

**EVALUACIÓN CONCEPTUAL DE AMENAZA VULNERABILIDAD Y RIESGO
POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA AL DERECHO DE VÍA DEL
GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA DESDE EL PK60+000 AL PK
118+000.**

JOHN HARRY FORERO GAONA

Ingeniero civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2014**

**EVALUACIÓN CONCEPTUAL DE AMENAZA VULNERABILIDAD Y RIESGO
POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA AL DERECHO DE VÍA DEL
GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA DESDE EL PK60+000 AL PK
118+000.**

JOHN HARRY FORERO GAONA

Trabajo De Grado
Como Requisito Para Obtener El Titulo
De Magister En Geotecnia

DIRECTOR

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

M.Sc, Ingeniero civil

COORDINADOR

CARLOS BUENAHORA BALLESTEROS

Ingeniero civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN GEOTECNIA
BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

Gracias a Dios y todas esas personas importantes en mi vida, que siempre estuvieron listas para brindarme toda su ayuda, ahora deseo regresarles un poquito de todo lo inmenso que me han otorgado. Con todo mi cariño está tesis se las dedico a ustedes:

Luis Harry Forero Pérez

Eulalia Gaona Rodríguez

Johana Carolina Forero Gaona

Yuly Milena Silva Rendón

Además

Agradezco al grupo técnico de E.D Ingeotecnia S.A.S por la información básica suministrada para la elaboración de la tesis.

Ing. Carlos Buenahora

Geóloga Martha Mancera García

Agradezco al Ing. German Palencia de Transoriente S.A. E.S.P

A la Universidad Industrial de Santander "UIS"

