

**GEOLOGÍA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RÍO ZULIA -  
AYACUCHO**

**SHAMIR EBRATT CARR**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2011**

**GEOLOGÍA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RÍO ZULIA -  
AYACUCHO**

**SHAMIR EBRATT CARR**

**Trabajo de Grado para optar al título De  
Geólogo**

**Director:**

**LUIS EDUARDO MORENO TORRES**

**Ingeniero civil, Esp. En ingeniería ambiental.**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2011**

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Señor Dios, tú que has estado a mi lado en todo momento y no me dejas desfallecer en la carrera por conseguir mis metas, tú que siempre cuidas de mi y de mi familia y nos permites estar juntos y gozar de salud. A ti quiero agradecer y dedicar este gran paso en mi camino hacia el éxito.

También quiero agradecer y dedicar este triunfo a mis padres: Rodrigo Ebratt y Vilma Carr, que siempre me apoyaron y nunca dejaron de darme animo, aun cuando todos me dieron la espalda.

A Luis Eduardo Moreno quiero agradecerle haber creído en mi, dedicando tiempo y conocimiento como director de esta tesis.

Por otro lado también a mis hermanos: Shirley, Rodrigo, Carmen, Marlen y a todos mis sobrinos que han llenado de alegría muchos momentos de mi vida. A mi novia Patricia Ardila que durante cuatro años me ha acompañado, apoyado y llenado de amor y comprensión mi vida. A María Isabel una persona especial que ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo en este documento y ha sabido apoyarme sin importar las circunstancias, por ello quiero agradecerles.

A todos mis amigos los cuales no es necesario nombrar porque ellos saben quiénes son, también quiero agradecerles.

Agradecimientos a personas que participaron e hicieron posible esta tesis:

- Victoriano Vargas Montana                      Ingeniero Forestal
- Edwin Omaña                                      Dibujante
- Universidad Industrial de Santander

## CONTENIDO

INTRODUCCION .....	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	18
2. JUSTIFICACIÓN .....	19
3. OBJETIVOS .....	21
4. MARCO TEORICO.....	22
4.1. METODOLOGIA .....	23
4.1.1. Actividades metodológicas.....	23
4.1.2. Elementos básicos .....	23
4.1.3. Redefinición de Alcances .....	25
4.1.4. Relación entre propósitos y elementos básicos .....	26
4.1.5. Síntesis de Factores.....	28
4.1.6. Calificación de Zonas Homogéneas.....	30
4.1.7. Documentación .....	31
4.2. FOTOGEOLOGÍA .....	32
4.3. IMÁGENES DE SATÉLITE .....	33
4.3.1. SATELITES LANDSAT .....	33
5. LOCALIZACION DEL PROYECTO .....	38
6. INTERPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA .....	39
6.1. Características Generales del Drenaje .....	41
6.1.1. Zona 1: K100 al K110.....	41
6.1.2. Zona: 2 K110 al K120.....	41

6.1.3.	Zona 3: K120 al K130.....	42
6.1.4.	Zona 4: K130 al K150.....	42
6.1.5.	Zona 5: K150 al K180.....	42
6.2.	Características Geomorfológicas Generales del Área .....	42
6.2.1.	Zona 1: K100 al K110.....	43
6.2.2.	Zona: 2 K110 al K120.....	43
6.2.3.	Zona 3: K120 al K130.....	43
6.2.4.	Zona 4: K130 al K150.....	44
6.2.5.	Zona 5: K150 al K180.....	44
7.	IMÁGENES SATELITALES.....	46
8.	GEOLOGÍA .....	50
8.1.	ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	50
8.1.1.	Rocas Metamórficas.....	51
8.1.2.	Rocas Ígneas .....	52
8.1.3.	Rocas Sedimentarias .....	53
8.2.	ESTRATIGRAFIA LOCAL.....	64
8.2.1.	Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci).....	64
8.2.2.	Formación Floresta (Df) .....	65
8.2.3.	Formación Los Cuervos (Tpc).....	66
8.2.4.	Formación Carbonera (Tec).....	67
8.2.5.	Formación León (Tol).....	68
8.2.6.	Grupo Guayabo (Tmg) .....	69
8.2.7.	Depósitos Aluviales recientes (Qal).....	70
8.3.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	72

8.3.1.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL .....	72
8.3.2.	Geología Estructural Local .....	77
9.	GEOMORFOLOGÍA .....	79
9.1.	<i>Morfogénesis</i> .....	79
9.1.1.	Geoformas de origen Denudacional.....	80
9.1.2.	Geoformas de origen aluvial .....	82
9.1.3.	Geoformas de origen Estructural.....	84
9.2.	Morfometría .....	85
9.3.	Morfoestructuras .....	86
9.4.	Morfodinámica .....	87
9.4.1.	Fenómenos de Remoción en Masa (FRM) .....	87
9.4.2.	Erosión .....	88
9.4.3.	Avenidas Torrenciales.....	91
9.4.4.	Inundaciones.....	91
9.4.5.	Consideraciones Geomorfológicas Generales .....	92
10.	PRECIPITACIÓN .....	94
11.	SUELO .....	99
12.	COBERTURA VEGETAL .....	102
13.	SISMICIDAD .....	106
14.	AMENAZAS NATURALES.....	107
15.	ZONIFICACION GEOTECNICA PRELIMINAR .....	115
15.1.	Zona I: K0+000 a K0+820: .....	115
15.2.	Zona II: K0+820 a K 20+00:.....	116
15.3.	Zona III: K20 +00 a K 70+216:.....	117

15.4. Zona IV: K 70+216 a K 100+00: .....	118
15.5. Zona V: K 100+00 a K 180: .....	119
CONCLUSIONES .....	121
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFIA.....	124
ANEXOS.....	126

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Relaciones entre niveles de estudio, escala e información para zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa.....	27
Tabla 2. Método a emplear de acuerdo al nivel de estudio.....	30
Tabla 3 Relación de Fotografías aéreas utilizadas en fotointerpretación.....	40
Tabla 4. Información base escenas Landsat ETM+.....	46
Tabla 5 Facies Litológicas de la Formación Girón.....	57
Tabla 6. Distribución y porcentaje en la zona de estudio.....	71
Tabla 7 Distribución de Pendientes área de Influencia directa.....	85
Tabla 8 Clasificación de Pendiente según Alvarado et al (1982).....	86
Tabla 9. Geoformas de origen estructural identificadas en el AID.....	86
Tabla 10 Clases de Erosión Observadas en la zona del proyecto.....	89
Tabla 11 Clasificación de FRM Fuente: Varnes, 1978. Modificado por el autor....	90
Tabla 12 Unidades de paisaje dentro del proyecto.....	93
Tabla 13 Estaciones Climatológicas de la zona del Proyecto.....	95
Tabla 14. Periodo de retorno para la precipitación máxima de cada Estación.....	97
Tabla 15 Unidades de Suelo presentes en la Zona de Estudio.....	100
Tabla 16. Área y distribución del suelo en la zona de estudio.....	101
Tabla 17. Cobertura Vegetal de la zona de estudio.....	104
Tabla 18. Área y distribución de la cobertura vegetal en la zona de estudio.....	105
Tabla 19. Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza de fenómenos de remoción en masa.....	109
Tabla 20 Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por avenidas torrenciales.....	110
Tabla 21 Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por erosión.....	111
Tabla 22 Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por inundación.....	113

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Imagen Landsat 5 <sup>TM</sup> .....	35
Figura 2 Características de las bandas de las imágenes LANDSAT. ....	36
Figura 5 Localización General del Proyecto. ....	38
Figura 6 Localización Líneas de vuelo.....	39
Figura 7.Imagen Landsat 007054 .....	46
Figura 8.Imagen Landsat 008054 .....	46
Figura 9. Imagen Landsat 007054 con SLC off a la izquierda, imagen corregida con GAPFILL a la derecha.....	47
Figura 10. Imagen Landsat L71007054_05420110907 .....	48
Figura 11. Imagen Landsat L71008054_05420020804 .....	48
Figura 12. Mosaico imágenes Landsat 2011 .....	49
Figura 13 Comparativo mensual de las estaciones ubicadas dentro de la zona de estudio. ....	96
Figura 14 Cálculo de Tr para la estación Bocatoma Rio Zulia. ....	98
Figura 15 Cálculo de Tr para la estación Instituto Agrícola Convención.....	98
Figura 16 Mapa de Zona de Amenaza Sísmica. ....	106
Figura 17. Mapa de Zonificación Sísmica .....	106

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Rocas meteorizadas formando suelo residual areno-arcilloso. Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci).....	65
Fotografía 2 Pegmatita, mineralizada. Complejo Intrusivo Extrusivo (Jci). ....	65
Fotografía 3. Arenisca feldespática. Formación Floresta (Df).....	66
Fotografía 4 Intercalación de lodolita con arenisca. Formación Floresta (Df) .....	66
Fotografía 5 Lodolita de la Formación Los Cuervos (Tpc). ....	67
Fotografía 6. Arenisca en boca de mina artesanal. Formación Los Cuervos (Tpc). .....	67
Fotografía 7 Intercalación de arcillolita con arenisca gris. Formación Carbonera (Tec). ....	68
Fotografía 8 Intercalación de arcillolita abigarrada con arenisca color naranja. Formación Carbonera (Tec).....	68
Fotografía 9 Arcillolita pizarrosa de la Formación León (Tol).....	69
Fotografía 10 Arcilla blanda abigarrada de la Formación León (Tol). ....	69
Fotografía 11 Cuarzoarenita del Grupo Guayabo (Tmg). ....	70
Fotografía 12. Panorámica Falla Bellavista. ....	78
Fotografía 13. Desplazamiento en la Roca por acción de la Falla Bellavista.....	78
Fotografía 14. Lomos anchos (D1) .....	81
Fotografía 15. Escarpe denudacional escalonado en suelo. (D2) .....	81
Fotografía 16 Escarpe en Roca. (D2) .....	81
Fotografía 17 Deposito Coluvial (D5).....	81
Fotografía 18 Laderas Moderadas. (D6).....	82
Fotografía 19 Corona de deslizamiento .....	82
Fotografía 20 Terraza alta del Rio Zulia.....	83
Fotografía 21 Llanura de inundación del Rio Zulia.....	83
Fotografía 22 Depósitos de canal .....	84
Fotografía 23 Depósito de Terraza Baja y lecho actual de drenaje. ....	84
Fotografía 24 Panorámica. Geoforma de montaña y colina.....	93

Fotografía 25 Modelamiento del paisaje por socavación Hídrica.....	93
Fotografía 26. Zona de erosión originada por actividad Antrópica.....	112
Fotografía 27. Morfología ondulada con erosión superficial. ....	112
Fotografía 28. Zona de erosión en zona escarpada. ....	113
Fotografía 29. Terracetas en zona ondulada. ....	113
Fotografía 30. Panorámica zona I, moderadamente estable con llanura de inundación. ....	116
Fotografía 31. Erosión del río Zulia. ....	116
Fotografía 32. Panorámica zona II. Terreno ondulado.....	117
Fotografía 33. Mina artesanal que ejerce empuje hacia abajo y deposita material coluvial. ....	117
Fotografía 34 Flujo de tierra. Zona Potencialmente inestable.....	118
Fotografía 35. Erosión diferencial que se presenta en el plano de la arcilla. ....	118
Fotografía 36 Flujo de tierra. Zona Potencialmente inestable.....	119
Fotografía 37. Cárcava de drenaje. ....	119
Fotografía 38. Terreno ondulado. Zona V.....	120
Fotografía 39. Depósitos aluviales.....	120

## RESUMEN

**TÍTULO:** GEOLOGÍA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RÍO ZULIA – AYACUCHO.\*

**AUTOR:** SHAMIR EBRATT CARR\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Zonificación Geotécnica, Geomorfología, Análisis Fotogeológico, Amenazas, Fenómenos de remoción en Masa Zonas Homogéneas, Red de Drenajes.

**Descripción:** Dentro del sector Río Zulia-Ayacucho se encuentra ubicado un oleoducto de 180 Km de longitud para el cual es necesario realizar un estudio geológico que permita identificar y evaluar los factores de riesgo que pueden afectar el funcionamiento de dicho oleoducto, Para ello se presenta a continuación el análisis Fotogeológico y de Imágenes de Satélite de la zona, la Geología, Geomorfología y Zonificación Geotécnica del Área de Influencia Directa (AID) con el fin de establecer las zonas inestables dentro del proyecto.

En la zona de estudio se identificaron las diferentes unidades estratigráficas, las principales fallas, estructuras menores, zonas de potencial riesgo geológico con el fin de Realizar la cartografía geológica, geomorfológica y áreas de inestabilidad por remoción en masa, avalanchas y demás amenazas naturales a escala 1:25000 del sector Río Zulia - Ayacucho. La recolección de datos se llevó a cabo por medio de una etapa de campo la cual fue complementada en oficina con información bibliográfica secundaria.

Como producto de esta cartografía se ajustaron y realizaron los siguientes mapas: Geológico, Geomorfológico, y de Pendientes dentro de la zona de estudio. A partir de mapas climatológicos, mapas de suelo, mapas geomorfológicos, y mapas de la inclinación de las laderas del terreno se calcula la susceptibilidad de amenazas por: inundación, erosión, fenómenos de remoción en masa y avalanchas en la zona de estudio. A partir de mapas climatológicos, mapas de suelo, mapas geomorfológicos, y mapas de la inclinación de las laderas del terreno se calcula la susceptibilidad de amenazas por: inundación, erosión, fenómenos de remoción en masa y avalanchas en la zona de estudio.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Luis Eduardo Moreno Torres.

## SUMMARY

**TITLE:** GEOLOGY APPLIED TO AN OIL PIPELINE IN THE AREA OF ZULIA–AYACUCHO RIVER.\*

**AUTHOR:** SHAMIR EBRAT CARR. \*\*

**KEYWORDS:** Geotechnical Zoning, Geomorphology, Photogeological analysis, Threats, Landslide phenomena in homogeneous areas, Drainage networks.

**DESCRIPTION:** Within the area of Zulia – Ayacucho River is located an oil pipeline of 180-km length for which it's necessary to do a geological test in order to identify and evaluate the risk factors that may affect the operation of the pipeline. Here is presented below the Photogeological and Satellite Images analysis from area, Geology, Geomorphology and Geotechnical Zoning from area of direct influence (DIA) to establish unstable zones inside the project.

In the studied area were identified different stratigraphic units, major faults, minor structures, aquifers and potentials geological hazard areas in order to build the Geological and Geomorphologic mapping and areas of landslide instability, avalanches and other natural hazards at 1:25000 scale from the Zulia-Ayacucho River area. Data collection was performed by a field phase which was supplemented in office with bibliographic secondary information.

As a product of this cartography, were made and adjusted the following maps: Geological, Geomorphological, and Slopes' map within the studied zone. From weather maps, soil maps, geomorphological maps and maps of the terrain slopes is calculated the susceptibility of threat such as flood, erosion, landslide phenomena and avalanches in the area of study. From weather maps, soil maps, geomorphological maps and maps of the terrain slopes is calculated the susceptibility of threat such as flood, erosion, landslide phenomena and avalanches in the area of study.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology. Director: Luis Eduardo Moreno Torres.

## INTRODUCCION

Actualmente en Colombia se ha incrementado la inversión en la industria petrolera y consiguiente ha aumentado la preocupación del gobierno por el impacto ambiental que puede generar la explotación y el transporte de los hidrocarburos. Una de las ramas de la Geología es identificar las zonas geológicas inestables que puedan ocasionar daños a las infraestructuras de explotación y transporte de crudo, para ello se realiza una caracterización geológica del área, se estudia la geomorfología, y geotecnia de manera que se puedan prevenir y tomar las medidas necesarias para minimizar el riesgo de un gran impacto ambiental.

Se presenta a continuación la geología aplicada a un oleoducto en el sector Río Zulia- Ayacucho, para ello se lleva a cabo la descripción Litológica, Estructural y Geomorfológica del área de influencia directa (AID) con el fin de evaluar las diferentes amenazas del área y realizar así, la Zonificación Geotécnica a partir de Zonas Homogéneas, dichas zonas se agrupan de acuerdo a características geomorfológicas similares donde se evalúa la inestabilidad y así se establece la ubicación de las zonas de riesgo geológico en los 180 Km del oleoducto.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La industria petrolera es un aspecto importante dentro del desarrollo del sector económico de cualquier país o región; sin embargo, el ejercicio de esta actividad acarrea consigo diversos factores de amenazas que, de no ser previstos a tiempo, pueden ocasionar accidentes de gran impacto, con consecuencias nefastas sobre todo para la disposición natural de la zona en cuestión; sin mencionar las pérdidas económicas.

Dado, pues, que el cuidado del elemento ambiental es una de las mayores exposiciones que pesan a la hora de llevar a cabo el transporte de crudo por medio de un oleoducto, surgen entonces las preguntas ¿Cuáles son los principales factores de amenazas geológicas que encontramos en el sector Río Zulia - Ayacucho?

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Dentro del marco legal colombiano, El Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998, aprobado por el Congreso de la República en el ámbito del nuevo orden constitucional, estableció la política ambiental denominada "Hacia el desarrollo humano sostenible". Plantea cinco objetivos básicos: promover una nueva cultura del desarrollo, mejorar la calidad de vida, promover una producción limpia, desarrollar una gestión ambiental sostenible y orientar comportamientos poblacionales.

Lo anterior complementado con la RESOLUCIÓN NÚMERO (1543) del 6 de agosto de 2010 "Por la cual se acogen los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para los proyectos de explotación de hidrocarburos y se toman otras determinaciones" trata de garantizar el avance de la población sin dejar de lado el interés por proteger y respetar el medio ambiente.

Teniendo en cuenta que la inversión en proyectos del sector de hidrocarburos es una de las principales fuentes de desarrollo económico de nuestro país gracias al número de empleo que genera y a las regalías que entrega a los municipios, es necesario que el estado regule las acciones de las compañías que se dedican a esta actividad para garantizar el cumplimiento de las normas y parámetros ambientales.

Sumado a esto, el interés de la industria petrolera en proteger y adecuar las vías de transporte de crudo ha llevado a las compañías a estudiar las zonas donde se encuentran ubicados los oleoductos para poder adoptar medidas de prevención. Para ello se plantea realizar un estudio geológico que ayude a identificar los

factores de amenazas por erosión, fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales, enmarcado en una caracterización física del área de estudio.

### **3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar la caracterización física: geología, geomorfología (pendientes) y zonificación geotécnica del sector Rio Zulia - Ayacucho, con el fin de identificar las áreas de inestabilidad por erosión, fenómenos de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales escala 1:25.000.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar la descripción geomorfológica de la zona comprendida entre K100+00 a K180+00 por medio de Fotointerpretación.
- Cartografiar las unidades litológicas, estructurales y geomorfológicas en el área de influencia directa del Oleoducto. Presentando mapas temáticos Geológico y Geomorfológico (mapa de pendiente) a escala 1:75.000.
- Identificar la zona de amenaza sísmica del área con base al documento oficial de Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente de 1998 (NSR-10).
- Evaluar la susceptibilidad a amenazas por erosión, fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales e inundación dentro del corredor en el área de influencia del Oleoducto. Presentando sus respectivos mapas temáticos a escala 1:75.000.
- Identificar las zonas homogéneas preliminares dentro de la zona de estudio.

#### **4. MARCO TEORICO**

Las zonificaciones territoriales pueden concebirse como una clasificación temporal de un entorno físico finito, de acuerdo con unas características particulares que el hombre es capaz de distinguir y agrupar de acuerdo con algún grado de homogeneidad.

Las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y topográficas de un territorio definen una serie de procesos y sistemas que determinan el comportamiento y dinámica del paisaje. Los sistemas vertiente, suelo y fluvial, están estrechamente relacionados con los procesos geoambientales de erosión, sedimentación, inestabilidad, alteración de rocas, formación de suelos, escorrentía, infiltración y fluviales, los cuales a su vez han permitido a través del tiempo la evolución del paisaje hasta modelarlo en las formas actuales.

En un territorio existen diversos tipos de procesos morfodinámicos a los que se asocian igualmente cierto tipo de amenazas naturales. Los procesos que actúan sobre el paisaje pueden ser activos, definiendo una dinámica que implica un desequilibrio o inestabilidad de los terrenos que afectan y por ende una amenaza para los elementos expuestos localizados en la zona potencialmente afectable por el fenómeno. A pesar que muchos de los procesos son activos, estos no se encuentran necesariamente en funcionamiento permanente, es decir pueden alcanzar temporalmente cierto grado de equilibrio o estabilidad que puede romperse bien sea por la modificación natural de los elementos que mantienen el equilibrio o por alteración antrópica.

#### **4.1. METODOLOGIA**

1. En este numeral se presenta como ejemplo una propuesta preliminar de los aspectos conceptuales que se deben considerar dentro de un estudio de Zonificación Geotécnica para el Ordenamiento del Uso del Territorio. Se considera que con algunas modificaciones, esta metodología podría ampliarse a las Zonificaciones de Amenazas Naturales para el mismo propósito. Tomado de: VI CONGRESO COLOMBIANO DE GEOTÉCNIA, EROSIÓN, MEMORIAS VOL. 1 5.128.

##### **4.1.1. Actividades metodológicas**

Los estudios de zonificación deberán contemplar el desarrollo de por lo menos las siguientes actividades:

- a. Identificación de elementos básicos.
- b. Redefinición de los alcances.
- c. Establecimiento de la relación entre propósitos y elementos básicos.
- d. Síntesis de elementos.
- e. Calificación de zonas homogéneas.
- f. Documentos de resultados.

##### **4.1.2. Elementos básicos**

Durante la discusión se llegó a un consenso de nueve elementos básicos de información que requiere un estudio de zonificación geotécnica. Ellos son:

- a. Topografía.
- b. Geología discriminada en:
  - Litología
  - Estructuras
- c. Geomorfología
  - Morfología

- Morfodinámica (procesos)
- Morfometría (pendientes)
- d. Agrología en su aspecto taxonómico
- e. Clima, en términos de:
  - Lluvias
  - Temperatura
  - Evapotranspiración
  - Vientos
- f. Cobertura, como:
  - Vegetación
  - Uso del suelo
- g. Sismos
- h. Elementos antrópicos en términos de:
  - Población
  - Aspectos socioeconómicos
  - Predial
- i. Propiedades geomecánicas

Se presenta a continuación la breve descripción de los elementos básicos fundamentales para este proyecto.

**a. Topografía.**

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según los 3 elementos del espacio. Estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación. Para el presente proyecto se cuenta con una base topográfica a escala 1:25000 del área. IGAC

### **b. Geología o Reconocimiento de campo**

Se recorre la zona en cuestión para definir las condiciones de estabilidad del terreno. Es fundamental analizar el tipo de material en los cortes, litología, espesor de suelos residuales, procesos erosivos de la zona, condiciones estructurales de la roca, los tratamientos potencialmente necesarios para garantizar la estabilidad de las obras, sitios críticos que requieran diseños especiales, existencia de fallas, etc., e información adicional como las condiciones de fundación para las obras de concreto, existencia de zonas favorables para localizar depósitos, etc. Se deberá recopilar toda la información necesaria para analizar la viabilidad técnica de las alternativas planteadas del trazado del proyecto en estudio.

### **c. Geomorfología**

Este ítem en particular cuantifica las pendientes, altitud relativa, y otros (morfometría) y se clasifican las formas del terreno de acuerdo con su génesis y origen para predecir la estabilidad y comportamiento frente a los procesos erosivos (morfología) (Van Zuidam, 1985).

Como variable importante que determina en gran medida los resultados de la zonificación de amenazas, se tiene la cartografía y clasificación de todos los fenómenos de remoción en masa presentes, incluyendo la erosión (morfodinámica). Para poder utilizar este último mapa en el análisis en SIG, se hace necesario que todos los fenómenos de remoción en masa se clasifiquen y encierren en áreas afectadas (mapa de densidad de procesos morfodinámicos).

#### **4.1.3. Redefinición de Alcances**

Los alcances dependen de varios factores y deberán redefinirse durante el desarrollo del estudio, mediante un proceso de contraste entre lo ideal, lo necesario y los recursos disponibles.

Para el presente proyecto se plantea realizar un estudio de geología aplicado a un oleoducto de 180Km de longitud, se cuenta con mapa topográfico y geológico. Se realizara el ajuste del mapa geológico si es necesario. Se realizan mapas de pendientes y geomorfológicos basados en la morfología y morfometría (tomando como base la inclinación de la pendiente). Se realizara una zonificación geotécnica y morfodinámica partiendo de zonas homogéneas y se presentara el mapa de amenazas por fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales, también se plantea realizar la sismicidad según el NSR-10.





#### **4.1.4. Relación entre propósitos y elementos básicos**

Los propósitos de una zonificación geotécnica pueden ser varios, dependiendo de los objetivos planteados. De todas maneras, ellos deben relacionarse de alguna manera con los elementos básicos requeridos para el estudio y el nivel de detalle, que a su vez debe corresponder con una escala de trabajo.

Como una propuesta de correlación en la **Tabla 1** se presenta un cuadro de las relaciones entre los propósitos de la zonificación y los elementos básicos.

Para cada propósito se proponen tres niveles de estudio: General, semidetallado y Detallado. El grado de detalle del estudio, dependerá de las necesidades y objetivos que se pretendan. De acuerdo con la Tabla1. Para cada propósito se tiene un rango de escalas de trabajo, dependiendo del detalle que se requiera e igualmente se indican los elementos básicos a considerar y la importancia que tendría cada uno para cada propósito y cada nivel de estudio.

**Tabla 1** Relaciones entre niveles de estudio, escala e información para zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa. Tomado de: EVALUACIÓN DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, Guía Metodológica, Primera Edición, Julio de 2001

NIVEL DE ESTUDIO																																
GENERAL										SEMIDETALLADO										DETALLADO												
ESCALA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESCALA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	ESCALA		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1:50.000 a 1:250.000		a				g					1:10.000 a 1:25.000		b				g					Mayor a 1:5.000		c				g				
<b>TIPOS DE ANÁLISIS Y TÉCNICAS RECOMENDABLES</b>	<b>MÉTODOS EXPLÍCITOS</b> 1. Combinación de mapas cualitativos.  <b>MÉTODOS IMPLÍCITOS</b> 1. Análisis geomorfológicos o de mapeo directo.										<b>MÉTODOS EXPLÍCITOS</b> 1. Combinaciones de mapas cualitativos. 2. Análisis estadístico bivariado. 3. Análisis estadístico multivariado  <b>MÉTODOS IMPLÍCITOS</b> 1. Análisis geomorfológicos o de mapeo directo.										<b>MÉTODOS EXPLÍCITOS</b> 1. Análisis de factores de seguridad de laderas.  <b>MÉTODOS IMPLÍCITOS</b> 1. Análisis geomorfológicos o de mapeo directo.											
	GRADO DE IMPORTANCIA DE LA INFORMACIÓN BÁSICA															TIPO DE INFORMACIÓN BÁSICA																
 IMPRESCINDIBLE  NECESARIA  RECOMENDABLE  NO SE REQUIERE															1. TOPOGRAFÍA 2. GEOLOGÍA a) Litología b) Litología y estructuras c) Litología, estructuras e hidrogeología 3. GEOMORFOLOGÍA d) Morfometría e) Morfología f) Morfodinámica 4. AGROLOGÍA 5. CLIMA g) Lluvia h) Temperatura i) Evapotranspiración j) Viento										6. COBERTURA DEL SUELO k) Vegetación l) Uso del suelo 7. SISMOS 8. ELEMENTOS ANTRÓPICOS m) Población n) Actividades socioeconómicas o) Infraestructura 9. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS							

#### 4.1.5. Síntesis de Factores

La síntesis de factores se entiende como el modelo de evaluación que define la interrelación de los elementos analizados para lograr el objetivo propuesto. En términos generales, la expresión de esta síntesis es la misma zonificación, en este caso geotécnica, para el propósito definido y que puede materializarse en forma de mapas o en un SIG.

Para la síntesis de factores se pueden emplear diferentes métodos, varios de los cuales se encuentran en la literatura internacional especializada y otros han sido desarrollados y empleados para casos colombianos. En la **Tabla 2** se relacionan los métodos mínimos que se deben emplear de acuerdo al nivel de estudio.

De acuerdo con la manera como se sintetizan los factores o capas de información para obtener el mapa final de amenaza, el INGEOMINAS (Ojeda, 1996) clasifica tales métodos como sigue:

- *Método implícito:* La zonificación de un área geográfica realiza mediante observación directa por un experto, quien se basa primordialmente en su conocimiento y experiencia. Esta evaluación es subjetiva en el sentido de que no sigue reglas que pueda repetir con exactitud otro evaluador; no obstante, este método puede ser bastante preciso y el INGEOMINAS lo ha empleado comúnmente para zonificaciones en varias escalas de diferentes regiones del país, así como en visitas de emergencias.
- *Método semiimplícito:* Es también de tipo observacional, pero ayudado por una “lista de chequeo” y contando con algunos criterios predefinidos, de manera que el grado de subjetividad se reduce, ya que se realiza una evaluación de los mismos factores con criterios semejantes. Es igualmente aplicable a todas las escalas de trabajo.

Por su parte, los métodos explícitos se subdividen en tres tipos:

- *Explícito empírico*: Los factores de análisis se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se asignan a cada uno. La ponderación es dada por un especialista quien con base en su experiencia y conocimiento de la zona asigna valores a los componentes de un factor (por ejemplo, el tipo de material) para indicar algún grado de contribución a la inestabilidad del terreno. La suma de los puntajes de todos los factores da como resultado un mapa de valores numéricos, los cuales se pueden dividir en rangos para definir zonas con distintos niveles de amenaza relativa. Esta técnica, conocida como combinación de mapas cualitativos, es bastante atractiva y popular por su facilidad de aplicación al emplear Sistemas de Información Geográfica (SIG). Su dificultad radica en la asignación apropiada de puntajes que, en caso de no contar con expertos idóneos, que tengan un conocimiento apropiado del terreno, puede conducir a resultados muy pobres.
- *Explícito semianalítico*: En este método los factores se califican en forma semejante al método anterior, pero se combinan con formulaciones matemáticas. Entre las técnicas que se podrían incluir están el análisis estadístico univariado (o bivariado) y el análisis estadístico multivariado. El primero aplicable a zonas en donde se tenga una muestra estadística representativa de movimientos en masa, de manera que se pueda obtener un mapa de distribución de movimientos en masa. Este mapa se combina con cada uno de los otros factores (por ejemplo pendientes, geología, cobertura, etc.) y para cada clase de parámetro (rango de pendiente, material geológico, tipo de cobertura, etc.) se calcula la densidad de deslizamientos y se le asigna un peso ponderado. En el método multivariado también se toman todos los factores de análisis pero dividiendo la zona de estudio en cuadrículas o unidades morfométricas.

Para cada una de las unidades se establece la presencia o ausencia de movimientos en masa para conformar una matriz, que luego se analiza para cada factor mediante regresiones múltiples o análisis discriminantes.

- *Explícito analítico*: Corresponde a un análisis cuantitativo en el que se calcula el factor de seguridad de cada ladera. Entre los métodos empleados se encuentran los análisis de equilibrio límite, ampliamente utilizados por la geotecnia convencional para el análisis de estabilidad de taludes, González (1999) da una excelente descripción de la aplicación de este método a estudios detallados de riesgo por remoción en masa.

**Tabla 2.** Método a emplear de acuerdo al nivel de estudio.

NIVEL DE ESTUDIO	MÉTODO MÍNIMO A EMPLEAR
Emergencia	Implícito
General	Semi-implícito
Semi-detallado	Explícito empírico
Detallado	Explícito semianalítico

El presente proyecto se califica como un estudio cualitativo enmarcado dentro de un procedimiento Implícito y semiimplícito.

#### **4.1.6. Calificación de Zonas Homogéneas**

Posterior al reconocimiento de campo y a la verificación de las zonas potencialmente inestables, se define las zonas geotécnicamente homogéneas y los sitios críticos para cada alternativa planteada.

Una zona homogénea es aquella que pertenece a una misma unidad geomorfológicamente y que posee características similares, que generan un comportamiento semejante desde el punto de vista geotécnico. Dentro de estos

aspectos, se incluyen la composición geológica, morfoestructura (rasgos y patrón estructural regional), la pendiente transversal, el clima, los usos de suelo, las obras requeridas, la altura de cortes y llenos, como los más fundamentales.

La calificación del grado de homogeneidad geotécnica o del grado de amenaza de una zona, puede ser cualitativo, cuantitativo o una combinación de ambos, dependiendo del método de síntesis empleado para la zonificación.

Se sugieren las siguientes recomendaciones para el proceso de calificación:

- a. Cualquiera que sea el nivel de estudio, siempre se deberá trabajar con un número impar de intervalos de categorización. El tipo de denominación del intervalo dependerá del propósito del estudio.
- b. La terminología por emplear para cada zona será definida por el alcance del estudio.

#### **4.1.7. Documentación**

Con base en la experiencia adquirida y con el objetivo de que los resultados de la zonificaciones sean mejor comprendidos y asimilados por quienes en últimas deberán tomar decisiones con base en ellos, es recomendable la documentación del estudio mediante un informe que plasme todo lo realizado en el proyecto.

Lo anterior deja claro que las geociencias han evolucionado su importancia de aplicación y proponiendo análisis del medio físico que no sólo resalten las restricciones de uso (amenazas, fragilidad), sino también potencialidades del territorio (recursos minerales, hídricos, suelo, geomorfología, clima) para definir diferentes alternativas de ordenamiento a partir de las cuales se pueda determinar un escenario concertado que permita la mejor organización funcional del territorio y la posibilidad de un desarrollo sustentables.

La tendencia actual de la aplicación de la geociencias a la planificación territorial, apunta hacia la evaluación y caracterización del medio físico, entendido este como la parte inerte o abiótica del medio ambiente que incluye el suelo, roca, agua, aire y paisaje. En este sentido, la aplicación de la geología en la planificación territorial está orientada hacia la caracterización y evaluación de las potencialidades y restricciones del medio físico con el fin de conocer las alternativas de uso y aprovechamiento de un territorio.

#### **4.2. FOTOGEOLOGÍA**

Por medio de las imágenes aéreas y a partir de un método *Inductivo- Deductivo* será posible para el fotointérprete elaborar mapas geológicos en los que se identifican características del área de interés, tales como vegetación, topografía, número y distribución de corrientes de agua, tipo de roca, fallas geológicas, inclinación y dirección de las capas y las anomalías térmicas.

El análisis de las imágenes aéreas se hace por medio de un estereoscopio y permite inferir algunas estructuras que se encuentran en el área de estudio, como por ejemplo anticlinales y sinclinales que pueden servir como trampas geológicas.

La ventaja de este método es que permite determinar estructuras a lo largo de grandes distancias que en el campo resultan a veces difíciles de identificar. La desventaja es que factores externos como nubosidad y la vegetación espesa afectan la visualización de la imagen. Aunque estos inconvenientes han sido solucionados mediante radares, fotografías en colores y uso de rayos infrarrojos<sup>2</sup>.

Según la bibliografía consultada, algunos autores han formulado reglas para la fotointerpretación.

### **4.3. IMÁGENES DE SATÉLITE**

Las imágenes de satélite se han aplicado con mucho éxito en la geología estructural, los mosaicos de estas permiten la detección de grandes rasgos lineales, la banda del infrarrojo cercano es la más utilizada para esta tarea porque proporciona mayor información debido a la respuesta espectral de determinadas litologías en este rango de la longitud de onda.

Dichas imágenes también son utilizadas en la elaboración de mapas geomorfológicos y actualización de cartas geológicas. Las más utilizadas son LANDSAT, ASTER, ALI, QUICKBIRD, SPOT, HYPERION y los aerotransportados: GEOSCAN, MASTER, AVIRIS, HYPMAP, entre otros.

A continuación presentamos un breve resumen de las imágenes más utilizadas en la geología<sup>4</sup>.

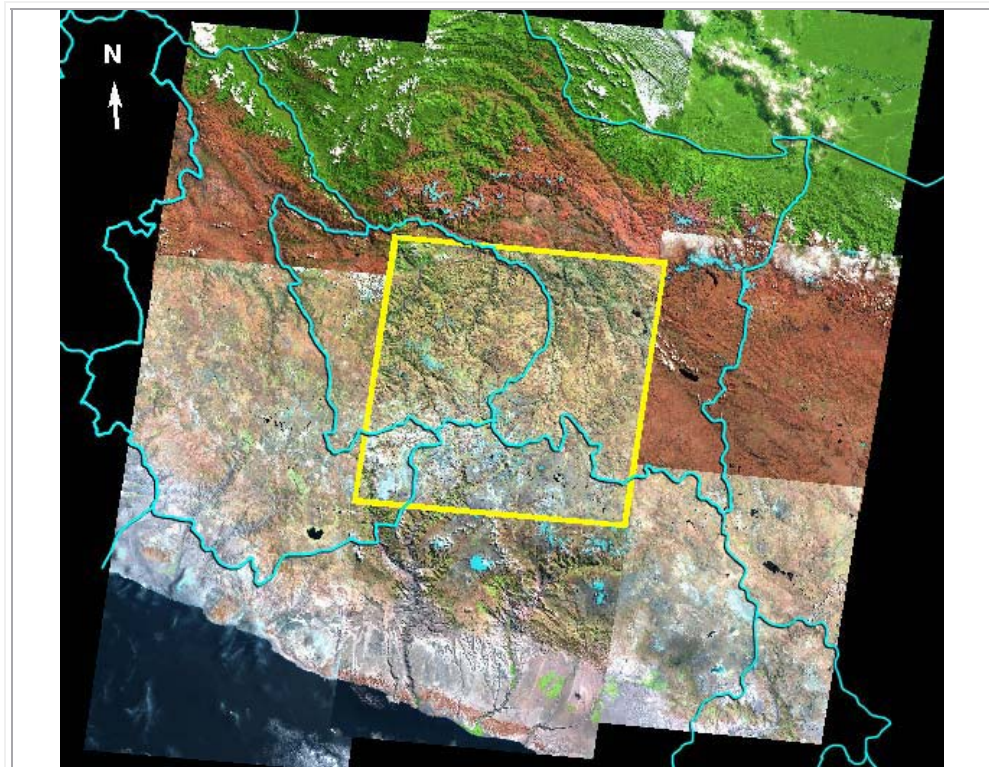
#### **4.3.1. SATELITES LANDSAT**

Los satélites LANDSAT han capturado imágenes de la tierra desde 1972, es un sensor multiespectral de mediana resolución por esto LANDSAT posee un archivo histórico incomparable en calidad, detalle, cobertura y duración.

