El departamento de Antioquia cuenta con el mayor número de registros de movimientos en masa (1.393), seguido por Cundinamarca (1.068) y Nariño (1.046), siendo este último, el que presenta el mayor número de personas y familias afectadas (UNGRD, 2020).

El municipio de Ricaurte ubicado en el departamento de Nariño, ha sufrido innumerables eventos de movimientos en masa principalmente deslizamientos de tipo rotacional, traslacional y flujo de detritos (SIMMA, 2020). Debido a las problemáticas que se presentan, a causa estos fenómenos de remoción en masa que ocurren principalmente en las temporadas de lluvias y que adicionalmente, el municipio no cuenta con estudios de gestión del riesgo de desastres que permitan conocer las características fisiográficas que presenta la zona para determinar las medidas de intervención pertinentes, se hace necesario iniciar una caracterización geológica, geomorfológica y geotécnica preliminar del movimiento en masa complejo, ubicado en el sector de Chambú, la cual constituye la base para determinar los factores que intervienen en la configuración de la amenaza por el movimiento en masa mencionado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Caracterizar geológica, geomorfológica y geotécnica el movimiento en masa complejo ubicado en el en el sector Chambú del municipio de Ricaurte – Nariño a escala 1:5.000. Lo anterior, es un insumo fundamental para el “Estudio básico de zonificación de amenazas por movimiento en masa tipo flujo de lodos. caso de estudio: Sector Chambú, Ricaurte – Nariño. escala 1:5.000” CORPONARIÑO (2021)

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación de la inestabilidad del movimiento en masa complejo con la litología superficial.
- Caracterizar los elementos geomorfológicos de la zona de estudio mediante la evaluación morfométrica, análisis multitemporal y cartografía geomorfológica.
- Identificar los principales procesos morfodinámicos de la zona de estudio entre los años 2018 y 2021.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Ricaurte se encuentra ubicado en la zona suroccidente del departamento de Nariño. El área objeto de estudio se denomina “sector Chambú”, se encuentra localizado hacia el sector centro de este municipio entre las veredas: Chambú, Cartagena, Palmar, San Pablo (**Figura 1;Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La principal fuente hídrica presente en el área de estudio se denominada río Guabo, el cual en aguas abajo, se renombra como río Guiza.

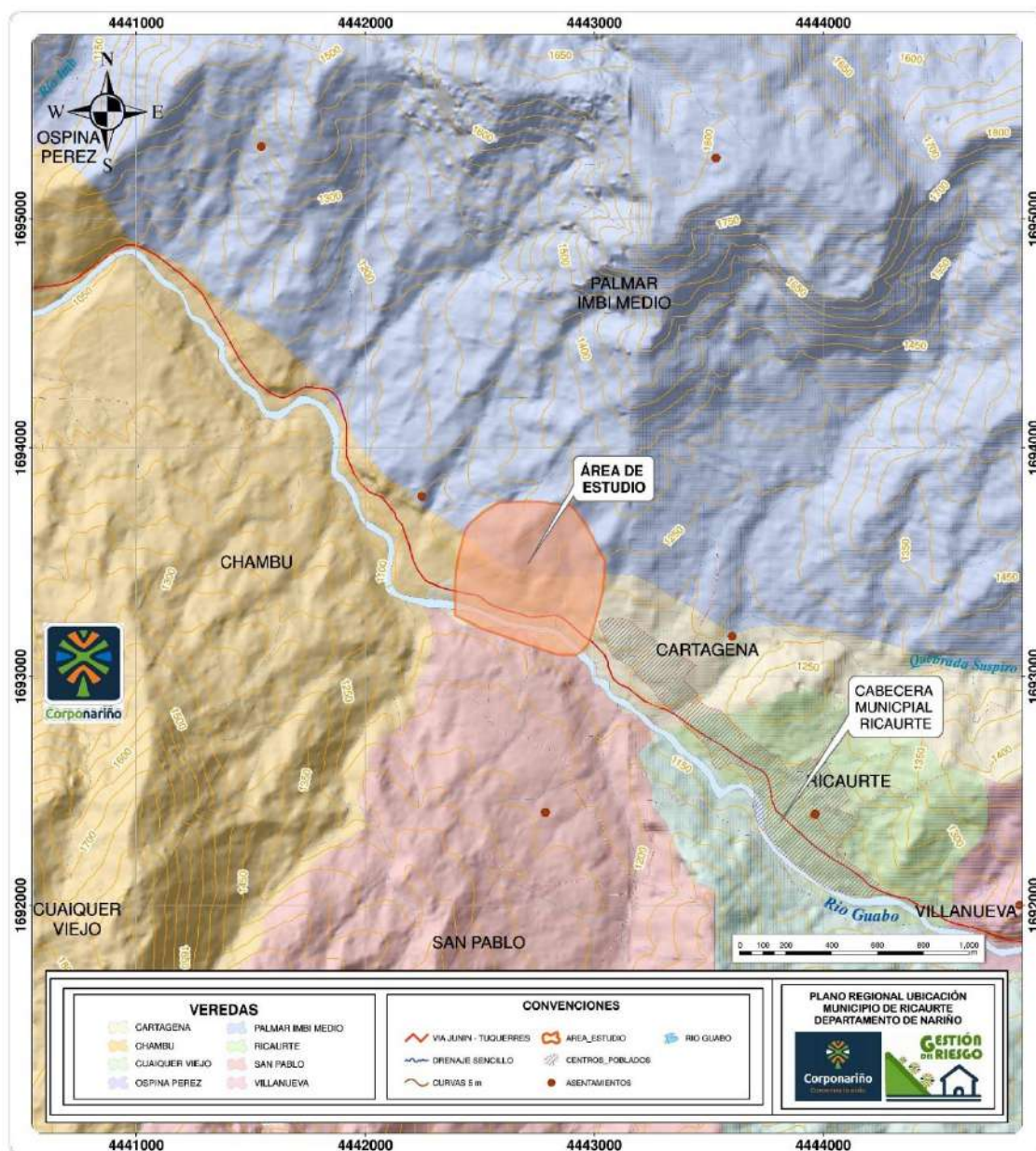
3.2. MARCO GEOLÓGICO

La geología regional se tomó en base a la fase diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Guiza (Copronariño,2020) (**Figura 3**). Las unidades geológicas presentes es el Grupo Diabásico que son rocas volcánicas cretácicas que afloran al este de la cordillera occidental y al occidente de la cordillera central (Hubach & Alvarado,1932; & Nelson, 1957). Dentro de esta unidad se dividen en Basaltos y Diabasas del Grupo Diabásico (K2bd), que consiste de rocas hipocristalinas, melanocráticas a holomelanocráticas, afanítica y con vesículas rellenas en el caso de los basaltos, y fanerítica de cristales muy finos a finos con coloración verdosa en el caso de las diabasas. La relación entre estas dos litologías puede ser gradacional o fallada. Así mismo, se encuentra la unidad **Gabros del Grupo Diabásico (K2g)**, que se presenta en el área como rocas ígneas holocristalinas faneríticas de grano medio a grueso, compuestas por anfíboles y plagioclasas hipidiomórficos, puede gradar a microgabros, pero en

poca proporción. Estas unidades son suprayacidas por depósitos volcanoclásticos recientes o se encuentran en contacto fallado con rocas del denominado Arco de Ricaurte.

Figura 1

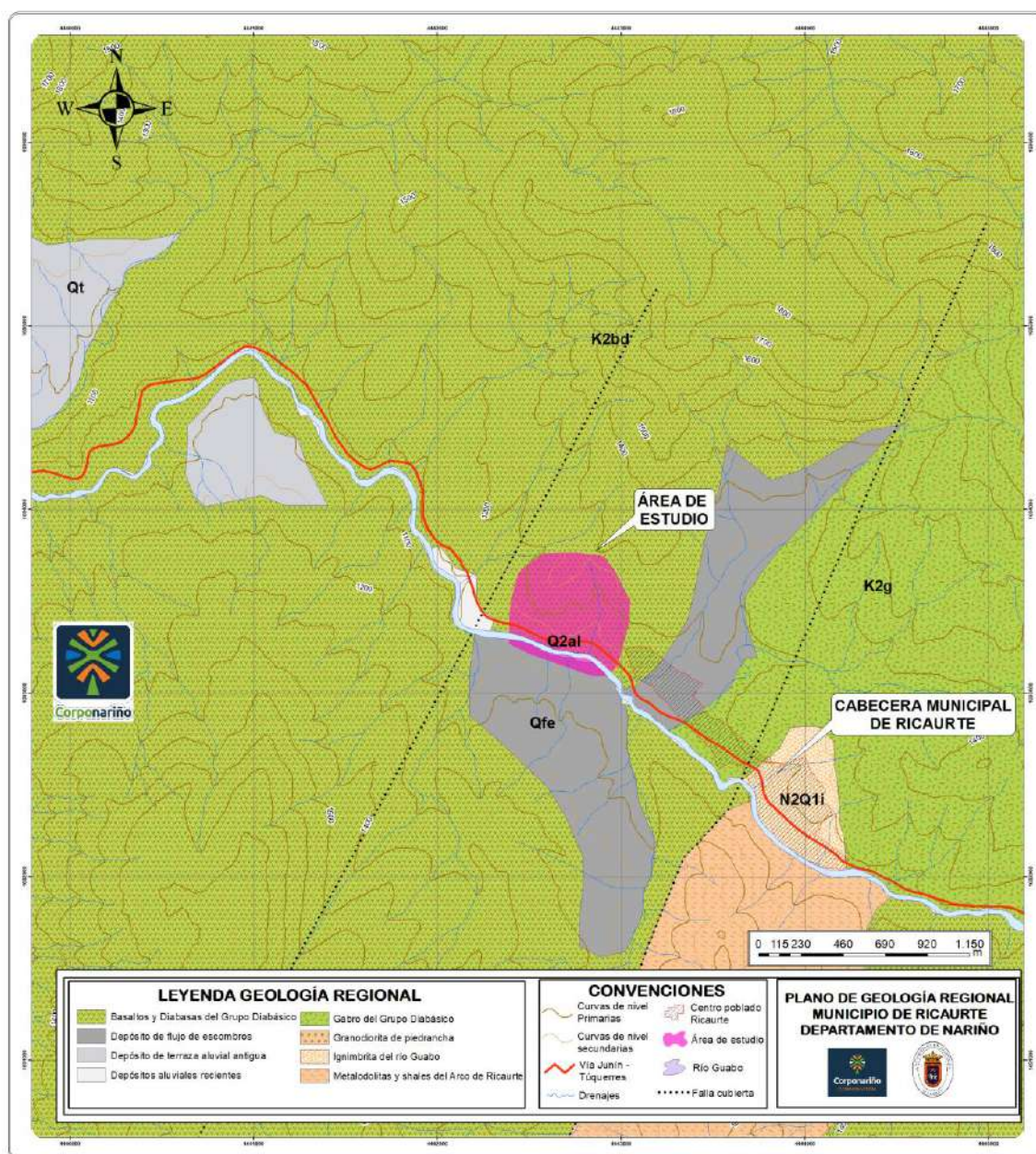
Localización del Área de Estudio



Nota. Se observan los límites verdaderos de la zona de estudio, la cual se encuentra dentro de las veredas Chambú, Palmar Imbi Medio y Cartagena del municipio de Ricaurte. Fuente: Corponariño, 2021.

Figura 2

Geología Regional de la Zona de Estudio



Nota: Fuente: Adaptado de geología regional – Coponariño, 2020. Donde: **Qfe:** Depósito de flujo de escombros; **Qt:** Depósitos de terraza aluvial antigua; **Q2al:** Depósitos aluviales recientes; **K2bd:** Basaltos y diabasas del grupo Diabásico; **K2f:** Gabro del Grupo Diabásico; **N2Q1i:** Ignimbrita del Río Guabo.

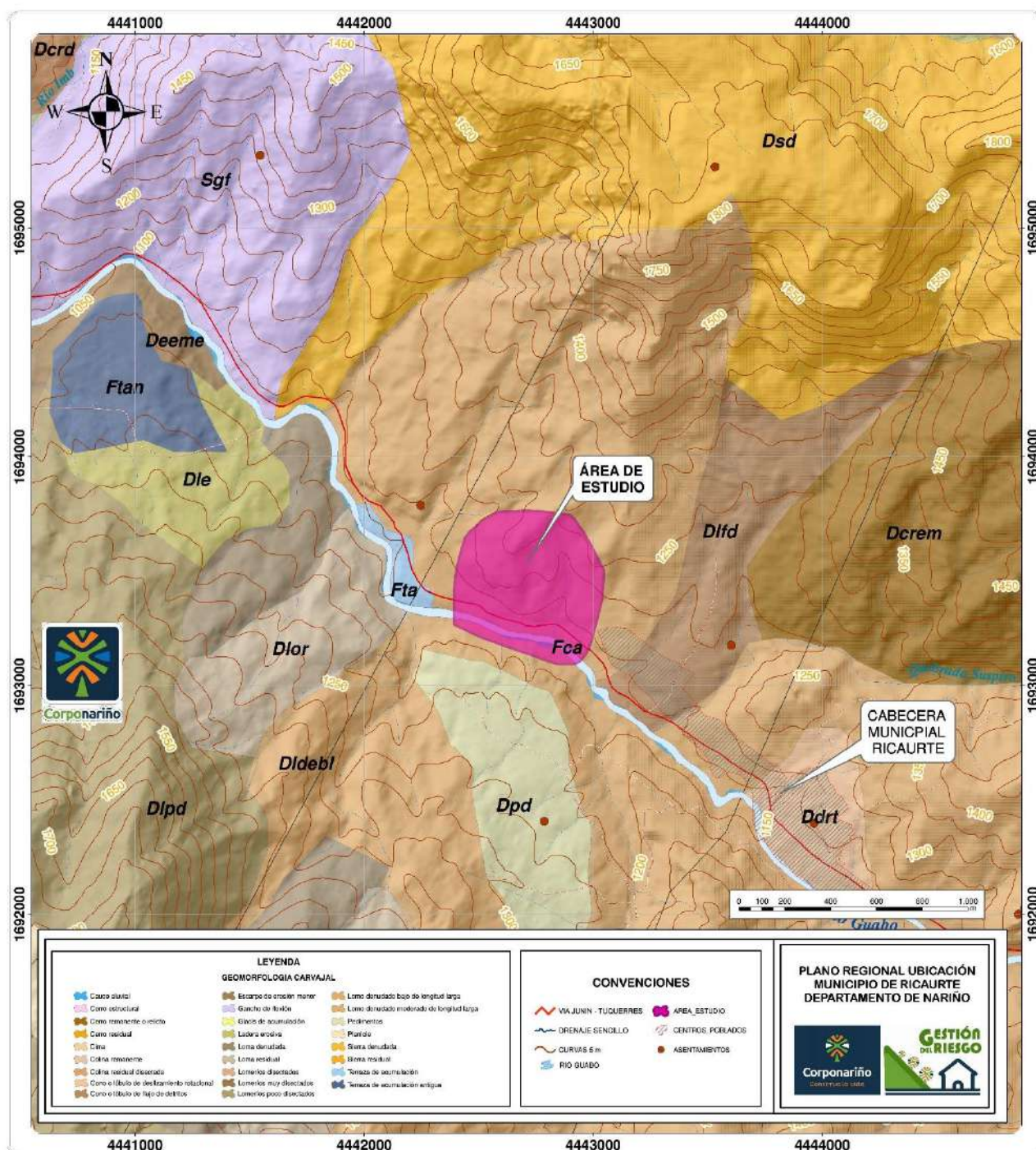
3.3. MARCO GEOMORFOLÓGICO

Las geoformas características que se encuentran en la zona de estudio son las de ambiente denudacional, fluvial y estructural. Dentro del ambiente denudacional se incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan las unidades preexistentes. Las principales geoformas que se encuentran en la zona de estudio son: *Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)*, *Cono o lóbulo de flujo de detritos (Dlfd)*, *Cerro remanente o relicto (Dcrem)*, *Cerro residual (Dcrs)*, *Cima (Dc)*, *Pedimentos (Dpd)*.

En el ambiente fluvial se incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación. Las geoformas de ambiente fluvial de la zona de estudio son: *Cauce aluvial (Fca)*, *Terraza de acumulación (Fta)* y *Terraza de acumulación antigua (Ftan)*. Finalmente, las geoformas de ambiente estructural se originan por influencia de actividad tectónica (diaclasamiento, planos de falla, foliación y plegamiento) sobre rocas y suelos. Algunas geoformas de ambiente estructural presentes en la zona de estudio son: *Cerro estructural (Sce)* y *Gancho de flexión (Sgf)*. **(Figura 3)**

Figura 3.

Geomorfología Regional



Nota: A. Adaptado de geomorfología regional, CORPONARIÑO, 2020. Donde, **Sgf:** Gancho de flexión; **Deeme:** Escarpe de Erosión menor; **Ftan:** Terraza de acumulación antigua; **Dle:** Ladera erosiva; **Dlor:** loma residual; **Dlpd:** lomeríos poco disectados; **Dldebl:** lomo denudado de longitud larga; **Dpd:** pedimentos; **Fca:** cauce aluvial; **Dcrem:** cerro remante; **Dsd:** sierra denudada.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Movimientos en masa y su clasificación

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que se evidencie medio de transporte alguno (Gray & Sotir, 1996) (Tragsa & Tragsatec, 1994). La clasificación de movimientos en masa de Hutchinson (1968) citado en (Varnes, 1978) es el sistema más ampliamente aceptado en el mundo. (Varnes, 1978) emplea como criterio principal en la clasificación el tipo de movimiento y, en segundo lugar, el tipo de material.

4.1.1. Deslizamientos

Un deslizamiento es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. (GEMMA, 2007).

- **Deslizamiento Rotacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. (**Figura 4A**).
- **Deslizamiento Traslacional:** Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. (**Figura 4B**).

4.1.2. Reptación.

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. (**Figura 4 C-D**).

Los mapas de geología para ingeniería se pueden elaborar a partir de las Unidades de Geología para Ingeniería (UGI), que es el insumo más importante desde el punto de vista de homogeneización de las características ingenieriles de los materiales del área de estudio. Las UGI permiten diferenciar tres aspectos fundamentales para obtener los modelos que permitan realizar los análisis de estabilidad: diferenciar los materiales aflorantes entre suelos y rocas, definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

4.3. Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno (tanto terrestres como submarinas) y su relación con las estructuras infrayacentes. (Carvajal, 2011).