Escuela de Ingeniería civil

Ing. Wilfredo del Toro Rodríguez

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 14

1. OBJETIVOS 15

1.1. OBJETIVO GENERAL..... 15

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 15

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO..... 16

3. MARCO CONCEPTUAL 17

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL..... 17

3.1.1. GEOLOGÍA LOCAL REGIONAL 17

3.2. FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 19

3.2.1. TIPO DE MOVIMIENTOS EN MASA 20

3.3. TOPOGRAFÍA..... 29

3.4. GEOMORFOLOGÍA 30

3.4.1. MORFOLOGÍA..... 30

3.4.2. MORFOMETRÍA 31

3.4.3. MORFODINÁMICA..... 31

3.4.4. MORFOESTRUCTURA 32

3.4.5. MORFOGÉNESIS..... 32

3.5. AMENAZA 36

3.5.1. NIVELES DE AMENAZA..... 36

3.6. VULNERABILIDAD..... 37

3.6.1. SOCIAL..... 37

3.6.2. FÍSICA 38

3.7. RIESGO 39

3.7.2. COSTOS..... 40

4. METODOLOGÍA 40

4.1. ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO..... 43

4.2. INFORMACIÓN EXISTENTE 43

Z

4.3.	GEOLOGÍA GENERAL	44
4.3.1.	GEOLOGÍA LOCAL REGIONAL	44
4.4.	INCORPORACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	52
4.5.	TOPOGRAFÍA.....	59
4.6.	GEOMORFOLOGÍA	62
4.6.1.	MORFOMETRÍA	62
4.6.2.	MORFOGÉNESIS.....	62
4.7.	AMENAZA	69
4.8.	VULNERABILIDAD.....	75
4.8.1.	VULNERABILIDAD SOCIAL.....	76
4.8.3.	VULNERABILIDAD FÍSICA	83
4.9.	RIESGO.....	90
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Geología Regional.</i>	17
<i>Figura 2. Caída rocas.</i>	21
<i>Figura 3. Volcamiento.</i>	22
<i>Figura 4. Deslizamientos Traslacionales.</i>	23
<i>Figura 5. Deslizamientos En Cuña.</i>	24
<i>Figura 6. Deslizamientos Rotacionales.</i>	25
<i>Figura 7 Expansiones Laterales.</i>	26
<i>Figura 8. Flujo de Detritos.</i>	27
<i>Figura 9 Reptación.</i>	28
<i>Figura 10. Esquema conceptual de la metodología.</i>	42
<i>Figura 11. Imagen Satelital.</i>	43
<i>Figura 12. Geología Planchas 111-Toledo Y H-13.</i>	44
<i>Figura 13. Mapa Geología Local Regional.</i>	45
<i>Figura 14. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 62+669.</i>	46
<i>Figura 15. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 62 +980.</i>	47
<i>Figura 16. Plancha 3 de 32. Geología del recorrido. Ubicación Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.</i>	48
<i>Figura 17. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 12+881.</i>	50
<i>Figura 18 Plancha 22 de 32, Geología. Ubicación Sitio crítico PK 12+881.</i>	51
<i>Figura 19. Plano De Fenómenos De Remoción En Masa Y Procesos Erosivos Y Fuentes Hídricas</i>	52
<i>Figura 20. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa del sitio crítico 62+669.</i>	53
<i>Figura 21. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa del sitio crítico 62+980.</i>	54
<i>Figura 22. Plancha 3 de 32. Incorporación de fenómenos de remoción en masa. Ubicación sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.</i>	55
<i>Figura 23. Cicatriz de deslizamiento, observada en la parte superior de la tubería.</i>	56
<i>Figura 24. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa para el sitio PK 12+881.</i>	57
<i>Figura 25. Plancha 22 de 32. Fenómenos de remoción en masa. Ubicación sitio crítico PK12+881.</i>	58
<i>Figura 26. Levantamiento Topográfico.</i>	59
<i>Figura 27. Plancha 3 de 32. Topografía. Ubicación de Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.</i>	60
<i>Figura 28. Plancha 22 de 32. Topografía. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.</i>	61
<i>Figura 29. Mapa Geomorfológico.</i>	63
<i>Figura 30. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 62+669.</i>	64

z

Figura 31. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 62+980.	65
Figura 32. Plancha 3 de 32. Geomorfología. Ubicación de los Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.....	66
Figura 33. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 12+881	67
Figura 34. Plancha 22 de 32. Geomorfología. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.	68
Figura 35. Mapa Amenaza.....	69
Figura 36. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 62+669.	70
Figura 37. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 62+980.	71
Figura 38. Plancha 3 de 32. Amenaza. Ubicación de los Sitios críticos PK 62+669, PK 62+980.	72
Figura 39. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 12+881.	73
Figura 40. Plancha 22 de 32. Amenaza. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.	74
Figura 41. Mapa de Vulnerabilidad.	75
Figura 42 Vulnerabilidad Social.....	77
Figura 43. Esquema de vulnerabilidad social de la vivienda de Evaristo Rozo.....	78
Figura 44. Copia del censo realizado a la población aledaña al Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga. Propietario: Evaristo Rozo.	79
Figura 45. Esquema de vulnerabilidad social de la vivienda de José M. Rozo.	80
Figura 46. Copia del censo realizado a la población aledaña al Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga. Propietario: José M. Rozo.	81
Figura 47. Plancha 3 de 32. Vulnerabilidad Social. Ubicación viviendas más vulnerables del tramo 1.....	82
Figura 48 Vulnerabilidad Física.....	84
Figura 49. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 62+669.	85
Figura 50. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 62+980.....	86
Figura 51. Plancha 3 de 32. Vulnerabilidad Física. Ubicación de los sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.	87
Figura 52. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 12+881.	88
Figura 53. Plancha 22 de 32. Vulnerabilidad Física. Ubicación del sitio crítico PK 12+881.	89
Figura 54 Riesgo Costos Sitios Críticos.	92
Figura 55. Mapa de Riesgo.....	93
Figura 56. Esquema de Riesgo para el sitio crítico PK 62+669.	94
Figura 57. Esquema de riesgo para el sitio crítico PK 62+980.	95
Figura 58. Plancha 3 de 32. Riesgo. Ubicación de los sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.	96
Figura 59. Esquema de riesgo para el sitio crítico PK 12+881.	97
Figura 60. Plancha 22 de 32. Riesgo. Ubicación del sitio crítico PK 12+881.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Tipos de movimientos en masa.....</i>	20
<i>Tabla 2 Porcentajes De Inclinación Topográfica.</i>	29
<i>Tabla 3. Porcentaje de pendientes.....</i>	31
<i>Tabla 4. Distancias mínimas de seguridad en metros de un gasoducto a edificaciones... 37</i>	
<i>Tabla 5. Vulnerabilidad Social.....</i>	76
<i>Tabla 6. Vulnerabilidad Física.....</i>	83
<i>Tabla 7 Niveles De Riesgo.....</i>	90
<i>Tabla 8 Riesgo En Sitios Críticos Por Costos.</i>	91

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. MAPAS TEMÁTICOS.....	104
ANEXOS B. MEDIO MAGNÉTICO (CD), ver anexo adjunto.	