**4.3.1.1. LANDSAT 5 (TM)**, Captura imágenes desde el año 1984 hasta la actualidad, el ancho de la escena es alrededor de 180 Km<sup>2</sup> y posee 7 bandas espectrales:

- Banda 1 (Azul): Usada para el mapeo de aguas costeras, mapeo de tipo de forestación o agricultura y la identificación de los centros poblados.
- Banda 2 (Verde): Corresponde a la reflectancia del verde de la vegetación vigorosa o saludable. También es usada para la identificación de centros poblados.

- Banda 3 (Rojo): Es usada para la discriminación de especies de plantas, la determinación de límites de suelos y delineaciones geológicas así como modelos culturales.
- Banda 4 (Infrarrojo Reflectivo): Determina la cantidad de biomasa presente en un área, enfatiza el contraste de zonas de agua-tierra, suelo-vegetación.
- Banda 5 (Infrarrojo Medio): Es sensible a la cantidad de agua en las plantas. Usada en análisis de las mismas, tanto en época de sequía como cuando es saludable. También es una de las pocas bandas que pueden ser usadas para la discriminación de nubes, nieve y hielos.
- Banda 6 (Termal): Para la vegetación y detección de la vegetación que se encuentra enferma, intensidad de calor, aplicaciones de insecticidas, para localizar la polución termal, ubicar la actividad geotermal, actividad volcánica, etc.
- Banda 7 (Infrarrojo medio): Es importante para la discriminación de tipos de rocas y suelos, así como el contenido de humedad entre suelo y vegetación.



**Figura 1** Imagen Landsat 5 <sup>TM</sup>. Tomado de Página:

<http://www.rsgeoimage.com/docs/EXPLORACION%20GEOLOGICA-MINERA.pdf>

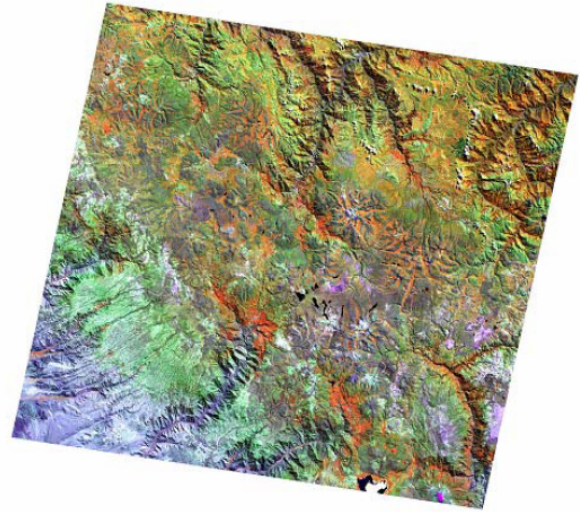
**4.3.1.2. LANDSAT 7 (ETM)**, este sensor a diferencia del LANDSAT – TM, captura imágenes pancromáticas con 15 metros de resolución y dos imágenes termales una en ganancia baja y la otra en ganancia alta, cubren un área aproximada de 180 Km<sup>2</sup>. A partir del año 2003 LANDSAT – ETM tuvo problemas y a partir del 14 de julio del mismo año, las imágenes se colectan en modo SLC-off.

LANDSAT - TM

Banda	Resol. Espacial	Rango Espectral
1	30 metros	Azul (0,45-0,52)
2	30 metros	Verde (0,52-0,60)
3	30 metros	Rojo (0,63-0,69)
4	30 metros	NIR (0,76-0,9)
5	30 metros	SWIR (1,55-1,75)
6	120 metros	TIR (10,4-12,5)
7	30 metros	SWIR (2,08-2,35)

LANDSAT - ETM

Banda	Resol. Espacial	Rango Espectral
1	30 metros	Azul (0,45-0,515)
2	30 metros	Verde (0,525-0,605)
3	30 metros	Rojo (0,63-0,69)
4	30 metros	NIR (0,75-0,90)
5	30 metros	SWIR (1,55-1,75)
6	60 metros	TIR (10,4-12,5)
7	30 metros	SWIR (2,09-2,35)
8	15 metros	Pancro (0,52-0,9)



**Figura 2** Características de las bandas de las imágenes LANDSAT. Tomado de Página: <http://www.rs-geoimage.com/docs/EXPLORACION%20GEOLOGICA-MINERA.pdf>

#### 4.3.1.3. COMBINACION DE BANDAS CON LANDSAT

Gracias a las combinaciones de bandas podemos resaltar variaciones de color, textura, tonalidad y diferenciar los distintos tipos de cobertura que existen en la superficie, estas son las combinaciones de bandas más usadas:

- **Bandas 3, 2, 1 (RGB):** Es una imagen de color natural. Refleja el área tal como la observa el ojo humano en una fotografía aérea a color.
- **Bandas 4, 3, 2 (RGB):** Tiene buena sensibilidad a la vegetación verde, la que aparece de color rojo, los bosques coníferos se ven de un color rojo más oscuro, los glaciares se ven de color blanco y el agua se ve de color oscuro debido a sus características de absorción.
- **Bandas 7, 4, 1 (RGB):** Esta combinación de bandas es ampliamente utilizada en geología. Utiliza las tres bandas menos correlacionadas entre sí. La banda 7, en rojo, cubre el segmento del espectro electromagnético en el que los minerales arcillosos absorben, más que reflejar, la energía; la

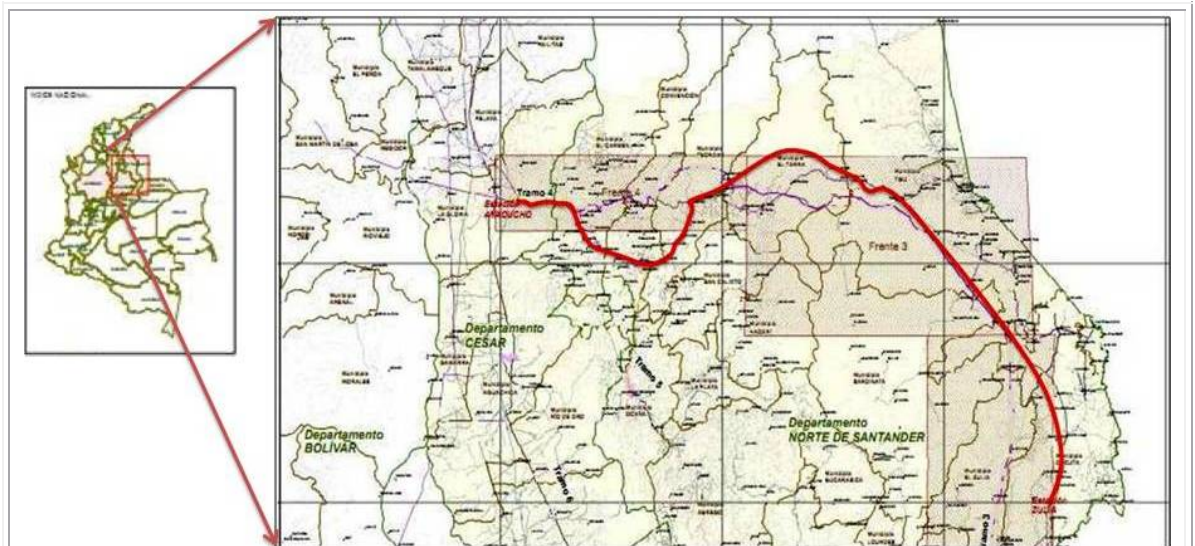
banda 4, en verde, cubre el segmento en el que la vegetación refleja fuertemente; y la banda 1, en azul, abarca el segmento en el cual los minerales con óxidos de hierro absorben energía.

- **Bandas 7, 4, 2 (RGB):** Permite discriminar los tipos de rocas. Ayuda en la interpretación estructural de los complejos intrusivos asociados a los patrones volcano-tectónicos.
- **Bandas 5, 4, 3 (RGB):** En esta combinación la vegetación aparece en distintos tonos de color verde.
- **Bandas 7, 3, 1 (RGB):** Ayuda a diferenciar tipos de rocas, definir anomalías de color que generalmente son de color amarillo claro algo verdoso, la vegetación es verde oscuro a negro, los ríos son negros y con algunas coloraciones acules a celestes, los glaciares de ven celestes.

## 5. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El Oleoducto se localiza en los departamentos de Norte de Santander y Cesar, tiene una extensión total de 180 kilómetros, donde la mayor parte pertenece al departamento de Norte de Santander (K0+000 al K152+200) aproximadamente y en menor proporción al departamento de Cesar (K152+200 al K180+000).

La ruta del oleoducto nace en Río Zulia y sigue con rumbo noroccidente desde la estación de hasta el Municipio de Tibú, en el Departamento de Norte de Santander, luego se extiende al occidente a través de un terreno quebrado y montañoso pasando por el Municipio del Tarra dentro del mismo Departamento descendiendo al valle del Magdalena en la localidad de Ayacucho dentro del departamento del Cesar. **Figura 5.**

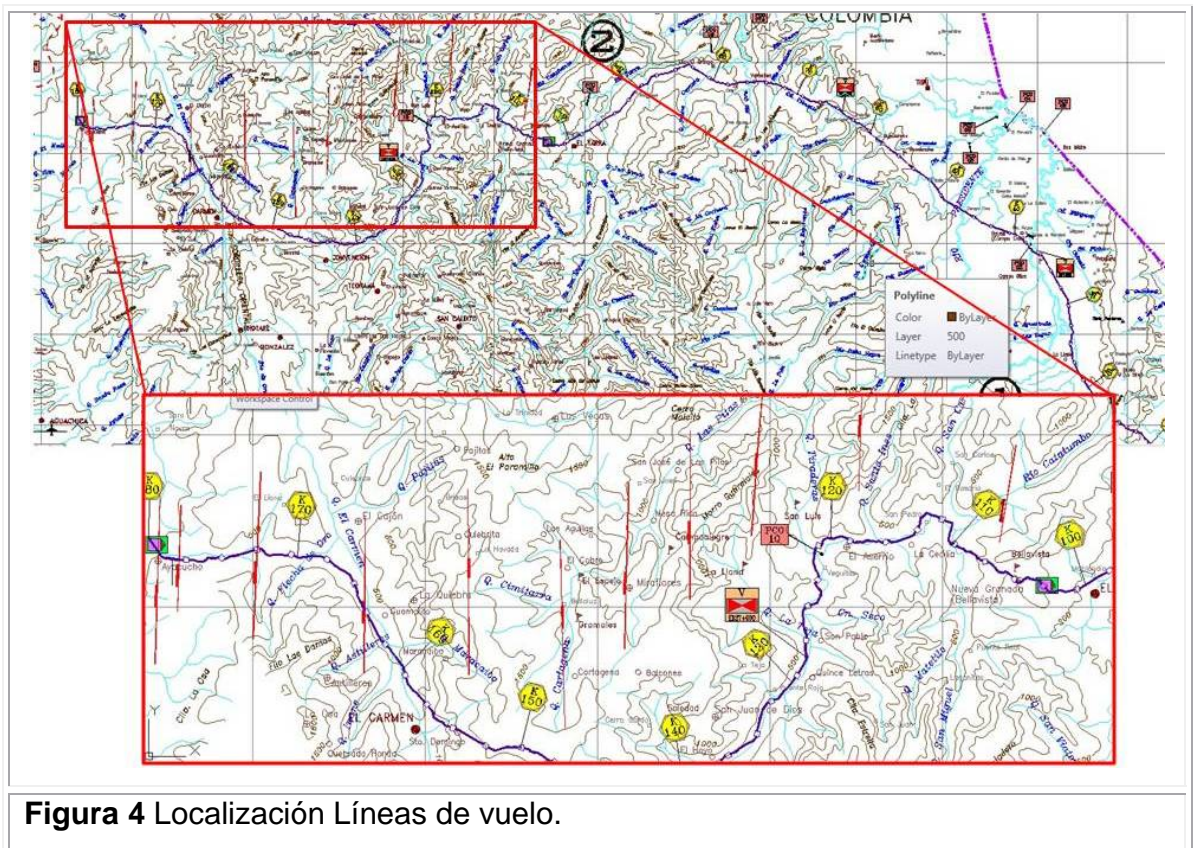


**Figura 3** Localización General del Proyecto.

## 6. INTERPRETACIÓN FOTOGEOLÓGICA

Las fotografías aéreas utilizadas en la fotointerpretación del área de estudio, fueron seleccionadas previamente de los Mapas de vuelos del IGAC y se relacionan a continuación en la **Figura 6** y en la **Tabla 3**.

Para el presente trabajo en el **Anexo A** se presentan las fotografías aéreas Vuelo C2203 Fotos 112 a 114, C2203 Fotos 147 a 149 teniendo en cuenta que existe información de uso interno que no se puede mostrar en este trabajo no se anexan todas las imágenes aéreas.



**Tabla 3** Relación de Fotografías aéreas utilizadas en fotointerpretación

Cuadrángulo	Sobre	Vuelo	Año de Toma	Escala	Fotografías
F11	32825	C 2193	1985	53.800	<b>0040-0039-0038</b>
	37538	C 2595	1996	43.900	080- <b>079-078-077-076</b>
F12	36581	C 2505	1992	38.400	<b>200-201-202</b>
	31199			31.900	<b>094-095-096</b>
F12	31198	C2034	1981		<b>072-073-074</b>
	31197			29.500	<b>0060-0061-0062</b>
	30138	C1920	1979	28.600	<b>0005-0006-0007</b>
	3383	C2215		45.200	0187- <b>0188-0189-0190-0191</b>
	32949			48.000	<b>0181-0182-0183</b>
	32948	C2203	1985	47.300	<b>0147-0148-0149-0150-0151</b>
	32945			48.560	0111- <b>0112-0113-0114</b>

Con base en las fotografías aéreas seleccionadas previamente y relacionadas en la **Tabla 3** se pudo obtener la caracterización geológica – geomorfológica del área de estudio identificando preliminarmente zona de estudio.

## **6.1. Características Generales del Drenaje**

La zona de estudio se localiza sobre las cuencas del Río Catatumbo al oriente y del Río Magdalena al occidente, teniendo como principales controladores del drenaje factores estructurales y condicionantes litológicos propios de cada tipo de rocas al igual que los procesos geomórficos que aplican sobre cada una de ellas.

El análisis del drenaje presentado a continuación se desarrolla por zonas y/o por cada par estereográfico analizado.

### **6.1.1. Zona 1: K100 al K110.**

En cuanto a la densidad de drenaje se considera como de textura fina, aumentando de oeste a este, reflejando elevados niveles de escorrentía superficial, baja permeabilidad y un mayor grado de disección sobre rocas metamórficas y en menor grado sobre suelos residuales de rocas ígneas.

El tipo de drenaje se clasifica como subparalelo con control estructural E-W. Vuelo C2203 Fotos 112 a 114. Más hacia el norte también se presenta un drenaje de tipo subparalelo pero con control estructural NNE asociado a lineamientos estructurales y fallas inferidas paralelas a la Falla de Bellavista.

### **6.1.2. Zona: 2 K110 al K120.**

El oleoducto se encuentra paralelo al curso del Río Catatumbo tanto en su margen derecha como izquierda, teniendo como principales drenajes interceptados la Quebrada Matetilo y la Quebrada Platanal. Vuelo C2203 Fotos 147 a 149.

En cuanto a la densidad de drenaje se considera como de textura fina, infiriéndose suelos permeables; de la misma forma la escorrentía superficial sigue presentando una intensidad alta y un efecto erosivo mayor al ir más concentrada.

El tipo de drenaje se clasifica como subparalelo con un marcado control estructural en dos direcciones diferentes, NNE dirección predominante sobre la margen

izquierda del Río Catatumbo y NEE mayoritaria sobre la margen derecha del mismo.

#### **6.1.3. Zona 3: K120 al K130.**

Se interpretaron las fotos 181 a 183 del Vuelo C2203 Sobre 32949. El drenaje es fino con una mayor densidad hacia el norte donde se clasifica como subparalelo teniendo un importante control estructural con direcciones preferencial NS y NW, esta última dirección asociada a una falla menor presente en el área.

Hacia el Sur el drenaje es más espaciado y el control estructural es menor siendo clasificado como subparalelo a rectangular con orientación preferencial NE y NW.

#### **6.1.4. Zona 4: K130 al K150.**

Se interpretaron las fotos 79 a 77 del Vuelo C2595 Sobre 37538 y las fotos 5 a 7 del Vuelo C1920 Sobre 30138.

El drenaje es mucho más grueso que las zonas ya descritas y el grado de disección de laderas disminuye debido a las condiciones litológicas de cada sector. El tipo de drenaje se clasifica como detrítico a Subdetrítico con marcado control estructural NWW alrededor de la Falla de la Quebrada.

#### **6.1.5. Zona 5: K150 al K180.**

Se interpretaron las fotos 5 a 7 del Vuelo C1920 Sobre 30138 y las fotos 60 a 62 del vuelo C2034 Sobre 31197.

El drenaje al norte se presenta más denso y rectangular sobre rocas sedimentarias mientras se observa un patrón dendrítico sobre rocas ígneas y sus suelos residuales derivados. Al Sur el drenaje es más espaciado de tipo subparalelo a rectangular con marcado control estructural E-W y NEE.

### **6.2. Características Geomorfológicas Generales del Área**

Se presenta a continuación la descripción por cada línea de vuelo consultada, de las unidades de modelado definidas para cada tramo o sector y los procesos

morfodinámicos activos o potenciales que se pueden desarrollar en cada uno de ellos.

#### **6.2.1. Zona 1: K100 al K110**

Se interpretan las fotos 112 a 114 del Sobre 32945 Vuelo C2203, observándose a nivel general un modelado de tipo Denudativo – Estructural, en el que sobresale el primero pues la mayoría de laderas son erosiónales con filos ramificados en direcciones aleatorias; sin embargo un porcentaje importante de laderas y drenajes presentan control estructural con direcciones preferenciales E – W al sur del Río Catatumbo y NNE al norte del mismo.

#### **6.2.2. Zona: 2 K110 al K120.**

Se interpretan las fotos 147 a 150 del Sobre 32948 Vuelo C2203, el modelado sigue siendo de tipo Denudativo – Estructural, presentándose hacia el norte lineamientos y fallas con dirección NNE, las cuales condicionan la dirección de divisorias y drenajes del sector. Hacia el Sur en la margen derecha del Río Catatumbo, se observan laderas fuertemente disectadas, con una red de drenaje fina y con una altura relativa menor, donde se observa una dirección preferencial NE.

A nivel morfodinámico se observa un mayor número de deslaves y desprendimientos de suelos; sin embargo es difícil observar a la escala de las fotografías si corresponden a erosión concentrada o desprendimiento planar de suelos a lo largo de diaclasas heredadas, las cuales en caso de evidenciarse deben guardar una relación estrecha con la dirección de las estructuras regionales. se infiere como litologías Muy posiblemente Rocas ígneas

#### **6.2.3. Zona 3: K120 al K130.**

Se interpretan las fotos 181 a 183 del Sobre 32949 Vuelo C2203, el tipo de modelado se mantiene Denudativo – Estructural sobre rocas ígneas y sus suelos residuales derivados, presentándose hacia el norte dos direcciones preferenciales a nivel de lineamientos y fallas, la primera NS guardan relación con la Falla de San

Jacinto y otras estructuras regionales que dominan el estilo tectónico de este sector de la cordillera. La segunda dirección es NW, destacándose la Falla de la Quebrada La Llana como la más representativa de este sistema.

#### **6.2.4. Zona 4: K130 al K150.**

Debido a la presencia de nubes se interpretan simultáneamente las fotos 5 a 7 del Sobre 30138 Vuelo C1920, las fotos 077 a 079 del Sobre 37538 Vuelo C2595 y las fotos 0188 a 190 del Sobre 3383 Vuelo C2215.

El ambiente morfogenético o modelado se mantiene Denudativo – Estructural sobre rocas ígneas con laderas fuertemente disectadas y quebradas hacia el Norte, mientras hacia el sur tienden a presentarse rectas y con menor grado de disección sobre rocas sedimentarias con litologías finas y localmente arenosas.

El control estructural del drenaje tiende a ser NE rectangular a subparalelo, mientras hacia el Noroeste se mantiene NNW siendo clasificado como dendrítico visualizándose a nivel regional un alto contraste morfológico.

A nivel morfodinámico se identificaron depósitos coluviales inactivos asociados a rocas sedimentarias en zonas con entrecruzamiento de fallas.

#### **6.2.5. Zona 5: K150 al K180.**

Se interpretaron y analizaron las fotos 5 a 7 del Sobre 30138 Vuelo C1920 y las fotos 60 a 62 del Sobre 31197 Vuelo C2034.

El ambiente morfogenético o modelado se mantiene Denudativo – Estructural sobre rocas sedimentarias detríticas con texturas finas, laderas largas a medias moderadamente disectadas al Sur y laderas largas a muy largas con mayor grado de disección hacia el norte, donde se observan algunos sectores sometidos a erosión concentrada.

El control estructural del drenaje tiende a ser E-W y N-S, este último influenciado por estructuras y lineamientos asociados a la Falla Bobalí. Localmente se presentan depósitos coluviales dispuestos hacia la base o media ladera.

.

## 7. IMÁGENES SATELITALES

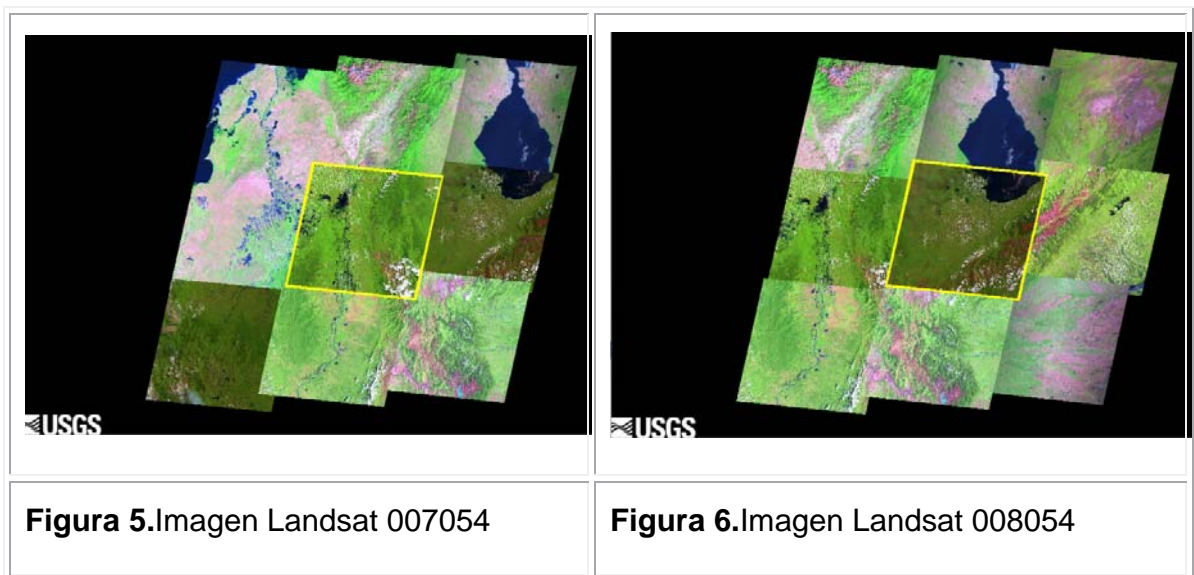
Se emplearon tres imágenes Landsat ETM+ como se muestra en la **Tabla 4**.

**Tabla 4. Información base escenas Landsat ETM+**

ID Escena	Cobertura de nubes	Calidad	Fecha
L71007054_054201162CHM00	29%	9	2011/06/11
L71008054_0542011257ASN00	8%	9	2011/09/14

Fuente: USGS Global Visualization Viewer

El sitio de descarga se puede consultar en <http://glovis.usgs.gov/>. **Figura 7 y 8**



**Figura 5.**Imagen Landsat 007054

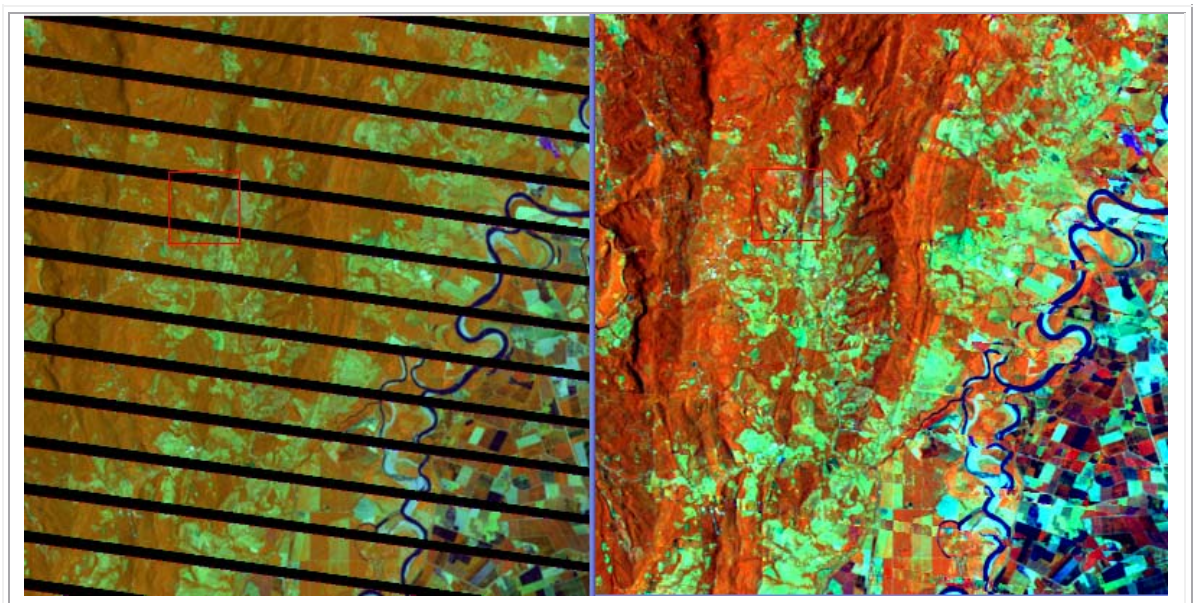
**Figura 6.**Imagen Landsat 008054

Como las imágenes Landsat ETM+ después del año 2003 presentan problemas con el escáner, también conocido como SLC-off (Scan Line Corrector) generando una falta de información en algunas líneas de la imagen (Bandeado), se realizó un mosaico de imágenes, entre la última fecha sin problemas y la imagen a recuperar, como lo sugiere el Servicio Geológico de

los Estados Unidos (USGS) para las misiones Landsat. (Para más información ver: [http://landsat.usgs.gov/fill\\_in\\_the\\_gaps\\_in\\_my\\_SLC\\_off\\_image.php](http://landsat.usgs.gov/fill_in_the_gaps_in_my_SLC_off_image.php)).

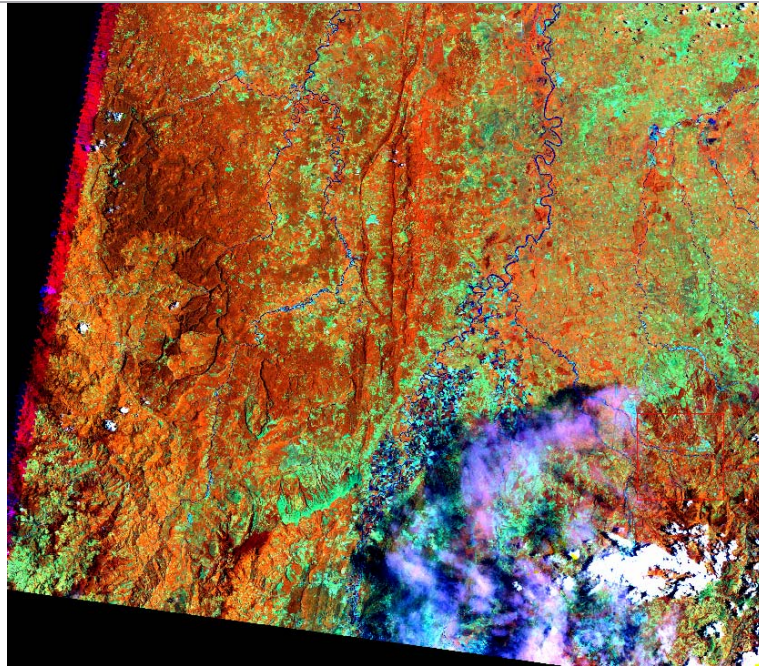
**Figura 9.**

Las dos imágenes preparadas para la clasificación cuentan con las bandas 3, 4 y 5 (visible, IRC, SWIR) fusionadas con la banda pancromática, es decir con resolución espacial igual a 14.25 metros, empleando para tal fin el algoritmo Gapfill, utilizando el histograma de cada banda para hacer la corrección del bandeo.

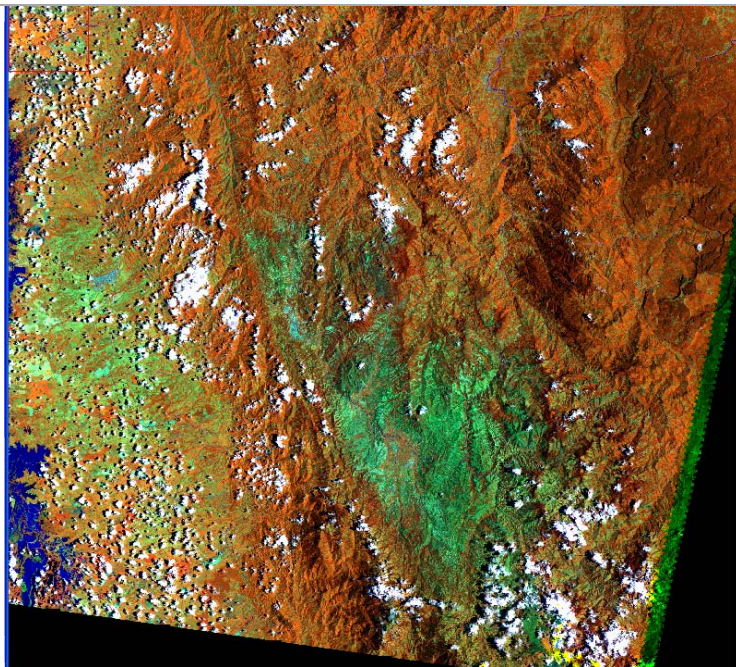


**Figura 7.** Imagen Landsat 007054 con SLC off a la izquierda, imagen corregida con GAPFILL a la derecha

Las imágenes corregidas, con la fusión de bandas a 14.25 metros, se muestran en la **Figura 10 y 11.**

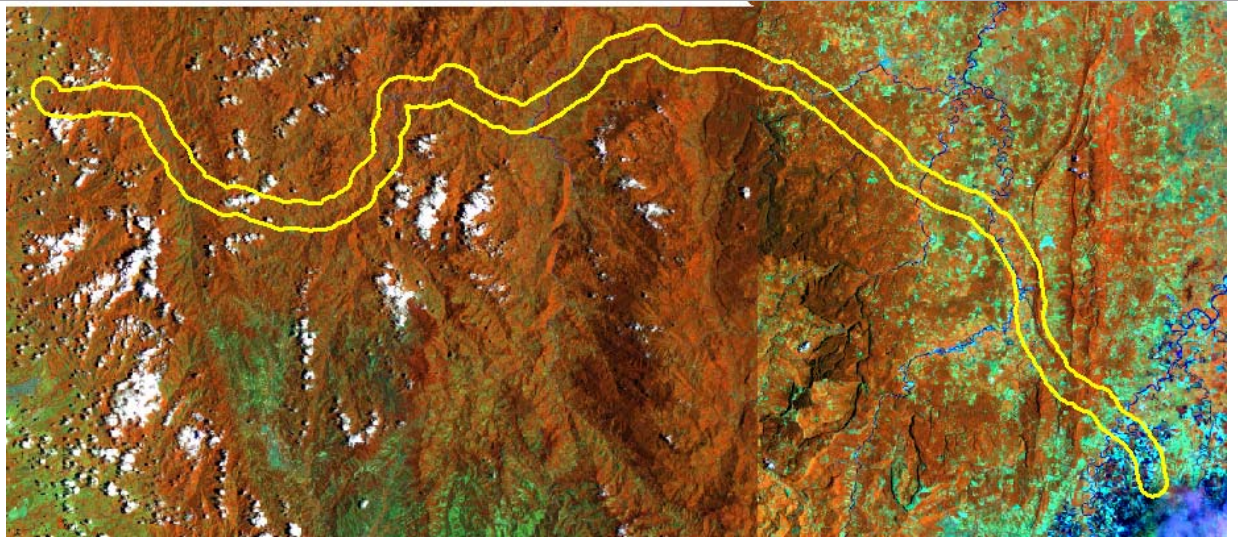


**Figura 8.** Imagen Landsat L71007054\_05420110907



**Figura 9.** Imagen Landsat L71008054\_05420020804

El mosaico con el área de influencia del proyecto se representa en la **Figura 12**.



**Figura 10.** Mosaico imágenes Landsat 2011

Teniendo las imágenes satelitales el experto en SIG procede al calcular la cobertura vegetal del área teniendo en cuenta la respuesta fotosintética de la vegetación ya que se esta muestra en color Rojo, variando los tonos y la geometría según la clase. Véase Capítulo 12. Cobertura Vegetal.

## 8. GEOLOGÍA

La caracterización geológica presentada a continuación toma como documentos de referencia la plancha 76 de Ocaña a escala 1:100.000 publicado por INGEOMINAS en el año 1972, el Mapa geológico del Cuadrángulo F-13 “Tibú” a escala 1:200.000, el Boletín Geológico Ingeominas: Informe Hidrogeológico de Cúcuta. Esta información fue apoyada con trabajo de campo en el cual se verificó la cartografía existente y sirvió como base para realizar la Estratigrafía Local, Geología Estructural Local, Geomorfología, Geotecnia entre otros. **Anexo B: Mapa Geológico.**

### 8.1. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

En el área de influencia del oleoducto Rio Zulia – Ayacucho afloran unidades metamórficas de edad pre-Devónica representadas por el Neis de Bucaramanga (pEb), la Formación Silgará (pDs) y el Ortoneis (pDo). Las Unidades Ígneas que afloran son el Batolito de Agua Blanca (Ja) y el Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci) de edad Jurasica mientras que las rocas Sedimentarias abarcan edades que van desde el Devónico-Pérmico hasta el Terciario. Algunas de las unidades geológicas se encuentran cubiertas en ciertas áreas por depósitos cuaternarios y suelo residual.

Se presenta a continuación la descripción de cada unidad de la más antigua a la más reciente siendo agrupadas por el tipo de roca.

### **8.1.1. Rocas Metamórficas**

#### **8.1.1.1. Neis de Bucaramanga (PEb).**

Nombre propuesto por Goldsmith y otros (1971, en Ward et al. 1973), para el conjunto de rocas cristalinas de edad Precámbrico que aflora al oriente del Área Metropolitana. Se localiza al oriente del sistema de fallas Bucaramanga-Santa Marta, siendo su límite occidental fallado en dirección N30°W; de acuerdo a Mancera y Salamanca (1993), los mejores afloramientos se encuentran al oriente del cementerio Las Colinas, el barrio Pan de Azúcar, sobre la vía que conduce a las antenas de RCN, al oriente del barrio Los Alares y en el carretable de la vereda Vericute (municipio de Floridablanca).

#### **8.1.1.2. Formación Silgará (pDs)**

Toma el nombre de la quebrada Silgará localizada al noreste del Cuadrángulo H-12 Bucaramanga. Fue definida por Ward et al. (1973) como una unidad de rocas metamórficas dispuestas en capas delgadas y medianas.

Litológicamente se define como una unidad de rocas de origen sedimentario, afectadas por metamorfismo regional de medio y bajo grado, que consta de esquistos cuarzo micáceos y esquistos cuarzo micáceos cordieríticos, de color verde a gris verdoso y gris amarillento, de grano fino a medio y en menor proporción cuarcitas y filitas.

La edad que se le asigna es la misma considerada por Ward et al. (1973), que es equivalente al Cámbrico-Ordovícico.

#### **8.1.1.3. Ortoneis (pDo)**

Se presenta como una roca bien orientada en bandas oscuras y claras de espesores variables y contactos rectos y algunas veces ondulados. Las bandas

oscuras se componen de Feldespato, Biotita y Hornblenda razón por la cual se clasifican como Neises Biotíticos y/o Anfibólitos.

Las bandas claras se componen de Cuarzo, Feldespato y Biotita por lo que se pueden clasificar como Cuarzo-feldespáticos con Biotita. Las dataciones Rb-Sr arrojan una edad de 450 +/- 80 m.a. ubicando esta unidad en el Ordovícico.

### **8.1.2. Rocas Ígneas**

#### **8.1.2.1. Batolito de Agua Blanca (Ja)**

Término utilizado por Ward et al. (1973) para referirse a un cuerpo ígneo de composición Cuarzomonzonítica con características Batolíticas.

Litológicamente presenta rocas de color rosado a blanco. Contiene cuarzo, Feldespato y Plagioclasa como minerales principales mientras que la Moscovita y la Biotita hacen parte de los minerales accesorio.

Las dataciones (K – Ar) arrojan una edad de 196 +/- 7 m.a. correlacionando esta unidad con el evento intrusivo del Juratriásico.

#### **8.1.2.2. Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci)**

Comprende una fase intrusiva cuya composición predominante es Cuarzomonzonítica y una serie de etapas de volcanismo efusivo-explosivo de carácter riolítico principalmente.

La fase Cuarzomonzonítica denominada informalmente como batolito de Ocaña, presenta una textura la cual varía de grano fino a grano grueso con predominio del grano medio con escasas zonas pegmatíticas.

El carácter explosivo de este volcanismo se manifiesta por la presencia de tobas, brechas y aglomerados. La edad de dicha unidad es considerada del cretácico

inferior y se asume que es sincrónica con la sedimentación de las Formaciones Girón, Jordán y Bocas del jurasico, como lo evidencia la interestratificación de material volcánico entre las Formaciones nombradas anteriormente.

### **8.1.3. Rocas Sedimentarias**

#### **8.1.3.1. Areniscas Devónicas? ( Da?)**

Se utiliza este término para designar una secuencia bastante gruesa de areniscas cuarzosas intercaladas con delgadas capas de arcilla. Dicha unidad se presenta en general como intercalaciones de arenisca gris verdosa, gris amarillenta cuarzosa, dura y compacta en capas que varían de gruesa a muy gruesa y con tamaño de grano que varía de fino a grueso las cuales se presentan con delgadas intercalaciones arcillosas de color gris oscura y negras a gris amarillentas localmente micáceas. En esta unidad se han identificado lentes de lutita con nódulos y niveles delgados de caliza; localmente presenta calcárea y arenisca con abundante contenido de pirita.