Carvajal 2011, propone una jerarquía de unidades o categorías geomorfológicas que se pueden definir en una región dada, dependiendo de la escala de trabajo y sistémicamente deben permitir el análisis de la evolución geomorfológica y geológica de la misma. Para el desarrollo de este trabajo, se tomó como base el Elemento geomorfológico ya que corresponde al máximo nivel de detalle y está determinada por los rasgos del relieve a escalas mayores de 1:10.000

4.3.1. Catálogo de inventario y procesos morfodinámicos

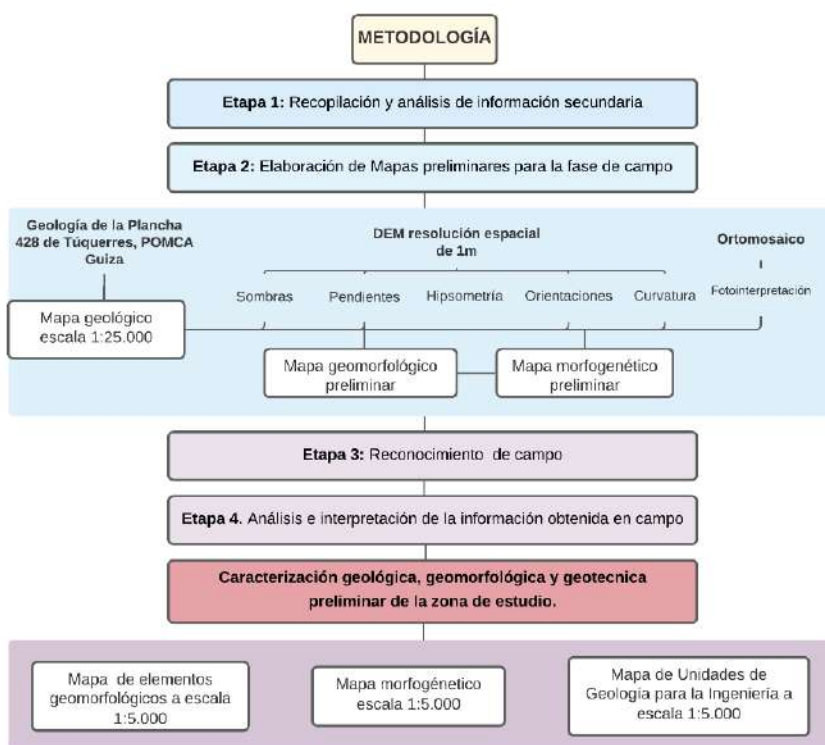
De acuerdo con la guía para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada (SGC, 2016), para la determinación de la amenaza se debe determinar los procesos morfodinámicos, que corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre.

5. METODOLOGÍA

La metodología propuesta para el presente proyecto (**Figura 5**) está enfocada en cumplir con los objetivos planteados y garantizar los resultados que se deriven de la investigación, por tal motivo se dividió en las siguientes etapas.

Figura 5

Diagrama Metodológico



Nota: Fuente: Autor.

5.1. Etapa 1: Recopilación y análisis de información secundaria

Para el análisis de los procesos morfodinámicos y los factores condicionantes que se encuentran en la zona de estudio, se realizó una recopilación de información secundaria disponible para esta región, en este sentido se tomó la cartografía base, descripción y análisis, disponible de

la fase de Diagnóstico del POMCA del Río Guiza – Alto Mira (CORPONARIÑO, 2020) a escala 1:25000; así mismo para complementar el contexto geológico y geomorfológico regional se tomó como referente los documentos oficiales del Servicio Geológico Colombiano en la plancha 428 de Túquerres a escala 1:100.000 (INGEOMINAS, 2003).

5.2. Etapa 2: Elaboración de Mapas preliminares para la fase de campo

Para el desarrollo de esta fase se utilizó el software ArcGis y Google Earth Pro. Se recopiló la información secundaria del POMCA de la cuenca del río Guiza a escala 1:25000 y geología de la plancha 428 de Túquerres a escala 1:100000 (INGEOMINAS, 2003), adicionalmente con la imagen satelital obtenida por vuelo de aeronave no tripulada de la zona de estudio, se pudo obtener DEM, modelo digital de superficie (DTM), mapa de sombras, red de drenaje, mapa de pendientes que permitieron realizar la fotointerpretación preliminar de la zona de estudio.

5.2.1. Pendientes

Este parámetro fue calculado mediante ArcGis a partir del DEM de resolución de 1 m, usando la herramienta Slope. De esta forma se obtuvo el valor de la pendiente en grados para cada celda, luego se reclasificó con los rangos de pendientes utilizados con propósitos de análisis ingenieriles y zonificación de amenazas en movimientos en masa del (SGC, 2017) se indica en el Apéndice A.

5.2.2. Hipsometría

La hipsometría se basa en la interpretación y visualización de histogramas de frecuencia de los modelos de elevación digital, donde se compara el número de celdas por cada valor en altura, para poder apreciar los diferentes segmentos que corresponden a subrelieves en la zona de estudio (Gallego & Jaramillo, 2012). Para la elaboración del mapa hipsométrico se tuvo como insumo el DEM de la zona de estudio, posteriormente se reclasificó los rangos de los valores de altitud a 16.

5.2.3. *Curvatura*

La curvatura permite visualizar la forma o curvatura de la pendiente. Los tipos de curvatura más importante son la curvatura de perfil y la curvatura plana. En la primera, un valor negativo indica que la superficie es convexa hacia arriba en esa celda, un perfil positivo indica que la superficie es cóncava arriba en esa celda y un valor de cero indica que la superficie es lineal; mientras que la curvatura del plano es perpendicular a la dirección de la pendiente máxima, aquí un valor positivo indica que la superficie es lateralmente convexa en esa celda, un plano negativo indica que la superficie es lateralmente cóncava en esa celda y un valor de cero indica que la superficie es lineal. Para el presente proyecto, se obtuvieron 3 mapas de curvaturas, de perfil, planta y el total, para ello se utilizó la herramienta *Curvature* en ArcGIS.

5.2.4. *Aspecto*

El aspecto es la orientación del terreno entendida como la dirección de la pendiente. Para la zona de estudio se utilizó el software ArcGIS, con la herramienta *Aspect* y el DEM de resolución 1m. Los valores de cada celda indican la dirección de azimut a la que se dirige la superficie.

Una vez obtenido el mapa de orientaciones, se clasificó las direcciones en 8 intervalos, que significan dividir 360° en 8 partes iguales y se asignó un valor de azimut (**Tabla 1**).

Tabla 1

Clasificación de la Dirección de la Pendiente – Aspecto en la Zona de Estudio.

Intervalo de Dirección (Azimut en grados)	Dirección
(337,5 - 22,5)	Norte
(22,5 - 67,5)	Noreste
(67,5 - 112,5)	Este
(112,5 - 157,5)	Sureste

(157,5 - 202,5)	Sur
(202,5 - 247,5)	Suroeste
(247,5 - 292,5)	Oeste
(292,5 - 337,5)	Noroeste

Nota: Fuente: Autor.

5.2.5. Elementos geomorfológicos y procesos morfodinámicos.

Para la elaboración y descripción del mapeo geomorfológico del sector Chambú, primero se tuvo en cuenta el análisis de la información secundaria del área de estudio.

Posteriormente se realizó el procesamiento e interpretación de la información, utilizando como insumos básicos, imágenes satelitales, DEM de resolución 1m, curvas de nivel, mapa de sombras, mapa de pendientes y la geomorfología escala 1:25.000. Luego, sobreponiendo diferentes capas de los insumos, se pudo delimitar de manera preliminar los diferentes rasgos geomorfológicos de la zona de estudio, teniendo en cuenta la jerarquización adaptada por Carvajal, 2011. Como resultado de esta interpretación, se obtuvo el mapa geomorfológico preliminar de la zona de estudio a escala 1:5.000.

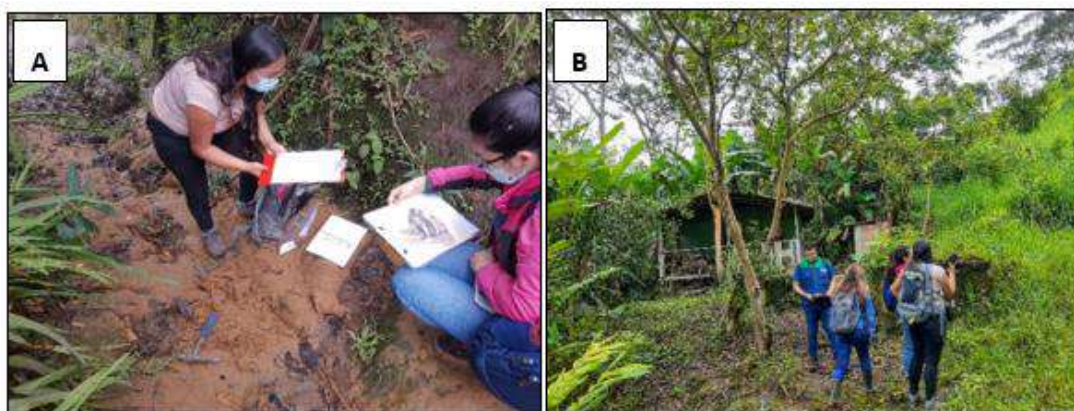
5.3. Etapa 3. Reconocimiento de campo

Para la recolección de la información primaria se realizó el desplazamiento al sector Chambú del municipio de Ricaurte con la finalidad de recopilar información en campo de la geología local, UGI, geomorfología y procesos morfodinámicos, para ello se realizaron diferentes puntos de control con la finalidad de identificar y describir las geoformas del terreno, determinar los contactos litológicos, fallamientos, tipos de suelos y características del movimiento en masa. (

Figura 6).

Figura 6

Recopilación de Información Primaria. A. Estación de Control de Suelos UGI. B. Verificación de Geoformas.



Nota: Fuente: Autor.

5.3.1. Geología para Ingeniería

Se realizó un recorrido en la zona de estudio, para identificar y caracterizar las unidades geológicas superficiales que afloran en el terreno, para ello se tomó varios puntos de control donde se describió características como litología, textura, humedad, permeabilidad, estructuras, granulometría, entre otros; esto con la finalidad de establecer las diferentes unidades de geología para la ingeniería (UGI).

Para la descripción de las propiedades y características de las UGI se utilizó los formatos establecidos por la “Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” (SGC, 2016), para la caracterización de los suelos.

De igual manera para complementar las características de las UGI se utilizó la clasificación y descripción del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS), el cual permite clasificar el suelo, teniendo en cuenta los parámetros de granulometría, color, gradación, composición, humedad, cohesión, compacidad, consistencia, etc; además permite inferir teóricamente los datos

del valor de “N” del ensayo SPT y la resistencia a compresión (kPa), finalmente, se le designó un símbolo de dos letras: el primero indica el principal componente del suelo, y el segundo describe información de la curva granulométrica o características de plasticidad. Asimismo, se utilizó la carta de colores de Munsell (2009), con la finalidad de obtener un color más certero del suelo.

5.3.2. Elementos geomorfológicos

Para realizar el mapa geomorfológico de la zona de estudio a escala 1:5.000, se siguió la metodología descrita a continuación, la cual se tomó como referencia la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica de Colombia (Carvajal, 2011) y la Guía metodológica del SGC, 2016. Se tomó como elemento fundamental el *Elemento geomorfológico*, que representa el máximo nivel de detalle de las geoformas.

Se comprobó del mapa preliminar con trabajo de campo, que permitió corregir, identificar, afinar y describir los elementos geomorfológicos de la zona de estudio, para ello, se utilizó el formato de campo de “Caracterización de Geoformas – Geomorfología aplicada. Mapa de Elementos geomorfológicos” de la Guía metodológica del SGC, 2016.

Finalmente, se realizó una revisión final del mapa geomorfológicos mediante el cual se aplican los estándares de nomenclatura y color para los elementos geomorfológicos sugeridos en SGC, 2016 y Carvajal, 2011.

5.3.3. Procesos morfodinámicos

Para realizar el levantamiento de la información en la zona de estudio de los diferentes procesos morfodinámicos que se presentan, se utilizó el formato modificado para inventario de movimientos en masa (SGC, 2016), y para diligenciar dicho formato se tomaron los lineamientos y conceptos dados en el documento “Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas elaborado por PMA: GCA (GEMMA, 2007)”, donde se establecen

definiciones, características y rasgos de los diversos procesos morfogenéticos que se dan en la superficie terrestre; así mismo se toma como referente algunos criterios para identificación de los diferentes tipos de movimientos en masa y estado de la actividad que presenta la Guía del SGC, 2016.

5.3.3.1. Análisis multitemporal

En este estudio, se aplicó el análisis multitemporal entre las fechas 2018 y 2021, en el cual se pudo identificar los procesos morfodinámicos tanto de remoción de masa como erosivos y sus cambios en un período de tiempo entre el año 2018 y el 2021. Para ello, se tomó como base la adquisición de información primaria y secundaria de la zona de estudio que corresponden a imágenes satelitales. Para el año 2018, se tomó la imagen satelital de ESRI (10/10/2018), para el año 2021 el insumo principal fue la fotografía aérea tomada con vuelo del DRONE, además de verificación con trabajo de campo, permitió establecer los procesos morfodinámicos actuales de la zona de estudio.

5.4. Etapa 4. Análisis e interpretación de la información obtenida en campo

En esta fase se realizaron las descripciones de las muestras obtenidas en campo tanto de rocas como de suelos utilizando las clasificaciones de los diferentes tipos de rocas y la USCS para los suelos. Así mismo, se interpretó dichos resultados para plasmarlos en los mapas correspondientes. También se realizó la interpretación de la geomorfología de la zona de estudio y procesos morfodinámicos. Finalmente se realizaron los mapas de elementos geomorfológicos, procesos morfodinámicos y UGI.

6. ANÁLISIS Y RESULTADOS

6.1. Unidades de geología para Ingeniería

En la zona de estudio se identificaron suelos transportados que corresponden al traslado de sedimentos o suelos residuales, por acción de agentes como el agua el hielo, el viento y/o por efecto de gravedad. Se determinaron cinco (5) UGI (**Tabla 2, Figura 7**), las cuales corresponden a suelo transportado coluvial antiguo que representan un área promedio de 78,8%, seguido de suelo antrópico (10,34%), suelo transportado aluvial del río Guabo (4,06%), suelo transportado coluvial reciente (3,65%) y finalmente, suelo transportado de flujo torrencial (3.13%).

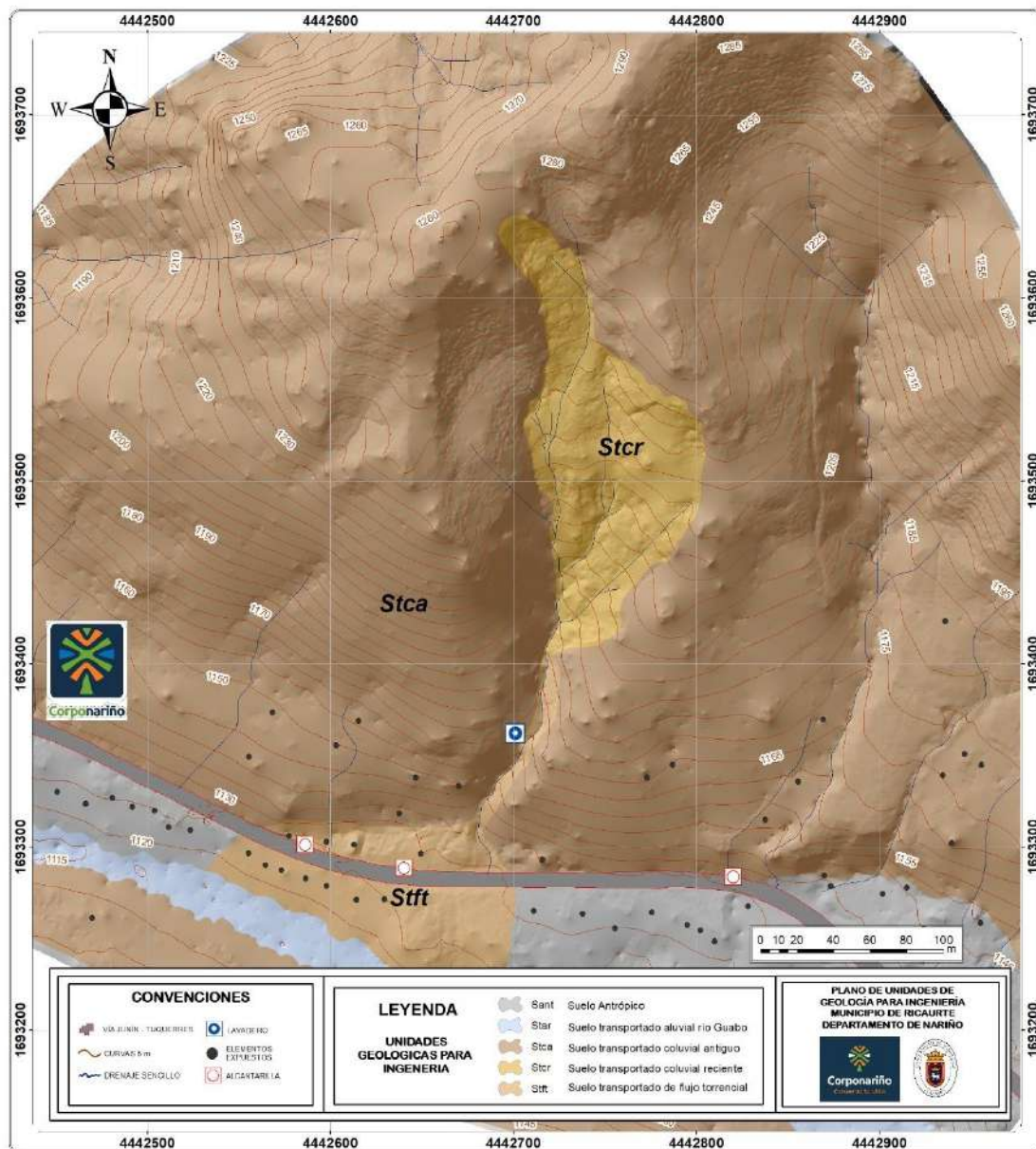
Tabla 2

Unidades de Geología para la Ingeniería en la Zona de Estudio

Nomenclatura	UGI	Área (Ha)	% Área
Sant	Suelo antrópico	3,64329	10,34993
Star	Suelo transportado aluvial río Guabo	1,429645	4,061364
Stca	Suelo transportado coluvial antiguo	27,74	78,80435
Stcr	Suelo transportado coluvial reciente	1,285974	3,653221
Stft	Suelo Transportado de flujo torrencial	1,102192	3,131129

Figura 7

Mapa de Geología para la Ingeniería (UGI)



Nota: Fuente: Autor. Donde: **Sant**; Suelo Antropico; **Star**; Suelo transportado aluvial río Guabo; **Stca**; Suelo transportado coluvial antiguo; **Stcr**; Suelo transportado coluvial reciente; **Stft**; Suelo transportado de flujo torrencial.