Contiene:

Mapas geológicos.

Mapas geomorfológicos

Mapas de amenaza

Mapas de vulnerabilidad

Mapas de riesgo.

RESUMEN

Título: EVALUACIÓN CONCEPTUAL DE AMENAZA VULNERABILIDAD Y RIESGO POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA AL DERECHO DE VÍA DEL GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA DESDE EL PK60+000 AL PK 118+000.

AUTOR: JOHN HARRY FORERO GAONA

PALABRAS CLAVES: Fenómenos De Remoción En Masa, Geomorfología Amenaza, Vulnerabilidad Y Riesgo

DESCRIPCIÓN

La tesis consiste en la elaboración de mapas temáticos mediante un análisis heurístico empleado para evaluar un inventario de movimientos en masa con un marco geomorfológico como base principal, seguido de la zonificación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo que dependen del uso de razonamiento por analogías propias del proyecto a partir de la opinión del experto, aplicadas a los sitios críticos y a nivel general a zonas aferentes al derecho de vía.

El proyecto nace a partir de conocer la complejidad de los movimientos en masa que afectan el Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga Desde El Pk60+000 Al Pk 118+000, como es común en Colombia, estos fenómenos de remoción en masa ocasionan gran cantidad de pérdidas económicas y no existe un registro detallado de estos eventos, lo cual creó la necesidad de realizar mediante un método cualitativo, el análisis de cada uno de los sitios críticos y en general la zonificación de amenaza y riesgo como herramienta útil para la toma de decisiones.

La finalidad es proporcionar una información detallada de los sitios críticos analizados, donde se puedan observar los diferentes niveles de susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa y con esto se logre realizar medidas de prevención y control; este proyecto podrá ser ampliado mediante estudios geofísicos, topografía detallada, espesores de materiales inestables, profundidad de superficie de falla, análisis de los agentes detonantes hidráulico y sísmico de los sitios críticos, para general un análisis determinístico y emplear métodos cuantitativos con resultados estadísticos que puedan finalmente ser vinculados a un sistema de información georeferenciada.

*Tesis, Modalidad Profundización

**Facultad de Ingenieras Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Maestría en Geotecnia: Director: M.Sc.Ing Wilfredo Del Toro R.

ABSTRACT

Title: CONCEPTUAL THREAT VULNERABILITY ASSESSMENT AND RISK FOR REMOVAL PHENOMENA MASS THE RIGHT TRACK GAS PIPELINE FROM GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK60 +000 - PK 118 +000

AUTHOR: JOHN HARRY FORERO GAONA

KEYWORDS: Phenomena landslides, Geomorphology Threat, Vulnerability and Risk

DESCRIPCIÓN

The Project of gadre consists in the elaboration of thematic maps using a heuristic analysis used to assess an inventory of landslide geomorphological framework as a main base, followed by the zoning of the threat, vulnerability and risk dependent on the use of reasoning by analogy own project from the expert's opinion, applied to critical sites and the general level of afferent right of way areas.

The project stems from knowing the complexity of mass movements affecting Gibraltar - Bucaramanga pipeline from the Pk 60+000 - Pk 118+000, as is common in Colombia, these phenomena cause landslides lot of economic losses and there is no detailed record of these events, which created the need for using a qualitative method, the analysis of each of the critics and the general threat and risk zoning as a useful tool for decision -making sites.

The purpose is to provide detailed information on critical sites analyzed, where they can see the different levels of susceptibility to landslide phenomena and this is achieved making prevention and control, this project may be extended by geophysical surveying detailed , unstable materials thickness, depth of failure surface , analysis of hydraulic and seismic blasting agents of critical sites for general employ a deterministic analysis and quantitative methods with statistical results that can ultimately be linked to a system of geographically referenced information.

*Project of gadre.

**Faculty of Mechanical Engineers, School of Civil Engineering, Master in Geotechnics: Director: M.Sc.Ing Wilfredo Del Toro R.