La edad tentativa que se le asigna a esta unidad es devónica? Considerando la posibilidad de que estas areniscas correspondan a la parte basal de la Formación Floresta.

#### **8.1.3.2. Formación Floresta (Df)**

El término Floresta fue inicialmente utilizado en 1937 por Olsson & Caster (en Julivert et al., 1968) como «Floresta Series» para designar una secuencia de varios centenares de pies de shales amarillentos, blandos con algunas capas más consistentes intercaladas. La edad de esta secuencia es devónico de acuerdo a los fósiles encontrados por A.A. Olsson y T. Ramírez (Dickey, A.P. 1941).

Estudios anteriores definen una sucesión estratigráfica compuesta por areniscas de color gris oscuro (150 m) hacia el techo, continuando con arcillas pizarrosas

abigarradas con horizontes fosilíferos y colores ocre, violeta, gris y amarillo (500 m), arcillas pizarrosas negras (30 m) y un conglomerado basal de 30 m de espesor.

La Formación Floresta a nivel regional se presenta como una franja alargada NS de unos 50 km de largo y 2 a 5 km de ancho desde el NE de Ocaña hasta las inmediaciones de la Serranía de Bobalí o el Cerro El Tronadero.

#### **8.1.3.3. Formación Bocas (Jb)**

Definida por Dickey (1941), como la Serie Bocas. Ward et al. (1973), le dan el nombre de formación Bocas. La sección tipo se localiza en el sector comprendido entre Puente Tierra y la inspección de Bocas, por la carretera a Rionegro (Tomado de Ward et al., 1973). Estas rocas afloran hacia el oriente de las montañas de los Angelinos y hacia el norte, en la confluencia de los ríos De Oro y Suratá.

Litológicamente está constituida por limolitas calcáreas, de grano fino, de colores gris verdoso y pardo rojizo, ocasionalmente en capas de 1m de espesor; también contiene limolitas grises verdosas, calcáreas, delgadas, con nódulos calcáreos grises de 4 mm de diámetro, conglomerados con cantos redondeados, calizas grises y cuarzo en una matriz arenosa calcárea (Ward et al., 1973). El espesor de esta unidad es de aproximadamente 590 m. Esta formación infrayace a la formación Jordán en contacto transicional. Ward et al. (1973) por criterios estratigráficos le asignan una edad Triásica.

#### **8.1.3.4. Formación Jordán (Jj)**

Fue inicialmente reconocida por Cediél (1968), en su estudio sobre la formación Girón del área de Bucaramanga. Según Cediél (1968), la Formación Jordán incluye dos facies:

- a) Facies Superior. (200 m) Limolita de color marrón rojizo y arenisca de grano muy fino, bien estratificada, en capas de 30 a 80 cm de espesor.
- b) Facies Inferior. (Aprox. 100 m) Principalmente arenisca de grano grueso, gris verdosa, en capas hasta de 1 m de espesor y algunas capas de shale gris verdoso, hasta de 2 m de espesor, algunas capas gruesas con estratificación cruzada contienen niveles conglomeráticas con guijos hasta de 2 cm de diámetro.

Con base en relaciones estratigráficas a la Formación Jordán se le asigna una edad Jurásico inferior (Ward et al.1973).

#### **8.1.3.5. Unidad Volcanoclástica de Norean (Jn)**

Unidad propuesta y definida por Clavijo (1996), para designar una potente sucesión de rocas volcanosedimentarias aflorantes en alrededores del Caserío de Noreán, aflorando en la región central y sur del Departamento del Cesar, se encuentra casi continúa desde el suroriente del Municipio de La Jagua de Ibirico, y se prolonga hacia el sur, hasta cerca la Quebrada Torcoromita.

Unidad constituida por una secuencia de tobas cristalínolíticas, lodolitas y arenitas tobáceas, arenitas rojo grisáceas, tobas cristalinas alternadas con lapillitas, aglomerados, aglomerados lodosos y lavas; lavas predominantemente dacíticas que varían a andesíticas; silos pseudostratiformes, macizos, sin estructura de flujo, texturalmente porfiríticos con gran variedad de tamaños en los fenocristales. Su composición varía de andesita a andesita basáltica y basalto, y predomina la primera.

En el área de la Plancha 65 “Pelaya”, esta unidad aflora predominantemente en el lado Oriental, al occidente de la Falla de Bucaramanga - Santa Marta conformando un cuerpo alargado de 5 a 15 Km de ancho con diferentes facies litológicas.

Estas rocas son intruidas por cuerpos hipoabisales de riolitas, riodacítas y dacitas porfídicas con fenocristales de plagioclasa de hasta 5cm de diámetro alterada en algunas partes a sericita y epidota dentro de una matriz félsica

El ambiente sedimentario es considerado como continental - epicontinental fuertemente influenciado por un volcanismo explosivo andesítico de intensidad fluctuante, que alcanzaría su mayor desarrollo a finales del Jurásico medio (Clavijo, 1996).

El Espesor inferido es de 4.500 m medidos en la sección tipo, pero podría alcanzar 5.000 m, si se tiene en cuenta que su contacto superior es fallado. Los estudios de Clavijo et al. (1996) y Royero et al. (1995) han propuesto elevar el rango de esta formación a grupo teniendo en cuenta que incluye las formaciones Bocas y Jordán, ligadas genéticamente y sus relaciones faciales registran un acontecimiento tectonosedimentario de gran dimensión; además, el concepto de grupo facilita el reconocimiento y la futura formalización de otras divisiones de categoría subordinada en otras áreas.

La edad de la Formación Noreán se ha definido por sus relaciones de campo observables en la Plancha 64, según García y Pineda (1993) donde se presenta suprayaciendo concordantemente a la Formación Morrocoyal del Jurásico Inferior (Geyer, 1969); además está intruida por rocas ígneas del Jurásico Superior, posición que permite considerarla indirectamente de una edad del Jurásico Inferior a Medio.

Presenta las facies litológicas a saber:

**Jgd:** Granodiorita gris – rosada, de grano medio a grueso, comúnmente varía de granito a cuarzdiorita. Presenta filones auríferos.

**Jnha:** Rocas hipoabisales de composición andesítica, dacítica a traquiandesítica, con textura porfirítica.

**Jnee:** rocas volcánicas efusivas de composición riolítica – traquítica, esferulíticas, de color rosado grisáceo, localmente porfirítico.

**Jnpe:** Alternancia de tobas cristalino – líticas, arenas y lodolitas tobáceas, lodolitas arenitas líticas rojo grisáceas

#### 8.1.3.6. Formación Girón (Jg)

A nivel regional la Formación Girón presenta un espesor aproximado de 4.650 m, con una alta variabilidad litológica representada por Cediell (1960) en siete facies litológicas relacionadas de la base al tope en la **Tabla 5**.

**Tabla 5** Facies Litológicas de la Formación Girón

Conjunto	Espesor (m)	Descripción
A	610	Arenisca arcósicas de grano grueso a conglomeráticas.
B	590	Areniscas (60%) de grano medio a grueso y capas de limolitas y arcillolitas (40%) interestratificadas.
C	430	Areniscas arcósicas de grano medio con niveles conglomeráticos cuarzosos.
D	650	Capas rojas de limolitas y areniscas arcillosas (60%) y areniscas arcósicas (40%) interestratificadas.
E	1040	Areniscas de grano medio y limolitas gris verdosas.
F	250	Areniscas (70%) y capas rojas de limolitas y arcillolitas (30%).
G	1080	Capas de areniscas de grano grueso a conglomerados cuarzosos.

#### **8.1.3.7. Formación Tibú- Mercedes (Kitm)**

Las formaciones Tibú y Mercedes fueron definidas separadamente por Notestein et al. (1944) dentro del área de la Concesión Barco y posteriormente redefinidas por Sutton (1946) y Renz (1959).

La Formación Tibú-Mercedes está constituida en la parte inferior por lodolitas gris oscuras, calcáreas, areniscas cuarzosas, grano fino, bien cementadas, lentes de calizas biomicríticas, de color gris y algunas capas de conglomerado gris claro, calcáreo, con guijos de cuarzo. En la parte media se presentan algunas capas de lodolitas calcáreas, limosas, grises a gris claras, areniscas grises, grano fino, cemento calcáreo y calizas grises, en capas planas a lenticulares. La parte superior está conformada por areniscas cuarzosas, grises, grano fino, capas delgadas y medianas, con intercalaciones de lodolitas gris oscuras y negras, calcáreas y calizas grises, en capas medianas a gruesas, que son más predominantes hacia el techo de la unidad.

Con base en los fósiles encontrados por Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco y en el área del Cocuy por Fabre (1981a), se asigna a la Formación Tibú-Mercedes la edad de Aptiano superior-Albiano inferior.

#### **8.1.3.8. Formación Aguardiente (Kia)**

La Formación Aguardiente fue definida por Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco y redefinida por Sutton (1946), quien le dio el rango de formación Litoestratigráfica.

Está constituida por areniscas de cuarzo, blancas, gris verdosas y amarillentas, comúnmente glauconíticas, grano fino a grueso, con algunos niveles conglomeráticos; localmente feldespáticas, calcáreas, micáceas y piritosas, con

materia orgánica asociada a los planos de estratificación, con delgadas intercalaciones de lodolitas grises y gris claras.

En la parte inferior se presentan conglomerados gris claros a blanco amarillentos, Constituidos por fragmentos de cuarzo lechoso, subredondeados, en una matriz arenosa, bien cementada. Hacia la parte superior se presentan intercalaciones de lodolitas grises a negras, carbonosas y micáceas.

Se toma como edad para esta unidad, la asignada por algunos autores (Richards, 1968; Ward et al., 1973), quienes la consideran como Albiano inferior y medio, de acuerdo con su posición estratigráfica.

#### **8.1.3.9. Formación Capacho (Kic)**

Nombre propuesto en 1888 por Sievers (en Julivert et al., 1968), para denominar unas calizas aflorantes en el pueblo Capacho Viejo, actualmente Independencia, Estado de Táchira (Venezuela). Posteriormente fue redefinida por Sutton (1946) y Rod & Maync (1954). En Colombia, el término se utilizó en la Concesión Barco, Norte de Santander (Richards, 1968) y en Santander (Ward et al., 1973; Vargas et al., 1976).

La parte superior se compone principalmente de lodolitas grises, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, amarillentas y blancas, grano fino, levemente calcáreas, en capas medianas, con esporádicas capas de areniscas grises, calcáreas y fosilíferas. Estos depósitos son típicos de un ambiente marino somero. La parte inferior de la Formación Capacho corresponde a un conjunto de lodolitas negras, laminadas, con nódulos calcáreos, escasas intercalaciones de areniscas calcáreas y calizas grises a negras, fosilíferas (amonitas, lamelibranquios), en capas delgadas.

Se asigna la edad del Albiano superior a Turoniano, con base en fauna (pelecípodos, amonitas) colectada en Venezuela (Renz, 1959, 1977) y en el área del Cocuy, Colombia, con fauna de lamelibranquios, amonitas y foraminíferos (Fabre, 1981a).

#### **8.1.3.10. Formación La Luna (Ksl)**

Nombre utilizado en 1926 por Garner (en Julivert et al., 1968) para una sucesión de calizas y lodolitas calcáreas, negras, fosilíferas con concreciones de calizas, aflorantes en la Serranía de Perijá, Estado de Zulia (Venezuela).

La Formación La Luna, en el área, está constituida en su parte inferior por una alternancia de calizas gris oscuras, laminadas, fosilíferas (amonitas, foraminíferos planctónicos y bentónicos) en capas delgadas y lodolitas grises, calcáreas y concreciones elipsoidales y discoidales de caliza biomicrítica, grises, hasta de 2 m de diámetro, esporádicamente fosilíferas (amonitas). La parte superior se compone de liditas silíceas y cherts grises y negros, con fracturas rellenas de calcita, que le dan un carácter calcáreo a la roca.

La edad se estima como Coniaciano-Santoniano, la cual fue determinada con base en amonitas y foraminíferos estudiados en Venezuela occidental (Renz, 1959, 1977).

#### **8.1.3.11. Formación Colón- Mito Juan (Kscmj)**

En Colombia generalmente se ha cartografiado como una sola unidad las rocas comprendidas entre las formaciones La Luna y Barco (Ward et al., 1973; Vargas et al., 1976; Mejía et al., 1980; Fabre, 1981a; Salinas & Daconte, 1982, entre otros), intervalo que corresponde a las formaciones Colón, Mito Juan y Catatumbo.

Estas unidades fueron definidas respectivamente por Liddle, 1928 (en Julivert et al., 1968), Garner, 1926 (en Julivert et al., 1968) y Notestein (1944) en la

Concesión Barco y en el Estado de Táchira, Venezuela. Esta unidad está constituida principalmente por lodolitas grises y negras, levemente calcáreas, micáceas, localmente fosilíferas, laminación plana paralela, en capas gruesas y muy gruesas, con esporádicos nódulos areno-limosos y ferruginosos, con intercalaciones de areniscas de cuarzo, grano fino, micáceas, levemente calcáreas, en capas gruesas y calizas grises, localmente biomicríticas.

Hacia la parte superior, entre las lodolitas y areniscas se intercalan capas delgadas de carbón y es la secuencia que Notestein et al. (1944) han denominado Formación Catatumbo.

La edad de la Formación Colón-Mito Juan es propuesta por Notestein et al. (1944), quienes con base en foraminíferos, la dataron como del Campaniano al Maestrichtiano.

#### **8.1.3.12. Formación Barco (Tpb)**

Notestein et al. (1944) establecen, en la Concesión Barco, la sección tipo de la Formación Barco en el Anticlinal de Petrólea, donde consta de 215 m de areniscas Cuarcíticas y delgadas intercalaciones de lodolitas.

Con base en datos palinológicos, van der Hammen (1958) le asigna una edad del Paleoceno inferior a la Formación Barco.

#### **8.1.3.13. Formación Los Cuervos (Tpc)**

Definida por Notestein et al. (1944) en la Concesión Barco para denominar una alternancia de arcillolitas y lodolitas con capas de areniscas y de carbón. La Formación Los Cuervos está constituida en su parte inferior por una sucesión de lodolitas 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 lodolitas carbonosas y capas de carbón. En la parte superior aparecen lodolitas grises, ligeramente micáceas, con fragmentos carbonosos y óxidos de hierro.

La edad se considera como del Paleoceno-Eoceno inferior según Vander Hammen (1958) en la quebrada Los Cuervos, afluente del río Catatumbo (Norte de Santander).

#### **8.1.3.14. Formación Mirador (Tem)**

Su nombre proviene del Cerro Mirador, en el Estado de Zulia, Venezuela, (Sutton, 1946). En la Concesión Barco es definida por Notestein et al. (1944), donde la unidad se encuentra compuesta predominantemente por areniscas con intercalaciones de lutitas carbonosas.

Está constituida en su parte inferior por areniscas de cuarzo, blancas, gris claras a blanco amarillentas, grano medio, grueso y en parte conglomeráticas, separadas por niveles de lodolitas grises, carbonosas. En la parte media alta se presenta un nivel de lodolitas, grises, localmente ferruginosas y carbonosas, con algunas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grano fino.

La parte superior está conformada por areniscas blancas, de grano medio a ligeramente conglomeráticas, feldespáticas y ferruginosas.

Su edad se estima como del Eoceno inferior a medio, con base en los análisis palinológicos efectuados por van der Hammen (1958), en el domo La Esperanza al noroeste de Sardinata (Norte de Santander).

#### **8.1.3.15. Formación Carbonera (Tec)**

Fue definida por Notestein et al. (1944), en la quebrada Carbonera, afluente del río Zulia, en el flanco oriental del Anticlinal de Petróleas de la Concesión Barco. La unidad consiste en una secuencia de lodolitas grises a gris verdosas, con intercalaciones de areniscas arcillosas; presenta capas de carbón en las partes inferior y superior.

La edad asignada por Notestein et al. (1944) es del Eoceno superior a Oligoceno inferior, con base en estudios paleontológicos de gasterópodos y lamelibranquios en el área de la Concesión Barco.

#### **8.1.3.16. Formación León (Tol)**

Inicialmente esta unidad fue definida en 1931 por Hedberg (en De Porta et al., 1974) y posteriormente, redefinida por Notestein et al. (1944) en el área de la Concesión Barco, donde la Formación León está compuesta predominantemente por lodolitas grises y gris verdes, con escasas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grises, grano fino a medio. La localidad tipo se encuentra en la quebrada León, afluente del río Zulia.

La edad de la Formación León Notestein et al. (1944) con base en fauna y van der Hammen (1958) con datos palinológicos, proponen que es del Oligoceno medio.

#### **8.1.3.17. Grupo Guayabo (Tmg)**

Su nombre deriva del cerro Guayabo, en el Distrito Colón, Venezuela. Notestein et al. (1944) emplean el término para el área de la Concesión Barco; van der Hammen (1958) tomó como sección tipo para Colombia la sección expuesta en la quebrada León. Van Hauten & James (1984) redefinen el Grupo Guayabo en cercanías de Cúcuta y lo dividen en tres formaciones: Cúcuta, Cornejo y Urimaco, ordenadas de más antigua a más reciente

El Grupo Guayabo está constituido en su parte inferior por areniscas de cuarzo, algo micáceas, grises y blancas, de grano fino y grueso a ligeramente conglomeráticas, en capas medianas a gruesas, piritosas, con restos vegetales; se Intercalan lodolitas grises, negras, micáceas, con restos vegetales, laminación ondulosa, en capas medianas. Hacia la parte superior se presentan delgadas intercalaciones de caliza gris localmente arenosa.

La edad del Grupo Guayabo ha sido considerada del Oligoceno superior-Mioceno, basada en estudios de fósiles (foraminíferos), efectuados por autores como James (1977) y van Houten y James (1984), entre otros.

## **8.2. ESTRATIGRAFIA LOCAL**

### **8.2.1. Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci)**

Con respecto al proyecto del Oleoducto Rio Zulia – Ayacucho, el Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci) es la unidad mayor distribuida en el área. Localmente se presenta con afloramientos de pegmatita con fenocristales de cuarzo, plagioclasa y feldespato. Se observa una vena mineralizada de color verde que podría ser fluorita y se encuentra meteorizada.

En algunos sectores afloran rocas de dicho complejo las cuales se encuentran bastante meteorizadas dando lugar a suelo residual de color rosado, blanco amarillento areno-arcilloso. Fotografías 10 y 11. Ver **Fotografías 1 y 2.**

### Fotografías 1 y 2 Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci)



**Fotografía 1** Rocas meteorizadas formando suelo residual areno-arcilloso. Complejo Intrusivo-Extrusivo (Jci).



**Fotografía 2** Pegmatita, mineralizada. Complejo Intrusivo Extrusivo (Jci).

### 8.2.2. Formación Floresta (Df)

A nivel local la Formación Floresta (Df) presenta arenisca feldespática la cual varía el tamaño de grano de fino a medio, color rosado y amarillo claro, se encuentra bastante meteorizada y en algunos lugares infrayace a una arcilla blanda de color rojizo y blanco. En ocasiones se encuentra arenisca blanca de grano fino intercalada con lodolita y algunos afloramientos de limolita. Ver **Fotografías 3 y 4.**

### Fotografías 3 y 4. Formación Floresta (Df)



**Fotografía 3.** Arenisca feldespática.  
Formación Floresta (Df)



**Fotografía 4** Intercalación de lodolita  
con arenisca. Formación Floresta (Df)

### 8.2.3. Formación Los Cuervos (Tpc)

Localmente la Formación Los Cuervos (Tpc) presenta arenisca de grano fino, color gris-amarillento y con presencia de mantos de carbón el cual es extraído artesanalmente. En algunos lugares la arenisca se encuentra intercalada con lodolita gris verdosa. Ver **Fotografías 5 y 6.**

### Fotografías 5 y 6. Formación Los Cuervos (Tpc)



**Fotografía 5** Lodolita de la Formación Los Cuervos (Tpc).



**Fotografía 6.** Arenisca en boca de mina artesanal. Formación Los Cuervos (Tpc).

#### 8.2.4. Formación Carbonera (Tec)

Con respecto al proyecto del Oleoducto Rio Zulia – Ayacucho, la Formación Carbonera (Tec) es la unidad sedimentaria que cubre el área más extensa a nivel local, Presentando como litología predominante intercalación de arenisca con arcillolita. Hacia la parte media de la formación, la arenisca es de color gris amarillento con abundante contenido de cuarzo y se observa un aumento en el tamaño de grano el cual varía de fino a grueso de base a techo, mientras que hacia el tope de la formación, dicha arenisca es de color naranja y ligeramente lodosa.

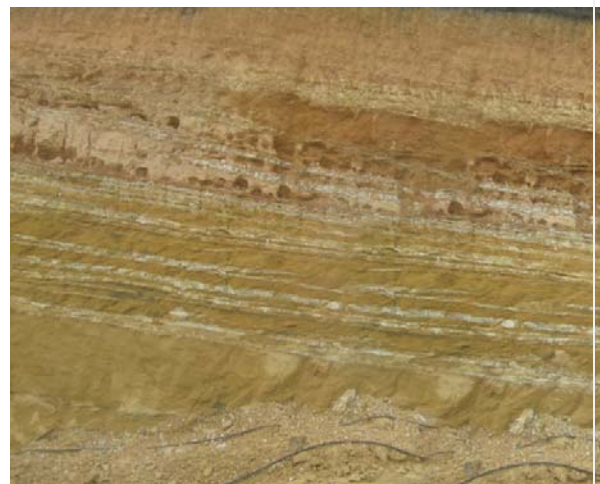
La arcillolita es de color gris amarillento y en algunos sectores se presenta abigarrada, sin embargo, en ocasiones se presenta ligeramente limosa.

Dentro de la intercalación de la arenisca con la arcillolita, se evidencia que esta última es el plano favorable para erosión diferencial por ser la roca menos resistente. Ver **Fotografías 7 y 8**

### **Fotografías 7 y 8 Formación Carbonera (Tec)**



**Fotografía 7** Intercalación de arcillolita con arenisca gris. Formación Carbonera (Tec).



**Fotografía 8** Intercalación de arcillolita abigarrada con arenisca color naranja. Formación Carbonera (Tec).

### **8.2.5. Formación León (Tol)**

En el área de estudio, la Formación León (Tol) presenta a nivel local arcillolita de color pardorrojizo amarillento con cierto grado de esquistosidad razón por la cual se puede clasificar como arcillolita pizarrosa. Hacia el tope se encuentra en contacto con arcilla blanda abigarrada. Ver **Fotografías 9 y 10**.

### Fotografías 9 y 10. Formación León (Tol)



**Fotografía 9** Arcillolita pizarrosa de la Formación León (Tol).



**Fotografía 10** Arcilla blanda abigarrada de la Formación León (Tol).

#### 8.2.6. Grupo Guayabo (Tmg)

En el área de estudio, el Grupo Guayabo (Tmg) presenta a nivel local Cuarzoarenita de grano fino y color blanco. En la superficie presenta color verde y gris verdoso debido a la alteración producida por diversos agentes como el agua, cambios de temperatura entre otros. Localmente no se observaron intercalaciones de la cuarzoarenita con otro material sedimentario como se encuentra en la localidad tipo. Ver **Fotografía 11**.

### **Fotografía 11. Formación Guayabo (Tmg)**



**Fotografía 11** Cuarzoarenita del Grupo Guayabo (Tmg).

#### **8.2.7. Depósitos Aluviales recientes (Qal)**

Son depósitos de terrazas bajas sobre la llanura de inundación de las corrientes principales, están compuestas principalmente por horizontes arenosos y arcillosos sobre el valle de los ríos principales: el Zulia, Sardinata, Presidente, Catatumbo y Tarra. En algunos de ellos se presentan terrazas compuestas por aluviones recientes con una morfología totalmente plana.

La mayoría de unidades en el área de estudio se encontraron cubiertas por depósitos cuaternarios aluvial y continental siendo difícil su cartografía en campo. En la **Tabla 6** se encuentra el área y la distribución que ocupa cada unidad en el área de estudio.

CONV	LITOLOGIA	AREA HA	%
Qt	Terraza	929,35	1,77%
Da?	Areniscas Devónicas?	65,24	0,12%
Df	Formación Floresta	466,75	0,89%
Jb	Formación Bocas	122,82	0,23%
Jci	Complejo Intrusivo-Extrusivo	11.432,02	21,75%
Jg	Formación Girón	96,64	0,18%
Jj	Formación Jordán	2.189,23	4,16%
Jnee	Unidad Volcanoclástica de Norean	50,81	0,10%
Jnha	Unidad Volcanoclástica de Norean	291,03	0,55%
Jnpe	Unidad Volcanoclástica de Norean	2.712,69	5,16%
Kic	Formación Capacho	1.239,22	2,36%
Kia	Formación Aguardiente	2.583,76	4,92%
Kit	Formación Tablazo	345,47	0,66%
Kitm/Kmu	Formación Tibú- Mercedes	1.513,25	2,88%
Kscmj	Formación Colón- Mito Juan	330,50	0,63%
Ksl	Formación La Luna	580,78	1,10%
PDb	Neis de Bucaramanga	726,94	1,38%
PDo	Formación Silgará	45,40	0,09%
PDs	Formación Silgará	2.246,92	4,27%
Qal	Depositos aluviales recientes	4.897,55	9,32%
TPc	Formación Los Cuervos	2.253,79	4,29%
Tec	Formación Carbonera	7.905,12	15,04%
Tem	Formación Mirador	1.512,31	2,88%
Tmg	Grupo Guayabo	3.963,67	7,54%
Tol	Formación León	3.481,74	6,62%
Tpb	Formación Barco	458,74	0,87%
Tpc	Formación Los Cuervos	121,42	0,23%
<b>TOTAL</b>		<b>52.563,13</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla 6.** Distribución y porcentaje en la zona de estudio

### **8.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

El Oleoducto se encuentra en un área muy activa tectónicamente a razón de las numerosas fallas y estructuras menores como lineamientos, anticlinales y sinclinales que hacen del área un sistema complejo; sin embargo, los esfuerzos de los diseñadores del corredor fueron acertados al lograr ubicarlo en las zonas menos inestables y con menos presencia de falla.

Se presenta a continuación la descripción de fallas y estructuras menores que se encuentran presentes en el sector de influencia del proyecto. Dicha descripción se hará a nivel regional y a nivel local mostrando su relación con el recorrido del oleoducto.

#### **8.3.1. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL**

##### **8.3.1.1. Fallas**

###### **8.3.1.1.1. Falla de Bucaramanga.**

Entra esta falla al área trabajada por el SW de Ocaña, con una dirección N 10°W, pasando por los Municipios de Río de Oro, Brotaré, El Carmen, Guamalito, en una extensión de unos 60 km hasta salir de la zona por la parte media oeste de la plancha 66, con una dirección N 20°W. Presenta como características un trazo recto y fácil de distinguir, no solamente en las fotografías aéreas, sino también, en los mapas topográficos.

Ward et al (1973) consideran la Falla de Bucaramanga como de rumbo pero con grandes desplazamientos verticales. En cuanto a la edad de la falla solo se puede decir que es posterior a la Formación Bucaramanga, con movimiento en las orogenias siguientes, algunos de ellos relacionados con el levantamiento del macizo.

#### **8.3.1.1.2. Falla de Bobalì.**

Se encuentra al E de Guamalito con una dirección con una dirección NS y unos 30 km de largo bordeando la margen oeste de la parte alta de la Cordillera Oriental; truncada al S por la Falla de Bucaramanga y al N por la Falla El Alto. Afecta rocas devónicas y jurasicas, a las cuales pone contacto produciéndose un desplazamiento vertical. Esta falla es de tipo inverso con inclinación hacia el oeste.

#### **8.3.1.1.3. Falla El Alto.**

Está localizada en los cerros del Bobalì con una extensión de unos 14 km, bordeando la parte alta de la Cordillera Oriental por su margen E, con una dirección N; hacia el N se bifurca y sale con dirección NE y NW. Afecta en su mayoría rocas del complejo Intrusivo – Extrusivo del área trabajada y en su extremo N las pone en contacto con sedimentos devónicos. Esta falla es de tipo normal.

#### **8.3.1.1.4. Falla Los Llanos.**

Pasa por el extremo NW del área trabajada, con dirección NNE, en una extensión de unos 17 km, afectando rocas Pre – Devónicas de la Formación Silgará, rocas volcánicas Jurasicas y rocas sedimentarias de la Formación Jordán. Falla de tipo normal.

#### **8.3.1.1.5. Falla Las Minas.**

Se presentan al NNW del área con una extensión de unos 30 km y una dirección NS hasta salir por el N. Afecta en su mayor parte las rocas del complejo Intrusivo –

Extrusivo. Hacia el S, las pone en contacto con sedimentos devónicos y estos a su vez con rocas de la formación Silgará. Falla de tipo normal.

#### **8.3.1.1.6. Falla Hacari.**

Está localizada al SE de la plancha 76, con unos 30 km de largo una dirección NW. Entra en el área por la esquina SE, pasa por el N del Municipio de Hacari y luego es desplazada por una falla pequeña de dirección NS para más adelante unirse con la Falla de San Calixto. Afecta las rocas del Batolito de Agua Blanca poniéndolas en contacto con rocas de la Formación Silgará y del complejo Intrusivo – Extrusivo; y a estas últimas con rocas sedimentarias de la Formación Girón.

#### **8.3.1.1.7. Falla San Calixto.**

Se presenta con una extensión de unos 25 km y una dirección NNW. Se desprende de la Falla de Hacari con la que se une después de pasar por el Municipio de San Calixto y se continua hasta ser truncada por una falla más grande de dirección NE. Pone en contacto rocas de complejo Intrusivo – Extrusivo con rocas metamórficas de la Formación Silgará y rocas del Cretáceo con rocas Pre – Devónicas del Silgará. Falla de tipo normal.

#### **8.3.1.1.8. Falla San Juancito.**

Falla tipo inverso, con inclinación hacia el W, que comienza desde el SW de Convención con una dirección NE, luego N aproximadamente y por último NNW al terminar contra una falla pequeña. Tiene una longitud de unos 50 km y afecta la mayoría de las rocas que se presentan en el área trabajada, poniendo en contacto entre si, a las formaciones Tibù - Mercedes, Girón, Silgará y complejo Intrusivo – Extrusivo. Hacia el N solo afecta las rocas ígneas.

#### **8.3.1.1.9. Falla del Tarra.**

Falla inversa, con inclinación al W, se extiende unos 40 km desde la Falla de San Calixto, con una dirección aproximadamente NNE y en forma paralela pero alejada al cauce del Río Tarra, hasta el Río Catatumbo donde termina contra otra falla. Esta falla pone en contacto las rocas del complejo ígneo – metamórfico con las de formaciones cretácicas y a éstas entre sí.

#### **8.3.1.1.10. Falla Bellavista.**

Falla de tipo normal, de unos 40 km de largo y de dirección NNE. Se inicia en las inmediaciones del caserío Bellavista, en su parte media se bifurca y posteriormente se unen y salen del área trabajada con una dirección NE. Tiene inclinación hacia el E y pone en contacto rocas de la Formación Silgará, con rocas del complejo Intrusivo – Extrusivo y rocas del Cretáceo; y a rocas cretácicas con rocas del complejo Intrusivo – Extrusivo.

#### **8.3.1.1.11. La falla Las Mercedes.**

Se define como una falla de rumbo N-S y se encuentra buzando al oeste, cabalga al este sobre los estratos Cretáceos y Terciarios con un desplazamiento de 2400 m.

#### **8.3.1.2. Estructuras menores**

Se presenta a continuación la descripción de algunas estructuras presentes en el área de influencia del proyecto.

#### **8.3.1.2.1. Sinclinal de Mesarrica.**

Esta localizado al SE de Haceri, formado por sedimentos del Cretáceo Inferior descansando sobre rocas volcánicas riolíticas, con una inclinación muy suave y un eje de dirección NNW.

#### **8.3.1.2.2. Anticlinal de San Calixto.**

Se encuentra al suroeste del Municipio de San Calixto con cabeceo hacia el N, constituido por las Formaciones Tibù – Mercedes y Girón, esta última afectada por rocas volcánicas. Se encuentra bastante fracturado observándose pequeños repliegues dentro de la estructura principal que la hacen más compleja. El eje del anticlinal tiene una dirección NNE.

#### **8.3.1.2.3. Anticlinal del Tarra.**

Bordeando la margen oeste del Río Tarra, Cruzada por éste antes de su desembocadura en el Río Catatumbo, aparece un flanco anticlinal bastante extenso (30 km) constituido por las formaciones del Cretáceo, reposando sobre las rocas intrusivas del Batolito de Agua Blanca, presenta una dirección NNE, un buzamiento hacia WNW y hace parte de una estructura anticlinal que se completa fuera del área. El anticlinal tiene un eje de dirección NNW y cabeceo hacia el N. El flanco occidental es el que aparece en el área trabajada y está cortado por la Falla del Tarra.

#### **8.3.1.2.4. Sinclinal Los Motilones.**

En el extremo norte central del área, los sedimentos del Cretáceo Inferior forman un sinclinal suave con un eje de dirección NE y reposando sobre rocas del complejo Intrusivo – Extrusivo, lo mismo que un pequeño repliegue anticlinal.

#### **8.3.1.2.5. Anticlinal de Convención.**

Se encuentra al noroeste de Convención con cabeceo hacia el NW, formado por los sedimentos de la Formación Floresta, teniendo como núcleo las rocas del complejo ígneo Intrusivo – Extrusivo.

#### **8.3.1.2.6. Anticlinal del Guayabales.**

En las cabeceras de la Quebrada Guayabales, al oeste de la plancha 66, se presenta una estructura anticlinal con cabeceo al NNE, formado por los sedimentos devónicos de la Formación Floresta. Afectado por las rocas Volcánicas.

### **8.3.2. Geología Estructural Local**

A nivel local en el área de influencia del proyecto, se observaron en campo varias fallas y otras son inferidas por fotografías aéreas. La **Falla del Tarra** se encuentra paralela al cauce del río en algunos sectores y pone en contacto las rocas del complejo ígneo – metamórfico con las de formaciones cretácicas y a éstas entre sí, Esto se puede evidenciar por el fuerte diaclasamiento que sufren las rocas cerca de la zona de falla.

La **Falla Bellavista** pone en contacto unidades del cretácico con unidades ígneas del complejo Intrusivo – Extrusivo y con la Formación Silgará, se pueden evidenciar rocas bastante fracturadas que se encuentran cerca de la zona de falla. Ver **Fotografías 12 y 13**.

## Fotografías 12 y 13. Falla Bellavista



En la zona de estudio también afloran la **Falla Hortenza** y la **Falla Leoncito**; la primera es inversa y se extiende de norte a sur afectando unidades del terciario mientras que la segunda es normal, se extiende en sentido norte- sur y afecta unidades del terciario; sin embargo, en algunos sectores pone en contacto rocas del terciario con unidades cretácicas.

Como **Estructuras Menores Locales** se ubican: el anticlinal de Agua Clara, el anticlinal de Petrolea, el anticlinal de Sardinata y el anticlinal de Leoncito, todos de gran importancia por ser estructuras con yacimientos petrolíferos. En el área de estudio también se encontraron los sinclinales: Sardinata, Trompil, Socuavo y Zulia.

## 9. GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología es el estudio de las formas de la tierra, materiales y sus procesos relacionados como son: Tipo de litología, suelo, drenaje y tectónica, entre otros. Los rasgos geomorfológicos son importantes en muchos aspectos de manejo ambiental y pueden contribuir a la evaluación de recursos y políticas de desarrollo regional y urbano de los municipios, como también al estudio de susceptibilidad de amenazas naturales, ya que juega un papel importante en la identificación de procesos que dan forma al paisaje, algunos de los cuales son peligrosos u ofrecen algún grado de amenaza para la población.

El origen geomorfológico de las diferentes unidades del terreno está relacionado a procesos Exógenos o Endógenos dominantes, responsable de su existencia. Por ejemplo las geoformas volcánicas y ciertas formas estructurales tales como escarpes de falla, anticlinales y sinclinales se clasifican dentro de un origen causado por procesos endógenos o internos en la tierra. Para las formas exógenas o externas, el origen principal en primera instancia se relaciona con el tipo de roca y el producto de meteorización residual (suelos), dando una forma de terreno característica; es así como una topografía kárstica siempre se asocia a calizas, mientras que formas como terrazas, planicies de inundación o partes superiores de deltas se asocian con depósitos aluviales. **Anexo C: Mapa Geomorfológico**

### **9.1. Morfogénesis**

Las unidades morfológicas se agrupan según su génesis en: formas de origen denudacional, formas de origen denudacional-estructural y formas de origen fluvial.

### 9.1.1. Geoformas de origen Denudacional

Estas geoformas están relacionadas con los procesos denudacionales normales caracterizado por erosión y depositación que le imprimen un modelado a las rocas existentes. Ver **Fotografías 14, 15, 16 y 17.**

- ✚ **Lomos anchos (D1):** Divisorias de aguas aplanadas y semiredondeadas, algunas de las cuales son aprovechadas para la construcción de vías veredales y caminos de herradura **Fotografía 14.**
  
- ✚ **Escarpes denudacionales (D2):** Laderas cortas, verticales o semi-verticales (inclinación mayor a 70°) que se forman en macizos rocosos o en depósitos de suelo firme debido exclusivamente a procesos denudativos o de RM. **Fotografías 15 y 16.**
  
- ✚ **Nichos denudacionales (D3):** Microcuencas cerradas con forma de cubetas semicirculares a ovaladas, donde los procesos denudacionales han venido trabajando sobre materiales inconsolidados.
  
- ✚ **Laderas erosionadas (D4):** Superficies naturales e inclinadas del terreno con pendientes mayores a 20 grados en las cuales los procesos erosivos son visibles a simple vista (erosión laminar y en surcos).
  