6.1.1. Suelo transportado coluvial antiguo (Stca)

A lo largo del terreno presenta una variación textural y composicional, que de manera general son suelos poco compactos y donde no fue posible determinar límites debido al alto grado de meteorización que presentan, no obstante, fue posible observar y describir las siguientes características:

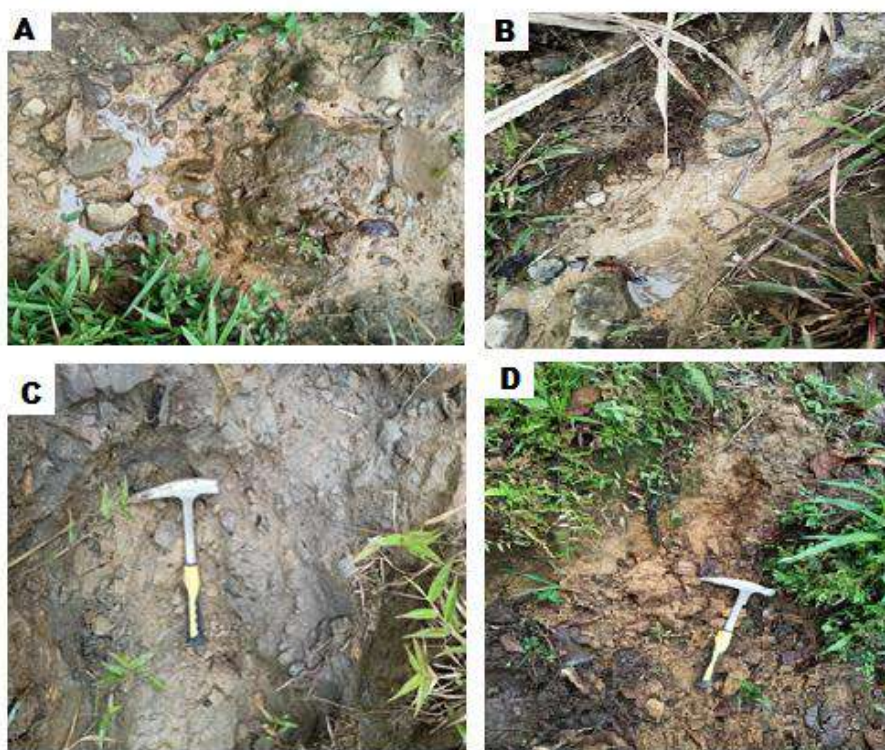
- **Suelos de arena gravosa con trazas de arcilla (SP)**, de color marrón moderadamente amarillento (10YR 5/4 de Munsell), matriz-soportados, compuesta por 8-10 % de cantos rodados angulares a subredondeados con esfericidad media en su mayoría de rocas ígneas, 18 -22% de guijos subredondeados a redondeados con esfericidad media, 65% Arena fina de fragmentos redondeados, alta esfericidad compuesta por cuarzo y fragmentos de color negro subredondeados a subangulares y 5% de arcillas; .es un suelo no cohesivo, tiene compacidad suelta (SPT “N” $\approx$ 4 a 10, a partir de pruebas de campo), es un suelo no plástico y húmedo. (**Figura 8 A**)
- **Suelo de arcilla arenosa (CH)**, de color moderadamente amarillo (5Y 7/6 de Munsell), matriz-soportado, compuesta por 74 % de arcilla muy plástica a plástica, 20% de arenas muy finas compuesta por fragmentos redondeados con alta esfericidad de cuarzo y fragmentos de color negro subangulares, 5% guijos redondeados a subredondeados, con alta esfericidad y 1% de tamaño cantos rodados angulares; es un suelo cohesivo, presenta humedad alta, consistencia blanda (Resistencia al corte no drenada $\approx$ 20 – 40 KN/m², a partir de pruebas de campo) y permeabilidad media. (**Figura 8 B**)
- **Suelo transportado de limo arcilloso arenoso con algo de guijos (SM)**, de color gris oscuro medio (N4 de Munsell), matriz-soportado compuesto por 8% de guijos subangulares con baja esfericidad, 32% de arenas muy finas compuesta por fragmentos subredondeados con alta esfericidad y 60% de finos (arcilla – limo) poco plásticos a

plástico. Son suelos cohesivos, consistencia blanda (Resistencia al corte no drenado $\approx 20 - 40 \text{ kN/m}^2$, a partir de pruebas de campo) y húmedos. (**Figura 8 C**)

- **Suelo transportado de arcilla limosa (CL)**, de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6 de Munsell), contiene 5-8% de materia orgánica, es un suelo plástico, húmedo, presenta una consistencia blanda (resistencia al corte no drenado aproximadamente $20-40 \text{ kN/m}^2$, a partir de pruebas de campo). (**Figura 8 D**)

Figura 8.

Suelo Transportado Coluvial Antiguo. A. Suelo (SP). B. Suelo (CH). C. Suelo (SM). D. Suelo (CL).



Nota: Fuente: Autor.

6.1.2. Suelo transportado coluvial reciente (Stcr)

Esta unidad corresponde al movimiento en masa latente que se presenta en la zona de estudio y tiene como características un suelo transportado de arcilla (CH), que presenta una variación de color desde amarillo moderadamente verdoso, marrón moderadamente rojizo y gris medio, suelo cohesivo, muy plástico, húmedo y consistencia muy blanda (resistencia al corte no drenado < 20 kN/m, a partir de pruebas de campo) (**Figura 9**) (Apéndice B).

Figura 9

Suelo Transportado Coluvial Reciente



Nota. Fuente: Autor.

6.1.3. Suelo Transportado de flujo torrencial (Stft)

El depósito del flujo está compuesto por suelos transportados arcillo - limosos y arcillo - arenosos, de color pardo a rojizo, que tienen una humedad media – alta y poca consistencia, donde se encuentran embebidos algunos fragmentos de rocas heterolíticas que se encuentran altamente

meteorizadas, sin embargo, se distinguen texturas graníticas y otras meta- sedimentarias. (Todas las características, se presentan en el Apéndice B) (**Figura 10**)

Figura 10

Suelo Transportado de Flujo Torrencial



Nota. Fuente: Autor

6.1.4. Suelo transportado de cauce activo (Stfca)

Corresponde a depósitos recientes que han sido transportados y depositados por la dinámica fluvial del río Guabo y quebradas. Esta constituido principalmente por niveles arcillosos, de color café, niveles arenosos y gravosos que han sido depositados a los márgenes del río (**Figura 11**).

Figura 11

Suelo Transportado de Cauce Activo



Nota. Fuente: Autor.

6.1.5. Suelos antrópicos (Sant)

Son depósitos de materiales producto de terraceo de laderas y materiales de corte, que han sido dispuestos en laderas o en zonas semiplanas con el fin de adecuar el terreno para la construcción de viviendas o suavizar la topografía. Estos suelos corresponden a materiales heterogéneos dispuestos por el hombre, están compuestos por materiales de tamaño arena, arcilla y gravas que son producto de residuos de construcciones.

Figura 12*Suelos Antrópicos**Nota: Fuente: Autor.*

6.2. Geomorfología

6.2.1. Análisis morfométricos

El análisis morfométrico se basó en el cálculo de parámetros de geomorfología general como las pendientes, hipsometría, aspecto, curvatura, análisis multitemporal y la identificación de inventario de procesos morfodinámicos.

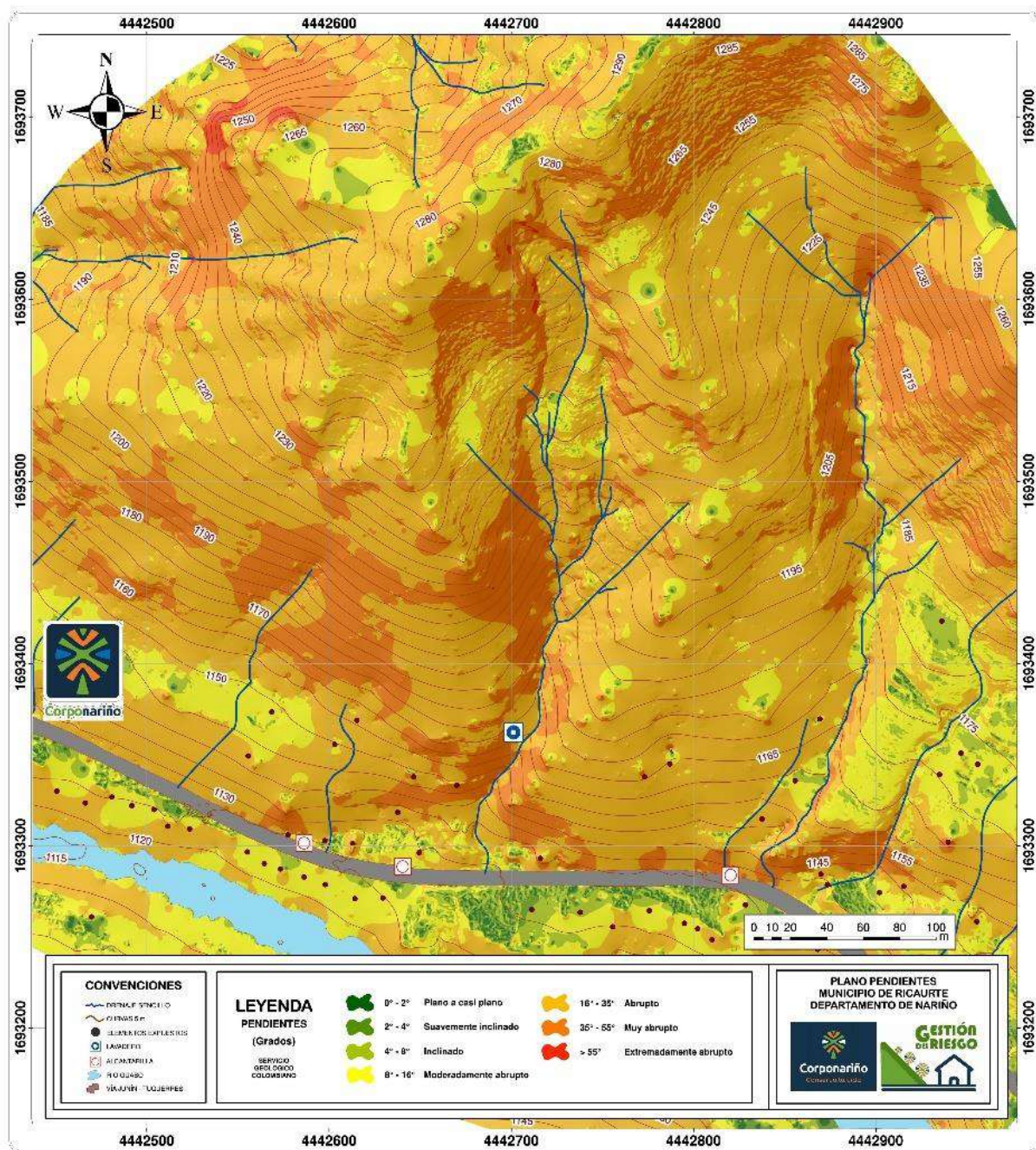
6.2.1.1. Pendientes

Los resultados del análisis de pendientes se indican en la **Figura 13** y **Tabla 3**. Se observa que la mayor parte de la zona de estudio se encuentra con pendientes muy abruptas (29%), abruptas (27%) y moderadamente abruptas (16,75%), esto indica que la zona de estudio es susceptible a desarrollar movimientos en masa continuos, procesos denudacionales intensos y erosivos como

surcos y cárcavas. La zona donde se presentó el MM, presenta pendientes muy abruptas a abruptas lo que facilita estos movimientos.

Figura 13

Mapa de Pendientes de la Zona de Estudio



Nota: Fuente: Autor.

Tabla 3

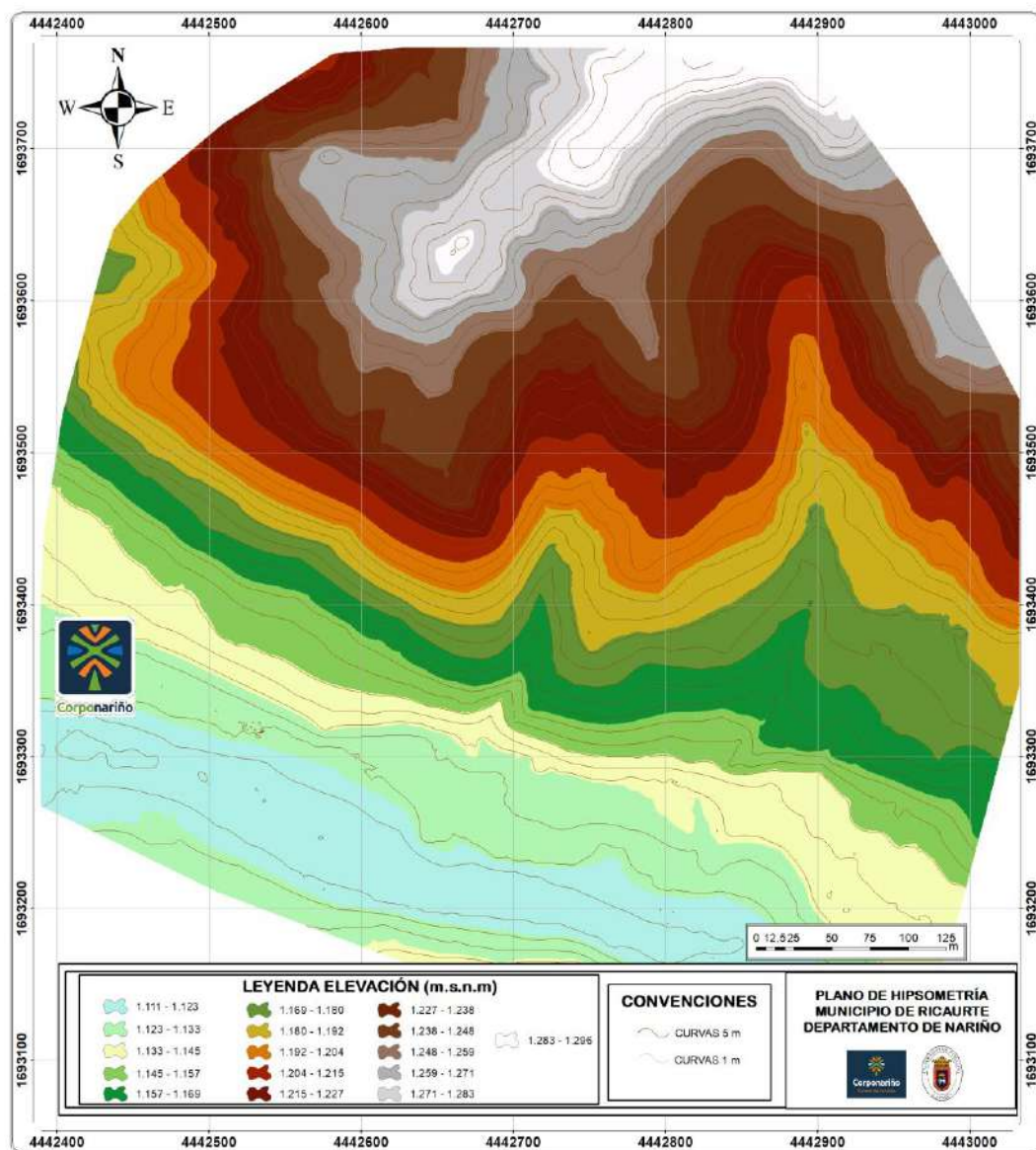
Distribución de Pendientes en la Zona de Estudio

Clasificación	Rango (°)	Área (ha)	Área (%)
Plano a casi plano	0° - 2°	2.77	7.8
Suavemente inclinado	2° - 4°	2.82	8
Inclinado	4° - 8°	3.09	8.8
Moderadamente abrupto	8° - 16°	5.90	16.7
Abrupto	16° - 35°	9.61	27.3
Muy abrupto	35 ° - 55°	10.41	29.5
Extremadamente abrupto	> 55°	0.64	1.8

Nota: Fuente: Autor

6.2.1.2. Análisis hipsométrico

El análisis hipsométrico permitió zonificar a mejor detalle los elementos geomorfológicos como las cimas, rampas, escarpes, etc. Las tonalidades y variedades de color utilizadas por cada segmento de altura permitieron la interpretación de resultados del análisis hipsométrico (**Figura 14**). Las alturas de la zona de estudio varían desde 1.111,97 m.s.n.m como la altura más baja que corresponde al nivel base del río Guabo hasta la altura más alta 1.296,77 m.s.n.m que corresponde al elemento geomorfológico cima. Las alturas con mayor área son las más próximas al río Guabo que oscilan entre 1.111 m.s.n.m – 1.145 m.s.n.m aproximadamente.