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de remoción en masa son una de las causas más frecuentes de desastres en Colombia, afectando continuamente poblaciones, vías, puentes, gasoductos, acueductos y demás obras de infraestructura, son innumerables la cantidad de daños ocasionados produciendo cambios significativos en la morfología del terreno, diversos daños ambientales y cantidad de pérdidas económicas.

Sin embargo teniendo en cuenta que el país topográficamente es susceptible a muchos movimientos en masa, estos pueden ser controlados en gran porcentaje identificándolos con anterioridad e implementando las herramientas necesarias que permitan conocer el tipo y la causa que los genera, para tomar medidas adecuadas de prevención y control.

En Colombia no es muy común un sistema de información detallado de los sitios críticos de los gasoductos, el presente trabajo pretende identificar de manera conceptual la zonificación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, el resultado puede generar una amplia posibilidad de ser complementado con estudios geofísicos para generar un sistema de información georeferenciada que permita al usuario aplicar la tecnología apropiada, disminuyendo tiempo de investigación y ejecución para reparación de daños.

El presente documento contiene inicialmente los objetivos y la justificación de la elaboración del proyecto ubicado dentro del capítulo (2 y 3), luego en el capítulo (4) se presenta el marco conceptual donde se puede encontrar todos los conceptos y/o argumentos necesarios para la elaboración del proyecto, en el siguiente capítulo (5) está la metodología desarrollada y los métodos aplicados para la elaboración de mapas, básicamente se emplearon programas como AutoCAD civil 2012, ArcGis 10.2.1 y herramientas como imágenes satelitales, finalmente se definen las conclusiones y recomendaciones del proyecto seguido de toda referencia bibliográfica empleada para la elaboración del documento.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar conceptualmente la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa para la prevención y mitigación de riesgos geológicos del derecho de vía del Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga Desde El PK 60+000 al PK 118+000.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y localizar la amenaza por fenómenos de remoción en masa en las condiciones actuales del tramo comprendido entre el PK 60+000 al PK 118+000.
- Determinar la vulnerabilidad física y social en los sitios críticos identificados en el tramo estudiado.
- Evaluar el riesgo en los sitios críticos identificados en función de accesibilidad y longitud de reparación de la tubería afectada y el riesgo en general con la información obtenida de los mapas de amenaza y vulnerabilidad.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El gasoducto Gibraltar-Bucaramanga es uno de los proyectos más importantes del sector gas en Colombia, el cual abastece las redes de distribución industrial, comercial y domiciliaria de Lebrija, Bucaramanga, Floridablanca y Girón, llevando gas remanente hasta Barrancabermeja, su principal objetivo es la constante prestación del servicio, lo cual hace que los procesos geotécnicos sean de vital importancia para preservar la integridad del sistema.

Una de las principales causas que perturban el gasoducto son los fenómenos de remoción en masa, estos procesos han requerido la inversión de una gran cantidad de presupuesto para el manejo de los problemas causadas por las afectaciones a la tubería y al derecho de vía.

La complejidad de los procesos de movimientos en masa requieren de un análisis espacio-temporal, donde el propósito de determinar la evaluación y representación de la amenaza y vulnerabilidad es el análisis del riesgo, debido a esto es importante realizar un estudio conceptual por medio de mapas de zonificación de los fenómenos de remoción en masa sobre el derecho de vía del Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga desde el PK 60+000 Al PK 118+000 con el propósito de identificar el tipo de proceso, la localización, el potencial de daño que pueda causar expresado en términos de magnitud (área de interés) y la posibilidad de ocurrencia en términos cualitativos o susceptibilidad (alta, media o baja), sin entrar al análisis de aspectos como la profundidad de la superficie de falla, el espesor, la deformación pre-post fallamiento y la probabilidad o frecuencia de ocurrencia.

El presente trabajo hace parte de la fase inicial para la formación de un sistema de información geográfica, el cual puede ser alcance de otros proyectos.