- ✚ **Depósitos coluviales (D5):** Son geoformas producto de acumulación de materiales (suelo residual y/o fragmentos de roca), transportados por la acción de la gravedad de zonas puntuales ligeramente más elevadas. Presentan formas irregulares con pendientes leves a moderadas. **Fotografía 17.**

**Fotografías 14, 15, 16 y 17. Geformas de origen Denudacional (1)**



**Fotografía 14.** Lomos anchos (D1)



**Fotografía 15.** Escarpe denudacional escalonado en suelo. (D2)



**Fotografía 16** Escarpe en Roca. (D2)



**Fotografía 17** Deposito Coluvial (D5).

✚ **Laderas moderadas (D6):** Superficies naturales del terreno con laderas inclinadas entre 10 y 45 grados, con presencia de cobertura vegetal arbórea. **Fotografía 18.**

✚ **Conos de derrubios (D7):** Depósito de sedimentos en forma de cono que normalmente se forma al pie de una ladera o en la zona en donde una corriente de agua emerge de un frente montañoso depositando el material en el cambio de pendiente. **Anexo D: Mapa de Pendientes**

✚ **Laderas severamente erosionadas (D8):** Superficie natural del terreno caracterizada por presentar inclinación de sus pendientes mayores a  $10^\circ$  y en donde los procesos denudativos han actuado profundamente, pudiéndose distinguir erosión laminar, surcos e incluso cárcavas. La cobertura vegetal en estos terrenos es menor del 30%. **Fotografía 19.**

### Fotografías 18 y 19. Geoformas de origen Denudacional



**Fotografía 18** Laderas Moderadas. (D6)



**Fotografía 19** Corona de deslizamiento

#### 9.1.2. Geoformas de origen aluvial

Geoformas derivadas de la actividad agradacional y degradacional de las corrientes, incluyendo cauces actuales y niveles de terrazas dejados por la sedimentación de cauces y eventos fluvio torrenciales.

- Planicie o llanura de inundación (F1):** Zonas aledañas al cauce actual de las corrientes fluviales donde se presentan inundaciones y avenidas torrenciales dejando sobre la superficie sedimentos finos compuestos por arenas y limos; también se conoce como zona de divagación de corrientes fluviales. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.21.**
- Depósitos de canal (F2):** Son depósitos que están confinados al canal del drenaje a la zona de divagación de la corriente, lo conforman los depósitos de orillares, barras longitudinales y transversales. **Fotografía 22.**
- Nivel de terraza bajo (F3):** Presentan una morfología plana a ligeramente inclinada limitada por un talud o escarpe adyacente a los cursos actuales de ríos y quebradas. Se forman por la acumulación de material mediante procesos fluviales o fluvio- torrenciales, dejando diferentes niveles con alturas menores a los 2 m. **Fotografía 23**
- Cauce o lecho actual de drenajes (F4):** Corresponde a las áreas por donde frecuentemente circulan las corrientes permanentes de agua. Dependiendo de la época del año estas geformas pueden presentar una pequeña variación a la escala cartografiada, debido a la divagación de las corrientes. **Fotografía 23**



**Fotografía 20** Terraza alta del Rio Zulia.



**Fotografía 21** Llanura de inundación del Rio Zulia.



### 9.1.3. Geoformas de origen Estructural

- ✚ **Laderas estructural (E1):** Superficies natural e inclinada del terreno, formada por capas o planos de discontinuidad (foliación, estratificación, discontinuidad, etc.), ubicadas en el mismo sentido de la pendiente.
- ✚ **Escarpe de falla (E2):** Son desniveles topográficos escarpados que se producen a lo largo de una falla, generados cuando se produce un desplazamiento. Inicialmente el escarpe puede corresponder al afloramiento del plano de falla, que se transforma en una superficie declinada por procesos de degradación y erosión.
- ✚ **Faceta triangular (E3):** Superficie de forma triangular o trapezoidal inclinada, cuyo ápice apunta hacia arriba, que se presenta en la cara libre de un interfluvio cuando es cortado por una falla. Es en realidad el resultado de procesos de degradación y declinación que actúan sobre un escarpe de falla. El plano de la faceta, entonces no representa el actual plano de falla, sino un remanente erosivo de un escarpe de falla.

- ✚ **Contraescarpe o contrapendiente (E4):** Es un escarpe de falla o ladera que mira en sentido opuesto a la pendiente general de un cerro. La falla puede ser vertical o inclinada con el plano buzando en el sentido opuesto de la pendiente topográfica

## 9.2. Morfometría

Es la parte de la geomorfología que representa la descripción cuantitativa de características del terreno como longitud, inclinación y altura de las laderas. Se realiza mediante una zonificación basándose en las normas de US SOIL SURVEY MANUAL y el rango predominante en el área.

De acuerdo con el plano de pendientes en el área de influencia predominan las pendientes de relieve montañas, con una distribución en la zona de 48% del total del área según la clasificación de Alvarado et al (1982). **Tabla 7 y 8.**

**Tabla 7** Distribución de Pendientes área de Influencia directa

Categoría de Pendientes (%)	AREA (HAS)	%
0 - 3	402476	7,656
3 - 6	623522	11,861
6 - 12	721090	13,717
12 - 25	1187000	22,580
25 - 40	975313	18,553
40 - 60	894710	17,020
60 - 75	272878	5,191
>75	179807	3,420

**Tabla 8** Clasificación de Pendiente según Alvarado et al (1982).

Grados		Porcentajes		Descripción
De	A	De	A	
0	2	0	3	Plano
2	3	3	6	Ligeramente Ondulado
3	7	6	12	Ondulado
7	14	12	25	Muy Ondulado
14	22	25	40	Ligeramente escarpado
22	31	40	60	Escarpado
31	37	60	75	Muy escarpado
>37		>75		Montañoso

### 9.3. Morfoestructuras

Análisis de las formas de tipo estructural (litología y tectónica), que dominan el relieve.

Las estructuras regionales principales fueron descritas en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, las principales geoformas asociadas a estas se presentan en la **Tabla 9**

**Tabla 9.** Geoformas de origen estructural identificadas en el AID

Geoforma	Extensión	
	(Hectáreas)	(% del AID)
Ladera Estructural	–	20
Contraescarpe estructural	–	10
Facetas triangulares	–	30
Escarpe de falla (E2)	–	7

#### 9.4. Morfodinámica

Análisis de los procesos de tipo denudativo y agentes degradacionales que modelan y modifican el paisaje, tales como: movimientos de remoción en masa, fenómenos erosivos, inundaciones, neotectónica y la influencia de factores antrópicos generadas por el hombre por el uso inapropiado del suelo.

Con base en la metodología del sistema del ITC (Internacional Institute for Aerospace Sourcey and Earth Sciencies) de Holanda, (Verstappen et. al., 1975, Van Westen Kees y Van Zuidam et. al., 1979, 1993,1982). Criterios que también son utilizados por INGEOMINAS. En el área de influencia directa del proyecto se identificaron los siguientes procesos Morfodinámicos:

##### 9.4.1. Fenómenos de Remoción en Masa (FRM)

como los define Varnes (1978), son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad. Otras causas pueden ser La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química. Existen varios tipos de FRM los cuales dependen del tipo de material y el tipo de movimiento:

- **Derrumbes:** colapsos rápidos o extremadamente rápidos provenientes de zonas abruptas y que descienden en una caída libre a lo largo de una superficie que no presenta ningún plano de corte específico.

- **Desprendimientos:** masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo.
- **Deslizamientos:** los define como todos los movimientos de deformación por corte y desplazamiento a lo largo de una o varias superficies que son visibles o pueden ser inferidas. Los Deslizamientos pueden ser Rotacionales o Traslacionales.
- **Flujos:** masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura.

En la **Tabla 10** se presentan los tipos de remoción en masa que se pueden producir dependiendo del tipo de material y de la inclinación de la pendiente en porcentajes o grados, Mientras que en la zona de estudio los Fenómenos de Remoción en Masa observados fueron: los deslizamientos, flujos de tierra y derrumbes, Flujo de detrito y desplome de rocas. En el capítulo 14 zonificación Geotécnica se pueden observar Fotografías y algunos FRM presentes en la zona de estudio.

#### 9.4.2. Erosión

La erosión es el proceso de movimiento de las partículas del suelo por impacto de las gotas de lluvia y agua de escorrentía superficial que las transporta y deposita.

El desgaste natural de la superficie de la tierra se llama Erosión Geológica y los factores que actúan en este tipo de erosión son: el agua de lluvia, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura y la gravedad. Es un proceso lento e imperceptible que tiende a buscar una estabilidad de la superficie en equilibrio entre el suelo, la vegetación, los animales y el agua. También existe la erosión

Antrópica es la degradación rápida del suelo propiciada por el hombre al romper el equilibrio entre los suelos, la vegetación y el agua o el viento.

El hombre favorece la acción erosiva del agua y el viento, especialmente en los terrenos en pendiente, al usar sistemas y herramientas inadecuadas en los cultivos, al talar los bosques o quemar la vegetación. La **Tabla 11** resume los tipos de erosión encontradas en la zona de estudio.

**Tabla 10 Clases de Erosión Observadas en la zona del proyecto.**

Tipo de Erosión	Características
Laminar	El flujo laminar, que es muy superficial, transporta material del suelo que ha sido desprendido por impacto de las gotas de lluvia.
En Surco	Es un proceso donde pequeños canales de varios centímetros de profundidad son formados. El suelo es desprendido por la acción abrasiva del flujo de agua y por desprendimiento del suelo, causado por socavamiento de las paredes laterales de los canales.
En Cárcava	Ocurre cuando hay una mayor concentración en el escurrimiento, las irregularidades del terreno permiten la unión de varios surcos y se forman zanjas de gran tamaño y profundidad.
Diferencial	Se puede llamar erosión selectiva de las superficies, por lo que rocas más blandas, como las arcillas y pizarras se erosionan más rápido que los materiales resistentes.
Terracetos o Patas de Vaca	Caminos en zig-zag originados por el ganado sobre las laderas y que favorece a la Reptación.
Socavación Hídrica	Es la erosión Lateral y/o Vertical en el cauce de los Ríos.

**Tabla 11 Clasificación de FRM Fuente: Varnes, 1978. Modificado por el autor**

Tipo de Movimiento	Tipo de Material			Geometría
	Roca	Suelo: Detritus	Suelo:Tierra	
Derrumbes	Derrumbes de roca	Derrumbes de Detritus	Derrumbes de tierra	Pendientes elevadas > 50° Pendientes elevadas > 120%
Desprendimientos	Desprendimientos de roca	Desprendimientos de detritus	Desprendimientos de Tierra	Pendientes elevadas > 50° endientes elevadas > 120%
Deslizamientos	Deslizamientos de bloques rocosos	Deslizamientos de Detritus en bloque	Deslizamientos de tierra	Pendientes entre 20° - 40°  Pendientes entre 36% y 84%
Rotacionales	Desplome de roca	Desplome de Detritus	Deslizamientos de Tierra en bloques	
Traslacionales	Alud de roca	Alud de detritus	Alud de Tierra	
Creep o Reptación	Esparcimiento de rocas	Esparcimiento de detritus	Esparcimiento de Tierra	Pendientes suaves incluso < 10° Pendientes suaves incluso < 17%
Flujos	Flujo de rocas	Flujo de Detritus	Flujo de Tierra	Pendientes entre 15° - 25° Pendientes entre 26% y 46%
Complejos	Combinación de dos o más de ellos			

#### **9.4.3. Avenidas Torrenciales**

Las avenidas Torrenciales son eventos muy rápidos y violentos, con gran capacidad de erosión y transporte, con un tiempo de concentración mínimo, difíciles de predecir, de muy corto tiempo de reacción y producidos por precipitaciones de fuerte intensidad horaria o por fenómenos ajenos a la cuenca como por ejemplo la ruptura de presas o erupciones volcánicas, el deshielo de picos nevados o sismos intensos que generan la falla de taludes en zonas inestables y húmedas.

Debido a su alta capacidad de transporte, las avenidas torrenciales presentan altos grados de concentración de sólidos, lo cual aumenta la capacidad destructiva, de arrastre y eleva los niveles de agua debido a la combinación entre alta concentración de sólidos y velocidad. El flujo de partículas es un flujo de dos fases compuesto de agua, arena, gravas y cantos rodados. Estos flujos pueden transportar desde arcillas hasta cantos rodados teniendo como resultado una composición no uniforme.

#### **9.4.4. Inundaciones**

Se considera inundación al flujo o invasión de agua, por exceso (desbordamiento) de escurrimientos superficiales o por su acumulación en terrenos planos, ocasionada por la falta o insuficiencia de drenaje tanto natural como artificial. Una inundación se produce cuando el caudal de las avenidas generadas en una cuenca supera la capacidad del cauce (desbordamiento). En general, la magnitud de una inundación provocada por procesos de origen hidrometeorológico, depende de la intensidad de las lluvias, de su distribución en el espacio y tiempo, del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, de las características del suelo y del drenaje natural o artificial de las cuencas.

Los desbordamientos son un evento natural y recurrente para un río. Como resultado de las fuertes lluvias o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos y riachuelos. Esto hace que un determinado curso de aguas rebase su cauce e inunde tierras adyacentes. Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, y ubicados en zonas adyacentes a los ríos y cuerpos de agua. Por tanto, las llanuras de inundación están propensas a inundarse y representan así elementos de riesgo para los asentamientos humanos y actividades de desarrollo.

#### **9.4.5. Consideraciones Geomorfológicas Generales**

En forma general, dentro del área del proyecto se presenta un relieve montañoso estructural y estructural / denudativo, en el cual las geoformas dominantes son laderas con pendientes altas a muy altas, modeladas por procesos erosivos ligeros, algunos Fenómenos de Remoción en Masa y agentes de socavación hídrica que actúan sobre el terreno modelando el paisaje. También fue posible identificar colinas y lomas de formas sub-redondeadas y redondeadas. **Fotografías 24 y 25.** Geoformas de Piedemonte representados por pequeños conos de deslizamiento, coluvios de remoción y taludes afectados por cárcavas se observan en el área. En la **Tabla 12.** Se presenta un resumen general de las unidades de paisaje dentro del proyecto.

	
<p><b>Fotografía 24</b> Panorámica. Geoforma de montaña y colina.</p>	<p><b>Fotografía 25</b> Modelamiento del paisaje por socavación Hídrica.</p>

**Tabla 12 Unidades de paisaje dentro del proyecto.**

Paisaje Geomorfológico
<p>Paisaje controlado estructuralmente en rocas ígneas intrusivas (presencia de lineamientos de falla y diaclasas).</p>
<p>Paisaje controlado estructuralmente en rocas volcanosedimentarias (estratificación y pseudoestratificación).</p>
<p>Paisaje controlado estructuralmente en rocas sedimentarias arcillosas, físilas (estratificado)</p>
<p>Paisaje deposicional en valles y laderas coluvio aluviales.</p>
<p>Paisaje controlado estructuralmente por rocas metamórficas de alto grado (bandeamiento).</p>
<p>Paisaje controlado estructuralmente por rocas metamórficas de bajo grado (esquistocidad).</p>
<p>Paisaje de origen estructural y denudacional en rocas pelíticas (arcillosas) con algunas intercalaciones de calizas.</p>
<p>Paisaje de origen estructural y denudacional en secuencias de arcillolitas, areniscas y conglomerados.</p>

## 10. PRECIPITACIÓN

El efecto que producen las gotas de lluvia al incidir sobre el terreno desintegrando las partículas de suelo y el escurrimiento superficial del agua ayudado por la pendiente del terreno, en láminas o formando surcos en donde se concentra el flujo, son los fenómenos que mayor importancia tienen en la degradación del de la zona de estudio. En dichos fenómenos es de importancia especial la intensidad de la lluvia y la duración de la misma, pues está demostrado que en general el promedio de suelo perdido por cada lluvia aumenta con la intensidad de la misma (Foumier, 1972). Sin embargo esta aseveración no siempre se cumple, pues las condiciones del terreno no son siempre las mismas.

Al parecer, la erosión está relacionada con dos tipos de lluvia: *las de alta intensidad, pero de corta duración*, en las cuales se supera la capacidad de infiltración del suelo, y *las lluvias de larga duración y baja intensidad*, las cuales producen la saturación del suelo. **Anexo E: Mapa de Lluvias Maximas con Periodo de Retorno y Anexo F: Mapa de Precipitación Mensual.**

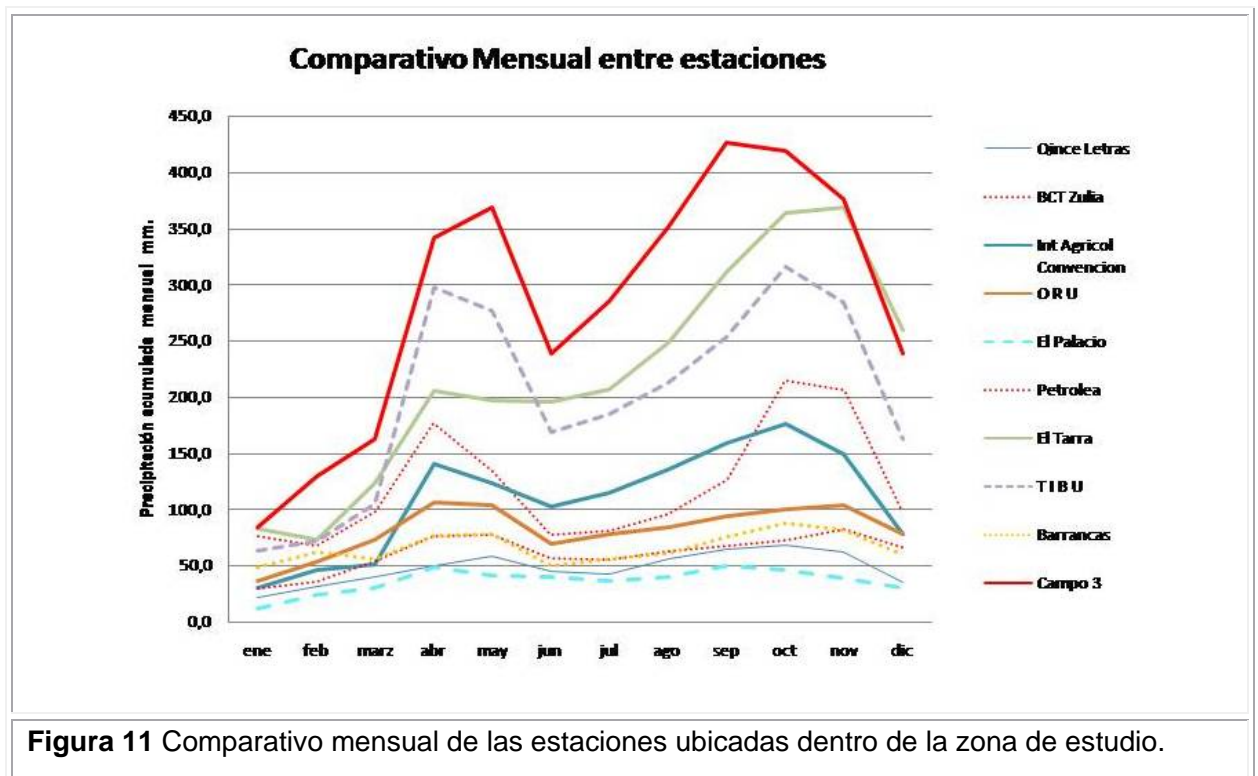
En el área de estudio se analizaron las estaciones climáticas establecidas por el IDEAM en la zona. **Tabla 13.** La mayoría de Dichas estaciones contienen datos a partir de 1973 aunque algunas contienen información a partir de años más recientes.

**Tabla 13 Estaciones Climatológicas de la zona del Proyecto.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>TIPO</b>	<b>COORDENADAS</b>
197	QUINCE LETRAS [1605002]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 32.0' N Long: 73.0° 14.0' W N:1435197.046 E:1093321889
212	PALACIO EL [1605024]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 36.0' N Long: 73.0° 21.0' W N: 1442544.712 E: 1080461.744
3250	INS AGR CONVENCION [1605509]	Climatológica Principal	Lat: 8.0° 28.0' N Long: 73.0° 20.0' W N:1427800.373 E:1082325.12
179	TARRA EL [1604502]	Climatológica Ordinaria	Lat: 8.0° 35.0' N Long: 73.0° 4.0' W N:1440772.138 E1111659.594
3257	ORU [1607004]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 38.0' N Long: 72.0° 54.0' W N:1446355.763 E:1129993.317
162	TIBU [1603501]	Climatológica Ordinaria	Lat: 8.0° 38.0' Long: 72.0° 43.0' W N:1446423.071 E:1150177.763
163	PETROLEA [1603502]	Climatológica Ordinaria	Lat: 8.0° 28.0' N Long: 72.0° 34.0' W N:1428045.808 E:1166765.870
604	CAMPO TRES [1603003]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 30.0' N Long: 72.0° 41.0' W N:1431685.433 E:1153901.423
3207	BARRANCAS [1602013]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 14.0' N Long: 72.0° 31.0' W N:1402251.890 E:1172376.094
566	BOCATOMA RIO ZULIA [1602014]	Pluviométrica	Lat: 8.0° 4.0' N Long:72.0° 35.0' W N:1383784.698 E:1165096.297
	Sta. ISABEL	Pluvim	N: 1,455,392,5 E: 1,041,918,8

Para las 10 estaciones anteriores se analizaron los datos de precipitación mensual las cuales corresponden a *las lluvias de larga duración y baja intensidad*, mientras los datos de lluvias máximas en 24 horas corresponden a *las lluvias de larga duración y baja intensidad*.

La precipitación mensual es de gran ayuda para evaluar las amenazas por Erosión, Fenómenos de Remoción en Masa e Inundaciones, teniendo en cuenta que la lluvia actúa como factor activador o detonante. En el análisis de los datos se pudo observar que la zona donde está ubicada la estación Orú es donde se produce mayor precipitación en promedio anual, mientras la zona donde se encuentra ubicada la estación El Palacio es donde se produce menor precipitación en promedio anual, lo que significa una mayor probabilidad de ocurrencia de algunos procesos detonados por la lluvia mencionados anteriormente. **Figura 13.**



**Figura 11** Comparativo mensual de las estaciones ubicadas dentro de la zona de estudio.

La precipitación máxima en 24 horas es de gran ayuda para evaluar las amenazas por a Avenidas Torrenciales ya que producen la saturación del suelo e incrementan las presiones intersticiales permitiendo el movimiento del material. Para la zona de estudio se ingresaron los datos de precipitación máxima en el software **'SMADA'** para hallar el periodo de retorno de las lluvias máximas ajustado al modelo de distribución de Gumbel para cada estación. Se define como periodo de retorno el tiempo transcurrido entre 2 eventos o procesos de semejantes características. De acuerdo a lo anterior, este periodo de retorno fue calculado para 25, 50, 100 y 500 y se calculo la cantidad estimada en (mm) como se muestra en la **Tabla 14**. Con esta información se realizo el mapa de isoyetas con base en dicho periodo.

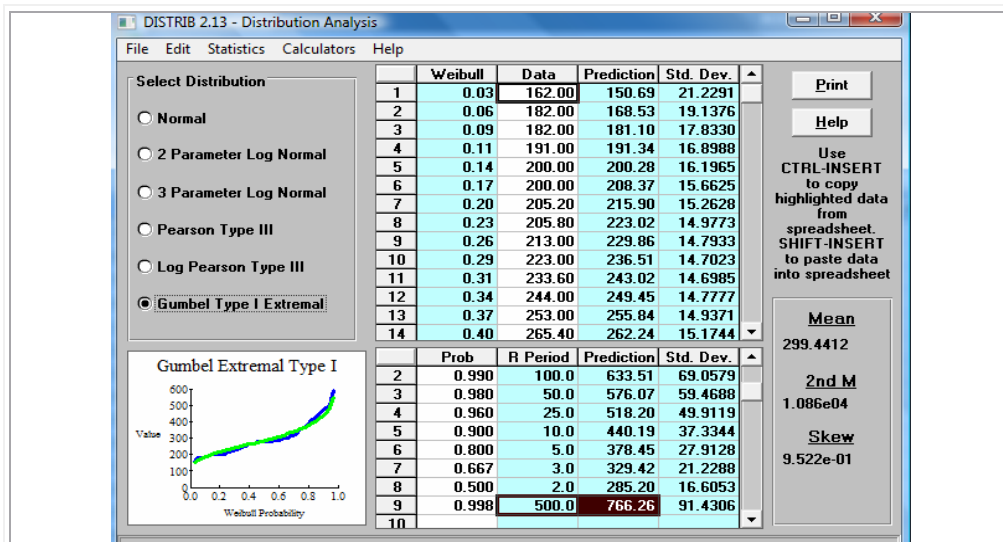
**Tabla 14. Periodo de retorno para la precipitación máxima de cada Estación**

ESTACIÓN	VALORES MAXIMOS EN LA SERIE (mm)	PRECIPITACIÓN (mm)			
		Tr 25	Tr 50	Tr 100	Tr 500
BOCATOMA RIO ZULIA	592	518.2	576.07	633.51	766.26
ORU	257	233.15	256.4	279.60	333.07
PETROLEA	234	196.80	217.5	238.0	285.30
EL TARRA	141.7	186.5	208.2	229.8	279.7
CAMPO TRES	200	193.0	211.2	229.30	271
BARRANCAS	200	182.87	198.7	214.7	251.63
TIBU	175.7	166.4	181.0	195.6	229.1
QUINCE LETRAS	140	153.0	167.0	180.2	210.0
EL PALACIO	100	127.82	143.4	158.80	194.60
INS. AGR. CONVENCION	88.5	107.2	120.3	133.30	163.4

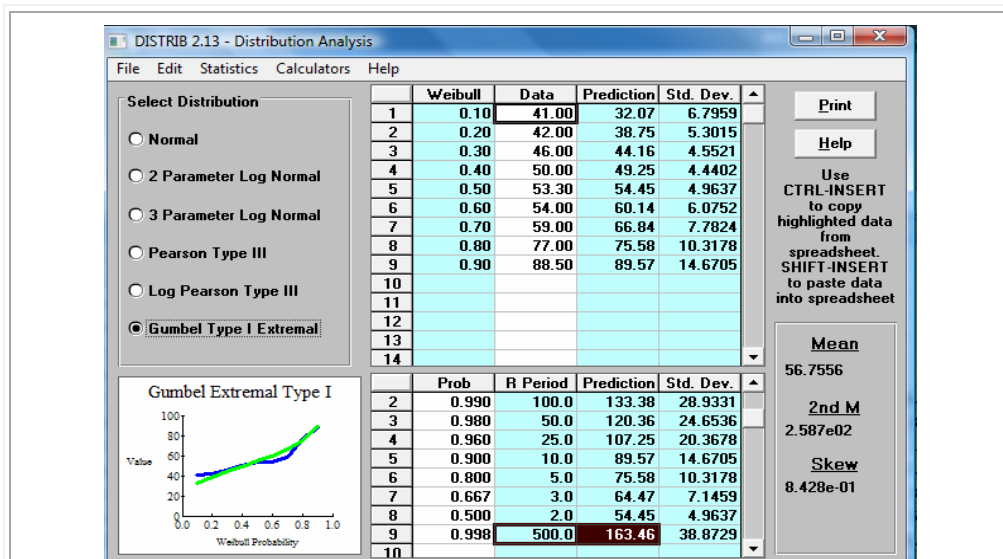
Se presenta a continuación el cálculo del periodo de retorno por medio del software **'SMADA'** de los valores Extremos en la estación BOCATOMA RIO

ZULIA y la estación Instituto Agrícola Convención debido a que representan el mayor y menor valor del periodo de retorno calculado dentro del área de estudio.

**Figuras 14 y 15.**



**Figura 12** Cálculo de  $T_r$  para la estación Bocatoma Rio Zulia.



**Figura 13** Cálculo de  $T_r$  para la estación Instituto Agrícola Convención.

## 11. SUELO

La erodabilidad del terreno se define como la resistencia del mismo a la separación y al transporte por efecto del agua. Depende en especial de su génesis y grado de alteración que haya sufrido por el hombre. La erodabilidad del suelo varía dependiendo de su textura, de la cohesión y cementación existente entre partículas, de su resistencia al corte, grado de compacidad, de su capacidad de infiltración, de su granulometría (presencia de material arcilloso o granular) y del contenido orgánico y químico.

La textura y granulometría definen el alto grado que tan erodable puede resultar un suelo. Así por ejemplo, en suelos granulares como la arenas finas a medias, a mayor tamaño del gránulo, mayor será la velocidad crítica (velocidad necesaria para producir el arrastre de una partícula) requerida para producir el transporte y por ende la denudación de dicho suelo; este tipo de material resulta ser muy degradable ante la acción de las gotas de lluvia. Para el caso de los suelos finos, la cohesión es un factor favorable que evita la desintegración producida por las gotas. De esta manera, se considera que los suelos más propensos a la erosión son los que presentan un alto contenido de limo y/o arenas finas. Autores como Richter y Negendak (1977) evalúan la erodabilidad del suelo en términos del contenido de limo y aseguran que los más erodables son los que presentan un porcentaje de limo entre 40 y 60%. Evans (1980) evalúa la erodabilidad dependiendo del contenido de arcilla, e indica que los suelos con una fracción restringida de arcilla entre el 9 y el 30% son más susceptibles a la erosión.

Teniendo en cuenta lo anterior se consulto la información oficial del IGAC: Estudio General de suelos y Zonificación de Tierras Del Departamento de Norte de Santander donde se identificaron los suelos resumidos en la **Tabla 15 y 16. Anexo G: Mapa de Suelos.**

<b>Franco arenosa a Franco arcillo arenosa (LVAd2)</b>
<b>Franco arenosa a franco arenosa gravilosa (LVBe2)</b>
<b>Arcillosa (LVCb1)</b>
<b>Franco arcillo arenosa (LVDD1)</b>
<b>Franca a Franco arenosa (LVEe1)</b>
<b>Franco arcillosa a Franca (MQAf1)</b>
<b>franco arcillo arenosa a arenosa franca (MQBf1)</b>
<b>Franco arcillosa a Franca gravilosa (MQt1)</b>
<b>franco arenosa gravilosa (MUEe1)</b>
<b>Franco arcillosa a arcillosa (MUFd1)</b>
<b>Franco arcillo gravilosa a franco arenosa gravilosa (MVAf1)</b>
<b>Franco arcillo gravilosa (MVBf1)</b>
<b>Franco arcillo arenosa a arcillosa (MVPe1)</b>
<b>Texturas finas sobre Gruesas, Texturas medias con alto Contenido de Limo (VVAa)</b>
<b>terrazas con alto contenido de arena y otras con alto contenido de arcilla (VVCbp)</b>
<b>Franco arcillo arenosa Gravilosa (VVDa)</b>
<b>Franco arcillo arenosa a Franco arcillosa (VVEb)</b>
<b>Arcillosa (MPBf1)</b>
<b>franco arenosa gravilosa (MPCg1)</b>
<b>franco arcillo arenosa a arenosa franca (MQCg1)</b>
<b>franco arenosa gravilosa (MUKg1)</b>
<b>Franca a Franco arenosa (MVEg1)</b>
<b>Franca a Franco arenosa (MVEf2)</b>
<b>Franco arenosa (MVFe1)</b>
<b>Franca a Franco arenosa (MVLap)</b>
<b>Franca a Franco arenosa (MVOd2)</b>
<b>Franco arenosa (MVOf2)</b>
<b>Franco arcillo arenosa a arcillosa (MVSf1)</b>
<b>franco a Franco arcillosa (VUBa)</b>
<b>Franco arcillo arenosa (VVBa)</b>

**Tabla 15 Unidades de Suelo presentes en la Zona de Estudio.**

Unidad de suelo	AREA (HAS)	%
LVA <sub>d2</sub>	370,885	0,706
LVB <sub>e2</sub>	71,141	0,135
LVC <sub>b1</sub>	718,799	1,367
LVD <sub>d1</sub>	3164,682	6,020
LVE <sub>e1</sub>	2100,250	3,995
MPB <sub>f1</sub>	90,232	0,172
MPC <sub>g1</sub>	216,783	0,412
MQA <sub>f1</sub>	1849,930	3,519
MQB <sub>f1</sub>	1884,450	3,585
MQC <sub>g1</sub>	111,061	0,211
MQT <sub>f1</sub>	836,706	1,592
MUE <sub>e1</sub>	7223,783	13,742
MUF <sub>d1</sub>	171,561	0,326
MUK <sub>g1</sub>	1634,593	3,110
MVA <sub>f1</sub>	2326,393	4,426
MVB <sub>f1</sub>	9051,177	17,218
MVEG <sub>1</sub>	371,153	0,706
MVE <sub>f2</sub>	718,509	1,367
MVE <sub>g1</sub>	1047,026	1,992
MVFe <sub>1</sub>	208,373	0,396
MVLap	516,885	0,983
MVD <sub>d2</sub>	23,352	0,044
MVD <sub>f2</sub>	1890,193	3,596
MVPe <sub>1</sub>	3048,743	5,800
MVS <sub>f1</sub>	1893,968	3,603
PVG <sub>cp</sub>	618,247	1,176
VUB <sub>a</sub>	197,368	0,375
VVA <sub>a</sub>	1631,004	3,103
VVB <sub>a</sub>	7486,734	14,242
VVC <sub>bp</sub>	389,265	0,741
VVD <sub>a</sub>	362,228	0,689
VVE <sub>b</sub>	341,987	0,651

**Tabla 16.** Área y distribución del suelo en la zona de estudio

## 12. COBERTURA VEGETAL

La importancia de la cobertura vegetal en el control de la erosión ha sido ampliamente demostrada en todo el mundo. Se destacan los trabajos de Hudson (1981) e la estación de investigaciones de Zimbawe. A la vegetación se le reconocen los siguientes efectos favorables en la protección y estabilización de taludes (Beltrán y Corredor. 1989)

### **Interceptación**

Es el efecto más destacado que tiene la vegetación, ya que las plantas disipan la energía cinética de las gotas de lluvia la incidir sobre la superficie del terreno.

### **Retención**

El sistema radicular de las plantas conforma una red que amarra y retiene las partículas del suelo. Además los residuos vegetales situados en superficie, filtran el sedimento transportado por la escorrentía.

### **Refuerzo**

Las raíces refuerzan mecánicamente el suelo ya que con la presencia de éstas se aumenta la resistencia a los esfuerzos cortantes.

### **Retardo**

La cobertura vegetal aumenta la rugosidad del terreno, con lo cual se disminuye la velocidad del flujo superficial, al tiempo que disipa la energía del viento.

**Infiltración** Las raíces y el colchón conformado en superficie por los residuos de las plantas, ayudan a mantener la porosidad y la permeabilidad del suelo, y por consiguiente su capacidad de retener agua.

## Transpiración

La disminución en el contenido de humedad del suelo producido por las plantas, hace que se retarde la llegada de este a la saturación, y por consiguiente, el inicio de escorrentía.

La efectividad de la vegetación en el control de la erosión, depende de la altura y la continuidad del dosel, de la densidad de la cobertura del terreno y de la densidad de las raíces. Para la zona de estudio se identificó la cobertura vegetal por medio de imágenes satelitales, usando la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia 2010, publicada por IDEAM. se resume la cobertura vegetal en la **Tabla 17 y 18. Anexo H: Mapa de Cobertura Vegetal**

Cobertura	Descripción
Tejido Urbano Continuo	Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.
Cultivos anuales o transitorios	Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como los cereales, tubérculos, las oleaginosas, y la mayor parte de las hortalizas.
Pastos limpios	Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios; la realización de prácticas de manejo y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
Áreas Agrícolas Heterogéneas	Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.
Mosaico de pastos y cultivos	Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

Cobertura	Descripción
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.
Mosaico de pastos con espacios naturales	Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico.
Bosques naturales	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).
Vegetación secundaria	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.
Herbazal	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).
Arbustal	Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001). De acuerdo con la información disponible y la escala de trabajo

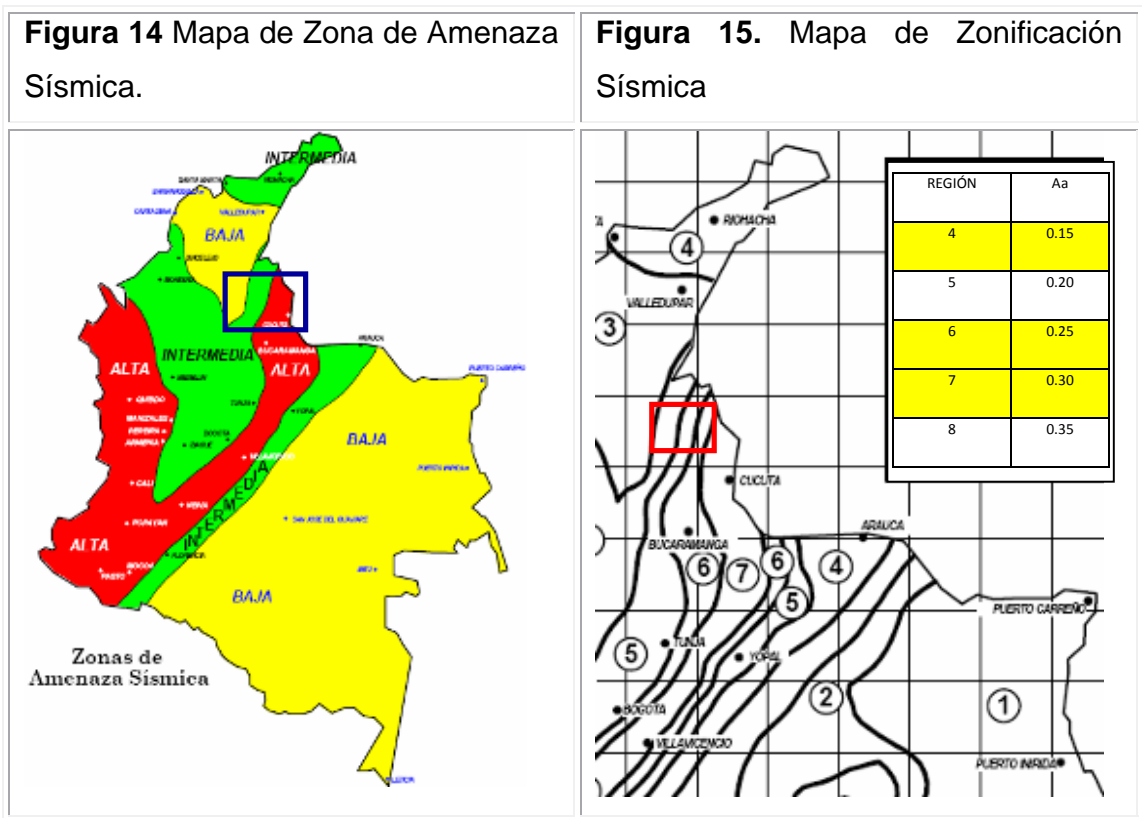
**Tabla 17. Cobertura Vegetal de la zona de estudio.**

Tipo de cobertura vegetal y uso del suelo	CODIGO	AREA (HAS)	%
PASTOS LIMPIOS	2.3.1	5717,773	10,877
ARBUSTALES	3.2.2	1855,139	3,529
BOSQUES NATURALES	3.1	11814,684	22,474
CULTIVOS ANUALES O TRANSITORIOS	2.1.1	5121,126	9,742
HERBAZAL	3.2.1	2840,384	5,403
MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES	2.4.4	441,519	0,840
MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS	2.4.2	3921,302	7,459
MOSAICO DE PASTOS, CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES	2.4.3	6001,929	11,417
TEJIDO URBANO DISCONTINUO	1.1.2	122,175	0,232
VEGETACION SECUNDARIA	3.2.3	11838,313	22,519
AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS	2.4	2895,357	5,508

**Tabla 18.** Área y distribución de la cobertura vegetal en la zona de estudio

### 13. SISMICIDAD

Dada la tectónica de la zona de estudio, ésta se puede caracterizar como de amenaza media, según el NSR-98. Se puede catalogar una zona como de amenaza sísmica media si los valores de Aa son mayores a 0.15 y menores de 0.25, y con amenaza sísmica alta si son mayores a 0.25 y menores de 0.40 lo cual se cumple en el área de estudio. **Figura 16.** El valor de Aa se determina de los mapas existentes en el NCR-10 (Figura A.2.3-2). Mapa Zonas de Amenaza Sísmica, y Mapa de Valores de Aa. **Figura 17.**



La alta actividad sísmica se relaciona con el tectonismo orogénico ocasionado por el levantamiento de la cordillera Oriental y teniendo como principal estructura de riesgo la Falla Bucaramanga – Santa Marta.