Figura 14*Mapa Hipsométrico de la Zona de Estudio**Nota: Fuente: Autor.*

6.2.1.3. Curvatura

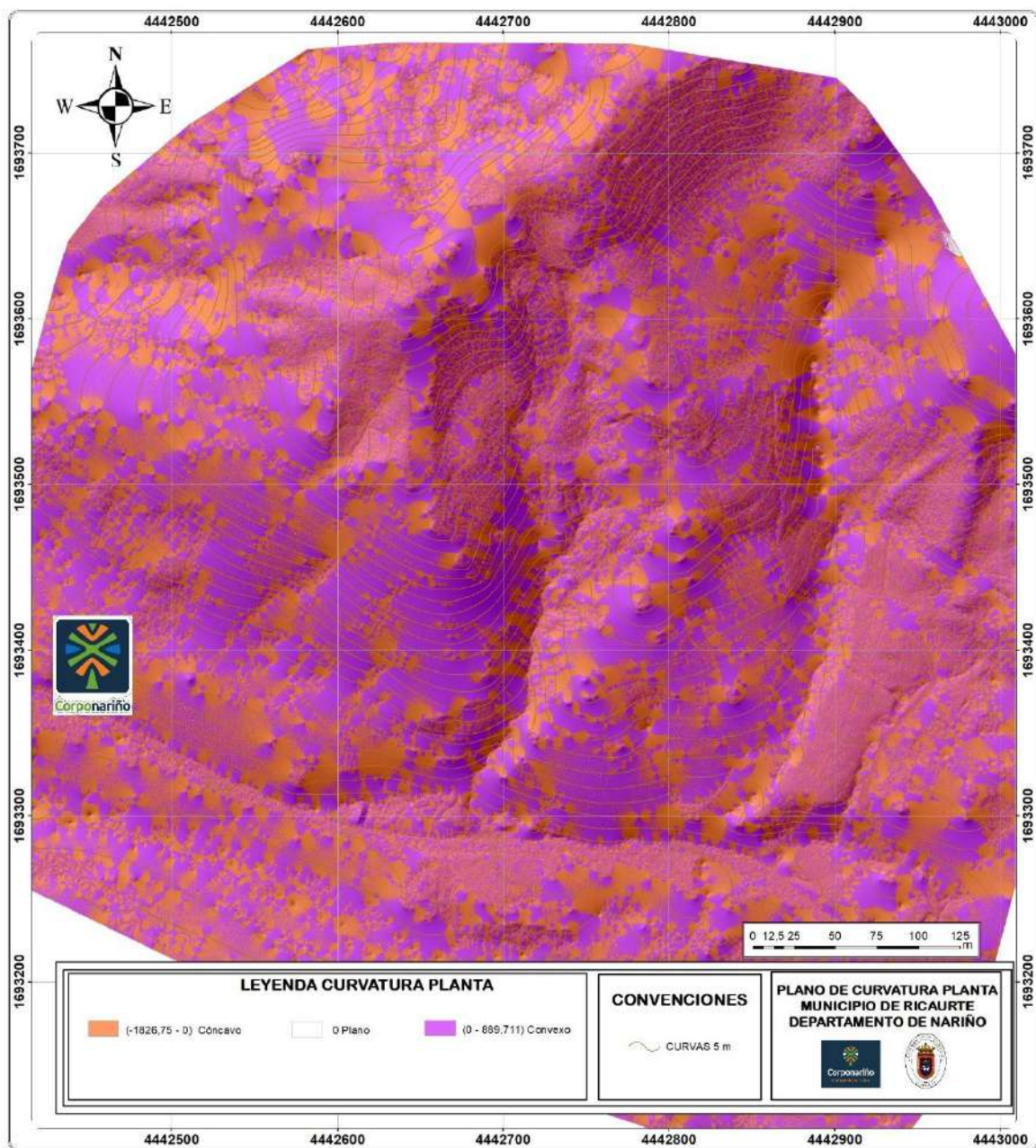
Se obtuvieron tres mapas de curvatura de la zona de estudio local, todos con una resolución de 1m. El mapa de curvatura de planta (**Figura 15**), muestra la correlación entre áreas convergentes (cóncavas) y áreas divergentes (convexas). La principal característica que se destaca es que la superficie del deslizamiento es cóncava y que los depósitos de vertientes presentados en la zona sur-oeste están asociados a zonas convexas

El mapa de curvatura de perfil (**Figura 16**), permite diferenciar fácilmente los elementos geomorfológicos de cimas y rampas las cuales se asocian a convexidades, al igual que las laderas erosivas localizadas al suroeste de la zona de estudio; las convexidades también definen quiebres de elementos geomorfológicos.

. Finalmente, al combinar los anteriores mapas, se genera el mapa de curvatura estándar (**Figura 17**), que marcan muy bien las superficies aluviales y las rampas.

Figura 15

Mapa de Curvatura de Planta



Nota: Fuente: Autor.

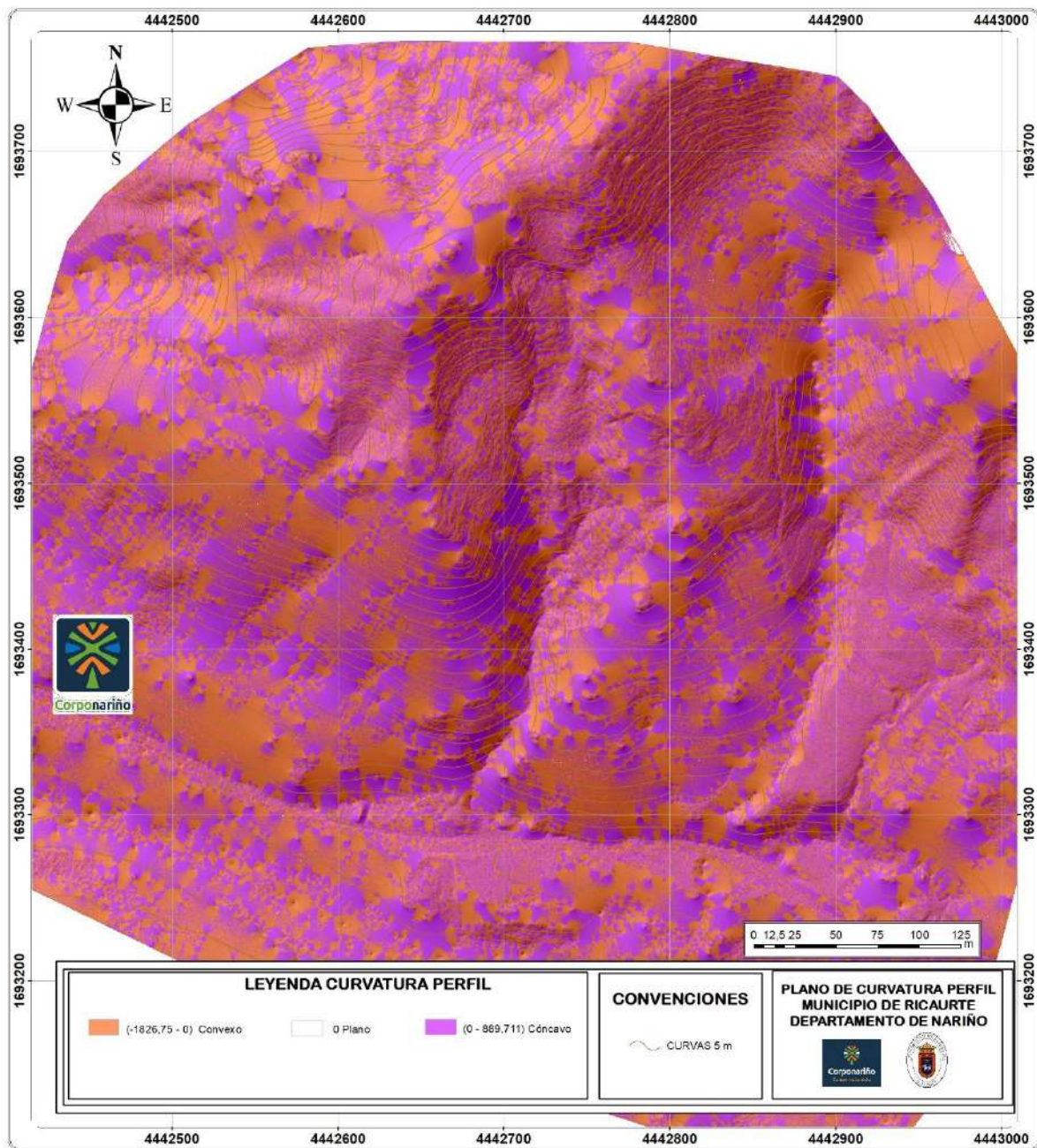
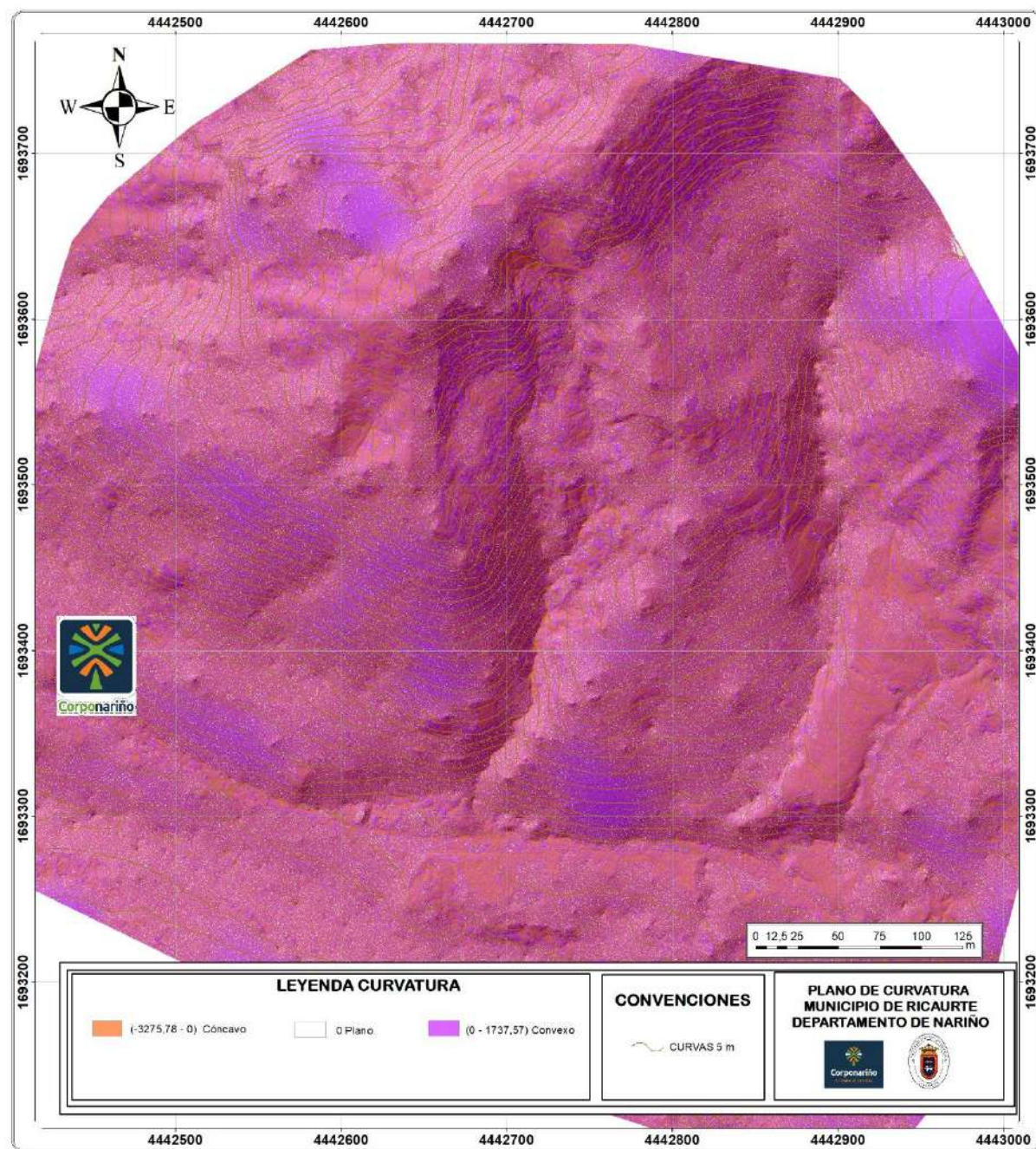
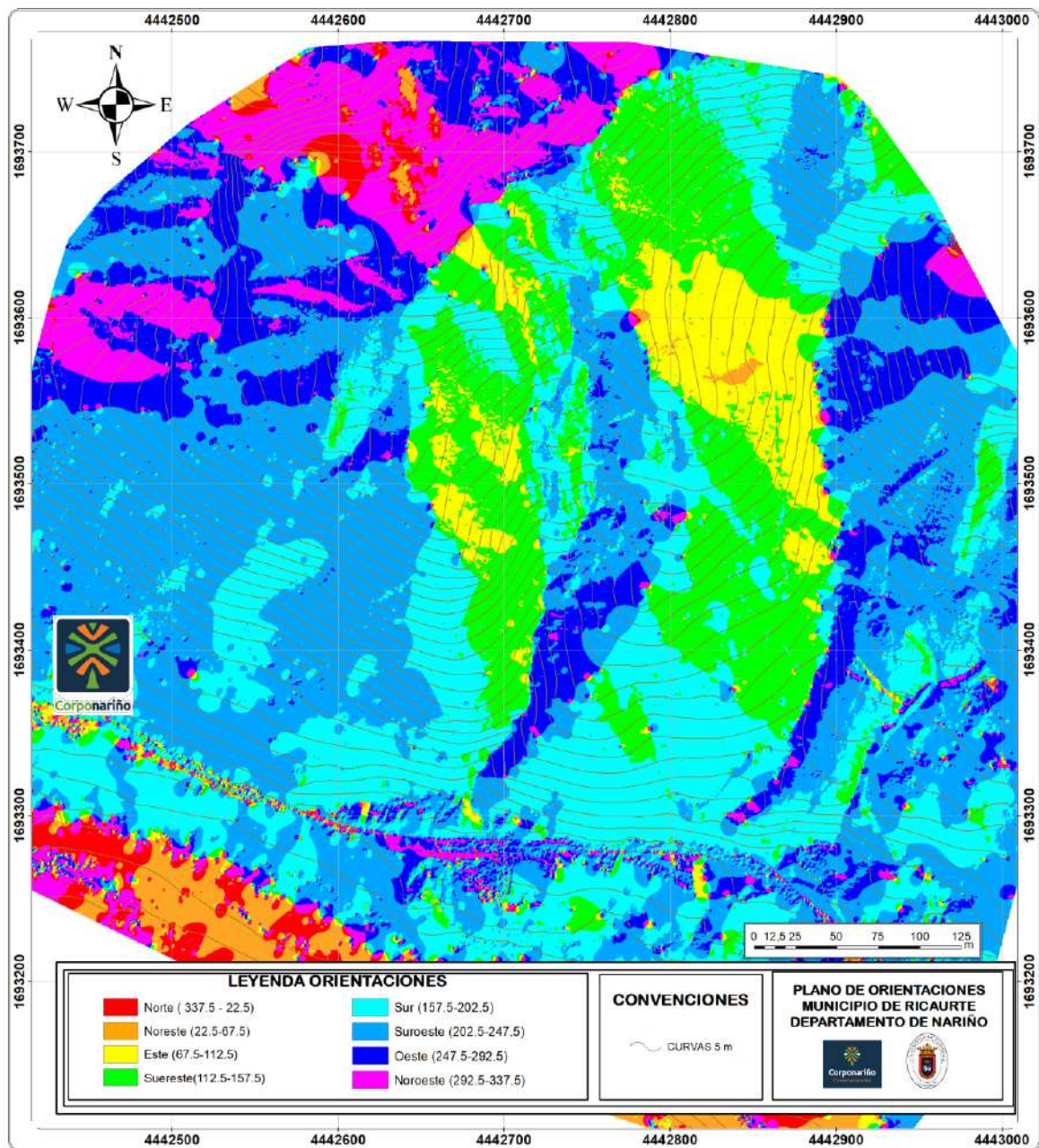
Figura 16*Mapa de Curvatura de Perfil**Nota: Fuente: Autor.*

Figura 17*Mapa de Curvatura Total***Nota:** Fuente: Autor.

6.2.1.4. Aspecto

La distribución de los rangos de aspectos (**Figura 18**) es bimodal con una concentración entre 0° - 50° que corresponden a valores del cauce del río Guabo y entre 112° a 292° asociados a la gran parte de la zona de estudio, identificando las laderas, escarpes y rampas.

De manera general en la zona de estudio, se presenta una diferencia marcada en el río Guabo, predominando las direcciones norte, noreste y noroeste. El aspecto se asocia a la textura del terreno, mostrando polígonos homogéneos de mayor área y polígonos más pequeños y menos homogéneos. El aspecto permite evidenciar en algunas zonas los elementos geomorfológicos de cimas, rampas, laderas y escarpes, mostrándose estos como líneas marcadas por el contraste entre aspectos opuestos.

Figura 18*Mapa de Aspecto***Nota:** Fuente: Autor.

6.2.1.5. Procesos morfodinámicos

Para el objeto del presente estudio es de vital importancia la descripción y análisis de los procesos morfodinámicos, puesto que estos corresponden a los procesos geodinámicos externos marcados principalmente por meteorización y erosión, que de alguna manera han modelado y aún continúan modelando el relieve del terreno. En este sentido, a partir de interpretación del ortomosaico que se obtuvo para el desarrollo del presente estudio, levantamiento en campo e información secundaria, en el área de estudio se logró identificar un movimiento en masa complejo, compuesto por los siguientes procesos morfodinámicos **Figura 19**.