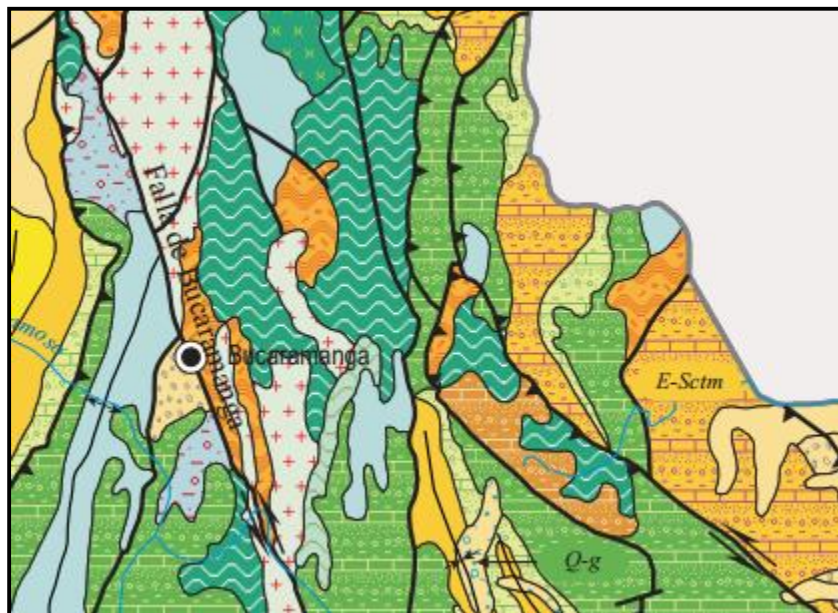
3. MARCO CONCEPTUAL

Se definen a continuación conceptos básicos que serán utilizados como argumentos para definir una metodología clara del proyecto.

3.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Las formaciones geológicas que constituyen la trayectoria del proyecto se describen desde el punto de vista litoestratigráfico, geomorfológico y tectónico en el ámbito regional, de acuerdo con las Planchas geológicas del cuadrángulo H-13 y 111 Toledo (INGEOMINAS)

Figura 1 Geología Regional.



Fuente: Ingeominas 2007

3.1.1. GEOLOGÍA LOCAL REGIONAL

Las siguientes formaciones se registran en la trayectoria del gasoducto Gibraltar-Bucaramanga desde el Pk60+000 Al Pk 118+000.

- Formación Diamante (cPd)
- Formación Silgará (pDs)
- Neis de Bucaramanga (PEb)
- Formación Girón (Jg)
- Cuarzomonzonita de Santa Bárbara (JRcs)
- Formación Tambor (Kita)
- Formación Rosa Blanca (Kir)
- Formación Tibú-Mercedes (Kitm)
- Formación Aguardiente (Kia)
- Formación Capacho (Kic)
- Formación Floresta (Df)
- Coluvión, Talud y Derrumbes (Qd)
- Ortoneis, Neis Cuarzomonzonítico y Granodiorítico (pDo)
- Ortoneis Neis tonalítico y diorítico (pDod)

Mediante el registro fotográfico y con el apoyo conceptual del personal técnico que realizó el recorrido sobre la trayectoria del gasoducto, se obtuvo la geología local regional, importante base de datos para la elaboración del proyecto; de igual forma como la construcción inicial del gasoducto tiene un alineamiento diferente al actual esto genera un material de apoyo importante para TRANSORIENTE S.A. E.S.P, estas formaciones fueron tomadas de un trabajo de consultoría de la empresa E.D. INGEOECNIA S.A Las cuales se pueden ampliar en la tesis de maestría Silva Yuly, 2014 “Inspección Visual Preventiva, Análisis Conceptual y Formulación De Obras De Remediación Al Derecho De Vía Del Gasoducto Gibraltar- Bucaramanga Desde PK 60 +000 Al PK118+000.”

3.2. FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Movimientos en masa

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier 1999, en Glade y Crozier, 2005).

Varnes (1958 y 1978) emplea como criterio principal en la clasificación, el tipo de movimiento y en segundo lugar, el tipo de material. Así, divide los movimientos en masa en cinco tipos: caídas, vuelcos, deslizamientos, propagaciones y flujos. Además, divide los materiales en dos clases: rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierra.

Es importante tener en cuenta que en la práctica es difícil asignar un movimiento en masa a una clase en particular, debido a que la mayoría de los procesos son bastante complejos y presentan diferentes comportamientos a lo largo de su trayectoria, debido a las propiedades de los materiales involucrados, mencionadas antes. Además, hay factores externos que influyen en el tipo de movimiento, por ejemplo, mientras que una determinada ladera pudiera fallar como deslizamiento traslacional en condiciones de humedad moderada, el mismo deslizamiento se puede transformar en una avalancha o un flujo de detritos en condiciones de mayor humedad, aumentando la longitud de su recorrido (Crozier y Glade, 2005).