## 14. AMENAZAS NATURALES

Entiéndase por amenaza, aquel peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o provocado por el hombre (inducido), que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en personas, bienes, servicios y / o medio ambiente.

Las amenazas pueden estar expuestas u ocultas (invisibles, encubiertas, etc.), tienen magnitudes variables en cuanto a áreas, volúmenes, actividad y gravedad. Lo anterior implica amenazas que presentan clara actividad actual (Altas), de máxima peligrosidad para la infraestructura y que deben necesariamente priorizarse en la atención de estas, Amenazas con signos de aparente actividad (Medias), y amenazas aparentemente estabilizadas (Bajas).

Para evaluar dichas amenazas se tuvieron en cuenta tres tipos de factores que intervienen en la inestabilidad de taludes y laderas (Montero, 1995):

**Factores Intrínsecos**, relacionados con la composición de los materiales involucrados, la condición de los mismos, las estructuras geológicas, el patrón natural de flujo de agua y la naturaleza de la cobertura vegetal. Representan los factores de estado original y constituyen la causa real de la inestabilidad, es decir, la real posibilidad de que puedan presentarse deslizamientos u otros procesos de inestabilidad del terreno. Estos factores se consideran inmodificables por el hombre.

**Factores externos de tipo natural**, entre los cuales sobresalen los relativos a los cambios en la condición de los materiales, la influencia directa o indirecta de la lluvia, la humedad del suelo, la actividad sísmica asociada al reactivamiento de fallas geológicas y la actividad de los volcanes.

**Factores externos de tipo antrópico**, debidos a la intervención del hombre por acciones tales como: la deforestación y el deficiente manejo del suelo, las sobrecargas, y el inadecuado manejo de las aguas en vertimientos y drenajes. Estos factores pueden ser controlados por el hombre.

Los factores **intrínsecos** se expresan morfológicamente en unidades de terreno con diferente susceptibilidad a fallar o desplazarse. Los deslizamientos u otros procesos de inestabilidad, son el resultado de la interacción entre estos factores y los externos, que actúan como **“activadores”** o **“detonantes”**.













Considerando las características físico – naturales presentes en el área de estudio, se evaluaron las amenazas a saber: *Fenómenos de Remoción en masa, Avenidas Torrenciales, erosión e inundaciones.*

- El mapa de amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa resultó de la superposición de los mapas: Cobertura Vegetal, pendientes, Isoyetas de Precipitación mensual y Geomorfología. Con base en la susceptibilidad a fenómenos de y remoción en masa se establecen las categorías dentro de la zona. **Ver Tabla 19.**

<b>Alta</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">CATEGORIA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA</th> </tr> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>AREA (HAS)</th> <th>% COBERTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><span style="color: red;">■</span> ALTA</td> <td style="text-align: right;">100,98</td> <td style="text-align: right;">0,192</td> </tr> <tr> <td><span style="color: cyan;">■</span> MEDIA - ALTA</td> <td style="text-align: right;">2219,36</td> <td style="text-align: right;">4,222</td> </tr> <tr> <td><span style="color: lightgreen;">■</span> MEDIA</td> <td style="text-align: right;">46278,88</td> <td style="text-align: right;">88,036</td> </tr> <tr> <td><span style="color: blue;">■</span> MEDIA BAJA</td> <td style="text-align: right;">3959,55</td> <td style="text-align: right;">7,532</td> </tr> <tr> <td><span style="color: orange;">■</span> BAJA</td> <td style="text-align: right;">9,31</td> <td style="text-align: right;">0,018</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORIA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA			CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA	<span style="color: red;">■</span> ALTA	100,98	0,192	<span style="color: cyan;">■</span> MEDIA - ALTA	2219,36	4,222	<span style="color: lightgreen;">■</span> MEDIA	46278,88	88,036	<span style="color: blue;">■</span> MEDIA BAJA	3959,55	7,532	<span style="color: orange;">■</span> BAJA	9,31	0,018
CATEGORIA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA																						
CATEGORIA		AREA (HAS)	% COBERTURA																			
<span style="color: red;">■</span> ALTA		100,98	0,192																			
<span style="color: cyan;">■</span> MEDIA - ALTA		2219,36	4,222																			
<span style="color: lightgreen;">■</span> MEDIA	46278,88	88,036																				
<span style="color: blue;">■</span> MEDIA BAJA	3959,55	7,532																				
<span style="color: orange;">■</span> BAJA	9,31	0,018																				
<b>Media - Alta</b>																						
<b>Media</b>																						
<b>Media Baja</b>																						
<b>Baja</b>																						
<b>Categorías</b>																						
<p><b>Tabla 19.</b> Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza de fenómenos de remoción en masa</p>																						













En la zona de estudio los fenómenos de remoción en masa están presentes a lo largo del corredor con una susceptibilidad Media-Alta, aunque se destacan la susceptibilidad alta en la zona montañosa entre las abscisas K80+00 a K90+00 y cerca al K90+900 de la misma zona. Hacia el K30+100 se observa un pequeño sector con susceptibilidad Alta dentro de la zona escarpada. **Anexo I: Mapa de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa.**

- El mapa de amenaza por Avenidas Torrenciales resultó de la superposición de los mapas: Suelos, Cobertura Vegetal, pendientes e Isoyetas de Precipitación Máxima. Con base en la susceptibilidad a fenómenos de y remoción en masa se establecen las categorías dentro de la zona. **Ver Tabla 20**

<b>Alta</b>	<p style="text-align: center;"><b>CATEGORIA DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>AREA (HAS)</th> <th>% COBERTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> ALTA</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0,004</td> </tr> <tr> <td> MEDIA - ALTA</td> <td style="text-align: center;">12685</td> <td style="text-align: center;">24,131</td> </tr> <tr> <td> MEDIA</td> <td style="text-align: center;">36025</td> <td style="text-align: center;">68,553</td> </tr> <tr> <td> MEDIA - BAJA</td> <td style="text-align: center;">3844</td> <td style="text-align: center;">7,323</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA	 ALTA	2	0,004	 MEDIA - ALTA	12685	24,131	 MEDIA	36025	68,553	 MEDIA - BAJA	3844	7,323
CATEGORIA		AREA (HAS)	% COBERTURA													
 ALTA		2	0,004													
 MEDIA - ALTA		12685	24,131													
 MEDIA		36025	68,553													
 MEDIA - BAJA	3844	7,323														
<b>Media – Alta</b>																
<b>Media</b>																
<b>Media Baja</b>																
<b>Baja</b>																
<b>Categorías</b>																
<p><b>Tabla 20</b> Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por avenidas torrenciales</p>																

En el corredor se presentan lluvias de alta intensidad pero de poca duración que van desde los 88.5 mm hasta 592 mm, estos valores son muy altos y podrían detonar una avenida torrencial solo con el mínimo valor antes presentado, Sin embargo, en el análisis de los datos se calcula el periodo de retorno y se observa una frecuencia muy alta para la repetición de eventos lluviosos de tal magnitud, lo anterior hace que en el área del proyecto la susceptibilidad a avenidas torrenciales a lo largo del corredor sea Media y Media- Alta. **Anexo J: Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales.**

- El mapa de amenaza por Erosión resultó de la superposición de los mapas: Suelos, Cobertura Vegetal, Geomorfología, pendientes e Isoyetas de Precipitación mensual. Con base en la susceptibilidad a erosión se establecen las categorías dentro de la zona. **Tabla 21.** Se observa que las aéreas con mayor amenaza a la erosión se encuentran ubicadas en las abscisas a saber:

<b>Alta</b>	<b>CATEGORIA DE AMENAZA POR EROSION</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>CATEGORIA</th> <th>AREA (HAS)</th> <th>% COBERTURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> ALTA</td> <td style="text-align: right;">7928,33</td> <td style="text-align: right;">15,082</td> </tr> <tr> <td> MEDIA - ALTA</td> <td style="text-align: right;">38328,7</td> <td style="text-align: right;">72,913</td> </tr> <tr> <td> MEDIA</td> <td style="text-align: right;">6153,52</td> <td style="text-align: right;">11,706</td> </tr> <tr> <td> MEDIA - BAJA</td> <td style="text-align: right;">156,52</td> <td style="text-align: right;">0,299</td> </tr> </tbody> </table>	CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA	 ALTA	7928,33	15,082	 MEDIA - ALTA	38328,7	72,913	 MEDIA	6153,52	11,706	 MEDIA - BAJA	156,52	0,299
CATEGORIA		AREA (HAS)	% COBERTURA													
 ALTA		7928,33	15,082													
 MEDIA - ALTA		38328,7	72,913													
 MEDIA		6153,52	11,706													
 MEDIA - BAJA	156,52	0,299														
<b>Media – Alta</b>																
<b>Media</b>																
<b>Media Baja</b>																
<b>Baja</b>																
<b>Categorías</b>																
<b>Tabla 21</b> Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por erosión																

- K0+00 a K10+00 esta zona se encuentra en las categorías de amenaza Media-Alta a Alta donde la erosión está asociada principalmente a la actividad Antrópica por el uso del suelo para cultivos de diversos tipos. **Fotografía 26.**
- K20+00 a K50+00 esta zona se encuentra en la categoría de amenaza Alta cuya distribución no es sucesiva debido a la vegetación Boscosa de ciertas áreas de categoría Media-Alta, en esta zona la erosión está asociada a la morfología ondulada y a la actividad Antrópica ejercida en el área. **Fotografía 27.**

- K60+00 a K100+00 esta zona se encuentra en la categoría de amenaza Alta cuya distribución no es sucesiva debido a la vegetación Boscosa de ciertas áreas de categoría Media-Alta, en esta zona la erosión está asociada a la morfología escarpada y montañosa del área. **Fotografía 28.**
- K100+00 a K180+00 esta zona se encuentra en la categoría de amenaza Media a Media-Alta, en esta zona la erosión está asociada a la morfología ligeramente ondulada a ondulada y a la actividad Antrópica ejercida en el área. **Fotografía 29.** Para el mapa de erosión ver **Anexo K: Mapa de Amenaza por Erosión.**



**Fotografía 26.** Zona de erosión originada por actividad Antrópica.



**Fotografía 27.** Morfología ondulada con erosión superficial.



**Fotografía 28.** Zona de erosión en zona escarpada.



**Fotografía 29.** Terracetas en zona ondulada.

- El mapa de amenaza por Inundación Resultó de la superposición de los mapas: Cobertura Vegetal, Isoyetas de Precipitación mensual y pendientes. Con base en la susceptibilidad a fenómenos de y remoción en masa se establecen las categorías dentro de la zona. **Ver Tabla 22**

Categorías	CATEGORIA DE AMENAZA POR INUNDACION		
	CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
Alta	ALTA	4585,78	8,724
Media – Alta	MEDIA - ALTA	6951,48	12,224
Media	MEDIA	23464,54	44,636
Media Baja	MEDIA - BAJA	17566,28	33,416
Baja			

**Tabla 22** Distribución y porcentaje de Categorías en el área de estudio para amenaza por inundación

Dentro del corredor se presentan zonas de inundación considerables por su susceptibilidad a amenaza Media-Alta y Alta las cuales se presenta a continuación: **Anexo L: Mapa de Amenaza por Inundación.**

- El sector comprendido entre K0+00 a K10+00 por influencia del Río Zulia y la quebrada La Floresta.
- El área comprendida entre el K20+00 a K40+00 presenta un sector con amenaza Media-Alta y Alta por influencia del Río Sardinata y la quebrada Las Vegas.
- El área comprendida entre el K40+00 a K50+00 presenta un sector con susceptibilidad Media-Alta y Alta por influencia del Río Presidente y el Caño Victoria.
- El área comprendida entre el K60+500 a K80+00 presenta un sector con amenaza Media-Alta por influencia de los Ríos Orú y Socuavo y corrientes menores como el caño Tibuelito.
- El área comprendida entre el K80+00 a K90+00 presenta un sector con amenaza Media-Alta y Alta por influencia del Río Tarra y la quebrada Tiraderas.
- El área comprendida entre el K90+900 a K100+00 presenta un sector con susceptibilidad Media-Alta y Alta por influencia del Río Tarra. En el resto del corredor se evidencian zonas con amenazas de nivel Medio, debido a la gran densidad de corrientes menores dentro del área de estudio.

## **15. ZONIFICACION GEOTECNICA PRELIMINAR**

Con base en el marco geológico se interpreta la inestabilidad como una acción combinada en orden de importancia, de factores antrópicos, litológicos y estructurales, cuyo factores pasivos corresponden en primera instancia al alto grado de fracturamiento de estas rocas con sistemas de diaclasas a favor de la pendiente y de alto ángulo, y estratificación de bajo ángulo buzando localmente a favor de la pendiente. En segundo lugar se considera como factor pasivo la presencia de rocas con diferente grado de dureza y textura, lo cual provoca cambios bruscos de permeabilidad, erosión diferencial y volcamientos de bloques y cantos de areniscas desde la parte alta de la ladera hasta su parte media.

En el área de influencia del proyecto se identificaron zonas homogéneas y se clasificó su estabilidad geotécnica relativa en función de parámetros geomorfológicos, estructurales y comportamientos geotécnicos distintos asociados al tipo de suelos y la presencia de procesos morfodinámicos y amenaza específicas.

Con base en lo anterior, se presenta a continuación una descripción del área del corredor, identificando zonas inestables clasificando las zonas homogéneas como estables, moderadamente estables e inestables.

### **15.1. Zona I: K0+000 a K0+820:**

Presenta suelos transportados de origen aluvial con textura arenolimososa, continuando con suelos residuales de origen sedimentario de textura arcilloarenosa a arenoarcillosa.

La morfología del sector es plana con valles de inundación y desde el punto de vista de estabilidad se clasifica como una zona ***moderadamente estable*** sin ningún problema de manejo geotécnico. Sin embargo, se debe prestar atención al manejo erosión sobre el Rio Zulia para evitar socavación hídrica concentrada y problemas con el material de arrastre que pueden afectar el tubo en épocas de inundación. **Fotografías 30 y 31.**

### **Fotografías 30 y 31. Zona I: K0+000 a K0+820**



**Fotografía 30.** Panorámica zona I, moderadamente estable con llanura de inundación.



**Fotografía 31.** Erosión del río Zulia.

### **15.2. Zona II: K0+820 a K 20+00:**

Presenta suelo residual arcillo arenoso y la morfología del sector es ondulada con pendientes suaves que en algunos sectores presenta depósitos coluviales de pie de ladera.

Se clasifica como una zona ***moderadamente estable*** donde se destaca como factor activo o detonante la intervención Antrópica por la explotación artesanal de

carbón el cual le quita soporte a los depósitos coluviales y ejerce un empuje vertical sobre dichos depósitos. **Fotografías 32 y 33.**

**Fotografías 32 y 33. Zona II: K0+820 a K 20+00**



**Fotografía 32.** Panorámica zona II.  
Terreno ondulado.



**Fotografía 33.** Mina artesanal que ejerce empuje hacia abajo y deposita material coluvial.

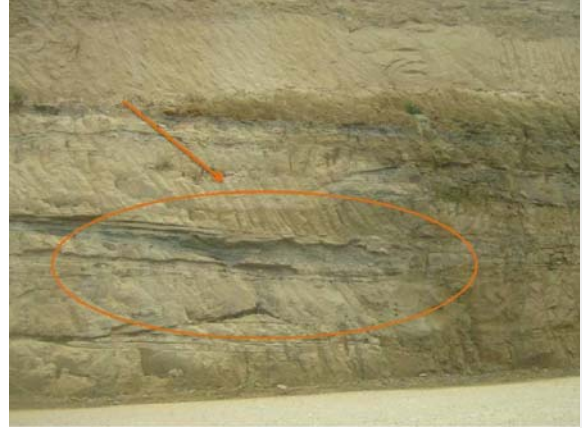
**15.3. Zona III: K20 +00 a K 70+216:**

Se observa un cambio a nivel morfológico presentándose taludes mayores a 10 m de altura con pendientes mayores al 50%. Se clasifica como una zona **potencialmente inestable** con problemas geotécnicos múltiples donde el factor activo o detonante es la intervención antrópica en el uso del suelo y como factores pasivos se presenta la geología. **Fotografías 34 y 35.**

### Fotografías 34 y 35. Zona III: K 20+00 a K 70+216



**Fotografía 34** Flujo de tierra. Zona Potencialmente inestable.



**Fotografía 35.** Erosión diferencial que se presenta en el plano de la arcilla.

El uso del suelo se ve afectado por la construcción de una vía, en la cual se utilizó un relleno que ha erosionado provocando flujo de tierra y permitiendo la formación una gran cárcava. Sumado a esto se tiene que las obras de adecuación en la vía manejan una inclinación de la pendiente alta que favorecen al flujo de detritos.

Como factor geológico se tienen las rocas sedimentarias de esta zona, las cuales poseen una disposición intercalada de arenisca (roca más competente) con arcillolita (roca menos competente) permitiendo que se produzca erosión diferencial.

#### 15.4. Zona IV: K 70+216 a K 100+00:

Presenta suelo residual areno arcilloso como producto de la meteorización de rocas ígneas. Dicha zona se encuentra en una zona montañosa de pendientes

abruptas Se clasifica como una zona **potencialmente inestable** con flujo de tierra y con cárcavas de drenajes. **Fotografías 36 y 37.**

**Fotografías 36 y 37. Zona IV: K 70+216 a K 100+00**

	
<p><b>Fotografía 36</b> Flujo de tierra. Zona Potencialmente inestable.</p>	<p><b>Fotografía 37.</b> Cárcava de drenaje.</p>

**15.5. Zona V: K 100+00 a K 180:**

La morfología del sector es ligeramente plana a ligeramente ondulada, se presentan depósitos aluviales y como litología se encuentran rocas ígneas, sedimentarias y suelo residual. Desde el punto de vista de estabilidad se clasifica como una zona **moderadamente estable** sin ningún problema de manejo geotécnico. Sin embargo, se debe proteger el tubo del material de arrastre depositado por las quebradas en algunas zonas. **Fotografías 38 y 39.**

**Fotografías 38 y 39. Zona V: K 100+00 a K 180**



**Fotografía 38.** Terreno ondulado. Zona V.



**Fotografía 39.** Depósitos aluviales.

## CONCLUSIONES

- Dentro del área del proyecto se presenta un relieve montañoso denudativo y estructural / denudativo, en el cual las geoformas dominantes son laderas con pendientes altas a muy altas, también presenta morfología ondulada, escarpada y plana modelados por procesos erosivos ligeros, algunos Fenómenos de Remoción en Masa y agentes de socavación hídrica que actúan sobre el terreno modelando el paisaje. Se identifican colinas y lomas de formas sub-redondeadas y redondeadas, Geoformas de Piedemonte representados por pequeños conos de deslizamiento, coluvios de remoción y taludes afectados por cárcavas.
- A nivel sísmico la zona de estudio, se clasifica como de amenaza Media y Alta, según el NSR-98 con valores de Aa entre 0.15 y 0.35, asociado al tectonismo orogénico ocasionado por el levantamiento de la cordillera Oriental y teniendo como principal estructura de riesgo la Falla Bucaramanga – Santa Marta y la Falla Bellavista.
- Se concluye que las zonas con susceptibilidad de amenaza Alta a Fenómenos de Remoción en Masa se presenta en un 0,192% del área de estudio y se encuentran en la zona montañoso entre las abscisas K80+00 a K90+00 y cerca al K90+900 de la misma zona. Hacia el K30+100 se observa un pequeño sector con susceptibilidad Alta dentro de la zona escarpada.
- Se observa que en el área del proyecto no existen zonas con susceptibilidad Alta a avenidas torrenciales sin embargo a largo del corredor se presenta susceptibilidad Media- Alta cubriendo un 24,131% del área de estudio.

- Se observa que las aéreas con mayor susceptibilidad a amenaza por erosión se encuentran ubicadas en las abscisas: K0+00 a K10+00, K20+00 a K50+00, K60+00 a K100+00, K100+00 a K180+00 cubriendo un 15,082% del área de estudio esta erosión está asociada a factores como actividad Antrópica y morfología.
- Dentro del corredor se presentan zonas donde la Amenaza por inundación considerable por su susceptibilidad con magnitud Media-Alta y Alta ubicadas en: K0+00 a K10+00 por influencia del Río Zulia , K20+00 a K40+00 por influencia del Río Sardinata, K40+00 a K50+00 por influencia del Río Presidente y el Caño Victoria., K60+500 a K80+00 por influencia de los Ríos Orú y Socuavo y corrientes menores como el caño Tibuelito , K80+00 a K90+00 por influencia del Río Tarra y la quebrada Tiraderas, K90+900 a K100+00 por influencia del Río Tarra.

## RECOMENDACIONES

- En las zonas de susceptibilidad alta a Erosión y Fenómenos de Remoción en Masa se recomienda realizar obras de ingeniería que permitan mitigar las amenazas como por ejemplo canales, Corta corrientes, muros de sacos, muros de contención y revegetalización con de raíces que ayuden a la cohesión del suelo. de igual forma es conveniente que el manejo del agua de esorrentía así como las aguas infiltradas, se evacuen del área a intervenir y su zona de influencia con obras de drenaje, para reducir el efecto desfavorable a la erosión y remoción en Masa.
- En las zonas de inundación por los principales Ríos se recomienda realizar un estudio y modelamiento hidrológico e hidráulico en particular y detallado con TR de 500 años como mínimo, para calcular el caudal y la capacidad de depósito de material de arrastre para predecir la cota de Inundación para proteger el oleoducto en épocas de inundación.
- Se recomienda realizar ensayos geotécnicos detallados en las áreas que muestran una magnitud Alta y Media Alta para la amenaza de erosión, remoción en masa y avenida torrencial como: ensayos de compresión simple, SPT, RQD, límites de humedad y sondeos para recolectar datos y complementar el presente estudio con un análisis cuantitativo de la zona, que coadyuve a un diseño acertado y acorde con las necesidades de estabilidad de la Obra.

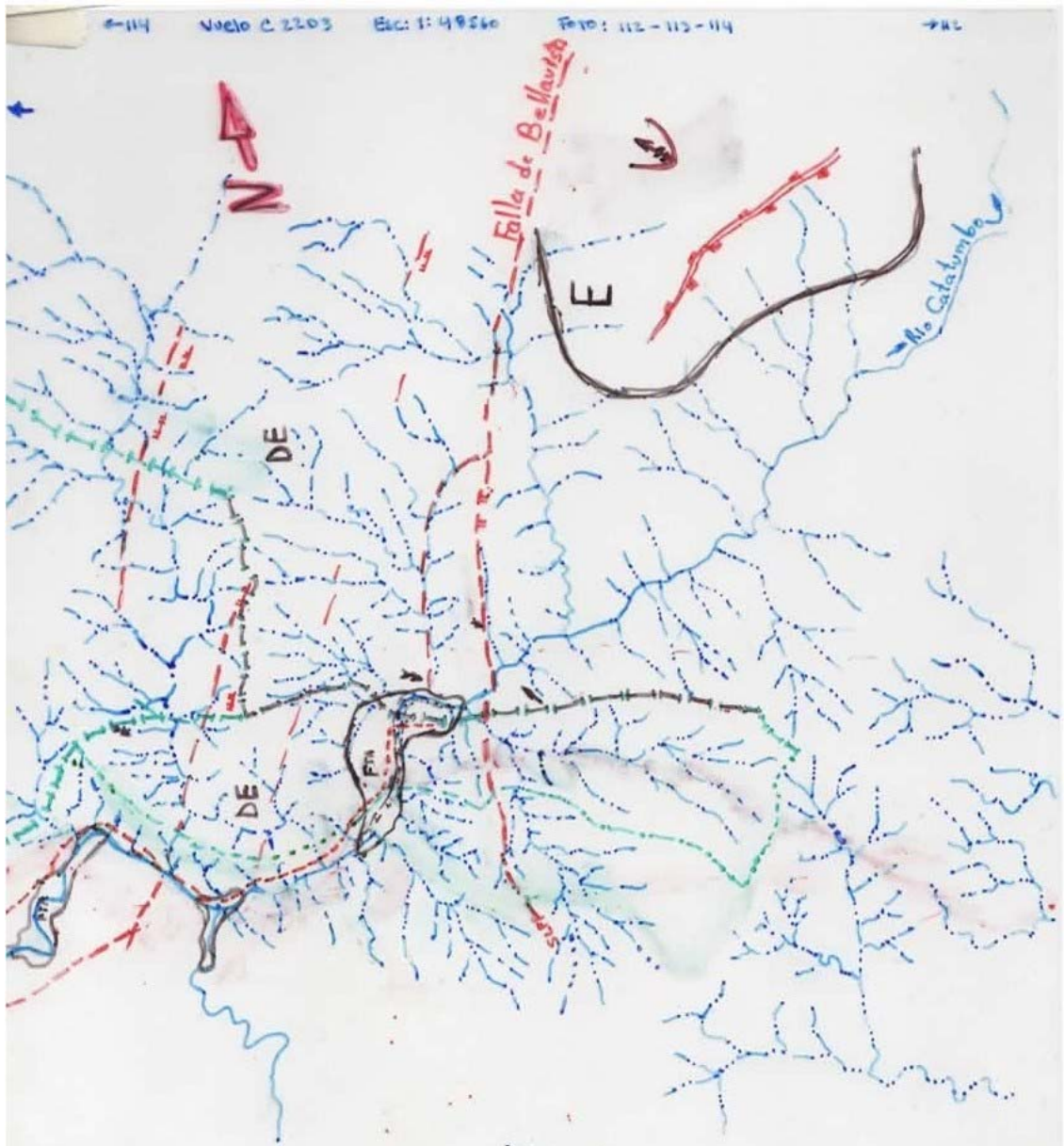
## BIBLIOGRAFIA

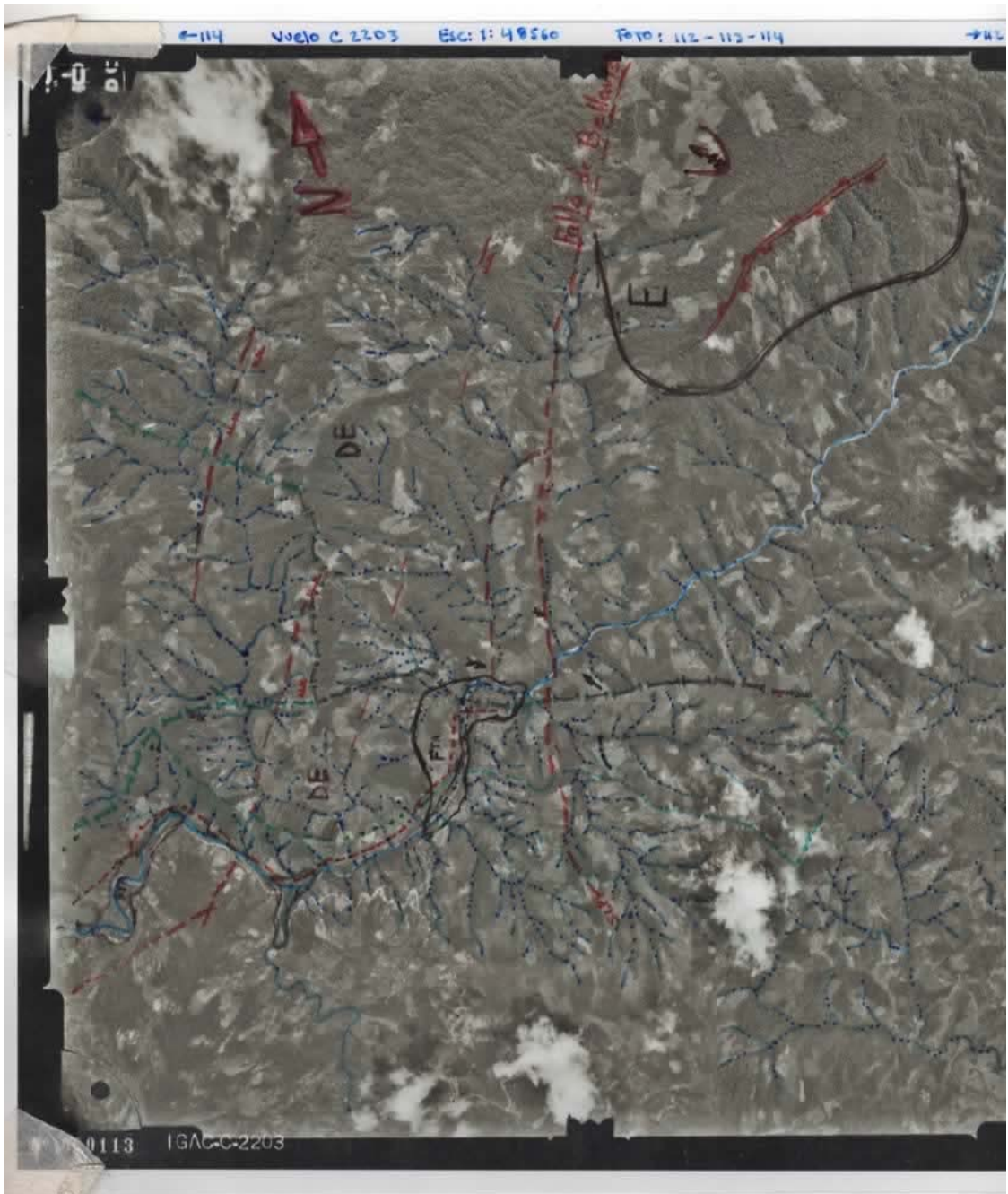
- *VII Congreso Colombiano de Geología, Geología y Medio Ambiente para el Desarrollo*, Tomo I, Bogotá, 1996.
- *POSADA, Adriana María, VIANA, Ricardo*, "El Componente Geológico en la Planificación Territorial". Bogotá, 1996.
- *VIANA, Ricardo, VELASQUEZ, Elkin*, "El Componente Geológico – Geomorfológico en los Estudios de Impacto Ambiental". Bogotá, 1996.
- *OJEDA, Jacobo*, "Elementos Conceptuales de las Metodologías de Zonificación Geotécnica y de Amenazas para Propósitos de la Planificación Territorial". Bogotá, 1996.
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA, VI Congreso Colombiano de Geotecnia Erosión, Memorias, Volumen I, Bucaramanga, Octubre 10 al 13 de 1996. Pág. 3.42 y 3.43.
- EVALUACIÓN DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, Guía Metodológica, Primera Edición, Julio de 2001.
- Página: <http://www.rs-geoimage.com/docs/EXPLORACION%20GEOLOGICA-MINERA.pdf>
- INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES (INETER) Y AGENCIA SUIZA PARA EL DESARROLLO Y LA COOPERACIÓN (COSUDE), Erosión Hídrica. Managua, Nicaragua. 2005
- PROYECTO PREDECAN, Sistematización de la Información Existente sobre Aspectos Institucionales, Legales y Técnicos de la Gestión del Riesgo en Colombia. Bogotá, 2006.
- SALAZAR, Juan Pablo. Geoindicadores, una Aplicación Práctica. Boyacá.
- CORPORACIÓN SUNA HISCA, Componente Biofísico Amenazas.

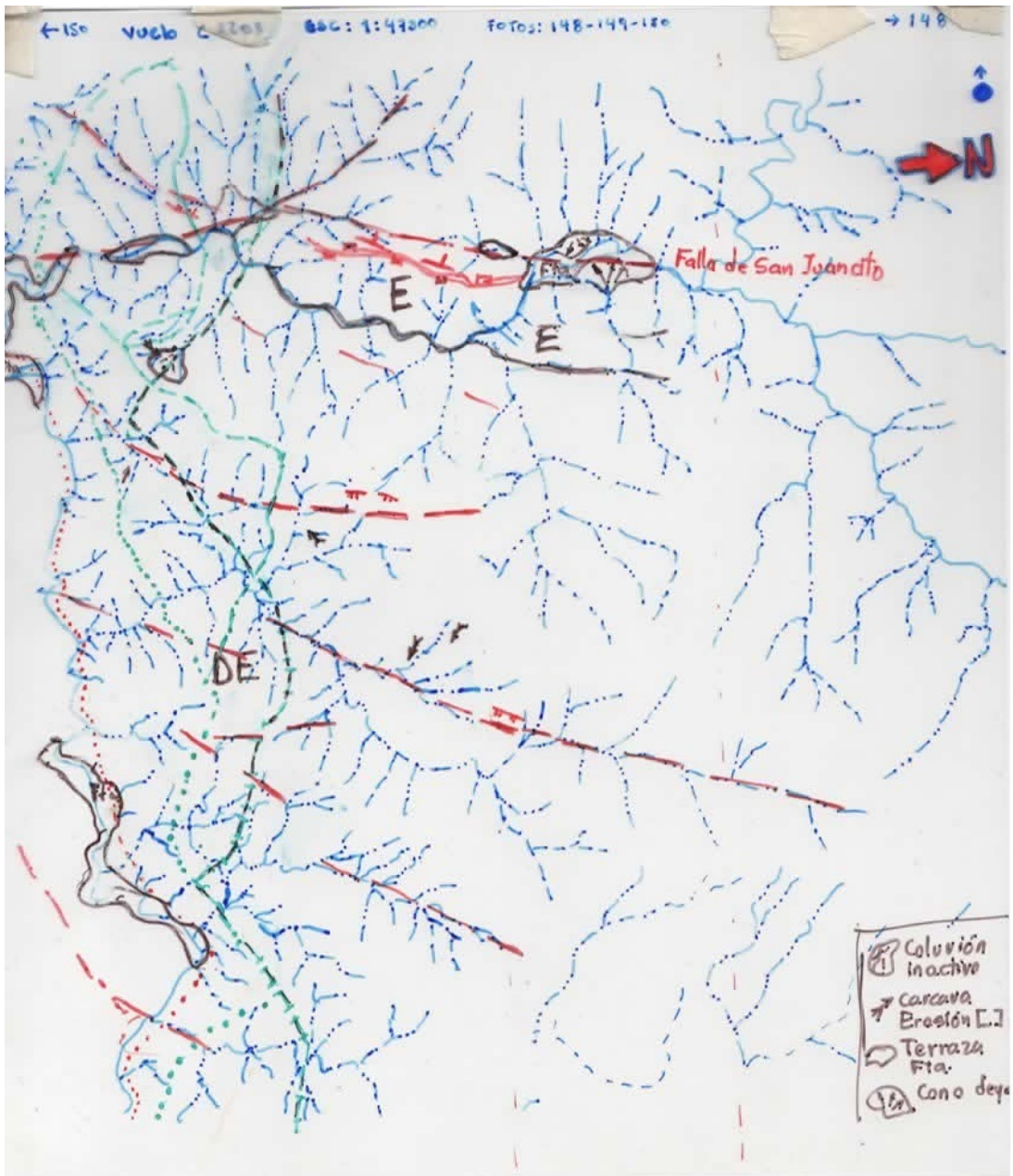
- SUAREZ, Jaime. Manual de Ingeniería para el Control de Erosión La Remoción en Masa e Inundaciones: Dos Fenómenos Topográficos muy Comunes. CDMB – UIS (1993)
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL. Manual Básico para la Estimación del Riesgo. Lima, Perú. 2006
- ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. Análisis de la Susceptibilidad de los Fenómenos de Remoción en Maza de la Carretera Loja-Zamora. Quito. 2007
- SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico.
- GUERRA, Felipe. INVESTIGACIONES GEOGRÁFICAS, Boletín Instituto de Geografía. Las Doce Principales Reglas de la Interpretación Fotogeológica y las Bases Fundamentales de que se Derivan. UNAM. 2003.
- INSTRUMENTOS DE APOYO PARA EL ANALISIS Y LA GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES. Guía para el Especialista. 2003.
- ATLAS DE RECURSOS AMBIENTALES. Capitulo 4: Fenómenos Naturales. Argentina.
- CARDENAS, Patricia y MENESES, Paulo. Los SIG y Las Cartas de Vulnerabilidad Natural a la Erosión. Brasil.
- DEPARTAMENTO DE DESARROLLO REGIONAL Y MEDIO AMBIENTE, Desastres; Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington D.C. 1991.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZI (IGAC). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras, Departamento del Magdalena. 2008
- CASTRO, Eduardo, VARGAS, Germán y MORENO, Manuel. Zonificación de Amenazas por Procesos de Remoción en Masa en las Cuencas de los Ríos Bolo y Fraile, Valle del Cauca. Sociedad Colombiana de Geotecnia. 1998.