6.2.1.5.1. Movimientos en masa tipo deslizamientos

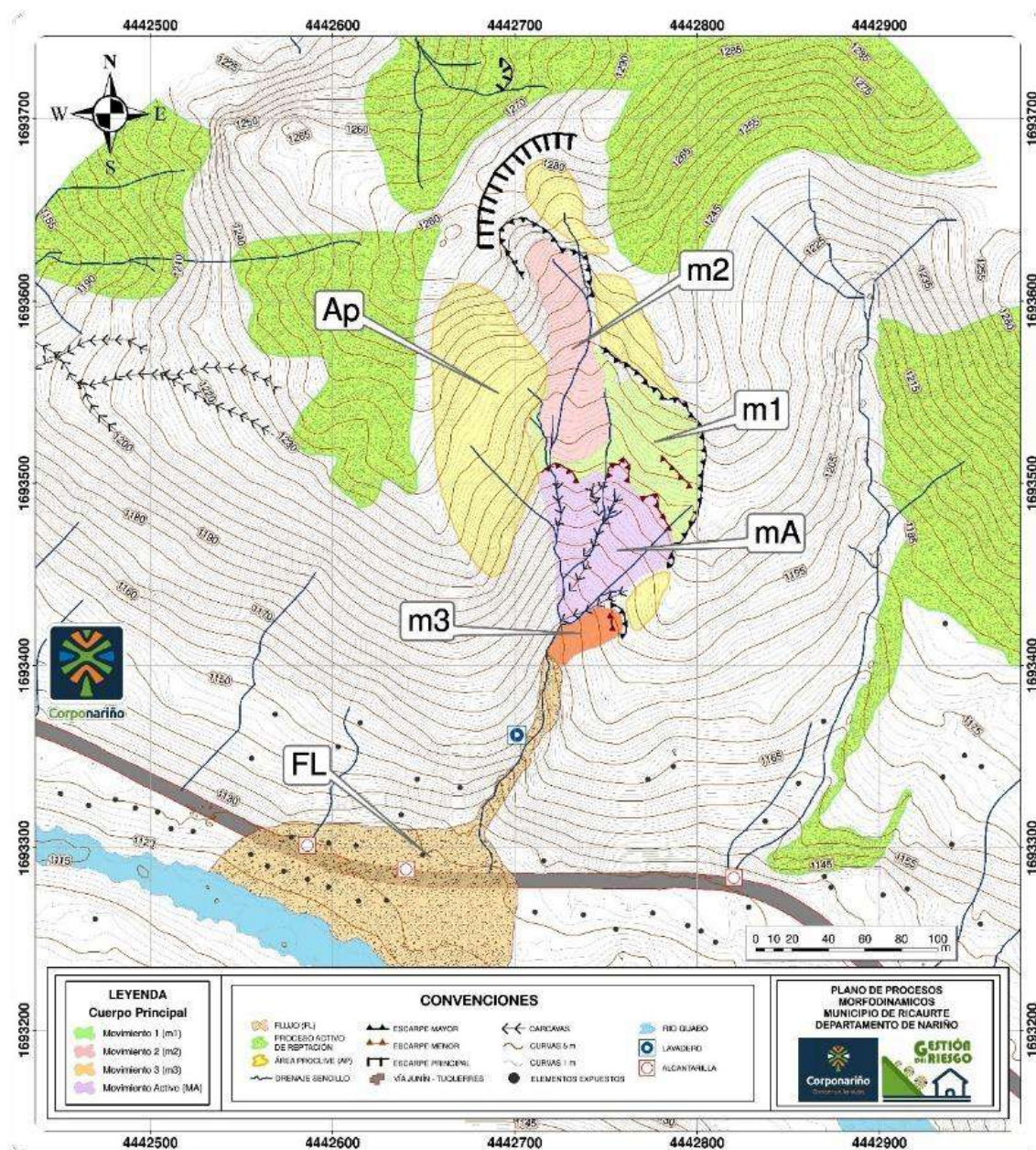
Es importante resaltar que la zona se encuentra sometida a procesos erosivos intensos por acción de agua lluvia principalmente, además de actividades antrópicas por deforestación y cambio de cobertura natural, es por ello que en su mayoría los materiales se encuentran altamente meteorizados y por lo general son moderadamente compactos y según factores como las altas pendientes y otros rasgos físicos, unos sectores presentan mayor inestabilidad que otros.

Se debe resaltar que a partir del evento que ocurrió el día 12 de mayo del año 2020, después de intensas lluvias, se generaron los movimientos en masa que se encuentran marcado la geomorfología actual de la parte alta de la zona de estudio, y se encuentran latentes siendo altamente susceptibles a que se reactiven y aporten gran cantidad de material en el caso que se presente un flujo torrencial.

A partir de la interpretación de fotografías aéreas y el recorrido en campo se logró identificar 3 deslizamientos latentes y una zona de inestabilidad activa. (Apéndice C)

Figura 19

Mapa de Procesos Morfodinámicos



Nota: Las abreviaturas Ap: Área Proclive de MM. M1: Movimiento en masa 1. M2: Movimiento en masa 2. M3: Movimiento en masa 3. mA: Movimiento en masa activo. FL: Flujo.

- **Deslizamiento 1.**

De acuerdo con lo observado en campo y la fotointerpretación este es el deslizamiento más antiguo y el de mayor extensión, con una corona de aproximadamente 160 metros de longitud y un escarpe principal que varía su altitud de desplazamiento entre 1 y 3 metros (**Figura 20A**), tiene una longitud tomados desde la corona hasta el pie de 150 metros y un ancho de 100 metros (**Figura 20**).

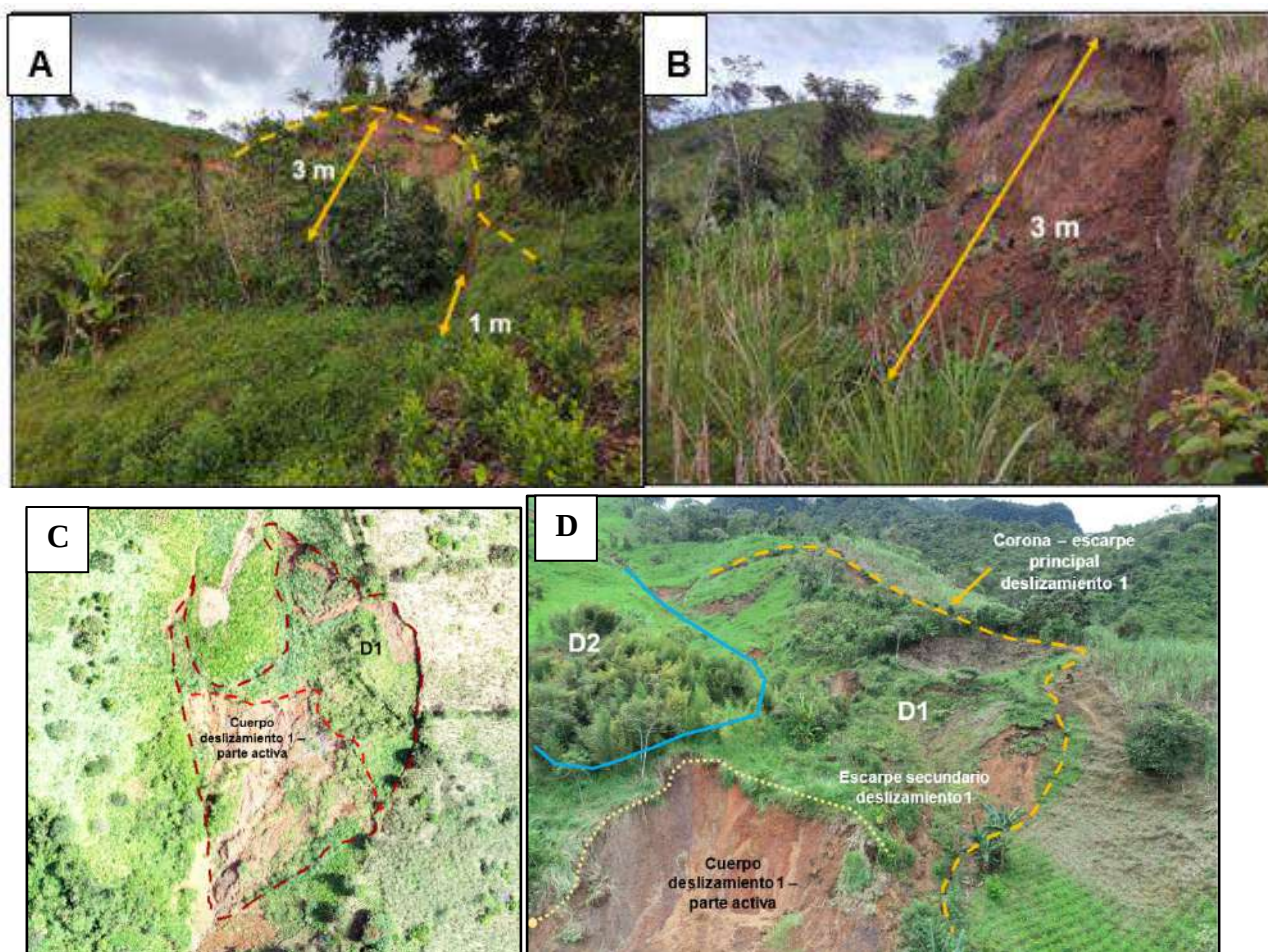
El material que compone este movimiento corresponde a suelos transportados de arcilla a limoso, de color rojizo y gris, son suelos cohesivos, con media a alta plasticidad y humedad moderada de consistencia muy blanda. Y geomorfológicamente hace parte de laderas erosivas con pendientes de muy abruptas (21° - 30°) a escarpadas (31° - 45°), de laderas cortas a moderadas.

Este deslizamiento tiene rasgos como grietas de tensión en la parte alta cercanas a la corona, que tienen profundidades de aproximadamente 1 metro y se encuentran cubiertas por pastos que han crecido en esta zona, por lo cual se puede inferir que se trata de un movimiento traslacional, sin embargo, no es clara la superficie de falla y se requiere de estudios geotécnicos más detallados para definir estos rasgos. Así mismo se observó que en el cuerpo de deslizamiento se presentan movimientos más pequeños y escarpes secundarios.

Un rasgo particular de este deslizamiento es que presenta un escarpe secundario de aproximadamente 120 m de longitud, marcando una zona de inestabilidad en el talud y que a su vez corresponde al cuerpo y pie del movimiento principal, haciendo que esta zona presente una alta susceptibilidad ante nuevos deslizamientos (**Figura 20C-D**).

Figura 20

Deslizamiento 1. A. Medidas Escarpe Principal del Deslizamiento 1. B. Deslizamiento 1 Visto de Planta. C. Deslizamiento 1 visto de frente. D. Vista Vuelo Drone.



Nota: A-B-C Fuente: Autor. D. Adaptado vuelo Drone Alcaldía Municipal 12 de mayo de 2020.

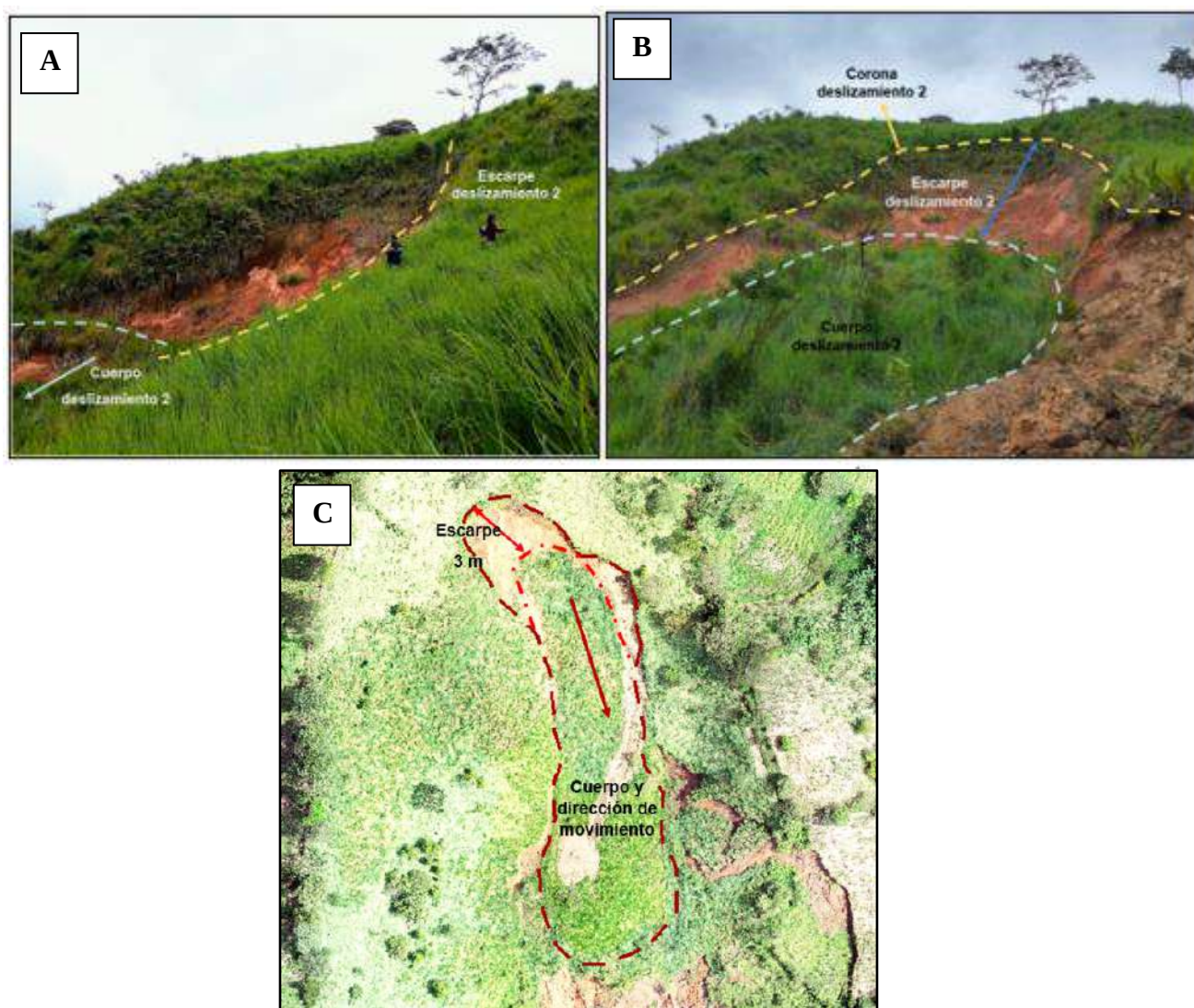
- **Deslizamiento 2.**

Corresponde a un movimiento más reciente que el deslizamiento 1, se generó entre el día 11 y 12 de mayo de 2020 después de intensas lluvias que se presentaron en la región, este tiene una corona de 100 metros aproximadamente, y una longitud de 140 metros tomados desde la corona hasta el pie. Este movimiento se caracteriza por tener un escarpe de aproximadamente 6

metros, mostrando una superficie de falla curva típica de un movimiento rotacional. El material corresponde a suelos transportados arcillosos de color amarillo – rojizo, muy plásticos y altamente saturados (**Figura 21**).

Figura 21

A-B.. Vistas Frontales y Laterales Deslizamiento 2. C. Deslizamiento 2 Visto de Planta.



Nota: Fuente: Autor.

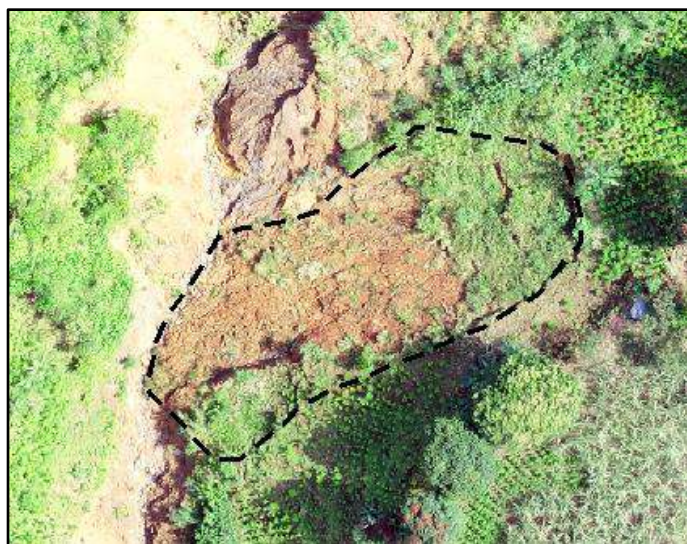
- **Deslizamiento 3.**

Este es el movimiento más pequeño y el más reciente que se ubica al pie del deslizamiento No. 1, tiene una corona (escarpe principal) de aproximadamente 20 metros, con una longitud de 50 m tomada desde la corona hasta el pie del talud. Tiene un escarpe de aproximadamente 1.5 m, con una superficie de falla semi-cóncava indicando un movimiento rotacional, donde se distingue algunas grietas en el cuerpo de movimiento y el material corresponde a suelos residuales arcillosos de color rojizo (

Figura 22).

Figura 22

Movimiento 3 Visto de Planta



Nota: Fuente: Autor.

6.2.1.5.2. Movimiento en masa tipo flujo

Este flujo se presentó el día 12 de mayo de 2020, después de que las intensas lluvias saturaran los suelos en la parte alta de la ladera, generando deslizamientos los cuales se describieron anteriormente; y que según relatos de la comunidad el material desprendido se represó en la parte alta el día 11 y 12 de mayo y con las continuas lluvias colapsó transportándose como un flujo de lodos a lo largo de la fuente hídrica, este flujo se depositó sobre algunas viviendas

causando la destrucción de 4 de estas, pasando sobre la carretera principal inhabilitándola hasta depositarse sobre la margen del Río Guabo (Río Guiza) (**Figura 23**).

Este flujo está compuesto por suelos transportados arcillosos de color rojizo – marrón, son suelos cohesivos, muy plásticos, húmedos a saturados y consistencia muy blanda.

Figura 23

Vista Flujo Torrencial, Imagen Tomada Entre el Dia 12 y 13 de mayo de 2020.



Nota: Reproducido de Alcaldía Municipal de Ricaurte, 2020.

6.2.1.5.3. Áreas propensas a movimientos en masa

Como se ha mencionado anteriormente las laderas de la zona de estudio se encuentran sometidas a procesos de erosión y por tanto su geomorfología está marcada por ambientes denudativos, dentro de los cuales se distinguen zonas proclives o propensas a movimientos en masa, estas zonas se encuentran marcadas por hundimientos en el terreno, donde los suelos están

altamente saturados y debido a fuertes lluvias pueden colapsar generando nuevos deslizamientos (Figura 24).

Figura 24

Zonas Proclives o Propensas a Movimientos en Masa



Nota: Fuente: Autor.

6.2.1.5.4. Cárcavas

La erosión en cárcavas se da por acción y transporte de agua superficial sobre los materiales arcillosos, estas se presentan principalmente sobre el cuerpo del deslizamiento No. 1 y tienen profundidades menores a 1 metro (Figura 25).

Figura 25*Erosión en Cárcavas***Nota:** Fuente: Autor.**6.2.1.5.5. Reptación**

A lo largo de la zona de estudio se observa procesos de reptación marcados por escalonamientos en el terreno, donde en su mayoría los suelos se encuentran altamente saturados, estas zonas también son propensas a la generación de deslizamientos, sin embargo, se trata de movimientos en el terreno y se aceleran por acción antrópica como la deforestación y acción de agua esorrentía (**Figura 26**).