3.2.1. TIPO DE MOVIMIENTOS EN MASA

Se presentan a continuación definiciones para las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales y reptaciones.

Tabla 1. Tipos de movimientos en masa.

TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA	
Tipo	Subtipo
Caídas	Caída de roca (detritos o suelos)
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque) Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional deslizamiento en cuña deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos Flujo de lodo Flujo de tierra Flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo, detritos, roca fracturada)
Reptación	Reptación de suelos Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)
Deformaciones gravitacionales profundas	

Fuente: GEMMA (2007)

3.2.1.1. Caídas de Rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978).

Figura 2. Caída rocas.

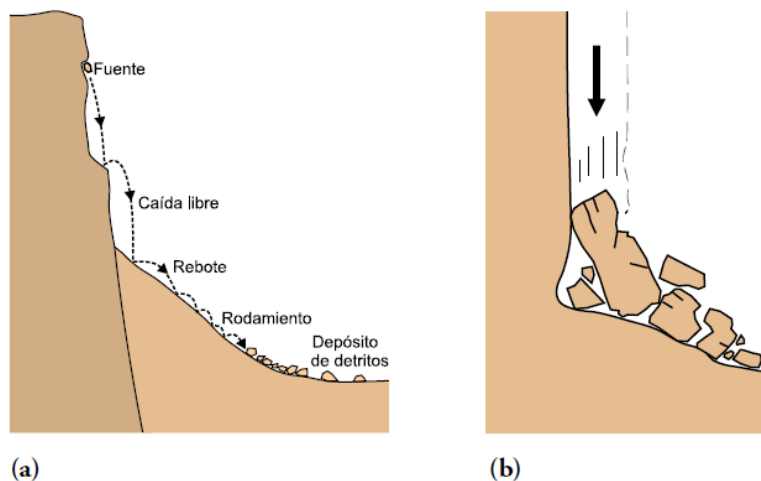


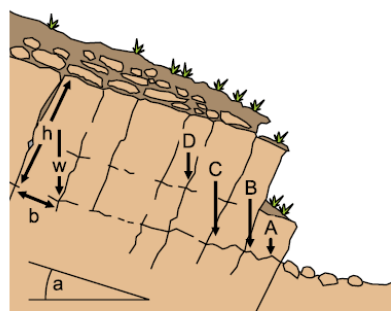
Figura 1.2 (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

Fuente: GEMMA (2007).

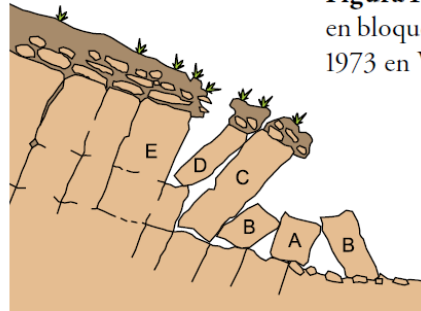
3.2.1.2. Volcamiento

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).

Figura 3. Volcamiento.



(a)



(b)

Figura 1.3 Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976).

Fuente: GEMMA (2007).

3.2.1.3. Deslizamiento de Roca o Suelo

Es un movimiento lateral abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de Varnes (1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales.

Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuna. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988).

3.2.1.4. Deslizamientos Traslacionales

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a

lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996).

En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

Figura 4. Deslizamientos Traslacionales.