# **ANEXOS**

**Anexo A:**  
Fotografías Aéreas

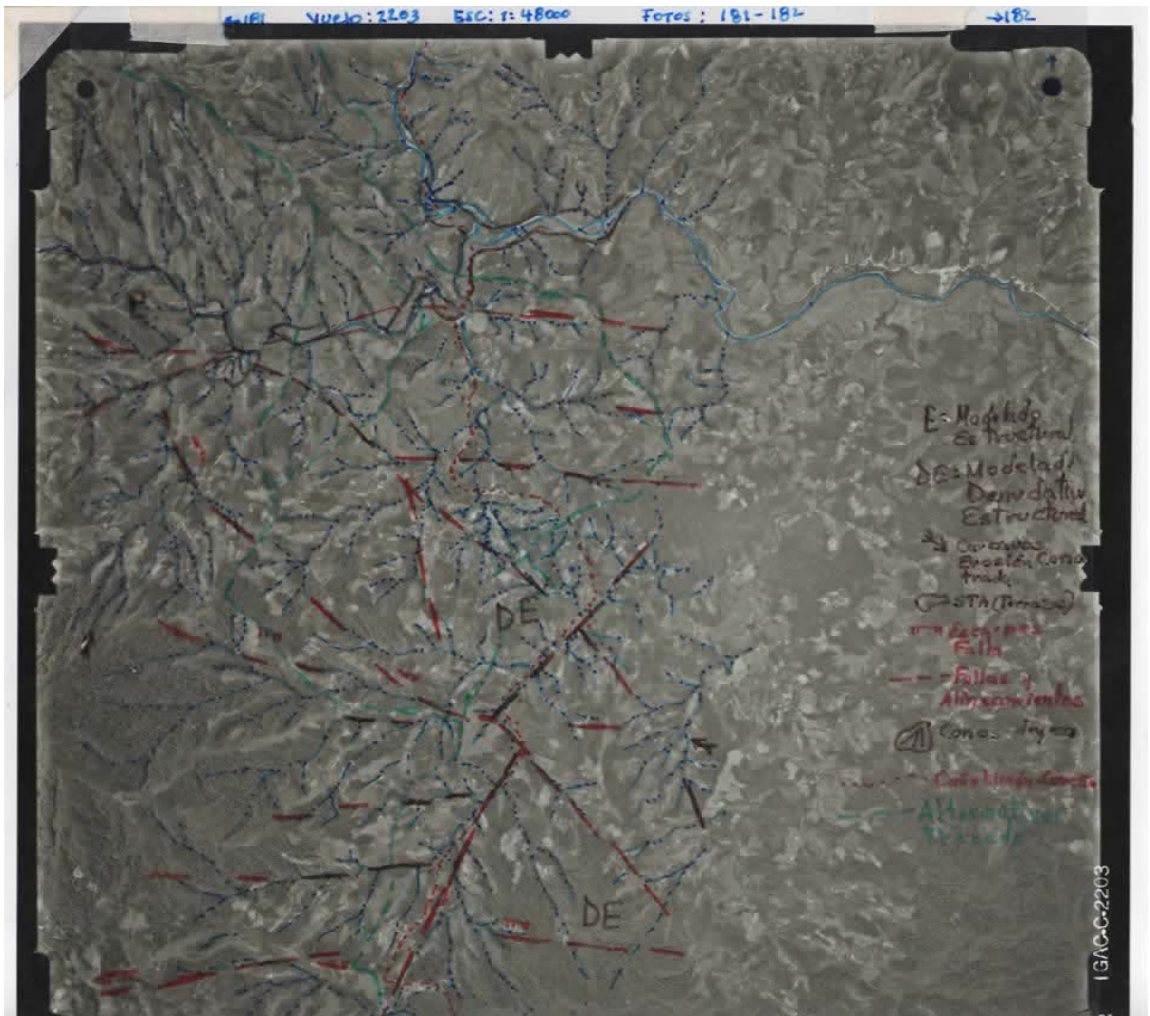






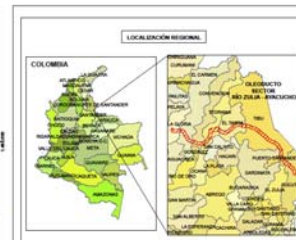
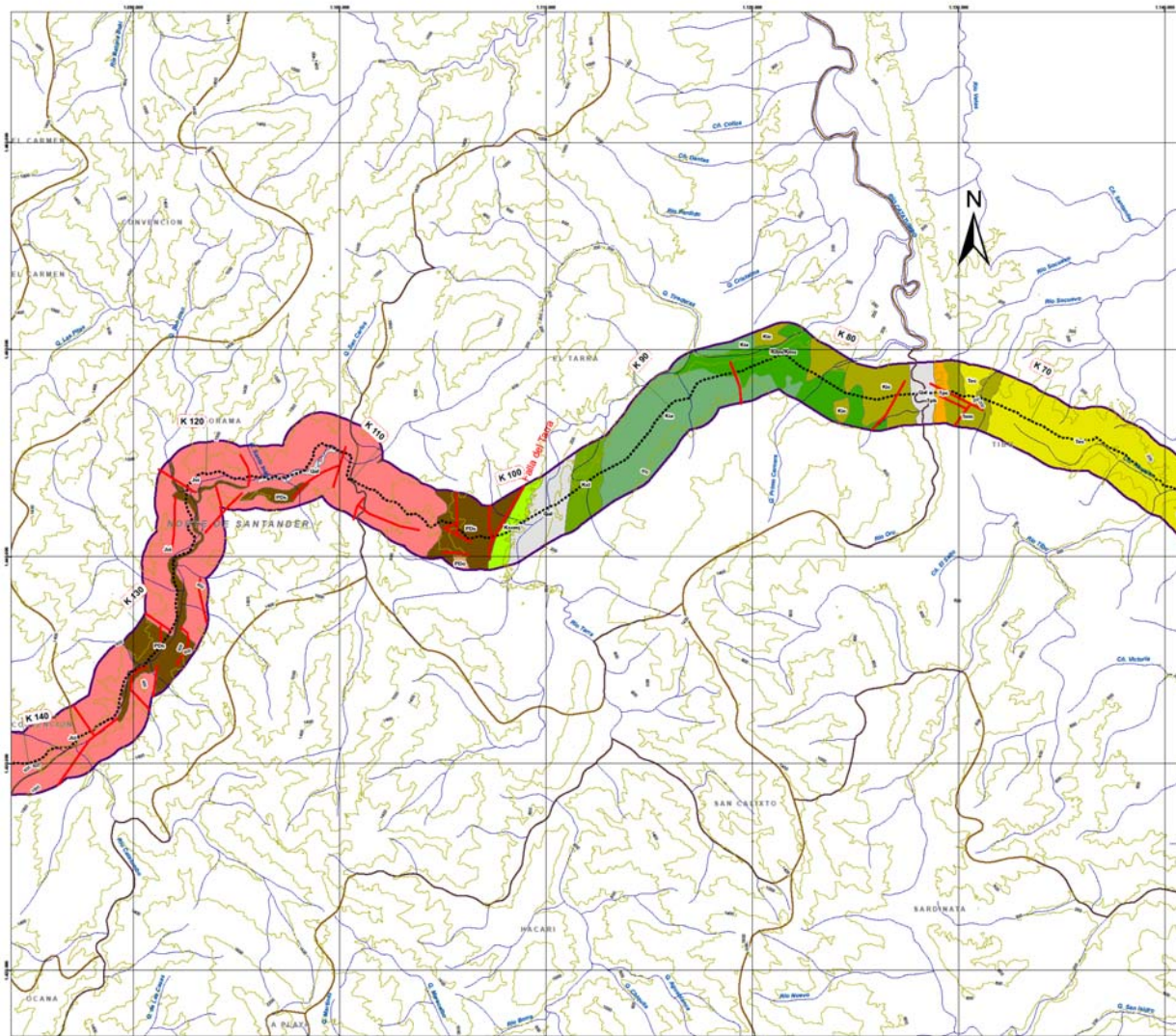






**Anexo B:**  
Mapa Geológico  
Escala 1:75000



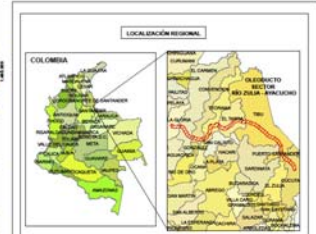
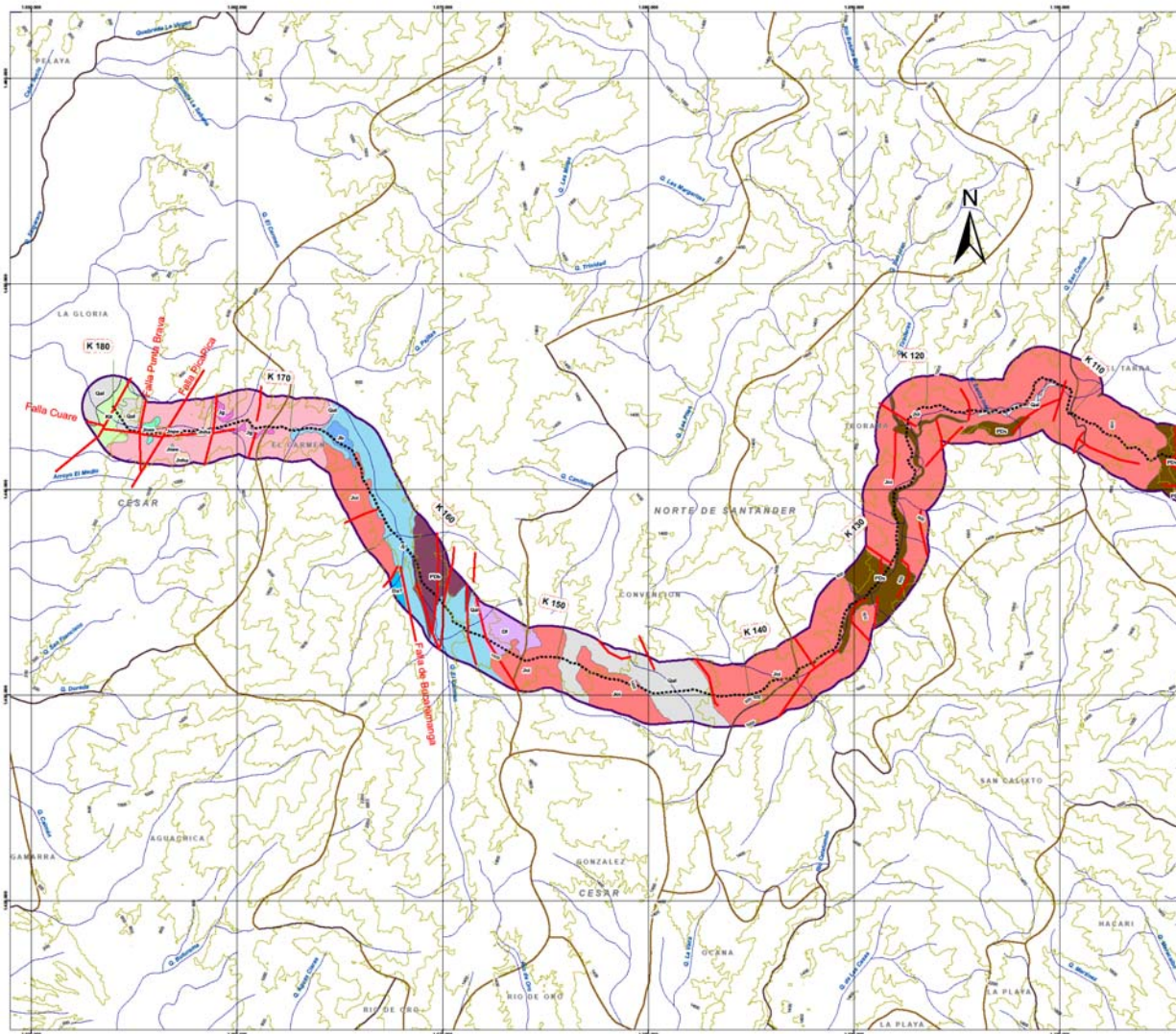


CÓDIGO	UNIDAD	ÁREA (ha)	%
1000	Formación Devónica?	45,24	0,17%
CF	Formación Flandes	465,75	0,84%
BI	Formación Boca	122,43	0,23%
AE	Formación Arroyo Estrella	13.402,03	21,71%
AJ	Formación Ajo	96,44	0,08%
A	Formación Aca	3.189,23	4,53%
10000	Unidad Volcánica de Noreste	50,81	0,08%
10001	Unidad Volcánica de Noreste	291,09	0,51%
10002	Unidad Volcánica de Noreste	2.712,09	5,18%
10003	Formación Capatze	1.039,22	2,88%
10004	Formación Agardime	2.269,76	4,62%
10005	Formación Taba	84,47	0,08%
10006	Formación Tila - Morales	1.313,25	2,88%
10007	Formación Cón - Mito Juan	180,51	0,13%
10008	Formación La Lata	180,76	0,13%
10009	Bas. de Bucaramanga	726,94	1,09%
10010	Formación Sigra	46,40	0,08%
10011	Formación Sigra	2.246,71	4,27%
Cap	Formación aluvial reciente	4.897,31	9,24%
37C	Formación Los Corrales	3.259,79	6,28%
37c	Formación Capatze	7.865,12	15,04%
37c1	Formación Mito Juan	1.512,25	2,88%
37c2	Formación Sigra	3.963,67	7,44%
37c3	Formación Lata	3.481,74	6,51%
37c4	Formación Boca	426,74	0,81%
37c5	Formación Los Corrales	121,45	0,23%
TOTAL		22.882,13	100,00%

  
**CONSTRUIMOS FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGIA**  
**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO**  
**EN EL SECTOR RIO ZULIA - AYACUCHO**  
**MAPA GEOLOGICO**

**ESCALA GRAFICA:** 0 100 200 300 400 500 600 700 800 Metros

ELABORADO:	REVISADO:	APROBADO:
Steven Echeverri Carr	Ing. Luis Eduardo Moreno Torres	
ESCALA:	FECHA:	MAPA:
1:75.000	Noviembre de 2011	2 de 3
PROYECTO:	ESCALA:	VERSIÓN:
	COORDENADAS MUNDIALES UTM - ZONA 18W	1



**CONVENCIONES**

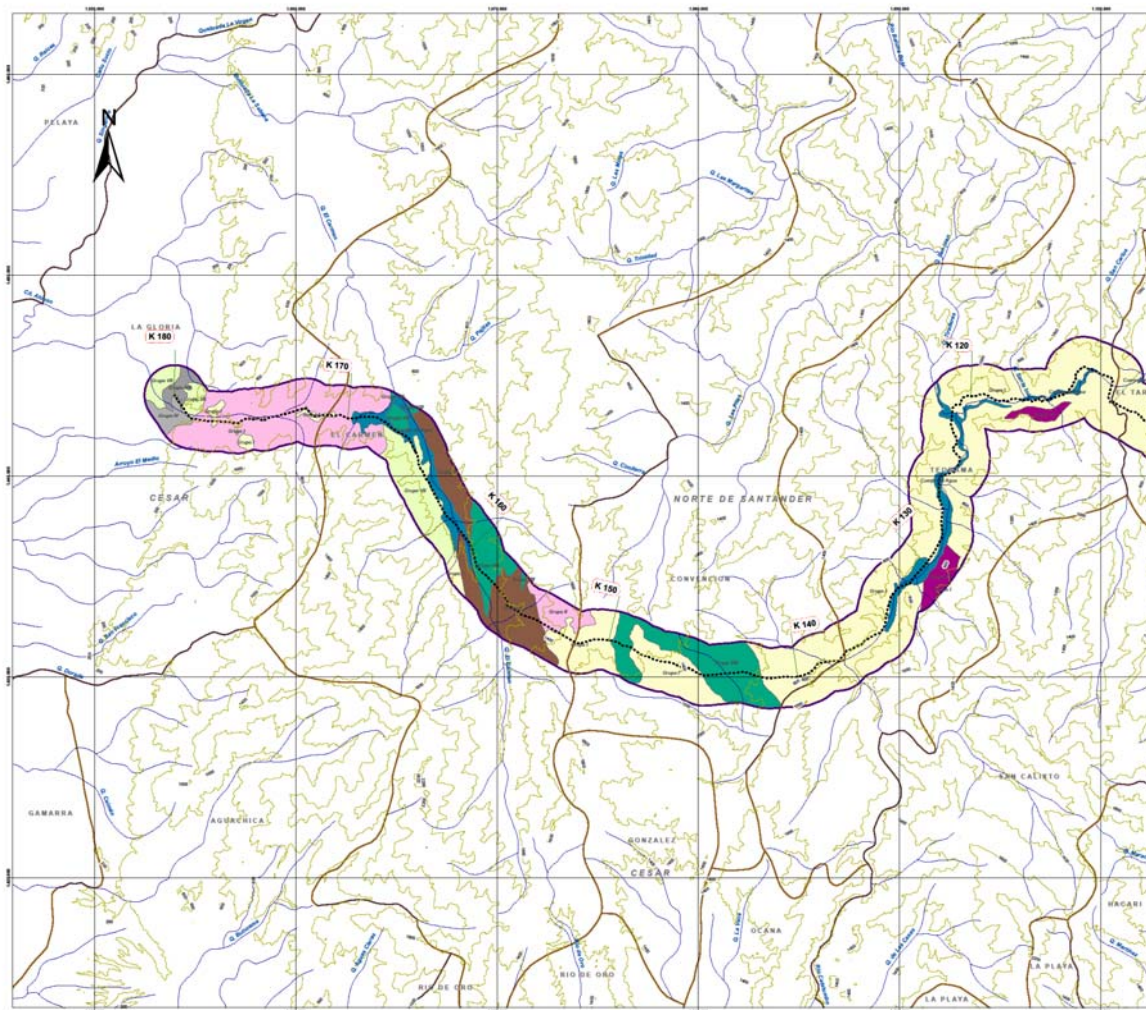
****	Alternativa Chebudo	□	Limite Departamental
—	Absoluto	□	Area de influencia proyecto
□	Limite municipal		

COD	UNIDAD	AREA (H)	%
TE	Tercera	628.33	1.75%
TE1	Formación Desnuda?	65.34	0.18%
CF	Formación Floresta	466.79	0.89%
AB	Formación Boca	122.83	0.33%
SE	Complexo Intrusivo-Estratón	11,432.03	31.75%
SI	Formación Sison	96.64	0.26%
SI	Formación Sison	2,188.33	6.16%
US	Unidad Volcanocéntrica de Nariño	30.81	0.08%
US	Unidad Volcanocéntrica de Nariño	251.03	0.70%
US	Unidad Volcanocéntrica de Nariño	2,712.08	7.58%
CA	Formación Capacho	1,338.22	3.69%
AG	Formación Aguardiente	2,585.76	7.24%
TA	Formación Tablas	845.47	2.35%
TM	Formación Tibú Mercedes	1,513.25	4.24%
ML	Formación Caden. Mito Juan	880.30	2.44%
ML	Formación La Lata	585.76	1.63%
BC	Bas de Bucaramanga	126.34	0.35%
SI	Formación Sigan	40.48	0.11%
SI	Formación Sigan	2,288.33	6.37%
CA	Formación Alacón Venecia	4,807.33	13.27%
LC	Formación Los Cameros	2,253.79	6.29%
CA	Formación Carbonera	7,905.11	21.84%
MI	Formación Mirador	1,513.25	4.24%
SI	Formación Sigan	2,288.33	6.37%
LA	Formación Lata	3,485.76	9.62%
BO	Formación Boca	458.79	1.27%
LC	Formación Los Cameros	121.43	0.33%
TOTAL		35,343.13	100.00%


  
**CONSTRUIMOS FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGIA**  
**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO**  
**EN EL SECTOR RIO ZULUA - AYACUCHO**  
**MAPA GEOLOGICO**

ESCALA GRAFICA: 0 1,000 2,000 4,000 6,000 8,000  
 ELABORADO: Shaver Elvadi Car. REVISOR: Ing. Luis Eduardo Moreno Torres. APROBADO:  
 ESCALA: 1:75,000 FECHA: Noviembre de 2011 MAPA: 3 de 3  
 ARCHIVO: COORDINADAS MADRID UTM58S UTM58S

**Anexo C:**  
Mapa Geomorfológico  
Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Alternativa
- ▭ Límite municipal
- ▭ Límite Departamental
- ▭ Área de influencia proyecto

**UNIDADES LITOLÓGICAS**

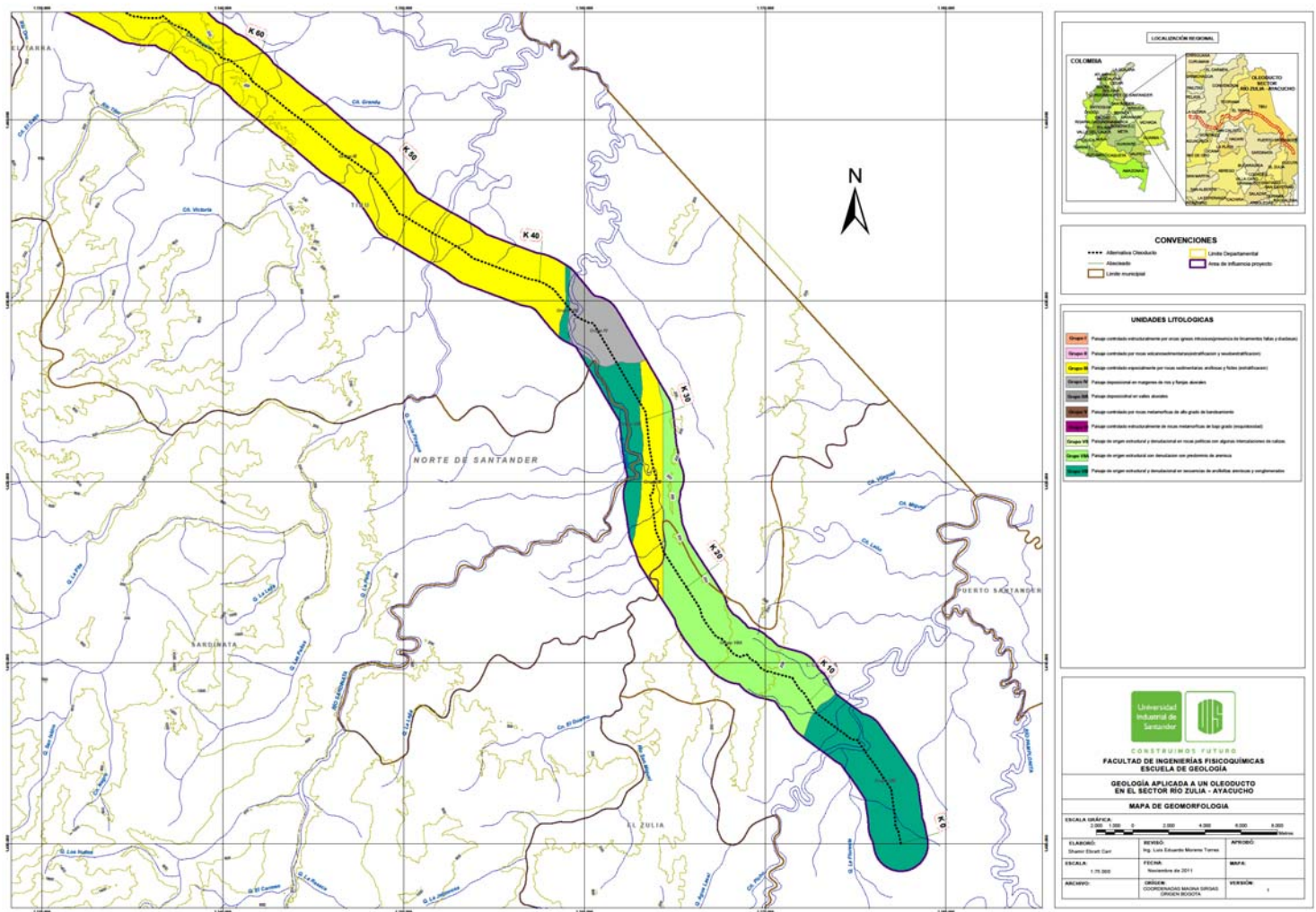
- Unidad 1** - Formación sedimentaria por arena gruesa interstratificada de lavados férricos y calcáreos
- Unidad 2** - Formación sedimentaria por arena interstratificada calcárea y carbonatada
- Unidad 3** - Formación sedimentaria por arena interstratificada calcárea y férrica
- Unidad 4** - Formación sedimentaria por arena y limo arcillosa
- Unidad 5** - Formación sedimentaria por arena arcillosa
- Unidad 6** - Formación sedimentaria por arena arcillosa de gran granulometría
- Unidad 7** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 8** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 9** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 10** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 11** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 12** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 13** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 14** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 15** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 16** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 17** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 18** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 19** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría
- Unidad 20** - Formación sedimentaria por arena interstratificada de gran granulometría

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**CONSTRUYENDO FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGÍA**  
**GEOLOGÍA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RÍO ZULIA - ATACUCHO**  
**MAPA DE GEOMORFOLOGÍA**

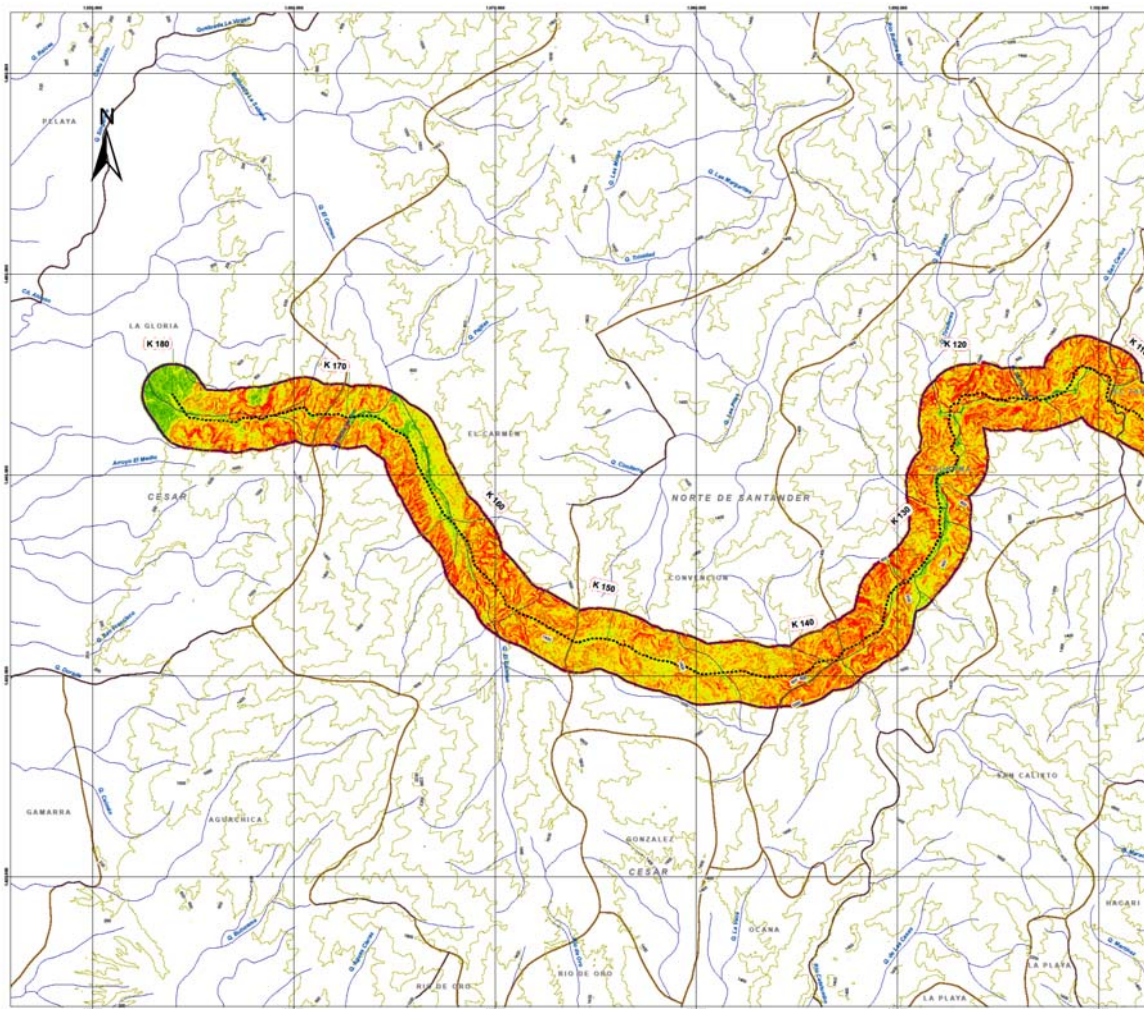
**ESCALA GRÁFICA**  
 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 metros

ELABORÓ: Shahri Elwan Carr	REVISÓ: Ing. Luis Eduardo Moreno Torres	APROBÓ: [Firma]
ESCALA: 1:75.000	FECHA: Enero de 2011	MAPA: [Firma]
ARCHIVO: [Firma]	ORIGEN: CORPORACIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	VERSIÓN: 1





**Anexo D:**  
Mapa de Pendientes  
Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- Alternativa Obsoleta
- Alternativa
- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Área de influencia proyecto

**CATEGORIAS PARA PENDIENTE EN PORCENTAJE**

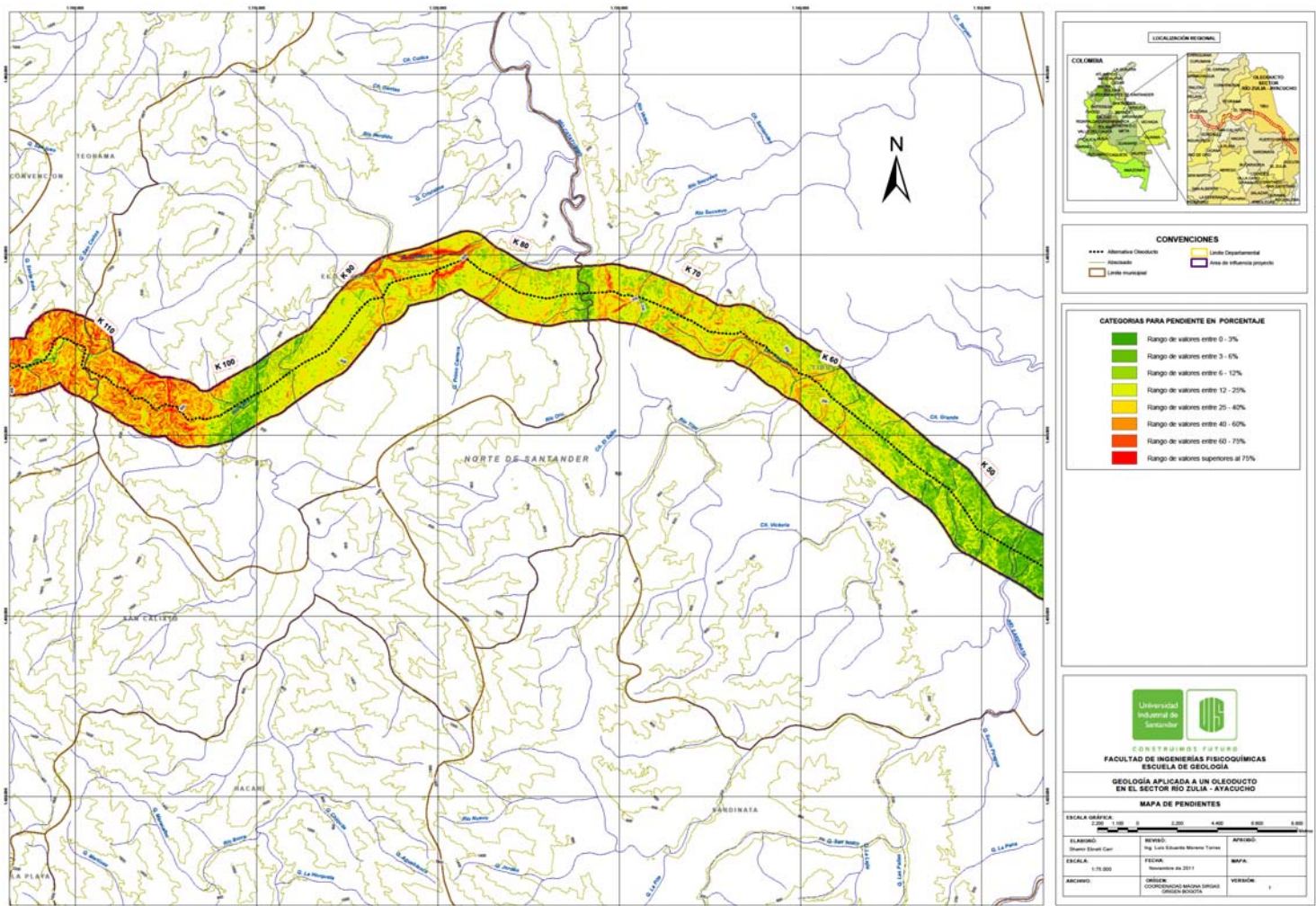
- Rango de valores entre 0 - 3%
- Rango de valores entre 3 - 6%
- Rango de valores entre 6 - 12%
- Rango de valores entre 12 - 25%
- Rango de valores entre 25 - 40%
- Rango de valores entre 40 - 60%
- Rango de valores entre 60 - 75%
- Rango de valores superiores al 75%

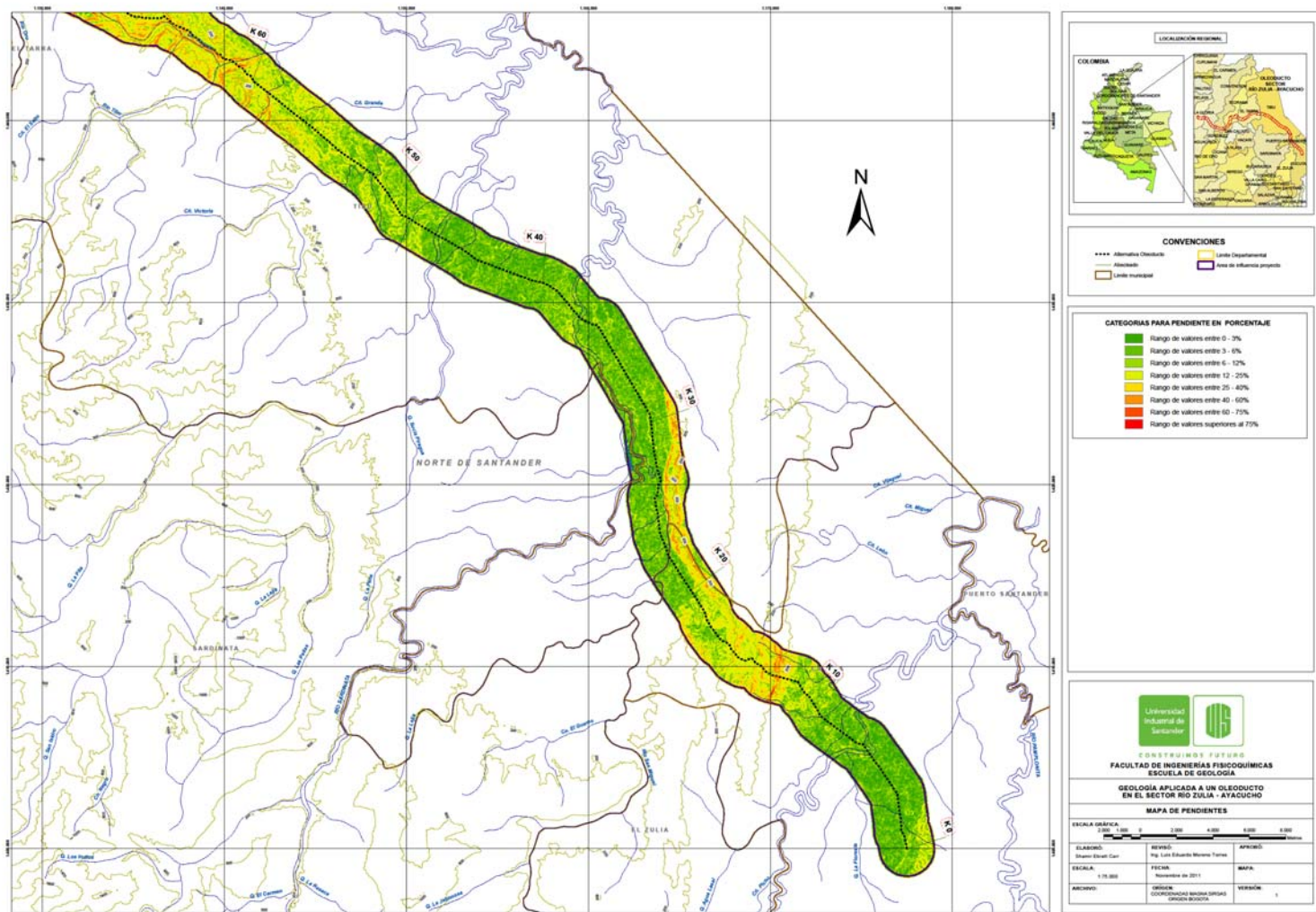
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**CONSTRUYENDO FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGÍA**  
**GEOLOGÍA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO ZULÍA - ATACUCHO**

**MAPA DE PENDIENTES**

ESCALA GRÁFICA: 0 2000 4000 6000 8000

ELABORÓ:	INGENIERO:	APROBÓ:
Shahri Eshari Gani	Mg. Luis Eduardo Moreno Torres	
ESCALA:	FECHA:	MAPA:
1:75.000	enero de 2011	
ARCHIVO:	ORIGEN:	VERSIÓN:
	COORDINACIÓN MOSES ORJAS ORJAS BUCCIA	1