Figura 26*Procesos de Reptación Zona de Estudio**Nota: Fuente: Autor.***6.2.1.6. Análisis multitemporal**

Para el análisis multitemporal se tuvo en cuenta la imagen satelital del 2018 (**Figura 27A**), el sobrevuelo en dron del día del evento en el año 2020 (**Figura 27B**) y el sobrevuelo en dron del año 2021(**Figura 28**), estos últimos se compilaron para general el mapa de procesos morfodinámicos actuales. Adicionalmente, con la información obtenida el día del evento, se delimitaron las alturas promedias del flujo de lodos (**Figura 29**).

Figura 27

A. Imagen Satelital Fecha 10/10/2018. **B.** Fotografía Drone el Dia del Evento 13/05/2020



Nota: Fuente: **A.** ESRI, 2018. **B.** Alcaldía Municipal de Ricaurte, 2020.

El día del evento debido a la alta temporada de más lluvias, se presentó un deslizamiento complejo, que ocasiono un flujo de lodos a lo largo de la fuente hídrica, este flujo se depositó sobre algunas viviendas causando la destrucción de 4 de estas, pasando sobre la carretera principal

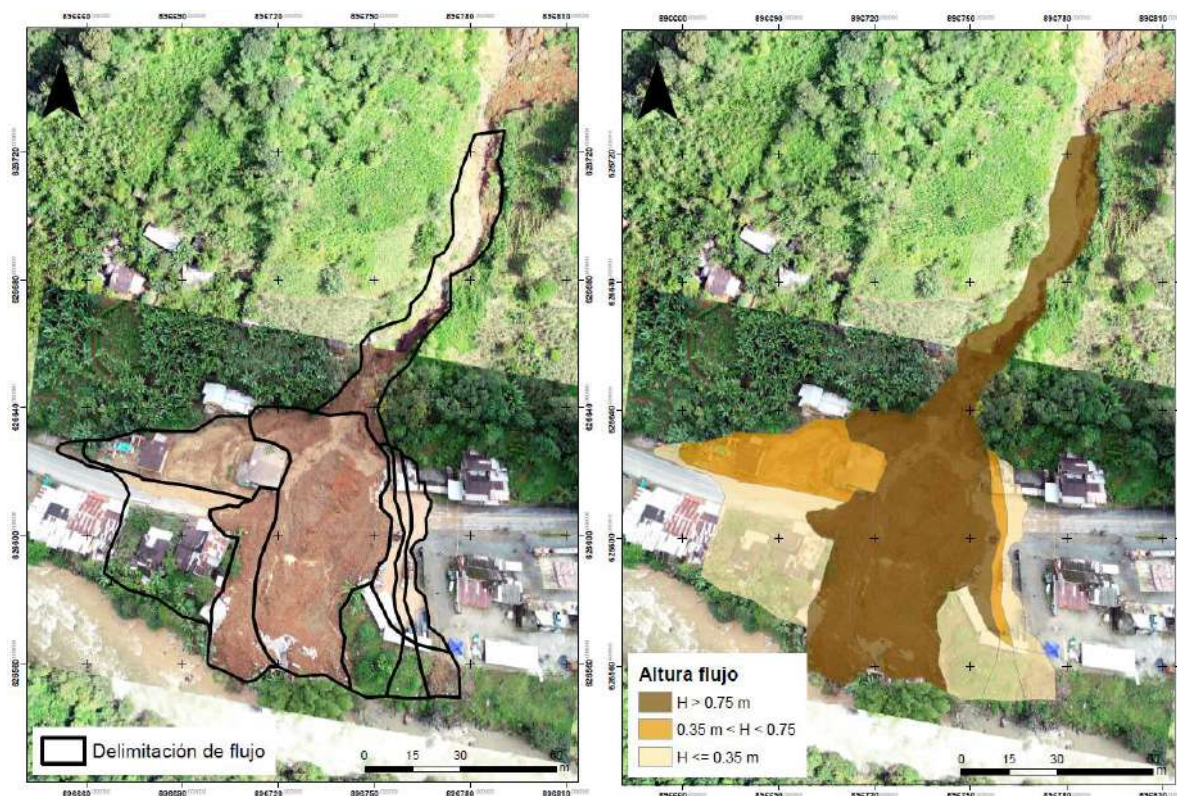
inhabilitándola hasta depositarse sobre la margen del Río Guabo Este flujo, presentó diferentes alturas de acumulación (**Figura 29**), el primer pulso de acumulación tiene una altura promedio mayor a 0.75m, este pulso fue el ocasiono más destrucción. Seguidamente, se logró delimitar el flujo que presenta alturas que oscilan entre 0.35m hasta 0.75m, este último inhabilitó las entradas a diferentes viviendas. Finalmente, el flujo que presenta alturas menores a 0,35 se comportó como un flujo de agua.

Figura 28

Fotografía de Drone. Fecha 11/03/2021



Nota: Fuente: Corponariño, 2021.

Figura 29*Flujo del Día del evento.*

Nota: Fuente: Corponariño, 2021. Donde A. representa la delimitación del flujo de lodos; B. Las alturas promedio del flujo.

Después de analizar e interpretar las imágenes satelitales del año 2018 y 2020, se logró obtener dos mapas de procesos morfodinámicos (

Figura 30, Figura 19), en los cuales es importante señalar que los procesos más abundantes son los procesos activos de reptación, así como también los de movimientos en masa.

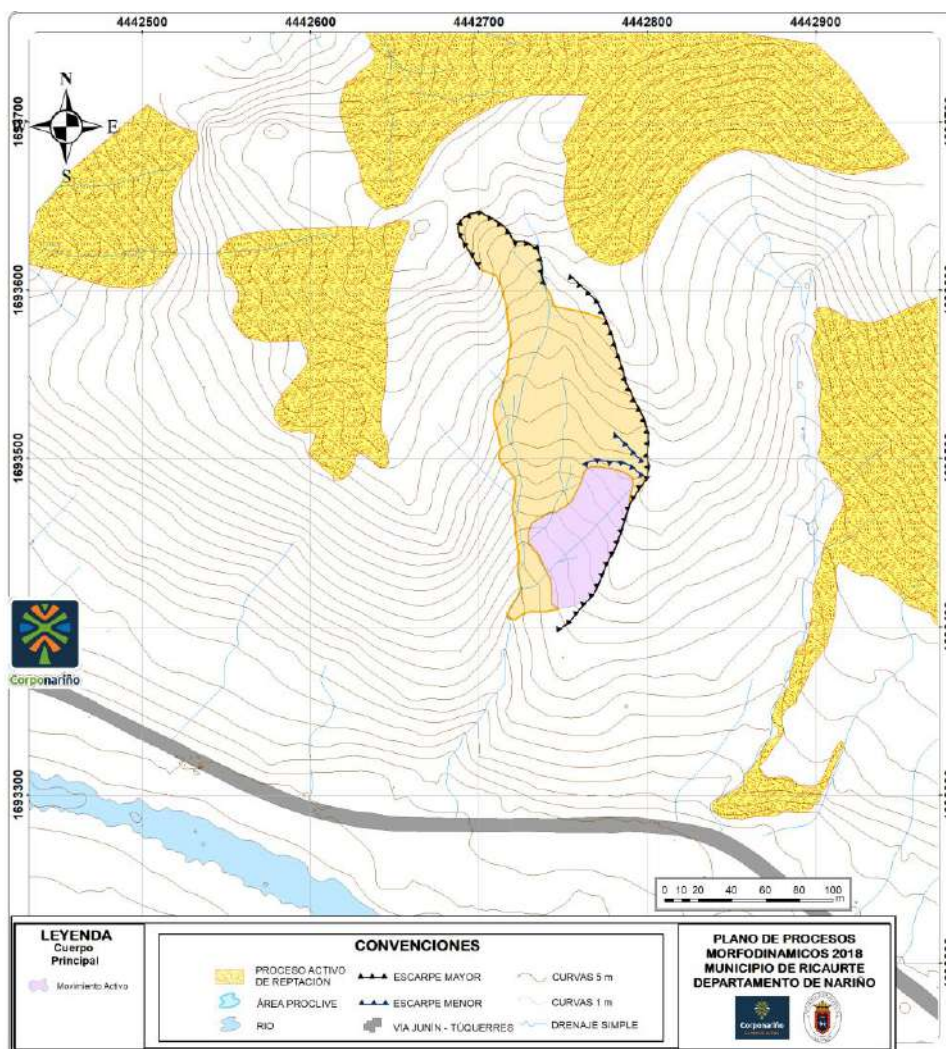
En el año 2018, se pudo observar, que existe un proceso activo de remoción en masa y que además se presentan escarpes mayores y grietas, por el cual, en un futuro podrían generar movimientos en masa; así se pudo corroborar con el mapa de procesos morfodinámicos actuales,

ya que esos escarpes o áreas proclives a MM, colapsaron y generaron el movimiento en masa complejo actual que desencadenó un flujo de lodos.

Es importante recalcar que estos procesos ocurrieron en un lapso de tiempo muy corto de aproximadamente de 2 años, por lo cual, es de vital importancia, tener en cuenta el mapa de procesos morfodinámicos actuales, debido a que se observan áreas proclives, que posiblemente en un lapso de tiempo muy corto, colapse y se genere un MM mucho más grande. Adicionalmente, con el trabajo en campo se puede verificar que en la zona NW, se presentan diferentes escarpes de deslizamientos activos. Es por esto, que es necesario que se lleve a cabo sistemas de monitoreo artesanales a aquellas grietas y escarpes para llevar un registro sobre los movimientos del terreno y así mitigar efectos a futuro.

Figura 30

Análisis Multitemporal Año 2018.



Nota: Fuente: Autor.

6.2.2. Elementos Geomorfológicos

De acuerdo con la jerarquización sugerida por (Carvajal, 2011), en el área de estudio se diferenciaron provincias, unidades, subunidades y elementos geomorfológicos de los siguientes ambientes morfogenéticos: Denudacional – Fluvial – Antropogénico, siendo el ambiente más predominante el denudacional con un 75% del área total de estudio, correspondientes a 2654.46 m², seguido del ambiente fluvial con un 20% que corresponden a 7016.46m² y finalmente el ambiente antropogénico con un 5% que corresponden a 1980.17 m².

Se identificaron y clasificaron 17 elementos geomorfológicos (**Tabla 4** y **Figura 31**). Para ello se tomó como base los criterios genéticos, morfológicos y geométricos, los cuales permitieron establecer los diferentes ambientes de formación; para las geoformas de origen denudacional se definen procesos de erosión, transporte, y acumulación; para los procesos fluviales se tiene como referencia la dinámica aluvial – fluvial activa y finalmente para las geoformas antropogénicas, se tuvo de referencia la intervención del hombre sobre el terreno.

El mapa de elementos geomorfológicos obtenidas a partir de la interpretación de los insumos y el trabajo en campo se presenta en la **Figura 31**, y se describe en los siguientes apartados.

Tabla 4

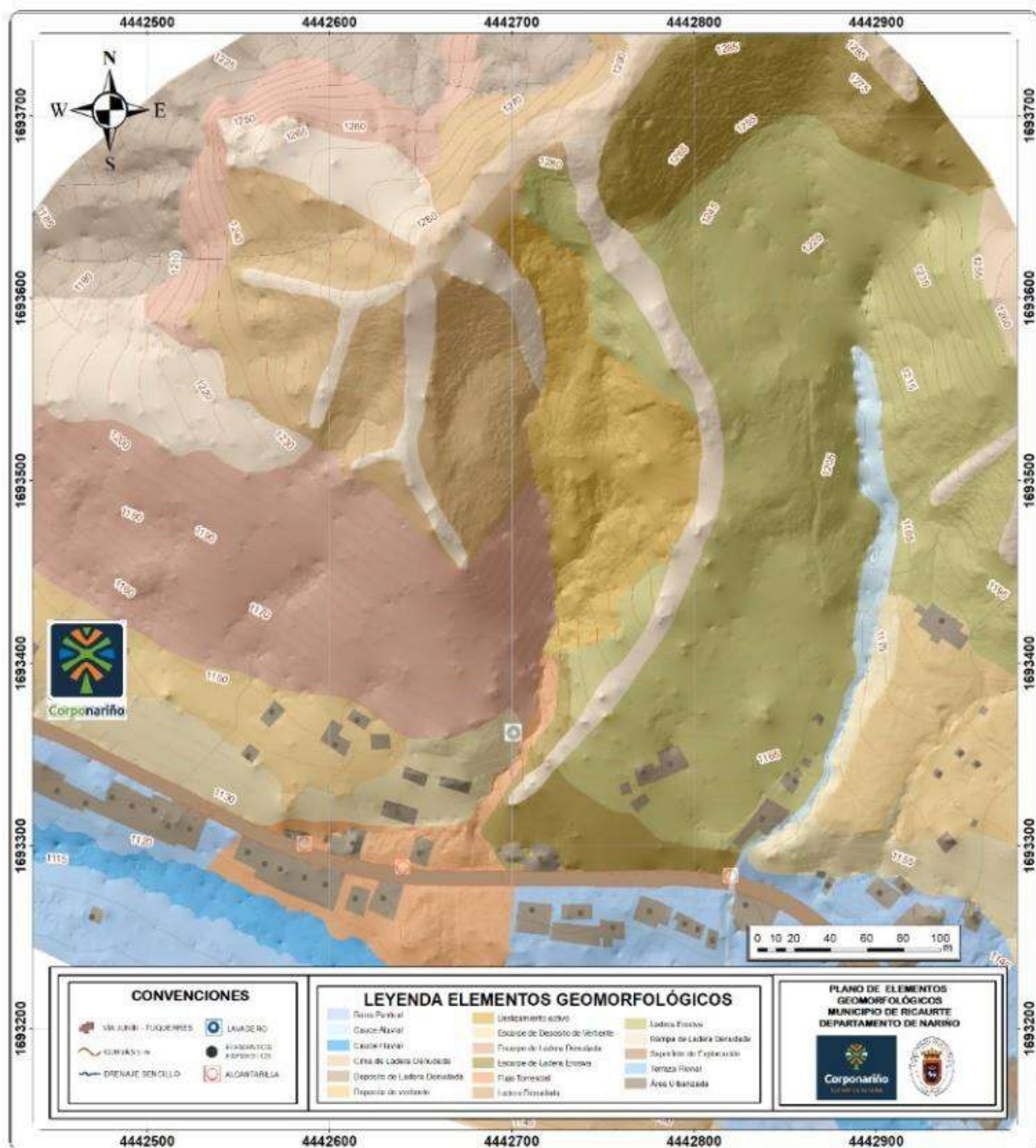
Geomorfología de la Zona de Estudio.

UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE GEOMORFOLOGICO	SIMBOLOGÍA	NO. DE POLÍGONOS	ÁREA (m2)	ÁREA (%)
ANTROPOGÉNICO	ANTROPOGÉNICO	ÁREA URBANIZADA	Aur	87	14283,44683	4,001966
		SUPERFICIE DE EXPLANACIÓN	Ase	3	5518,291209	1,546126
VALLE FLUVIAL	PLANICIE ALUVIAL	CAUCE ALUVIAL	Fca	1	3031,764207	0,849446
	PLANICIE FLUVIAL	CAUCE FLUVIAL	Fcf	1	13029,25864	3,650565
	PLANICIE FLUVIAL	BARRA PUNTUAL	Fbp	1	645,175816	0,180767
	TERRAZA FLUVIAL	DEPÓSITO FLUVIAL - COLUVIAL	Fdf	1	1718,434076	0,481474
	TERRAZA FLUVIAL	TERRAZA FLUVIAL	Ftf	3	41210,80727	11,54653
CERROS RESIDUALES	LADERAS DENUDADAS	CIMA DE LADERA DENUDADA	Dcl	3	9603,987785	2,690865
		DEPÓSITO DE LADERA DENUDADA	Ddl	2	16508,83766	4,62548
		DEPÓSITO DE VERTIENTE	Ddv	2	24278,76223	6,802474
		DESIZAMIENTO ACTIVO	Dda	1	12901,91371	3,614885
		ESCARPE DE DEPÓSITO DE VERTIENTE	Ded	2	17324,45086	4,854
		ESCARPE DE LADERA DENUDADA	Del	2	42266,00354	11,84218
		ESCARPE DE LADERA EROSIVA	Dele	2	17134,57699	4,800801
		FLUJO	Dft	1	7753,012357	2,172255
		LADERA DENUDADA	Dld	6	36530,35953	10,23515
		LADERA EROSIVA	Dle	5	67624,81635	18,94726
		RAMPA DE LADERA DENUDADA	Drl	8	25546,89174	7,157781

Nota: Fuente: Autor.

Figura 31

Mapa Geomorfológico Escala 1:5.000



Nota: Fuente: Autor.

6.2.2.1. Ambiente Denudacional

Incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que remodelan y dejan remanentes de las unidades preexistentes y de igual manera, crean nuevas por la acumulación de sedimentos. (Carvajal, 2011). Este ambiente es el más importante ya que cubre alrededor del 75% del área de estudio y adicionalmente, es donde se presentan los fenómenos de remoción en masa. A continuación, se describen los elementos geomorfológicos del ambiente denudacional:

- **Cima de ladera denudada (Dcl)**

Comprenden la parte superior de las laderas denudadas y son las áreas de mayor estabilidad. Se caracterizan por tener una forma alargada y estrecha, en promedio tienen un ancho de 15 – 35 m y longitudes mayores de 100 m. Tiene una pendiente variable desde 2° a 4° desde inclinación plana a casi plano a suavemente inclinado. Este elemento geomorfológico establece las divisoras de agua.

Se encuentra ubicado en la parte superior de la zona de estudio y cuenta con un área aproximada de 2,7 %, que corresponden a 16508,8 m² (**Figura 32**).

Figura 32

Cima de Ladera Denudada (Dcl) y Rampa de ladera denudada (Drl)



Nota: Fuente: Autor.

- **Rampa de ladera denudada (Drl)**

En la zona de estudio se presentan como superficies de transición entre los flancos de las laderas denudadas y/o erosionadas y las cimas de laderas denudadas. Estos elementos se caracterizan por presentar pendientes suaves a moderadamente abruptas (Entre 2° a 16°) se encuentran alrededor de las cimas a alturas menores que esta y no necesariamente están conectadas con las cimas de ladera denudada. Se encuentran ubicado en la parte superior izquierda y derecha de la zona de estudio, presentan un área aproximada de 7,1 % que corresponde a 25546,9 m².

(Figura 32)

Figura 33*Rampa de Ladera Denudada (Dcl)**Nota: Fuente: Autor.*

- **Ladera denudada (Dld)**

Este elemento geomorfológico se caracteriza por presentar un relieve moderadamente abrupto a abrupto con unas pendientes aproximadas de 8° a 35° , son laderas cortas de aproximadamente 106 m de longitud, presentan variaciones en su curvatura de cóncavas a convexas. Debido a su abrupto relieve, estas laderas presentan mayor susceptibilidad en el terreno ante movimientos en masa y a procesos denudacionales intensos como erosión y reptación, debido a que los valores de pendientes son muy altas. En algunas zonas, se encuentran superficies de depósitos de ladera y cicatrices de procesos de remoción antiguos (**Figura 34**).

Las laderas denudadas se encuentran ubicadas en la parte superior izquierda de la zona de estudio y se caracteriza por presentar un área de 10,23% que corresponde a 36530,3 m².

Figura 34

Ladera Denudada (Dld), Ladera Erosiva (Dle) y Escarpe de Ladera Denudada (Deld)



Nota: Fuente: Autor.

- **Ladera erosiva (Dle)**

Corresponde a superficies del terreno de longitud corta (aproximadamente de 100 m) con pendientes abruptas ($16 - 35^\circ$), presenta procesos erosivos intensos en los suelos transportados del área de estudio, adicionalmente, presenta poca vegetación lo que facilita estos procesos. Se encuentra ubicadas en la parte central derecha de la zona de estudio y presenta un área aproximada de 18,8 % que corresponde a 67624,81 m². (**Figura 34**)

- **Depósito de ladera denudada (Ddl)**

Este elemento geomorfológico corresponde a superficies de acumulación de depósitos antiguos de deslizamientos, se encuentran generalmente en la parte baja de la ladera denudada con forma convexa en la zona de acumulación del material y cóncava asociada a los escarpes de estos depósitos. Estas superficies tienen inclinaciones variables desde 1° a 16° con un relieve de plano

a casi plano a moderadamente abrupto. Se encuentran ubicadas en la parte superior izquierda del área de estudio y presenta un área aproximada de 4,5% que corresponde a 16508,8 m².

- **Depósito de vertiente (Ddv)**

Son superficies de acumulación de depósitos de deslizamientos antiguos, se encuentran generalmente en la parte baja de escarpes de ladera desnuda y de laderas erosivas, se caracteriza por presentarse en forma convexa en la zona de acumulación del material y cóncava asociada a los escarpes de estos depósitos. Estos depósitos tienen inclinaciones variables desde 1° a 8°, con un relieve de plano a casi plano a inclinado. Este elemento geomorfológico, se encuentra localizado en la parte superior izquierda y en la parte inferior derecha del área de estudio, presenta un área aproximada de 6,8 % que corresponde a 24278,8 m². **(Figura 35)**

Figura 35

Depósito de Vertiente



Nota: Fuente: Autor.

- **Deslizamiento Activo (Dda)**

Este elemento geomorfológico corresponde a superficies de los procesos morfodinámicos activos de erosión y remoción en masa. Predominan los procesos erosivos como surcos y cárcavas, y los procesos de remoción de tipo complejo rotacional con diferente grado de actividad. Presenta inclinaciones promedias de 8° a 35° que corresponden a relieves moderadamente abrupto a abrupto, este tipo de características son muy susceptibles a procesos de remoción en masa y desarrollo de procesos erosivos. Este componente geomorfológico se encuentra ubicado en la parte media del área de estudio, se caracteriza por ser fácilmente identificables en campo debido a la ausencia de vegetación y exposición del material removido.

Además, presenta un área aproximada de 3,6 % que corresponde a $12901,9 \text{ m}^2$, tiene una longitud aproximada de 200 m y un ancho máximo de 94m. (**Figura 36**)

Figura 36

Deslizamiento Activo



Nota: Fuente: Autor.

- **Escarpe de depósito de vertiente (Dee)**

Este componente geomorfológico se presenta como franjas muy cortas ($< 50\text{m}$) en los bordes de los depósitos de vertientes. Se caracteriza por presentar pendientes abruptas a moderadamente abruptas ($8^\circ - 35^\circ$), además, presenta un contraste con las zonas subhorizontales de las superficies de depósito de vertiente, son originadas por la erosión causada por los afluentes que labran el cauce aluvial de quebradas. Presenta un área aproximada de 4,8 % que corresponde a $17324,45 \text{ m}^2$. (**Figura 37**)

Figura 37

Escarpe de depósito de vertiente (Dee) y Cauce aluvial (Fca)



Nota: Fuente: Autor.

- **Escarpe de ladera denudada (Deld)**

Corresponde a escarpe de laderas cortas (aprox. 130m), que se encuentra localizada en la parte baja de la ladera denudada. Se caracteriza por presentar relieves abruptos a muy abruptos ($16^\circ - 55^\circ$). De forma cóncava. Se caracteriza por ser muy susceptible a erosión y procesos denudacionales intensos. Presenta un área aproximada de 11,74 % que corresponde a 42266 m^2 . (**Figura 38**)

Figura 38*Escarpe de Ladera Denudada**Nota: Fuente: Autor.*

- **Escarpe de ladera erosiva (Dele)**

Corresponde a escarpe de laderas cortas (aprox. 60m), que se encuentra localizada en la parte baja de la ladera erosiva. Se caracteriza por presentar relieves abruptos a muy abruptos (16° - 55°). De forma cóncava. Se caracteriza por ser muy susceptible a procesos erosión intensos. Presenta un área aproximada de 11,74 % que corresponde a 42266 m². (**Figura 39**)

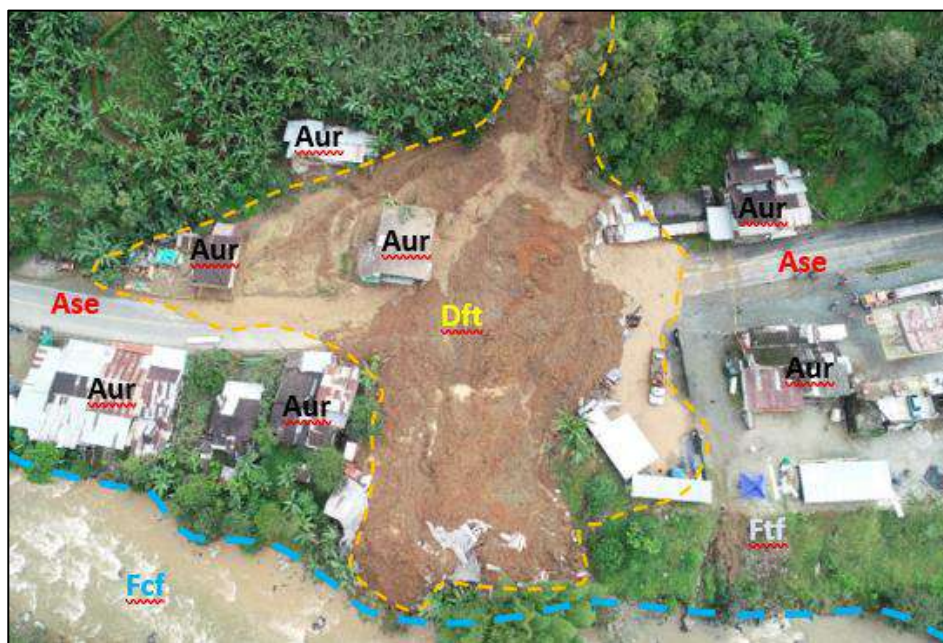
Figura 39*Escarpe de Ladera Erosiva**Nota: Fuente: Autor.*

- **Flujo (Dft):**

Estas geoformas corresponden a depósitos transportados y acumulados durante eventos de grandes avenidas torrenciales (flujo de detritos) como producto de la acción de procesos de remoción en masa intensos y de corta duración que transportaron y acumularon grandes cantidades de material como suelos transportados y parte de infraestructuras de viviendas (**Figura 40**). Presenta un área aproximada de 2,5 % que corresponde a 7753,01m

Figura 40

Flujo (Dft), Áreas Urbanizadas (Aur), Superficie de explanación (Ase), Cauce Fluvial (Fcf), Terraza Fluvial (Ftf)



Nota: Fuente: Autor.

6.2.2.2. Ambiente Fluvial

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. (SGC, 2015)

- **Cauce Aluvial (Fca)**

Canal de forma irregular excavado por erosión de quebradas en la parte superior derecha del área de estudio. Presenta un área aproximada de 0,84 % que corresponde a 3031 m². (**Figura 40**).

- **Cauce Fluvial (Fcf)**

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes del río Guabo sobre rocas o sedimentos. La dinámica observada en estos cauces muestra que las corrientes de dichos ríos transportan una carga compuesta de sedimentos finos en suspensión, como también una carga de fondo significativa constituida principalmente por arena y algo de grava donde la acumulación de las partículas más finas aumenta la estabilidad del banco. Son unidades donde se presentan principalmente el transporte de material, alrededor de esta unidad se presentará erosión y depositación dando origen a nuevas unidades geomorfológicas. Presenta un área aproximada de 3,62 % que corresponde a 13029,2 m². (**Figura 40**).

- **Barra Puntual (Fbp)**

Cuerpo en forma de medialuna de morfología suave ondulada, se compone de crestas y artesas curvas de poca altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros de los ríos, producto de la acumulación de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce del río Guabo. Presenta un área aproximada de 0,38% que corresponde a 1372 m². (**Figura 41**)

- **Terraza Fluvial (Ftf)**

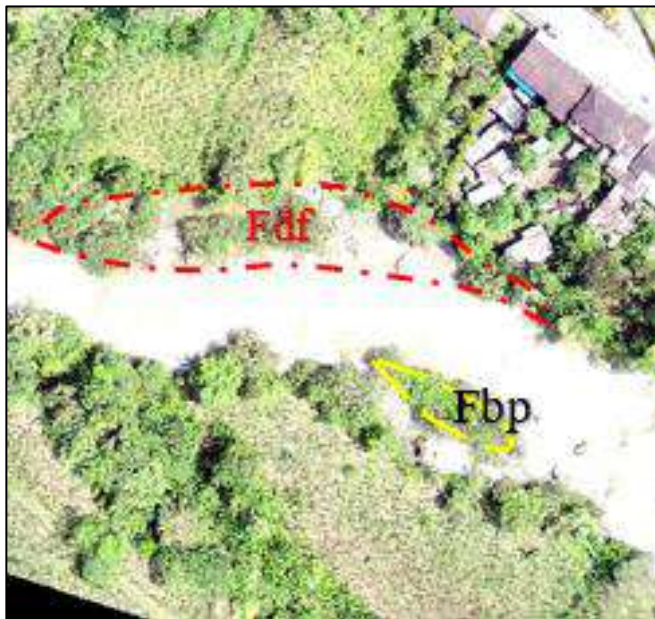
Superficie elongada, plana a moderadamente abrupta (1° a 16°), que ha sido modelada sobre sedimentos fluviales y se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diversas alturas que siguen el cauce de un río. Su origen se relaciona a procesos de erosión y acumulación aluvial, sobre antiguas llanuras de inundación. Su formación se da por fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Presenta un área aproximada de 11,54 % que corresponde a 41210,8 m². (**Figura 40**).

- **Depósito fluvial – coluvial (Fdf)**

Está conformado por superficies de acumulación de la dinámica fluvial del río guabo y así como también de las quebradas que desembocan en este río. Está caracterizado por presentar fragmentos de rocas de tamaño bloque, que se encuentran de forma desordenada. Presenta un área aproximada de 0,481 % que corresponde a 1718,43 m². (**Figura 41**)

Figura 41

Depósito Fluvial - Coluvia (Fdf) y Barra Puntal (Fbp)



Nota: Fuente: Autor.

6.2.2.3. Ambiente Antropogénico

Incluye las geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, deposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno (SGC, , 2015).

- **Área Urbanizada (Aur)**

Corresponde a las áreas que actualmente están consolidadas y presentan una importante cantidad de construcciones a nivel de viviendas. Presenta un área aproximada de 3,96 % que corresponde a 14283,4 m². (**Figura 40**).

- **Superficie de Explanación (Ase)**

Planos de allanamiento en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno (SGC, , 2015). Presenta un área aproximada de 1,53 % que corresponde a 5518,3 m². (**Figura 40**).

7. CONCLUSIONES

Los materiales aflorantes en el área de estudio corresponden en su totalidad a unidades de suelos. Para fines ingenieriles, se clasificaron según el origen del suelo y los parámetros geomecánicos.

En la zona de estudio se determinaron cinco unidades de geología para la ingeniería, las cuales son Suelo transportado coluvial antiguo (Stca), Suelo transportado coluvial reciente (Stcr), Suelo Transportado de flujo torrencial (Stft), Suelo transportado de cauce activo (Stfca) y Suelos antrópicos (Sant), estas unidades de suelo se caracterizan principalmente por presentar una textura arcillosa, areno-arcillosa, arcillo-arenosa, presentan plasticidad alta a media y alto contenido de agua.

El sector Chambú, se caracteriza geomorfológicamente por presentar morfologías de tipo denudacional, fluvial y antropogénico. El ambiente geomorfológico que predomina en esta zona, es el denudacional, lo que indica que el área se encuentra controlada por procesos moderados a intensos de meteorización y erosión, provocando a futuro inestabilidad en el terreno y procesos de remoción en masa.

El área donde se presenta el deslizamiento complejo es propensa a procesos morfodinámicos activos, presenta relieves moderadamente abruptos a abruptos, con inclinaciones promedias de 8° a 35°, con procesos morfodinámicos activos de reptación y procesos erosivos como surcos y cárcavas.

La evolución morfodinámica de la zona de estudio está marcada por diferentes procesos denudativos dados principalmente por acción del agua, el viento y la acción del hombre. Esto está evidenciado por el estado de los suelos que afloran en la zona, además de los diferentes rasgos morfológicos de la ladera. En la zona de estudio, se evidenció un movimiento en masa complejo,

compuesto por tres deslizamientos, el deslizamiento No. 1, corresponde al primer movimiento del terreno el cual se encuentra latente en la parte alta, y hacia el cuerpo y pie se encuentra activo y esta zona es la que aporta constantemente material a la fuente hídrica, puesto que tiene el material menos compacto y esta como suelo descubierto. El deslizamiento No. 2, corresponde a un segundo movimiento que, por la morfología del terreno, el bloque desprendido se depositó por encima del deslizamiento No. 1, y este se encuentra latente con materiales altamente saturados. Finalmente, el deslizamiento No.3 es el movimiento más reciente y se ubica al pie del deslizamiento No. 1, este se encuentra activo y los materiales están altamente saturados y poco compactos, siendo de igual manera uno de los principales aportantes de sedimentos a las fuentes hídricas.

8. Recomendaciones

- Se recomienda tener presentes las áreas que se definió como proclives a Movimientos en Masa, puesto que pueden ser aportantes de nuevo material para el deslizamiento principal, así como también la aparición de nuevos deslizamientos que pueden tener repercusiones a la población.
- Se recomienda no habitar las viviendas que fueron afectadas por el Movimiento en Masa Complejo, debido a que representa alta probabilidad que pueda volver a ocurrir algún incidente asociado a flujo de lodos o deslizamientos.
- Es necesario realizar monitoreos artesanales constantes al deslizamiento en masa, midiendo las grietas de tensión para así tener un registro de la distancia del movimiento, para así poder mitigar algún evento futuro.
- Se recomienda realizar estudios geotécnicos con ensayos de laboratorio para conocer más exacto las características físico-mecánicas del suelo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Carvajal, J. (2011). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica de Colombia*.

Bogotá: INGEOMINAS.

Carvajal, J. H. (2011). *PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA EN COLOMBIA*. SGC. Bogotá: INGEOMINAS.

CORPONARIÑO. (2020). *DESARROLLO DE LA FASE DE DIAGNOSTICO EN MARCO DE LA ACTUALIZACIÓN DEL POMCA DEL RÍO GÜIZA – ALTO MIRA*. Pasto.

DesInventar. (2018). *Base de Datos*. Obtenido de DesInventar:
<https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=col&continue=y>

Gallego, J. J., & Jaramillo, J. P. (2012). *Plan parcial de desarrollo de expansión El Pozo Municipio de Rionegro Antioquia. Informe final*.

GEMMA. (2007). *Movimientos en Masa en la Región Andina - Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA).

Golder Associates Inc. (2012). *Field Soil Description Guide*.

Gonzales de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.

Gray, D., & Sotir, R. (1996). *Biotechnical and soil bioengineering: Slope Stabilization, A practical guide for erosion control*. John Wiley and Sons.

Munsell. (2009). *Geological Rock Color Chart*. Munsell Color.

PMA: CGA. (2007). Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades Aandinas. Una Guía para la evaluación de amenazas. *Publicación Geológica Multinacional*, 432.

- SGC. (2015). *Anexo A Glosario de Unidades y Subunidades Geomorfológicas*. Bogotá.
- SGC. (2015). *Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Bogotá.
- SGC. (2016). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Escala Detallada*. Bogotá.
- SGC. (2017). *Guía Metodológica para la zonificación de la amenaza por movimientos en masa. Escala 1:25.000*. Bogotá.
- Sidle, R., & Ochiai, H. (2006). *Landslides Processes, Prediction and Land Use*. American Geophysical Union.
- SIMMA. (2020). *Sistema de Información de Movimientos en Masa*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano : <http://simma.sgc.gov.co/#/>
- Suárez, J. (2004). *Libro de Deslizamientos: Nomenclatura y Clasificación de los movimientos. Capítulo 1*. Bucaramanga. Obtenido de www.erosion.com
- Tragsa, & Tragsatec. (1994). *Restauración hidrológico - forestal de cuencas y control de erosión*. Madrid.
- Turner, K., & Schuster, R. (1996). *Landslides: Investigation and Mitigation (National Research Council (U.s.) Transportation Research Board Special Report)*. Transportation Research Board; First edición.
- UNGRD. (2020). *Riesgo por movimientos en masa en Colombia*. Obtenido de Portal de Gestión del Riesgo: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Riesgo-por-movimientos-en-masa-en-Colombia.aspx>
- Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and proccesses. *Special Report*, 11-33.

APÉNDICES

APENDICE A

Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis de ingeniería y zonificación de amenazas por movimientos en masa.