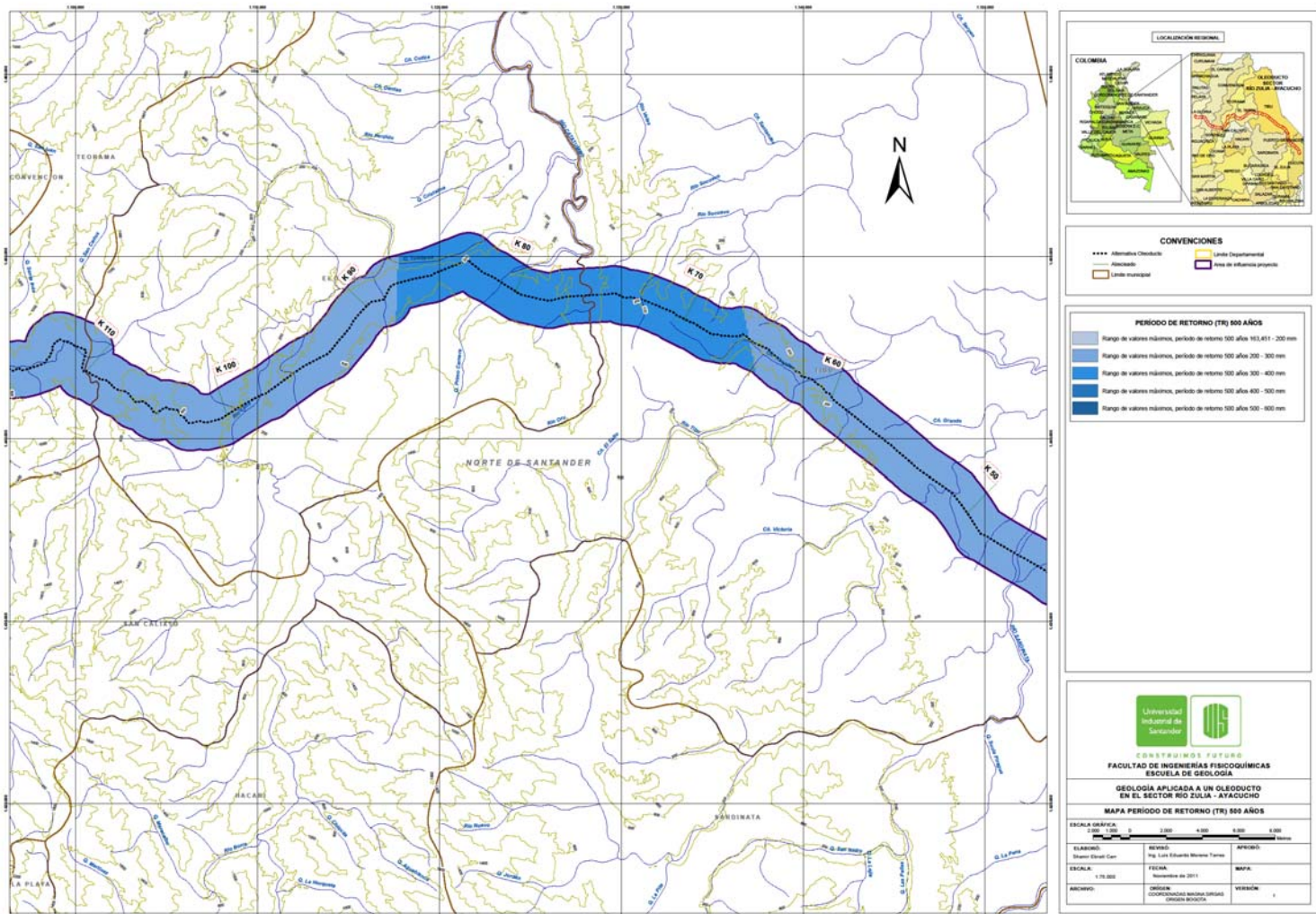


## **Anexo E:**

Mapa de Lluvias Máximas con Periodo de Retorno

Escala 1:75000





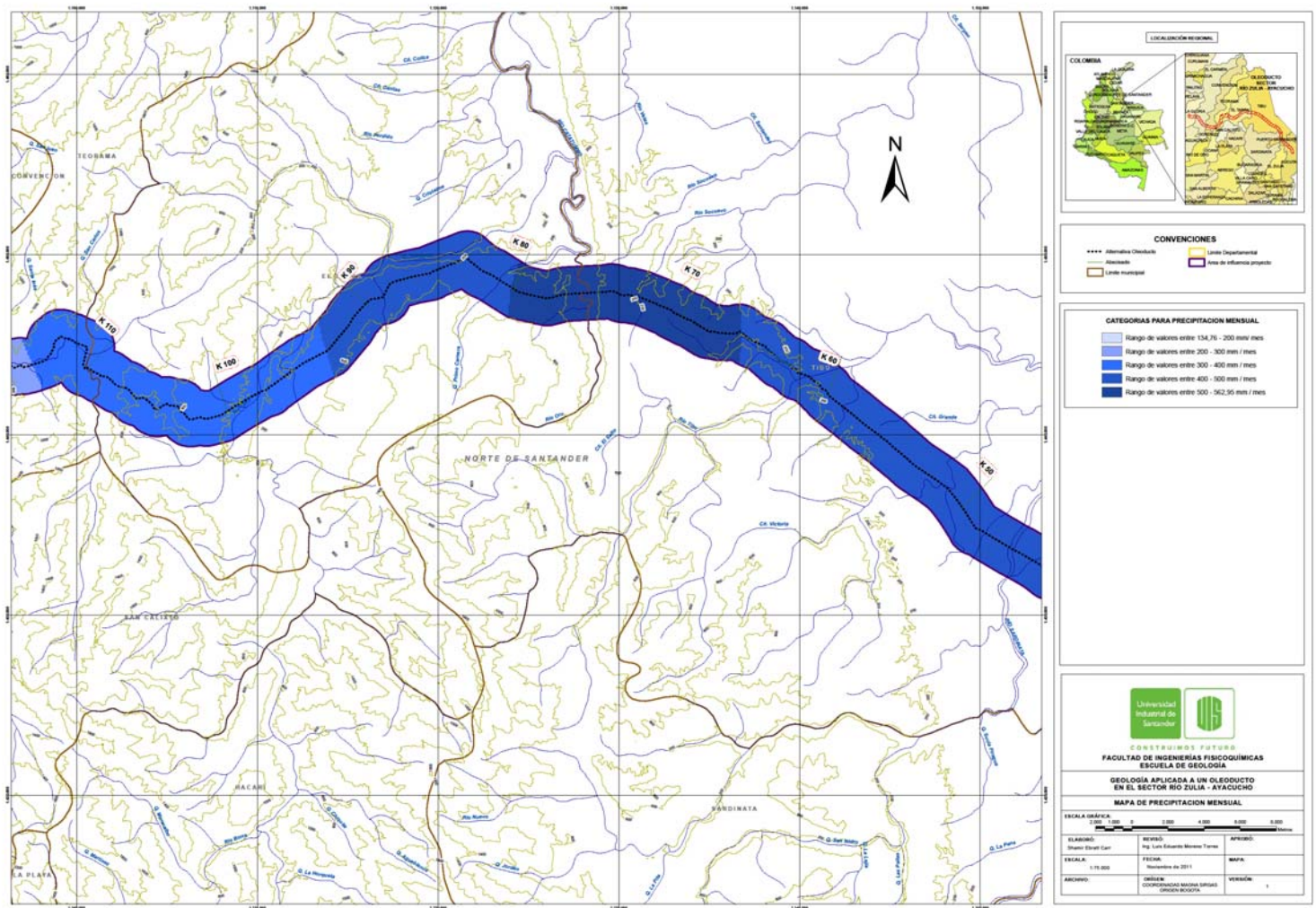


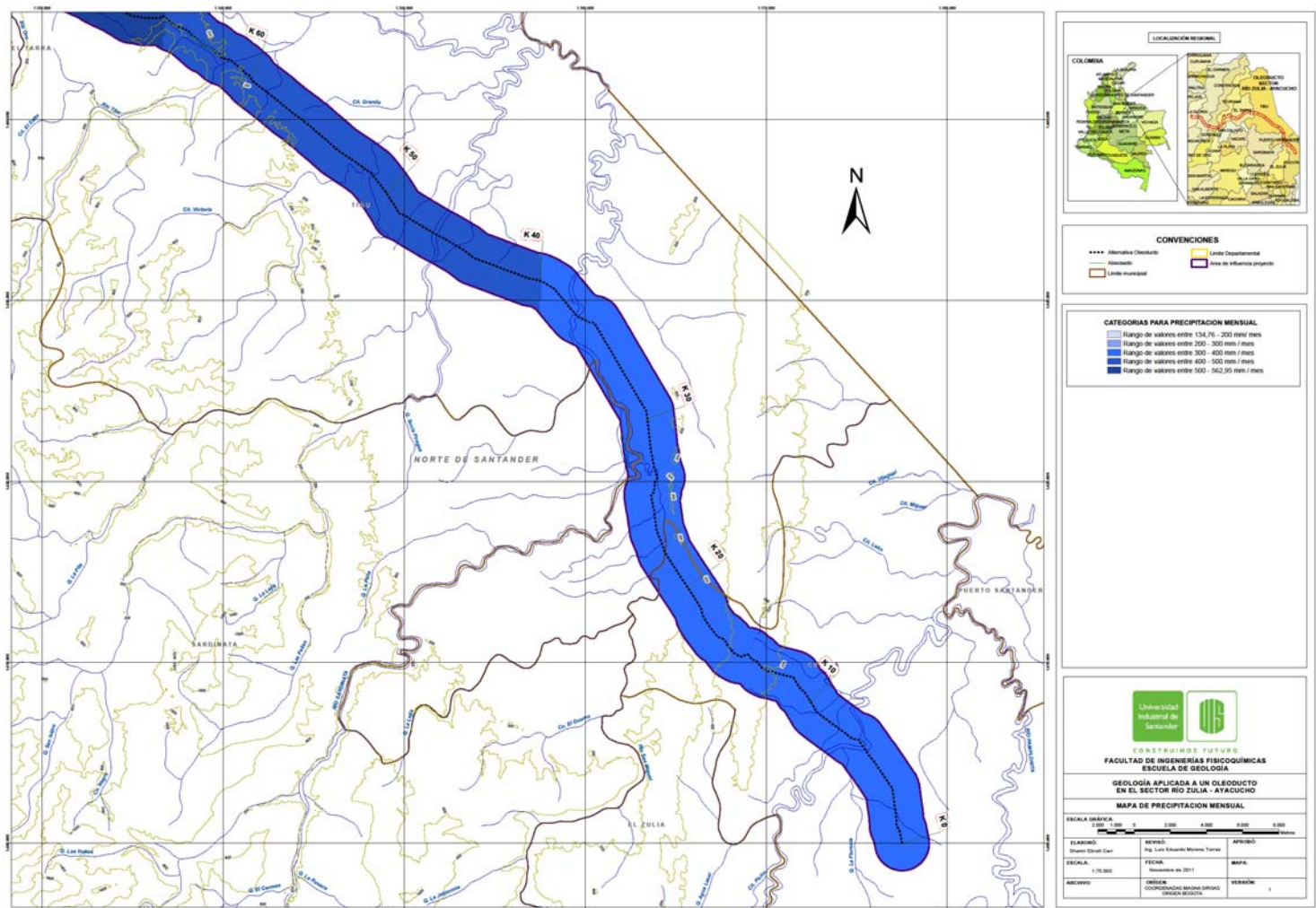
## **Anexo F:**

Mapa de Precipitación Mensual

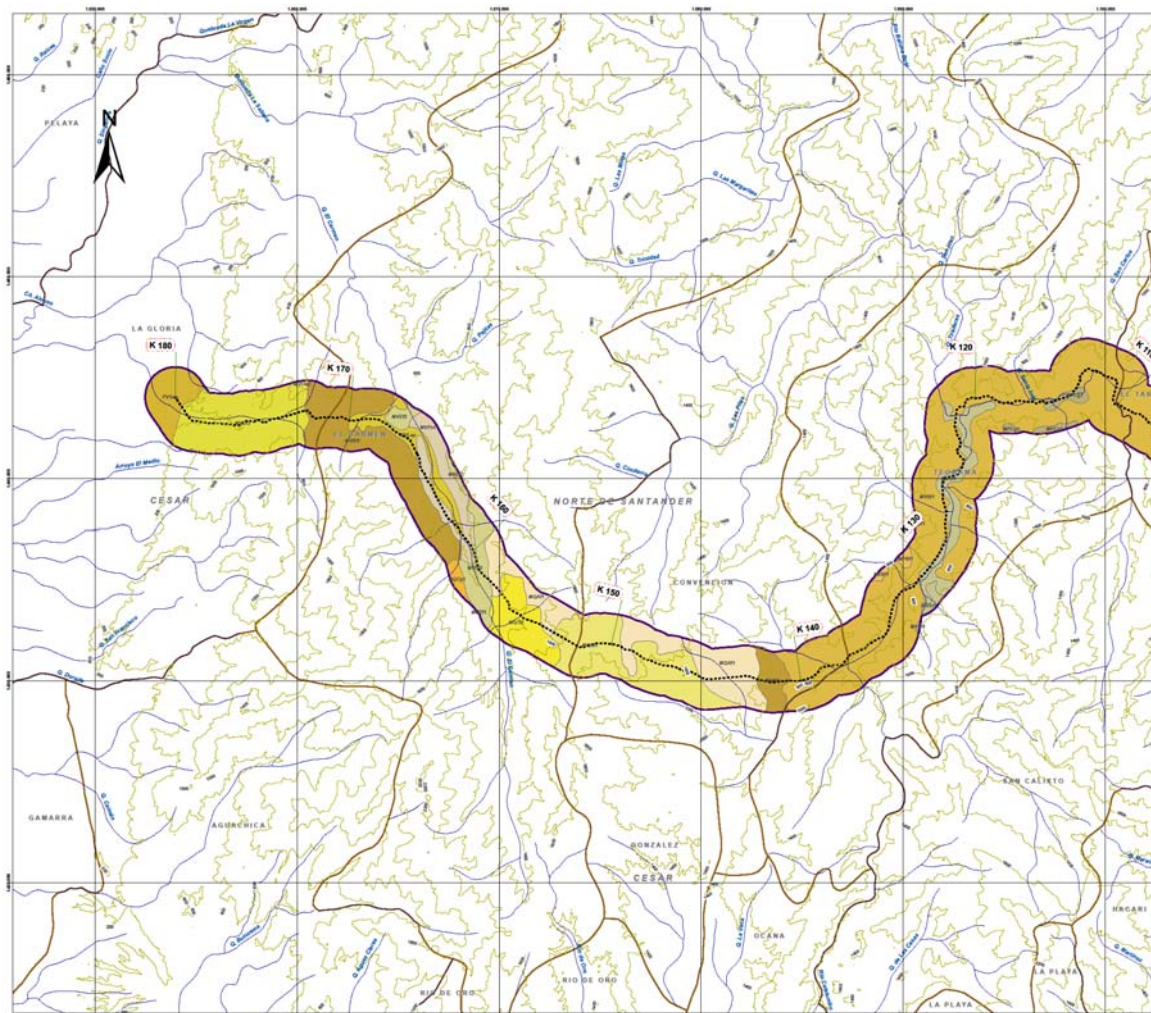
Escala 1:75000







**Anexo G:**  
Mapa de Suelos  
Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Área de Influencia Proyecto

**CATEGORIAS DE SUELOS**

- Francos arenosa a Franco arcillo arenosa (LVAC)
- Francos arenosa a Franco arenosa gravillosa (LVACG)
- Arcillosa (VCh1)
- Francos arcillo arenosa (LVCh1)
- Francos a Francos arenosa (VCh1)
- Arcillosa (MSt1)
- Francos arcillo gravillosa (MSt1)
- Francos arenosa gravillosa (MSt1)
- Francos arcillosa a Francos (MCAT1)
- Francos arcillo arenosa a arenosa franca (MCAT1)
- Francos arcillo arenosa a arenosa franca (MCAT1)
- Francos arcillosa a Francos gravillosa (MCAT1)
- Francos arenosa gravillosa (MUE1)
- Francos arcillosa a arcillosa (MUE1)
- Francos arenosa gravillosa (MUE1)
- Francos arcillo gravillosa a Francos arenosa gravillosa (MUE1)
- Francos a Francos arenosa (MUE1)
- Francos arenosa (MUE1)
- Francos a Francos arenosa (MUE1)
- Francos a Francos arenosa (MUE1)
- Francos arenosa (MUE1)
- Francos arcillo arenosa a arcillosa (MUE1)
- Francos a Francos arcillosa (VUSa)
- Francos arcillo arenosa (VUSa)
- Tiempos con alto contenido de arena y arcilla (VVCa)
- Francos arcillo arenosa Clavillosa (VVCa)
- Francos arcillo arenosa a Francos arcillosa (VVEa)

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**CONSTRUIMOS FUTURO**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**

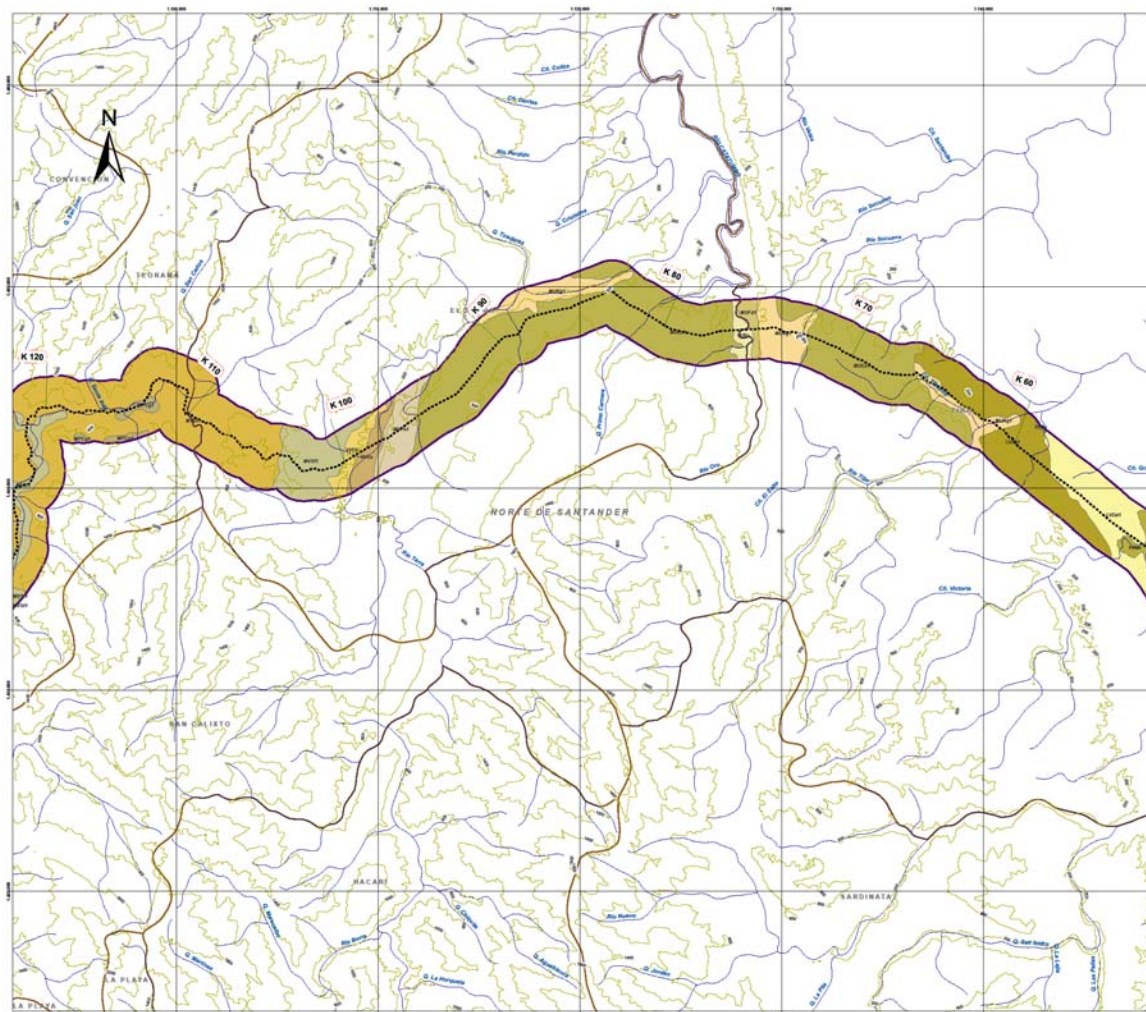
**ESCUELA DE GEOLOGIA**

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO ZULIA - AYACUCHO**

**MAPA DE SUELOS**

ESCALA GRÁFICA: 0 2000 4000 6000 8000 10000 Metros

ELABORÓ: Mauricio Ospina Carr	REVISÓ: Pablo José Eduardo Moreno Torres	APROBÓ: [Signature]
ESCALA: 1:75,000	FECHA: Noviembre de 2011	MAPA: [Signature]
TÍTULO: COORDINACIÓN MAURICIO OSPINA CARRERAS		VERSIÓN: 1



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Alternativa
- ▭ Límite Departamental
- ▭ Área de influencia propuesta
- ▭ Límite Municipal

**CATEGORIAS DE SUELOS**

- Franco arenosa a Franco arcillo arenosa (LVAG)
- Franco arenosa a Franco arenosa gravilosa (LVAG)
- Arcillosa (LVCI)
- Franco arcillo arenosa (LVCI)
- Francia a Franco arenosa (VEr)
- Arcillosa (MPEr)
- Franco arcillo gravilosa (MPEr)
- Franco arenosa g. roxillosa (MPCg)
- Franco arcillosa a Franco (MQAr)
- Franco arcillo arenosa a arenosa franco (MCEr)
- Franco arcillo arenosa a arenosa franco (MCQg)
- Franco arcillosa a Franco gravilosa (MQTr)
- Franco arenosa gravilosa (MUEr)
- Franco arcillosa a arcillosa (MPEr)
- Franco arenosa gravilosa (MAGr)
- Franco arcillo gravilosa a franco arenosa gravilosa (MVAr)
- Francia a Franco arenosa (MEg)
- Francia a Franco arenosa (MEC)
- Francia arenosa (MEr)
- Francia a Franco arenosa (MEAg)
- Francia a Franco arenosa (MOCg)
- Francia arenosa (MOCg)
- Franco arcillo arenosa a arcillosa (MVEr)
- Franco arcillo arenosa a arcillosa (MVEr)
- Francia a Franco arcillosa (VUEr)
- Francia arcillo arenosa (VUEr)
- Tercezas con alto contenido de arena y arcilla (VVCg)
- Francia arcillo arenosa Gravilosa (VVCg)
- Francia arcillo arenosa a Franco arcillosa (VVEg)

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**CONSTRUIREMOS FUTURO**

**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**

**ESCUELA DE GEOLOGIA**

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO ZULIA - ATACUCHO**

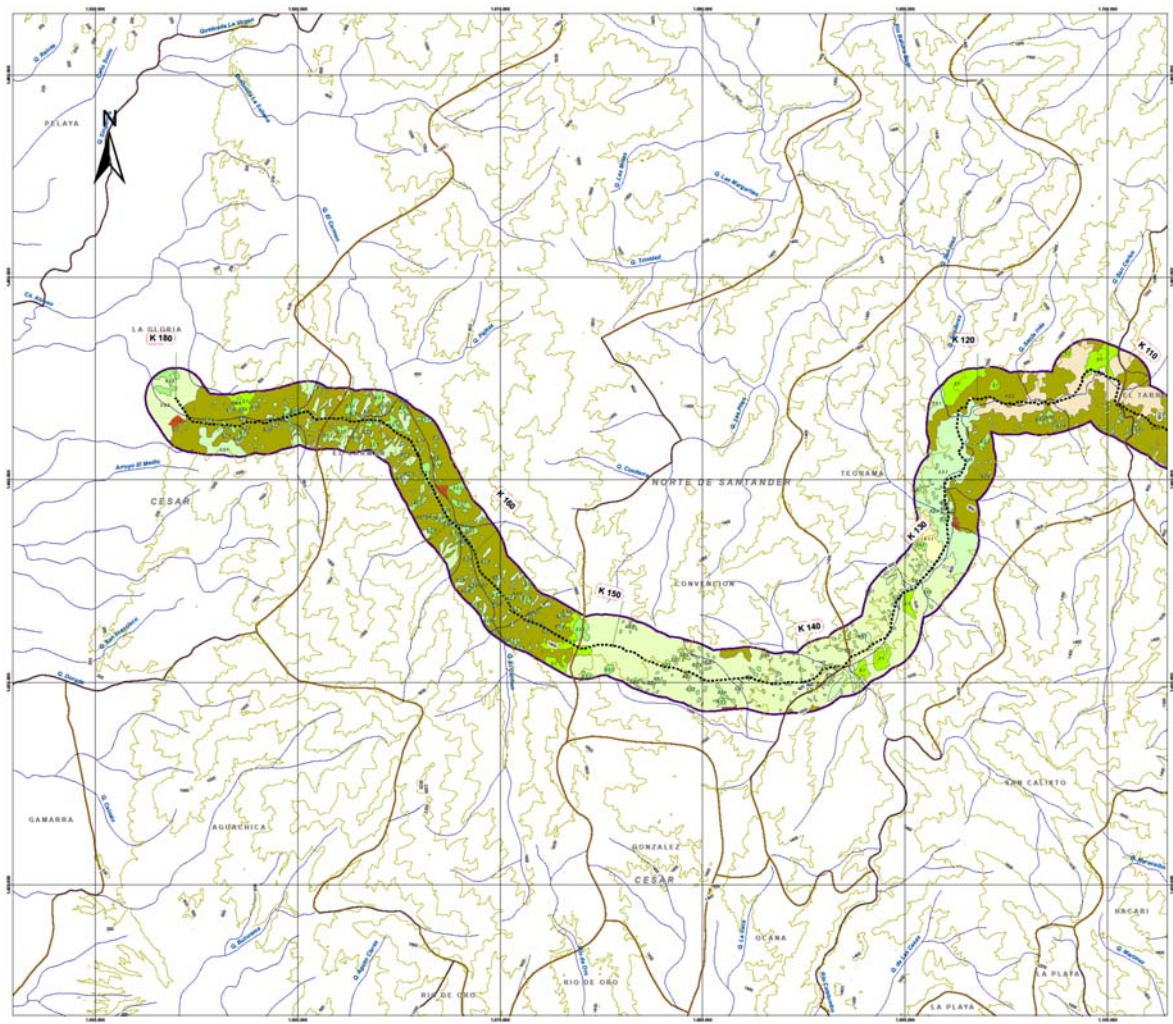
**MAPA DE SUELOS**

ESCALA GRAFICA: 0 1000 2000 4000 6000 8000 Metros

ELABORÓ: Walter David Cár	DISEÑÓ: Pablo Luis Eduardo Moreno Torres	APROBÓ: Pablo Luis Eduardo Moreno Torres
ESCALA: 1:75 000	FECHA: Enero de 2011	MAPA: 1
REVISOR:	COORDINADOR: GONZALO BUSTOZA	VERSION: 1



**Anexo H:**  
Mapa de Cobertura Vegetal  
Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Alternativa
- Límite Departamental
- Límite municipal
- Área de influencia proyecto

**CATEGORIA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO**

- 1.1.1 TEJIDO URBANO DISCONTINUO
- 2.1.1 CULTIVOS ANUALES O TRANSITORIOS
- 2.2.1 PASTOS LIMPIOS
- 2.4 AREAS AGRICOLAS HETEROGÉNEAS
- 2.4.2 MOSAICO DE PASTOS Y CULTIVOS
- 2.4.3 MOSAICO DE PASTOS, CULTIVOS Y ESPACIOS NATURALES
- 2.4.4 MOSAICO DE PASTOS CON ESPACIOS NATURALES
- 3.1 BOSQUES NATURALES
- 3.2.1 HERBAZAL
- 3.2.2 ARBUSTALES
- 3.2.3 VEGETACION SECUNDARIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
CONSTRUIENDO FUTURO

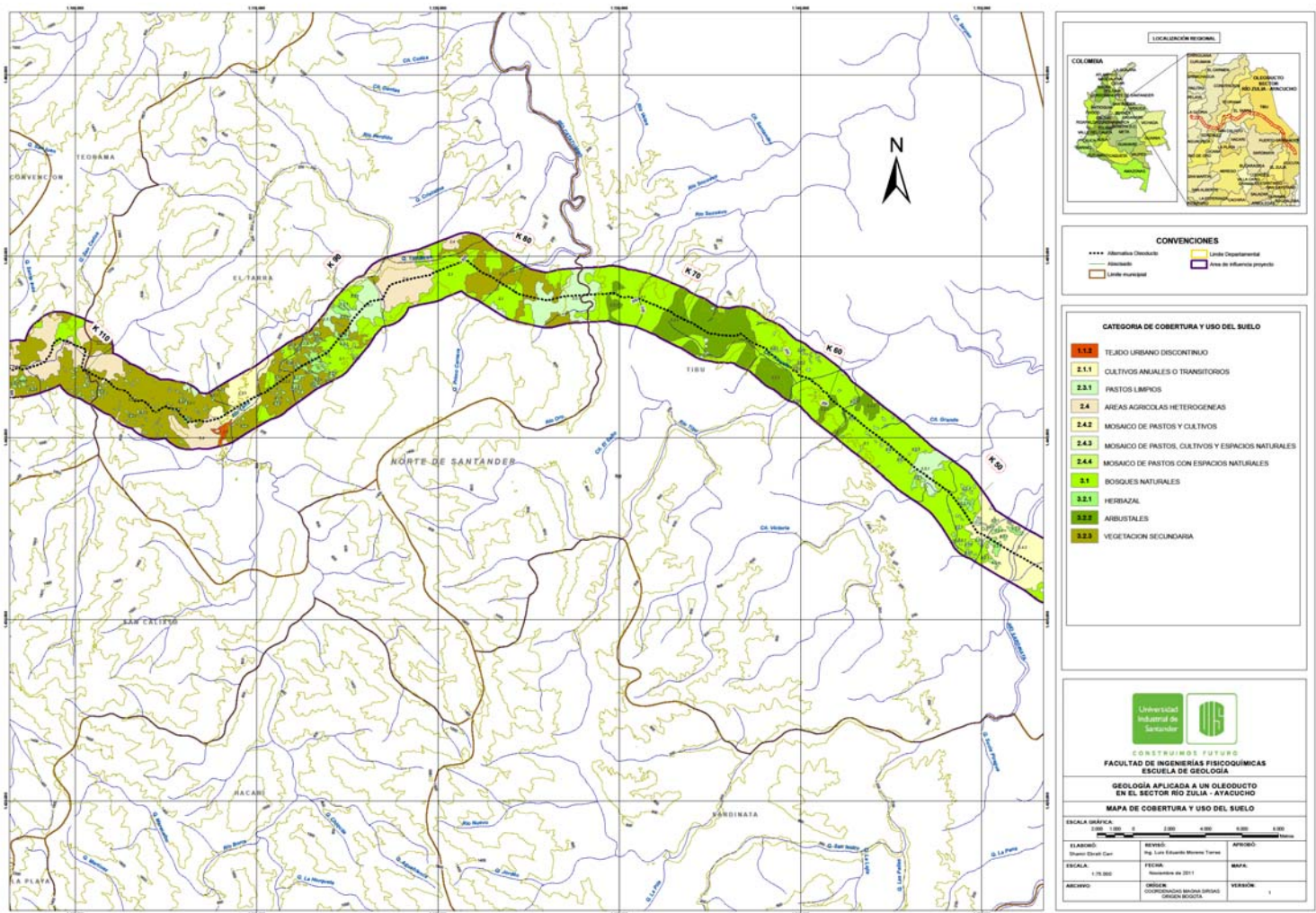
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA**

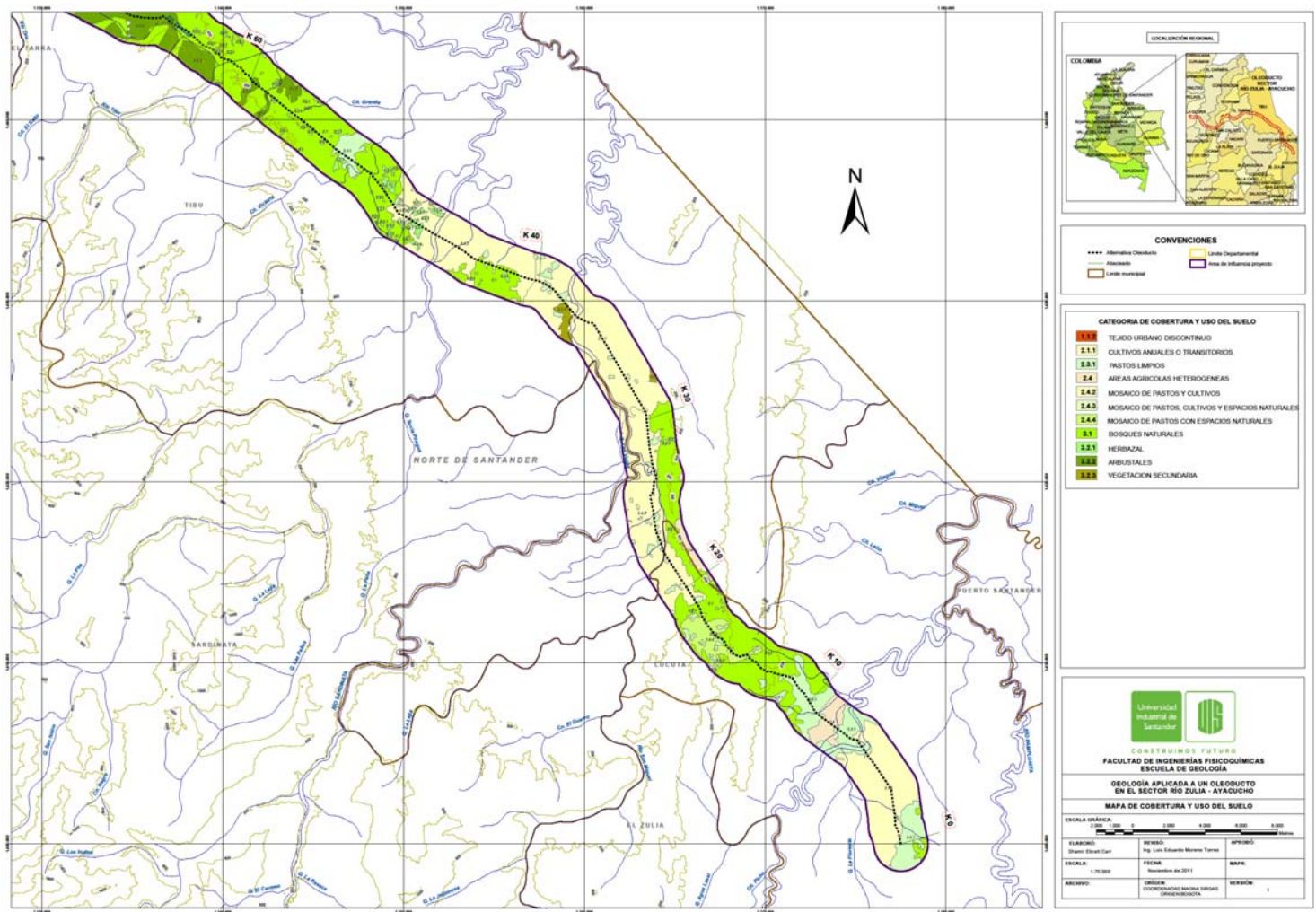
**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO  
EN EL SECTOR RIO ZULIA - AYACUCHO**

**MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO**

ESCALA GRAFICA: 0 1000 2000 3000 4000 5000

ELABORÓ: Diego Elvín Carr	REVISÓ: Ing. José Eduardo Moreno Torres	APROBÓ:
ESCALA: 1:75.000	FECHA: Noviembre de 2011	MAPA:
ARCHIVO:	UBICACION: COORDINADAS UTM EN EPSG:31470	VERSION:

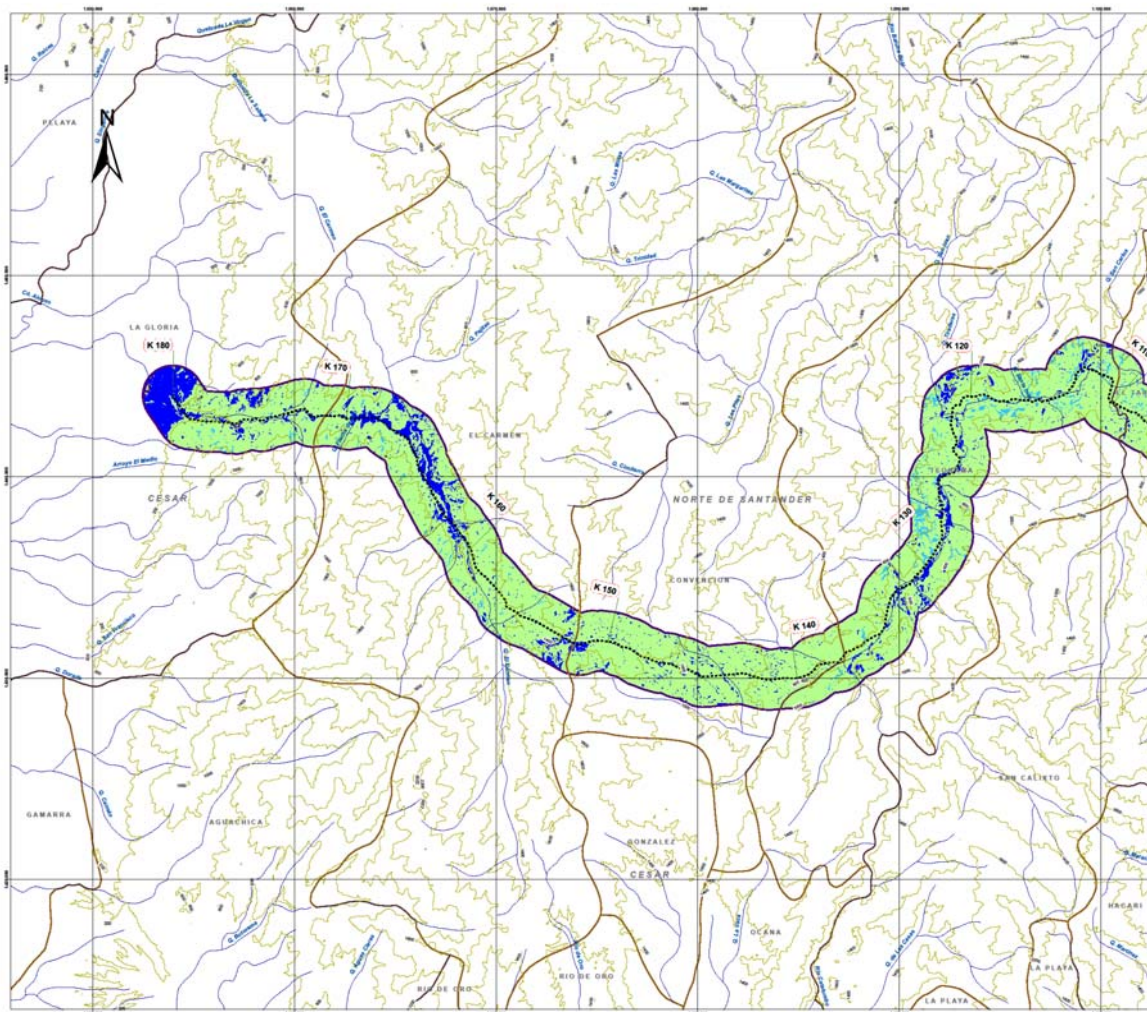




## **Anexo I:**

Mapa de Amenaza por Fenómenos por Remoción en Masa

Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- Alternativa Obsoleta
- Alternativa
- Límite Departamental
- Límite Municipal
- Área de influencia propuesta