INCLINACIÓN (°)	PROCESOS CARACTERÍSTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO
0-2	Plano a casi plano. No hay denudación apreciable.
2-4	Suavemente inclinado. Movimientos en masa de baja velocidad y procesos erosivos de diferentes tipos, especialmente bajo condiciones periglaciares (solifluxión) y fluviales (erosión laminar y en surcos). Susceptible a desarrollar procesos erosivos.
4-8	Inclinado. Condiciones similares a las anteriores. Alta susceptibilidad a desarrollar procesos erosivos.
8-16	Moderadamente abrupto. Movimientos en masa de todos los tipos, especialmente solifluxión periglaciara, reptación y ocasionalmente deslizamientos, también erosión de tipo laminar y en surcos. Susceptible a erosión y deslizamientos.
16-35	Abrupto. Procesos denudacionales intensos de diferentes tipos (erosión bajo cubierta forestal, reptación, deslizamientos). Alta propensión al desarrollo de procesos erosivos.
35-55	Muy abrupto. Afloramientos rocosos, procesos denudacionales intensos, depósitos granulares caóticos de poco espesor.
>55	Extremadamente abrupto. Afloramientos rocosos. Procesos denudacionales muy fuertes, especialmente “denudación de escarpe”, susceptible a rodamientos de rocas.

Fuente: SGC, 2017.

APENDICE B

Suelo transportado coluvial antiguo. Muestra 1.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MAPAS DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA FORMATO DE CAMPO			
INFORMACIÓN GENERAL					
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'10.1"	Nombre	CORPONARIÑO
Municipio	Ricaurte	Longitud	78°00'13.7"	Fecha	8/06/2021
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1213	No. De estación	1
CLASE DE AFLORAMIENTO		SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X	Ord. Espesor (m)		Si es suelo residual:	
Corte superficial		Suelo antrópico		Horizonte	
Excavación Subterránea		Suelo residual		VI (Suelo residual)	
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X	V (Saprolito)	
		Roca		III, IV (Roca meteorizada)	
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS					
Unidad Geológica Superficial		Suelo transportado coluvial antiguo Stca			
No. Litologías asociadas a la UGS		1	X	Espesor (m)	2
		Espesor (m)			
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS					
TEXTURA	1	HUMEDAD NATURAL		PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS
Clasto-soportado		Seco		Baja	Estructuras heredadas
Intermedia	% matriz	70	Húmedo	X	Mediana
Matriz-soportado	X	30	Saturada	Alta	Fisuras
		Espesor (m)			
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ					
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2
Arcilla	5		No plástico	X	
Limo			Poco plástico		
Arena fina	65		Plástico		
Arena Media			Muy plástico		
Arena Gruesa					
Grava					
Guijos	20				
Cantos rodados	10				
			Color 1		
			Marrón moderadamente amarillento		
			PENETRÓMETRO		
			1		
			2		
			Registrar tres lecturas		
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS		
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):			DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		
1			2		
Muy Blanda			Suelta	X	
Blanda			Densa		
Media			Muy densa		
Firme					
Dura					
Muy Dura					
			FORMA DE LOS CLASTOS		
			Esférica		
			Discoidal		
			Prismática		
			Tabular		
			REDONDEZ DE LOS CLASTOS		
			1		
			2		
			Redondeada		
			Semirredondeada		
			Semiangulosa		
			Angulosa		
			ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS		
			Isotropía		
			Anisotropía		
			Imbricado		
ANEXOS DEL FORMATO					
FOTOGRAFÍAS					
Foto			Descripción	Fotografía de muestra de suelo, donde se observan los diferentes tipos de granulometría, además, que el suelo presenta alta humedad.	
OBSERVACIONES					
Suelos transportados de arena gravosa con trazas de arcilla (SP), de color marrón moderadamente amarillento (10YR 5/4 MUNSELL), matriz-soportados, compuesta por 8-10% de cantos rodados angulares a subredondeados con esfericidad media en su mayoría de rocas ígneas, 18-22% de guijos subredondeados a redondeados con esfericidad media, 65% Arena fina de fragmentos redondeados, alta esfericidad compuesta por cuarzo y fragmentos de color negro subredondeados a subangulares y 5% de arcillas; es un suelo no cohesivo, tiene compacidad suelta (SPT "N" = 4 a 10), es un suelo no plástico y húmedo.					

Suelo transportado coluvial antiguo. Muestra 2.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		MAPAS DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS FORMATO DE CAMPO	
INFORMACIÓN GENERAL					
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'16.5"	Nombre	CORPONARIÑO
Municipio	Ricaurte	Longitud	78°00'13.0"	Fecha	8/06/2021
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1220	No. De estación	2
CLASE DE AFLORAMIENTO		SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X	Ord. Espesor (m)		Si es suelo residual:	
Corte superficial		Suelo antrópico		Horizonte	
Excavación Subterránea		Suelo residual		VI (Suelo residual)	
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X	V (Saprolito)	
		Roca		III, IV (Roca meteorizada)	
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS					
Unidad Geológica Superficial		Suelo transportado coluvial antiguo (Stca)			
No. Litologías asociadas a la UGS		1	Espesor (m)	2	X
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS					
TEXTURA	1	HUMEDAD NATURAL	PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS	1
Clasto-soportado		Seco	Baja	Estructuras heredadas	
Intermedia	% matriz	Húmedo	Media	Fisuras	
Matriz-soportado	X	Saturada	Alta	Grietas	
	Espesor (m)				
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ					
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2
Arcilla	74		No plástico		
Limo			Poco plástico		
Arena fina	20		Plástico	X	
Arena Media			Muy plástico	X	
Arena Gruesa					
Grava					
Guijos	5				
Cantos rodados	1				
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS		
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):			DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		
1			2		
Muy Blanda			Suelta		
Blanda	X		Densa		
Media			Muy densa		
Firme					
Dura					
Muy Dura					
			FORMA DE LOS CLASTOS		
			1		
			2		
			Esférica		
			Discoidal		
			Prismática		
			Tabular		
			REDONDEZ DE LOS CLASTOS		
			1		
			2		
			Redondeada		
			Semiredondeada		
			Semiangulosa		
			Angulosa		
			ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS		
			1		
			2		
			Isotropía		
			Anisotropía		
			Imbricado		
ANEXOS DEL FORMATO					
FOTOGRAFÍAS					
FOTO			DESCRIPCIÓN	Fotografía del suelo transportado de arcilla arenosa.	
OBSERVACIONES					
Suelo transportado de arcilla arenosa (CH), de color moderadamente amarillo (5Y 7/6), matriz-soportado, compuesta por 74 % de arcilla muy plástica a plástica, 20% de arenas muy finas compuesta por fragmentos redondeados con alta esfericidad de cuarzo y fragmentos de color negro subangulares, 5% guijos redondeados a subredondeados, con alta esfericidad y 1% de tamaño cantos rodados angulares; es un suelo cohesivo, presenta humedad alta, consistencia blanda (Resistencia al corte no drenada = 20 – 40 Kn/m2) y permeabilidad media.					

Suelo transportado coluvial antiguo. Muestra 3.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS MAPAS DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGIA PARA INGENIERIA FORMATO DE CAMPO			
INFORMACIÓN GENERAL					
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'24.67"	Nombre	CORPONARIÑO
Municipio	Ricaurte	Longitud	78°00'15.54"	Fecha	8/06/2021
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1281	No. De estación	3
CLASE DE AFLORAMIENTO		SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X	Ord. Espesor (m)		Si es suelo residual:	
Corte superficial		Suelo antrópico		Horizonte	
Excavación subterránea		Suelo residual		VI (Suelo residual)	
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X	V (Saprolito)	
		Roca		III, IV (Roca meteorizada)	
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS					
Unidad Geológica Superficial		Suelo transportado coluvial antiguo (Stca)			
No. Litologías asociadas a la UGS	1	Espeor (m)	2	Espeor (m)	
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS					
TEXTURA	1	HUMEDAD NATURAL	PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS	1
Clasto-soportado		Seco	Baja	Estructuras heredadas	
Intermedia	% matriz	Húmedo	X	Media	X
Matriz-soportado	X	Saturada		Alta	
	Espeor (m)				
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ					
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2
Arcilla	60		No plástico	x	
Limo			Poco plástico	x	
Arena fina	32		Plástico		
Arena Media			Muyplástico		
Arena Gruesa					
Grava					
Guijos	8				
Cantos rodados					
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS		
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):			DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		
	1	2	FORMA DE LOS CLASTOS		
Muy Blanda			1	2	Esférica
Blanda	x				Discoidal
Media					Prismática
Firme					Tabular
Dura					
Muy Dura					
			REDONDEZ DE LOS CLASTOS		
			1	2	ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS
			Redondeada		Isotropía
			Semiredondeada		Anisotropía
			Semiangulosa		Imbricado
			Angulosa		
ANEXOS DEL FORMATO					
FOTOGRAFÍAS					
FOTO			DESCRIPCIÓN	Fotografía del suelo transportado limo arcilloso arenoso con algo de guijos.	
OBSERVACIONES					
Suelo transportado de limo arcilloso arenoso con algo de guijos (SM), de color gris oscuro medio (N4), matriz-soportado compuesto por 8% de guijos subangulares con baja esfericidad, 32% de arenas muy finas compuesta por fragmentos subredondeados con alta esfericidad y 60% de finos (arcilla-limo) poco plásticos a plástico. Son suelos cohesivos, consistencia blanda (Resistencia al corte no drenada = 20 – 40 Kn/m2) y húmedos.					

Suelo transportado coluvial antiguo. Muestra 4.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		MAPAS DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGIA PARA INGENIERIA				CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	
FORMATO DE CAMPO							
INFORMACIÓN GENERAL							
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'23.46"	Nombre	CORPONARIÑO		
Municipio	Ricaurte	Longitud	78° 0'18.44"	Fecha	8/06/2021		
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1281	No. De estación	4		
CLASE DE AFLORAMIENTO				SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X			Ord. Espesor (m)	Si es suelo residual:		
Corte superficial		Suelo antrópico			Horizonte		
Excavación Subterránea		Suelo residual			VI (Suelo residual)		
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X		V (Saprolito)		
		Roca			III, IV (Roca meteorizada)		
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS							
Unidad Geológica Superficial		Suelo transportado coluvial antiguo (Stca)					
No. Litologías asociadas a la UGS		1	Espesor (m)	2	Espesor (m)		
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS							
TEXTURA	1		HUMEDAD NATURAL	PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS	1	
Clasto-soportado			Seco	Baja	Estructuras heredadas		
Intermedia	% matriz		Húmedo	Media	Fisuras		
Matriz-soportado	% clastos		Saturada	Alta	Grietas		
	Espesor (m)						
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ							
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2	Color 1	Marrón moderadamente rojizo
Arcilla	100		No plástico			PENETRÓMETRO	
Limo			Poco plástico				
Arena fina			Plástico	X		1	
Arena Media			Muy plástico			2	
Arena Gruesa						Registrar tres lecturas	
Grava							
Guijos							
Cantos rodados							
SUELOS FINOS				SUELOS GRUESOS			
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):				DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		FORMA DE LOS CLASTOS	
	1	2		1	2	Esférica	1
Muy Blanda						Discoidal	2
Blanda	X					Prismática	
Media						Tabular	
Firme							
Dura							
Muy Dura							
				REDONDEZ DE LOS CLASTOS		ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS	
				1	2	Isotropía	
						Anisotropía	
						Imbricado	
ANEXOS DEL FORMATO							
FOTOGRAFÍAS							
FOTO				DESCRIPCIÓN	Fotografía del suelo transportado de arcillas limosa.		
OBSERVACIONES							
Suelo transportado de arcilla limosa (CL), de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6), contiene 5-8% de materia orgánica, es un suelo plástico, húmedo, presenta una consistencia blanda (resistencia al corte no drenado aproximadamente 20-40 kN/m2).							

Suelo transportado coluvial reciente

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		MAPAS DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA FORMATO DE CAMPO	
INFORMACIÓN GENERAL					
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'19.19"	Nombre	CORPONARIÑO
Municipio	Ricaurte	Longitud	78° 0'16.95"	Fecha	8/06/2021
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1230	No. De estación	5
CLASE DE AFLORAMIENTO		SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X		Ord. Espesor (m)	Si es suelo residual:	
Corte superficial		Suelo antrópico		Horizonte	
Excavación Subterránea		Suelo residual		VI (Suelo residual)	
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X	V (Saprolito)	
		Roca		III, IV (Roca meteorizada)	
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS					
Unidad Geológica Superficial		Suelo transportado coluvial reciente (Stcr)			
No. Litologías asociadas a la UGS		1	Esesor (m)	2	Esesor (m)
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS					
TEXTURA	1	HUMEDAD NATURAL		PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS
Clasto-soportado		Seco		Baja	Estructuras heredadas
Intermedia	% matriz	Húmedo		X Media	X Fisuras
Matriz-soportado	% clastos	Saturada		Alta	Grietas
	Esesor (m)				
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ					
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2
Arcilla	100		No plástico		
Limo			Poco plástico		
Arena fina			Plástico		
Arena Media			Muy plástico	X	
Arena Gruesa					
Grava					
Guijos					
Cantos rodados					
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS		
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):			DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		
	1	2			FORMA DE LOS CLASTOS
Muy Blanda	X		Suelta	1	2
Blanda			Densa		
Media			Muy densa		
Firme					
Dura					
Muy Dura					
			REDONDEZ DE LOS CLASTOS		ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS
			1	2	
			Redondeada		Isotropía
			Semiredondeada		Anisotropía
			Semiangulosa		Imbricada
			Angulosa		
ANEXOS DEL FORMATO					
FOTOGRAFÍAS					
FOTO			DESCRIPCIÓN	Fotografía del suelo transportado de arcilla.	
OBSERVACIONES					
Suelo transportado de arcilla (CH), de color amarillo moderadamente verdoso (10Y 7/4), suelo cohesivo, muy plástico, húmedo y consistencia muy blanda (resistencia al corte no drenada < 20 kN/m ²)					

Suelo transportado de flujo torrencial

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		MAPAS DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA		CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	
				FORMATO DE CAMPO	
INFORMACIÓN GENERAL					
Departamento	Nariño	Latitud	1°13'08.3"	Nombre	CORPONARIÑO
Municipio	Ricaurte	Longitud	78° 0'20.1"	Fecha	8/06/2021
Vereda	Sector Chambú	Altitud	1130	No. De estación	6
CLASE DE AFLORAMIENTO		SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA			
Natural	X		Ord. Espesor (m)	Si es suelo residual:	
Corte superficial		Suelo antrópico		Horizonte	
Excavación Subterránea		Suelo residual		VI (Suelo residual)	
Trinchera, Apique		Suelo transportado	X	V (Saprolito)	
		Roca		III, IV (Roca meteorizada)	
CARACTERIZACIÓN DE LA UGS					
Unidad Geológica Superficial		Suelo Transportado de flujo torrencial (Stft)			
No. Litologías asociadas a la UGS		1	Espesor (m)	2	Espesor (m)
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS					
TEXTURA	1		HUMEDAD NATURAL	PERMEABILIDAD	ESTRUCTURAS
Clasto-soportado			Seco	Baja	Estructuras heredadas
Intermedia	% matriz		Húmedo	X Media	X Fisuras
Matriz-soportado	% clastos		Saturada	X Alta	Grietas
	Espesor (m)				
CARACTERIZACIÓN DE LA MATRIZ					
GRANULOMETRÍA (%)	1	2	PLASTICIDAD	1	2
Arcilla	100		No plástico		
Limo			Poco plástico		
Arena fina			Plástico		
Arena Media			Muy plástico	X	
Arena Gruesa					
Grava					
Guijos					
Cantos rodados					
SUELOS FINOS			SUELOS GRUESOS		
RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (Consistencia):			DENSIDAD RELATIVA DE LOS SUELOS (Compacidad)		FORMA DE LOS CLASTOS
	1	2		1	2
Muy Blanda	X		Suelta		Esférica
Blanda			Densa		Discoidal
Media			Muy densa		Prismática
Firme					Tabular
Dura					
Muy Dura					
			REDONDEZ DE LOS CLASTOS		ORIENTACIÓN DE LOS CLASTOS
				1	2
			Redondeada		Isotropía
			Semiredondeada		Anisotropía
			Semiangular		Imbricado
			Angular		
ANEXOS DEL FORMATO					
FOTOGRAFÍAS					
FOTO			DESCRIPCIÓN	Fotografía del suelo transportado de arcilla.	
OBSERVACIONES					
Suelo transportado de arcilla (CH), de color marrón moderadamente rojizo (10R 4/6), suelo cohesivo, muy plástico, húmedo a saturado y consistencia muy blanda (resistencia al corte no drenada < 20 kN/m ²)					

Deslizamiento 1

[illegible]

Deslizamiento 2.

Corporación Autónoma Regional de Nariño

[illegible]

Deslizamiento 3

[illegible]

Flujo

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2020									
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas									
IMPORTANCIA* Alto ☒ Medio ☐ Baja ☐									
DATOS DE REGISTRO ENCUESTADOR* CORPONARIÑO FECHA REPORTE* 05/06/2021 INSTITUCIÓN* Corporación Autónoma Regional de Nariño COD. SIMBA COD. GRUPO									
DOCUMENTACIÓN PLANCHAS 428 PROY. 2003 ESCALA 1:100.000 EDITOR INGEOMINAS SENSORES DIGITALES ESTR. INGENIEROS									
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA POSICIÓN POLÍTICA Departamento* Nariño Municipio* Ricaurte Vereda* Chambi COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM* Latitud* 1° 13' 18.70" Long (WGS)* 78° 20' 17.09" Zona* 18S Proyección: WGS84									
ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO FORMA ESTADO ESTILO DISTRIBUCIÓN DESCRIPCIÓN									
LITOLOGÍA Y ESTRUCTURA ESTRUCTURA ORIENTACIÓN ESPACIAMIENTO (m)									
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO TIPO MOVIMIENTO SUBTIPO MOVIMIENTO TIPO MATERIAL MOVILIDAD PROBABILIDAD									
VELOCIDAD TIPO DEPOSITO (según zona sedimentaria) VELOCIDAD SISTEMA DE CLASIFICACIÓN									
GENERAL MORFOMETRÍA DEFORMACIÓN TERRENO GEOLOGÍA									
CAUSAS DEL MOVIMIENTO CONTINGENTES - DEFENSIVAS									
TIPO DE EROSIÓN ESTADO FLUJAL ERUICA									