**CATEGORIA DE AMENAZA POR REMOCION EN MASA**

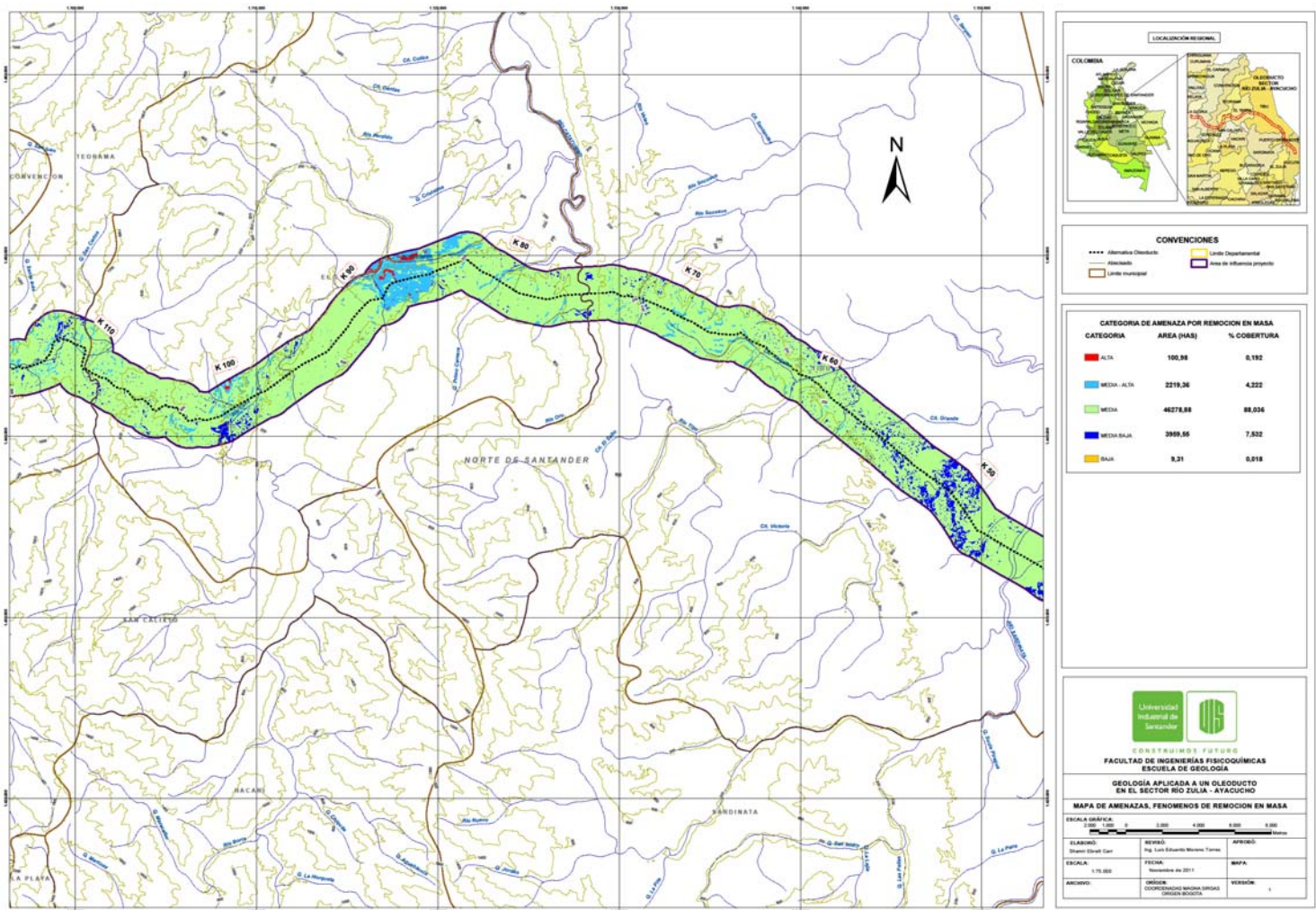
CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	106,98	0,192
MEDEA ALTA	2219,26	4,222
MEDEA	46278,88	88,036
MEDEA BAJA	3959,35	7,432
BAJA	0,21	0,018

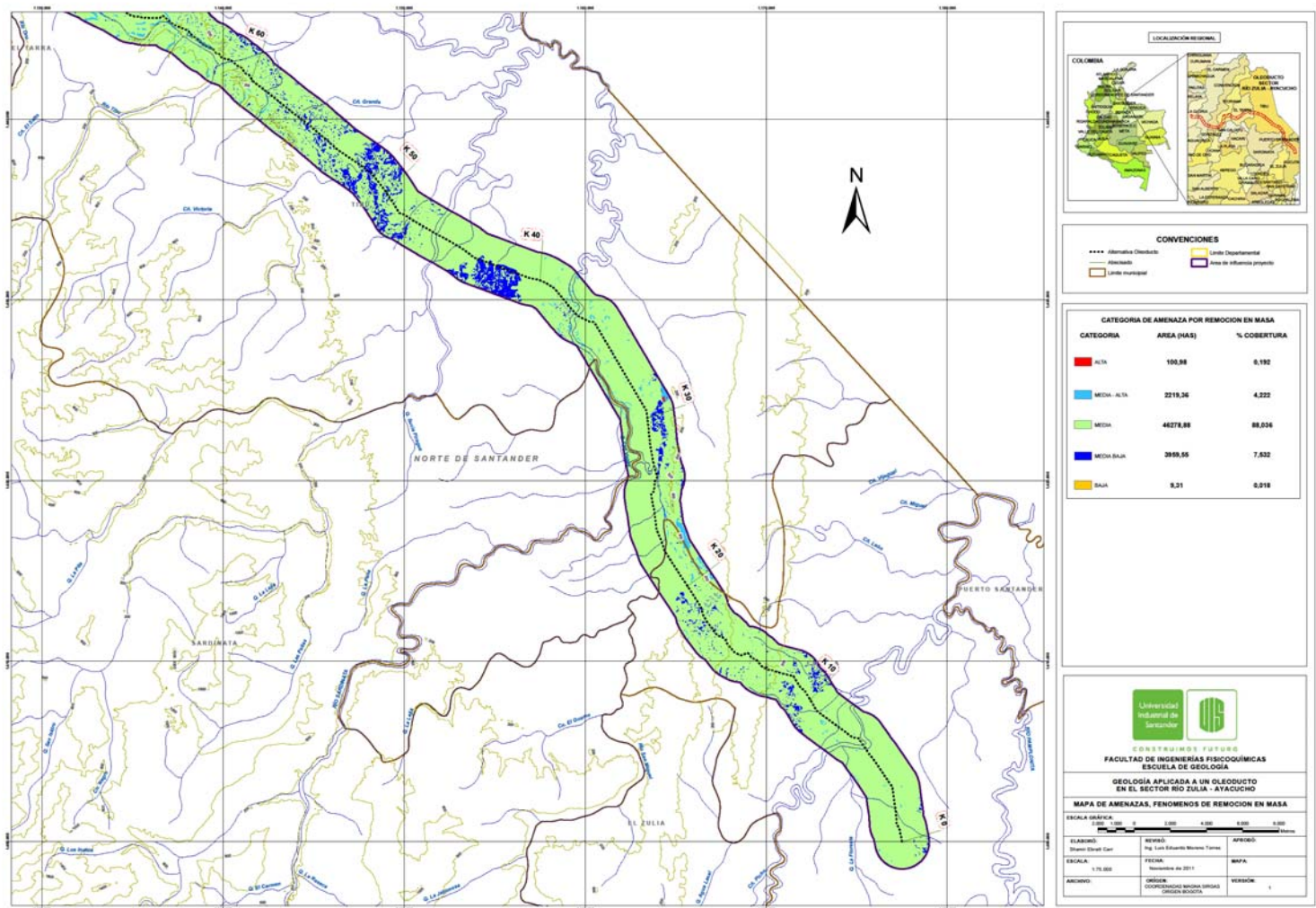
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SUCRE**  
**CONSTRUIMOS FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMATEMATICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGIA**  
**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO**  
**EN EL SECTOR RIO ZULIA - ATACUCHO**

**MAPA DE AMENAZAS. FENOMENOS DE REMOCION EN MASA**

ESCALA GRAFICA: 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 Metros

ELABORADO: Shanny David Caceres	REVISADO: Ing. Luis Eduardo Moreno Torres	APROBADO:
ESCALA: 1:75.000	FECHA: Noviembre de 2011	MAPA:
ARCHIVO:	ORIGEN: COORDINADAS UTM EN PROYECTO	VERSION: 1

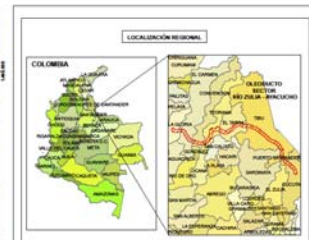
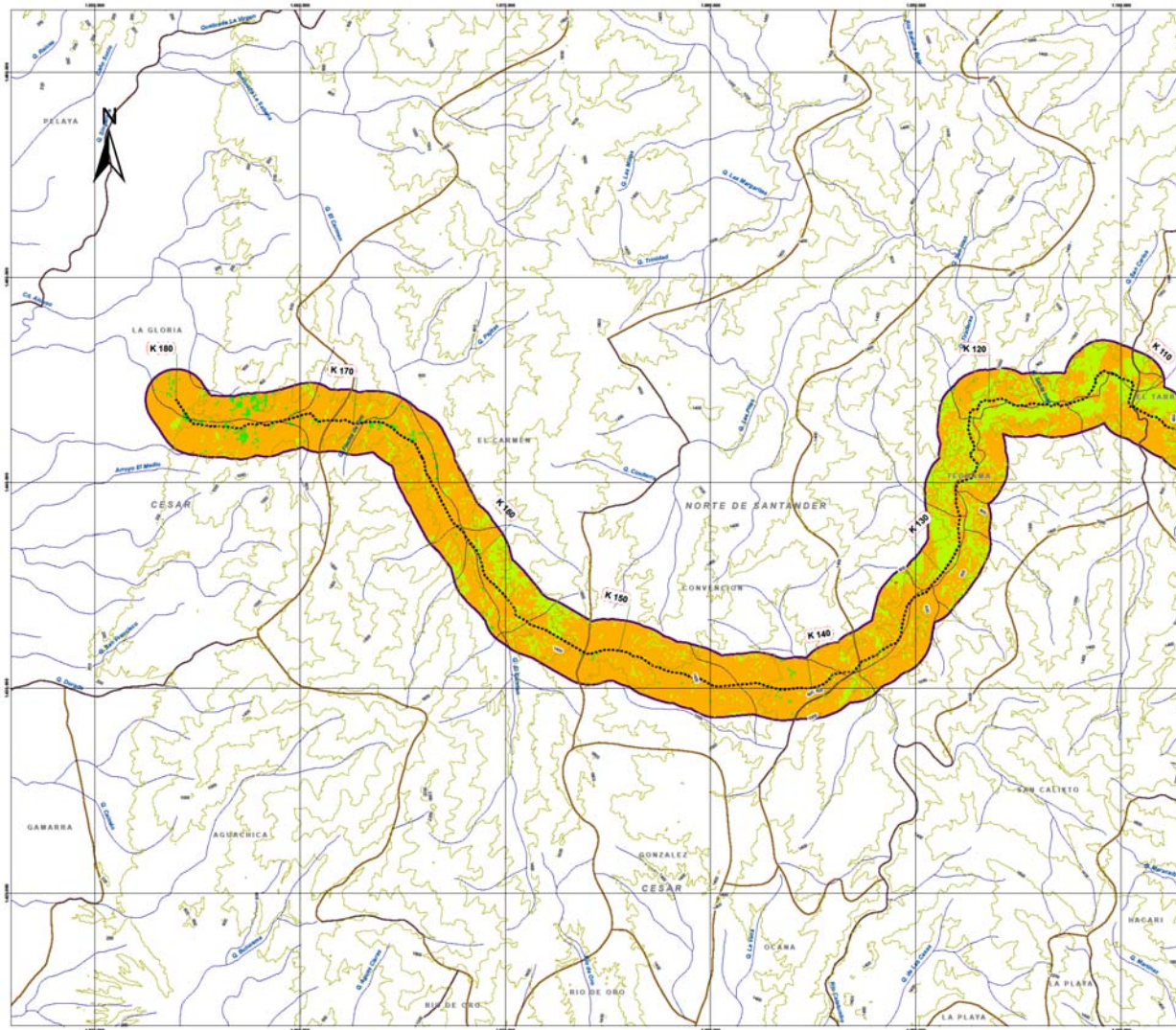




## **Anexo J:**

Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales

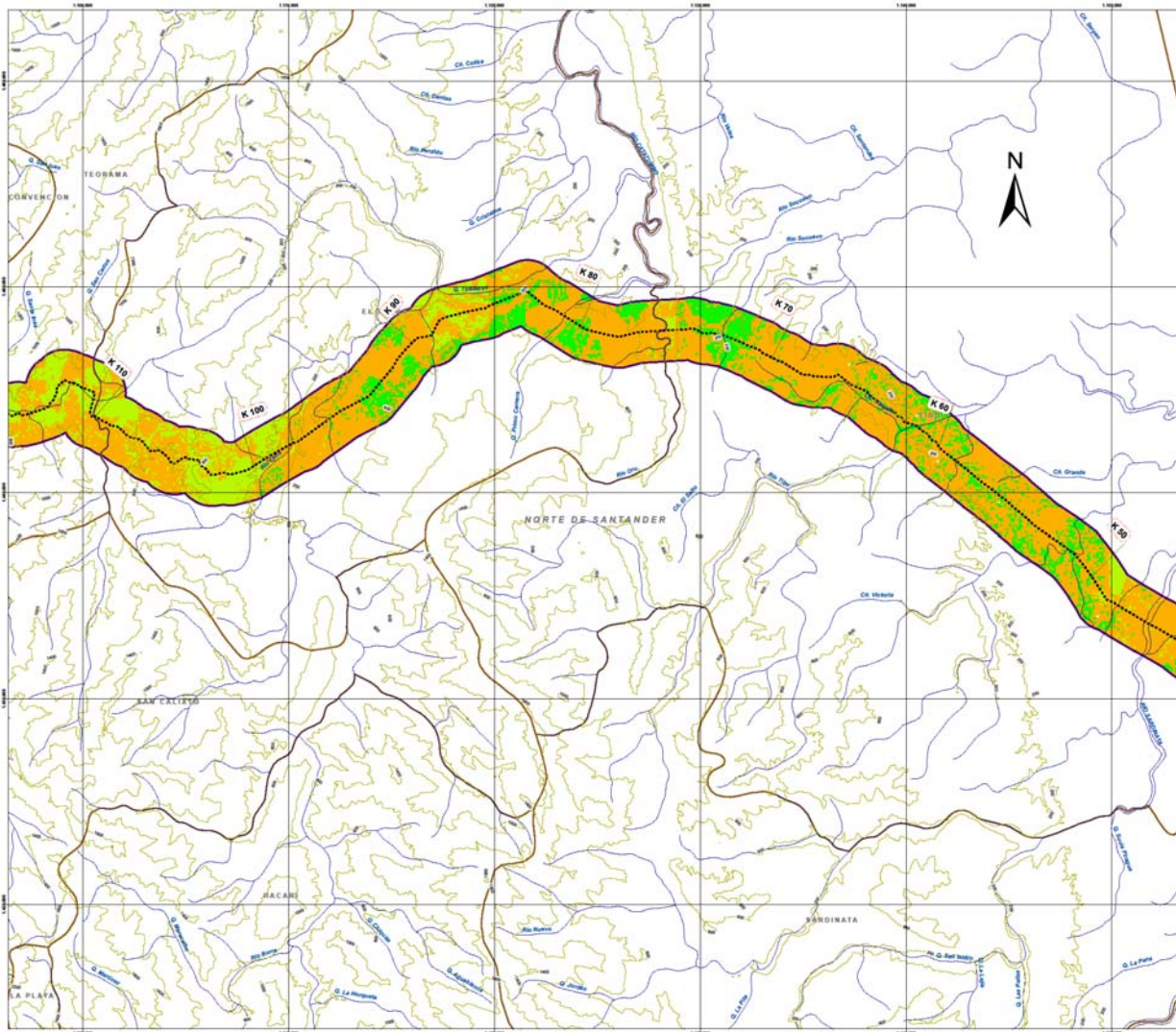
Escala 1:7500



CATEGORIA DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	2	0,04
MEDIA-ALTA	12685	24,121
MEDIA	36025	68,503
MEDIA-BAJA	2844	7,223

**CONSTRUYENDO FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGIA**  
**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO**  
**EN EL SECTOR RIO ZULIA - AYACUCHO**  
**MAPA DE AMENAZAS POR AVENIDAS TORRENCIALES**

ESCALA: 1:70.000  
 ELABORADO: [ ]  
 DISEÑADO: [ ]  
 REVISADO: [ ]  
 FECHA: [ ]  
 COORDINACION MAPAS: [ ]  
 VERSION: [ ]



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Alcabado
- Límite municipal
- Límite Departamental
- Área de influencia proyecto

**CATEGORIA DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES**

CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	2	0,004
MEDIA-ALTA	12685	24,131
MEDIA	36025	68,953
MEDIA-BAJA	3844	7,323

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
 CONSTRUYENDO FUTURO  
 FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO ZULUA - AYACUCHO**

**MAPA DE AMENAZAS POR AVENIDAS TORRENCIALES**

ESCALA NUMERICA: 1:100,000

ELABORADO: [ ] REVISADO: Mg. Luis Eduardo Moreno Torres

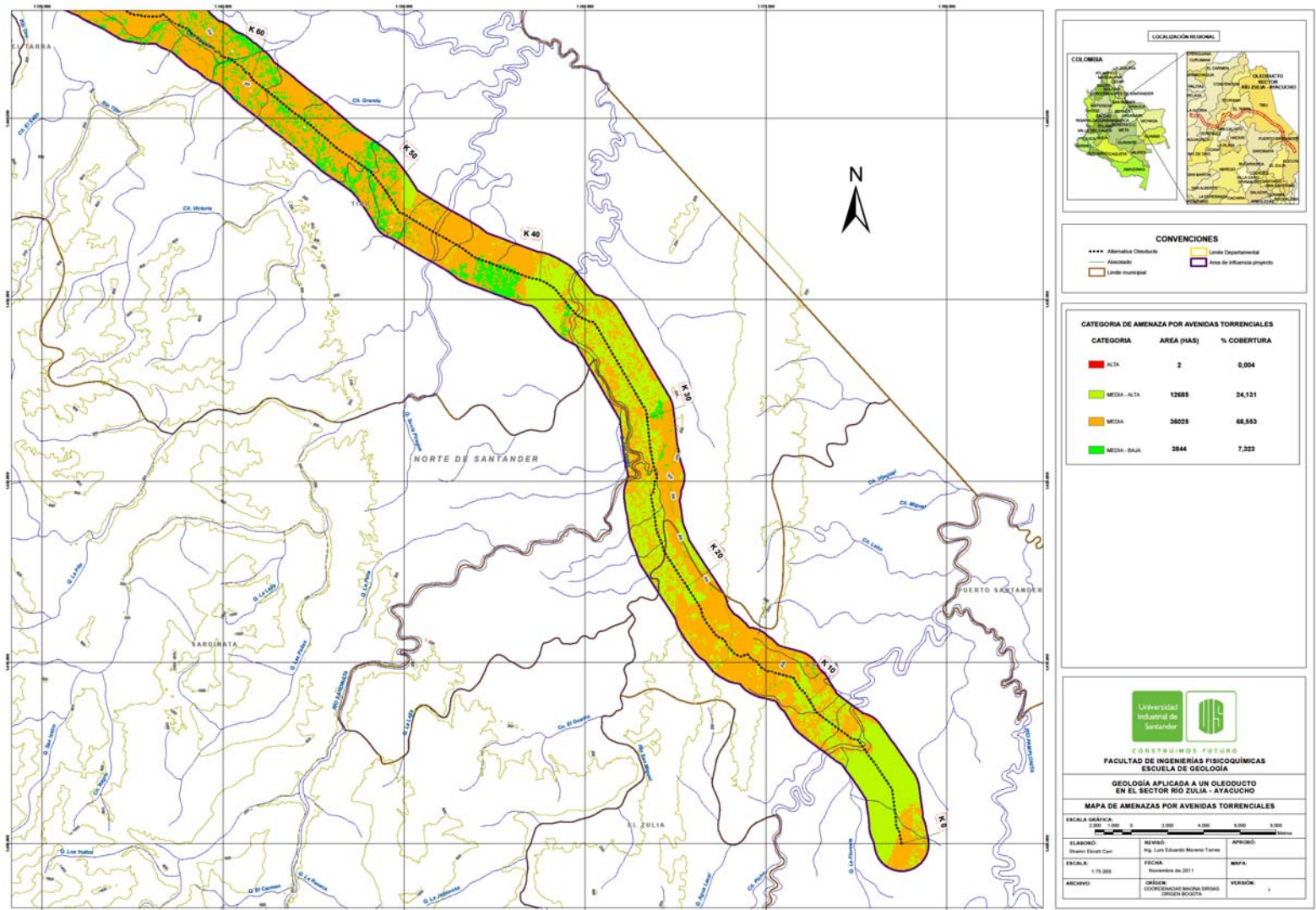
DISEÑADO: [ ] FECHA: Noviembre de 2011

ESCALA: 1:70,000

COORDINADOR: [ ] COORDINADORA: [ ]

ARQUEO: [ ]

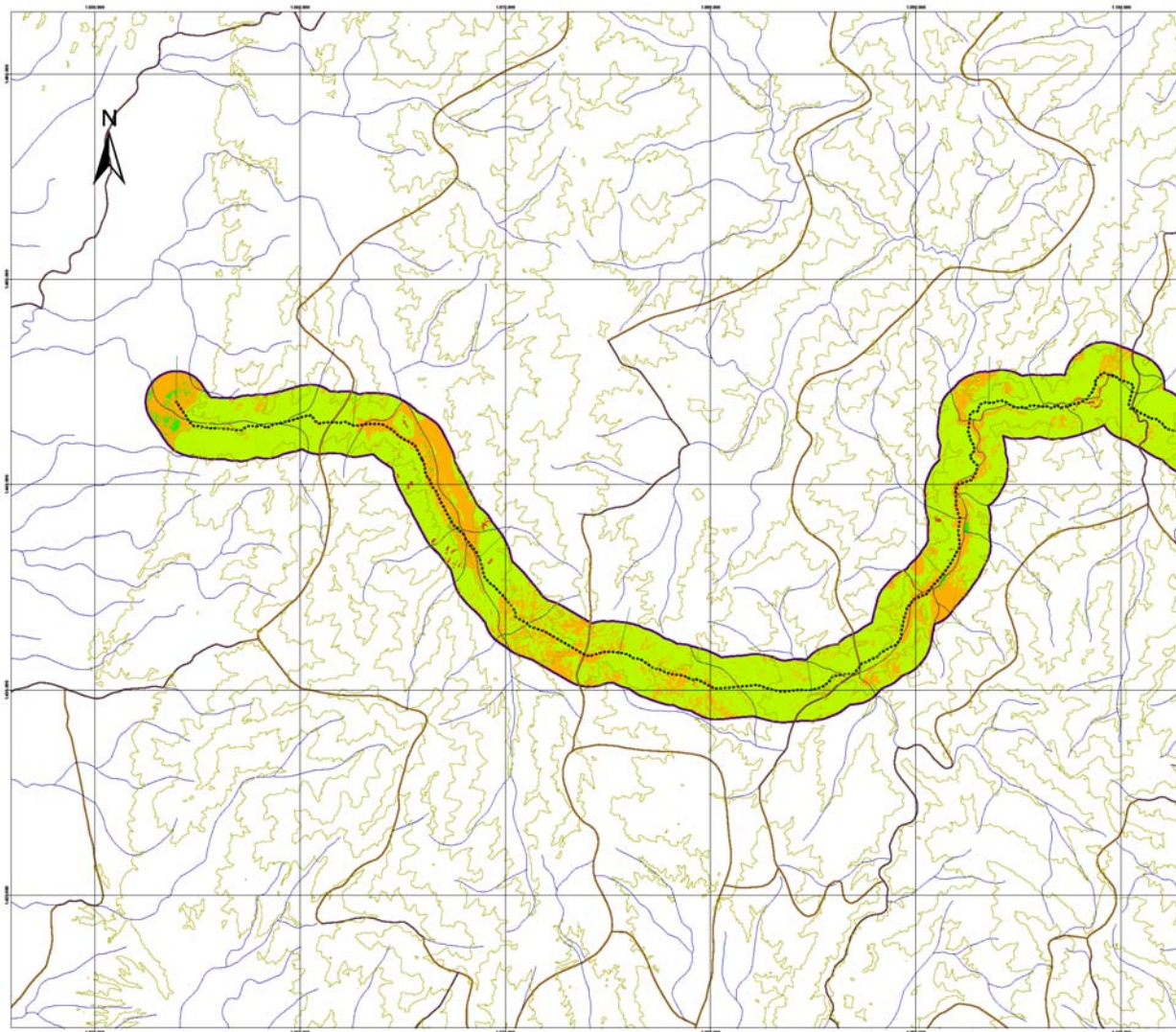
VERSION: 1



## **Anexo K:**

Mapa de Amenaza por Erosión

Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Alcabado
- ▭ Límite municipal
- ▭ Límite Departamental
- ▭ Área de influencia proyecto

CATEGORIA DE AMENAZA POR EROSION		
CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	7928,33	15,682
MEDIA-ALTA	38328,7	72,913
MEDIA	8152,52	11,706
MEDIA-BAJA	156,52	0,299

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANGRE**

CONSTRUYENDO FUTURO

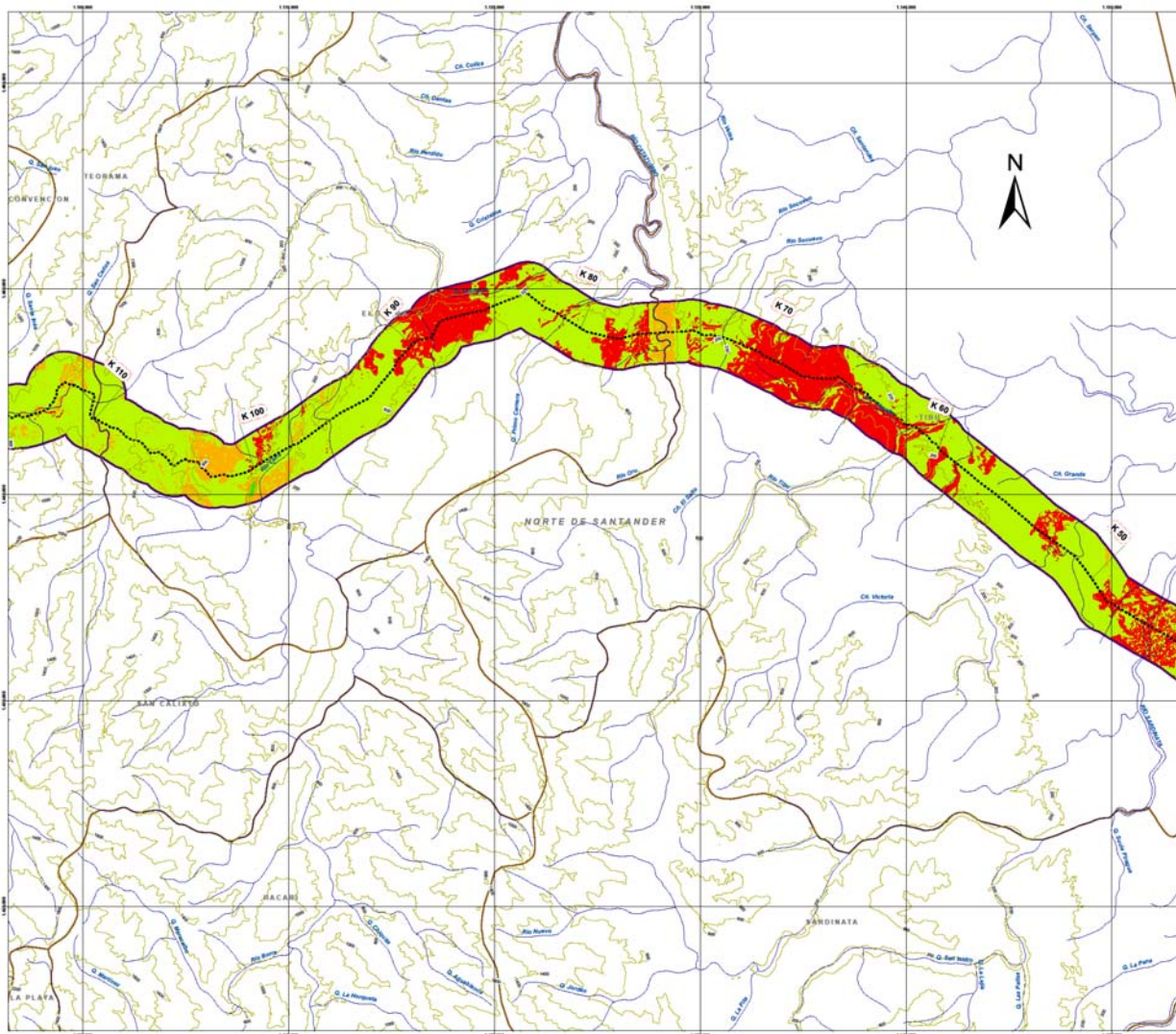
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGIA

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO ZULIA - AYACUCHO**

**MAPA DE AMENAZAS, EROSION**

ESCALA GRAFICA: 0 1.000 2.000 3.000 4.000 5.000 6.000 Metros

ELABORO: Sharon Estrat Carr	REVISO: Ing. Luis Eduardo Moreno Torres	APROBO:
ESCALA: 1:75.000	FECHA: Noviembre de 2011	MAPA:
ARCHIVO:	ORIGEN: COORDINADAS WGS84 UTM ZONA 18Q UTM	VERSION: 1



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Abandono
- Límite municipal
- Límite Departamental
- Área de influencia proyecto

**CATEGORÍA DE AMENAZA POR EROSION**

CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	156,52	0,299
MEDIA	6153,52	11,706
MEDIA-ALTA	38228,7	72,913
MEDIA-BAJA	7928,33	15,082

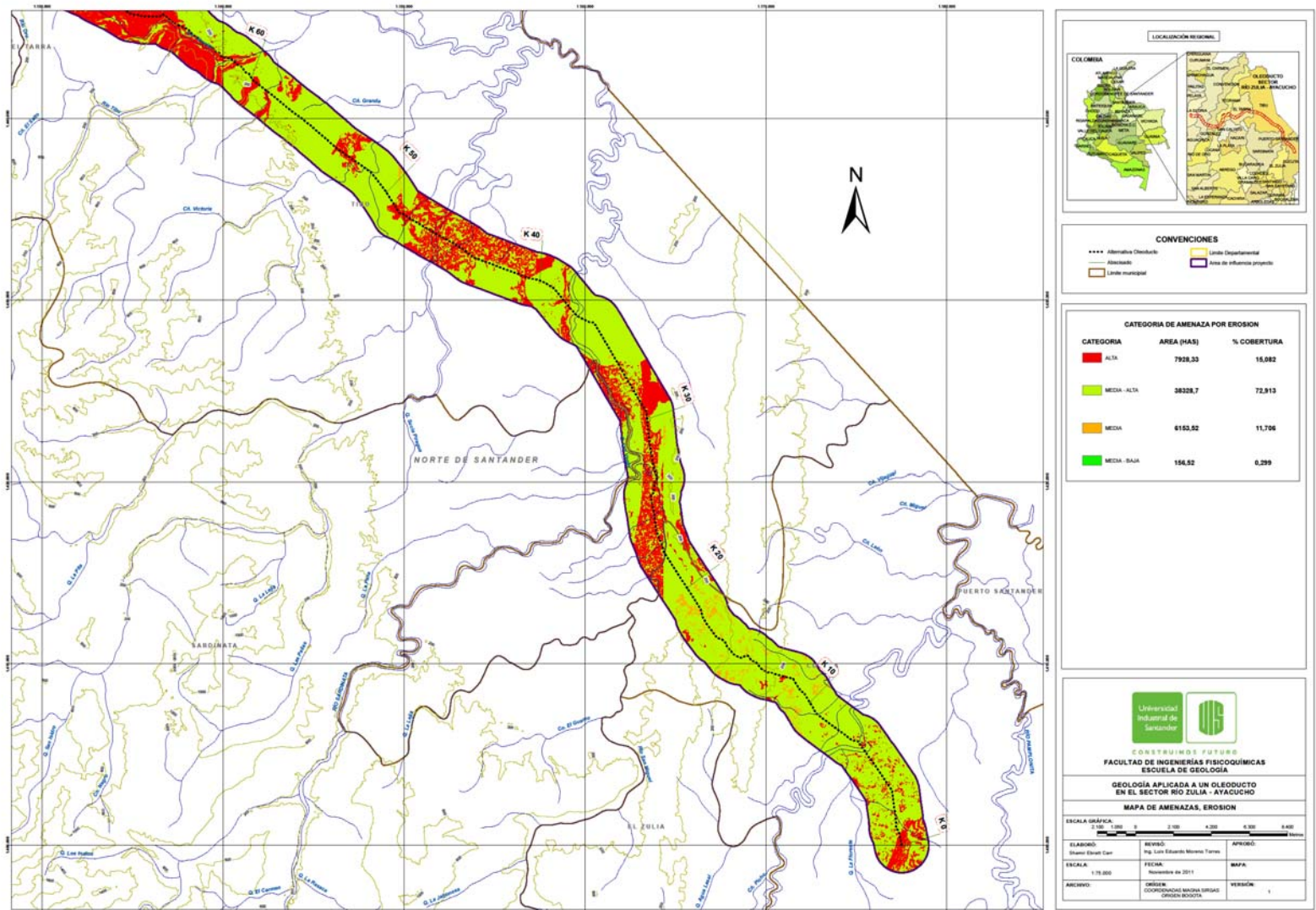
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
 CONSTRUYENDO FUTURO  
 FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS  
 ESCUELA DE GEOLOGIA

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO EUZULA - AYACUCHO**

**MAPA DE AMENAZAS, EROSION**

ESCALA GRAFICA: 0 1000 2000 3000 4000 5000 6000 Metros

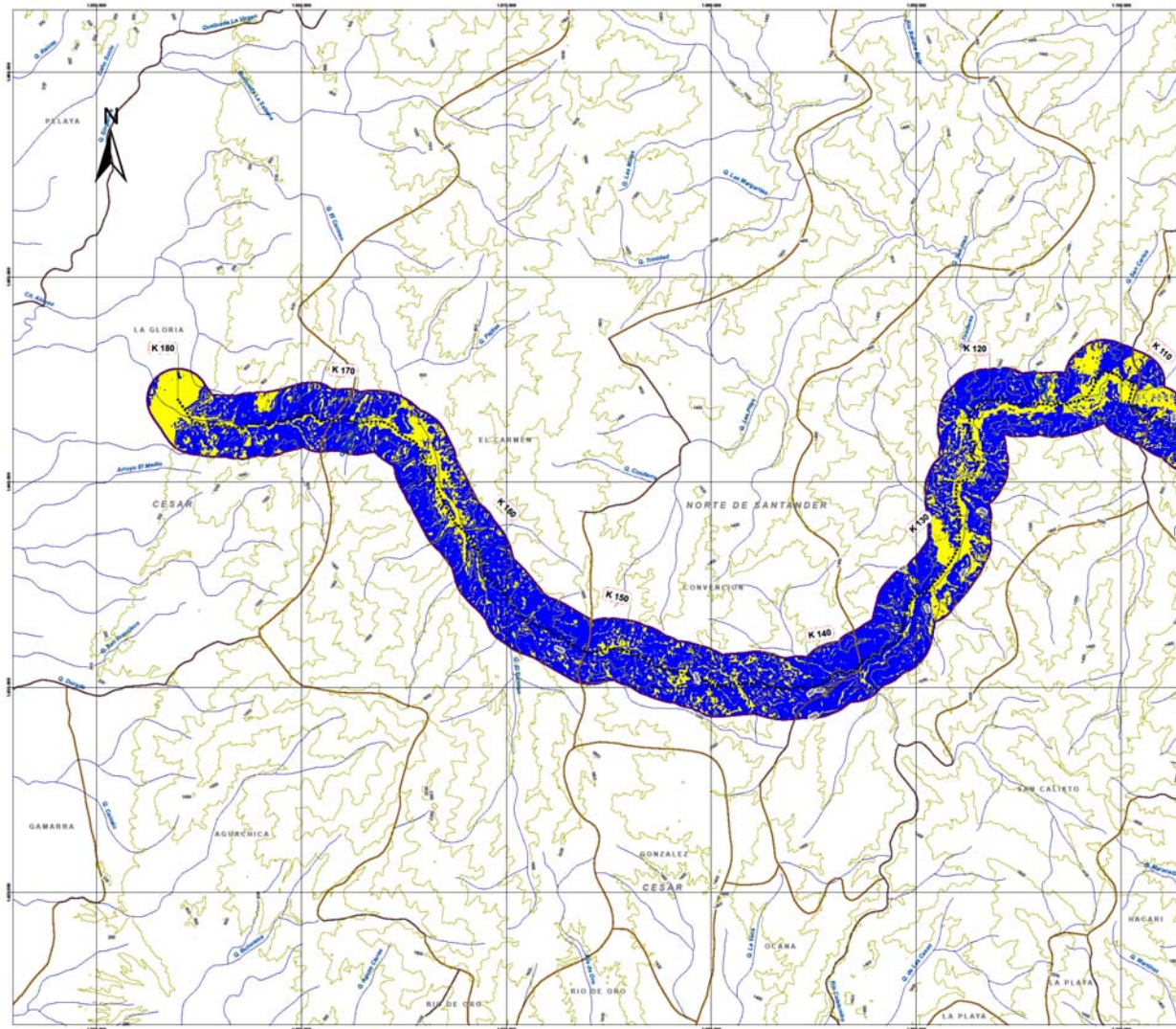
ELABORÓ: Sharon Estrat Cap	REVISÓ: Ing. Luis Eduardo Moreno Torres	APROBÓ:
ESCALA: 1:75.000	FECHA: Noviembre de 2011	MAPA:
ARCHIVO:	ORIGEN: COORDINADAS MAQUINA SERIAS GENESIS PROYECTO	VERSION: 1



## **Anexo L:**

Mapa de Amenaza por Inundación

Escala 1:75000



**LOCALIZACIÓN REGIONAL**

**CONVENCIONES**

- \*\*\*\* Alternativa Obsoleta
- Abandono
- ▭ Límite municipal
- ▭ Límite Departamental
- ▭ Área de influencia proyecto

**CATEGORIA DE AMENAZA POR INUNDACION**

CATEGORIA	AREA (HAS)	% COBERTURA
ALTA	4585,78	8,724
MEDIA-ALTA	6951,48	12,524
MEDIA	23464,54	44,626
MEDIA-BAJA	17566,28	33,416

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**  
**CONSTRUYENDO FUTURO**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS**  
**ESCUELA DE GEOLOGIA**

**GEOLOGIA APLICADA A UN OLEODUCTO EN EL SECTOR RIO EULALIA - AYACUCHO**  
**MAPA DE AMENAZAS, INUNDACION**

ESCALA GRÁFICA: 0 2.000 4.000 6.000 8.000 metros

ELABORO: Edwin Estrat Cort	REVISÓ: Mg. Luis Eduardo Moreno Torres	APROBÓ:
ESCALA: 1:75.000	FICHA: Noviembre de 2011	MAPA:
ARCHIVO:	ORIGEN: COORDINACION MAQUINA SERIAS DIVISION PROYECTOS	VERSION: 1