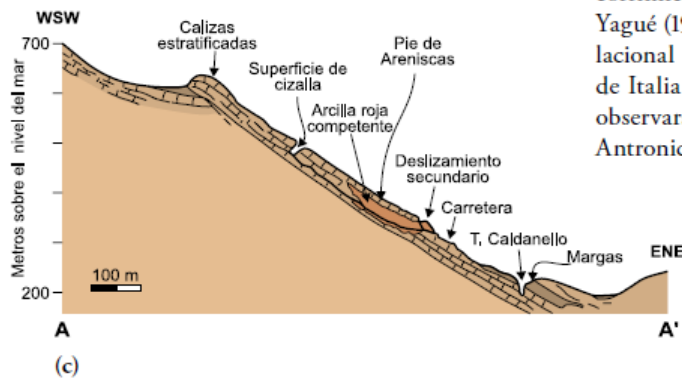
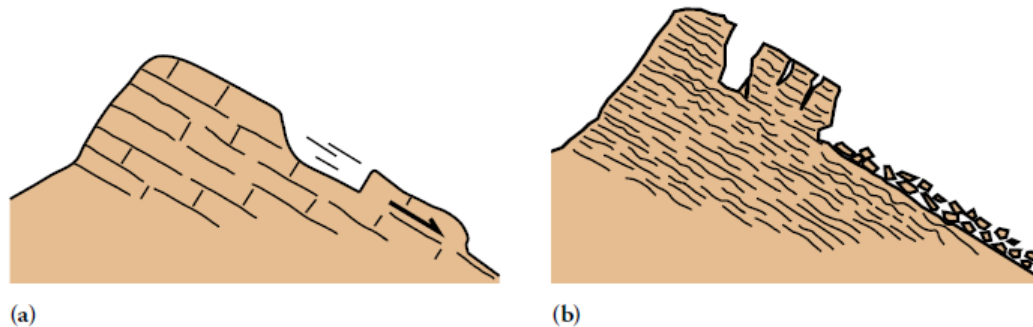


Figura 1.10 (a) y (b) Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997) (c) Esquema de deslizamiento traslacional de roca en Cerchiaria di Calabria, sur de Italia (la disgregación del material no puede observarse debido a la escala de la figura). Según Antronico et al., 1993 en Dikau et al., (1996).

Fuente: GEMMA (2007).

Figura 5. Deslizamientos En Cuña.

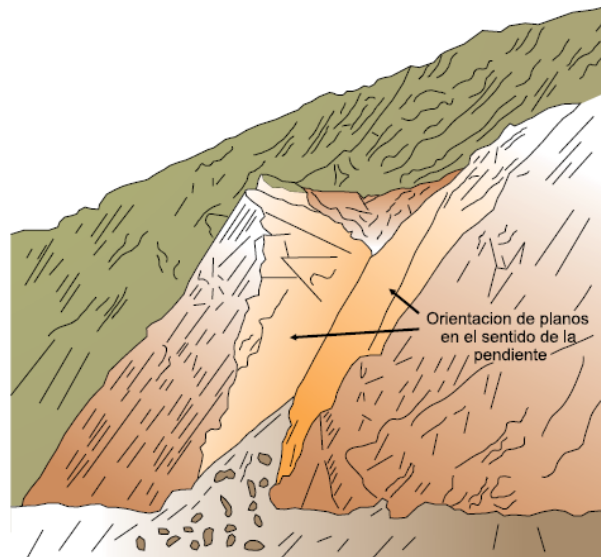


Figura 1.13 Esquema de un deslizamiento en cuña.

Fuente: GEMMA (2007).

3.2.1.5. Deslizamientos Rotacionales

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

Figura 6. Deslizamientos Rotacionales.

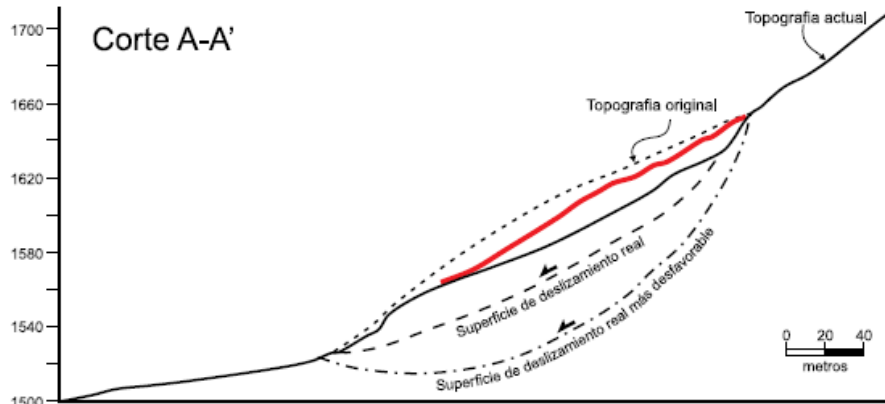


Figura 1.17 (b) Perfil del deslizamiento mostrado en la Figura 1.17(a) (Tomado de Sales et al., 2002).

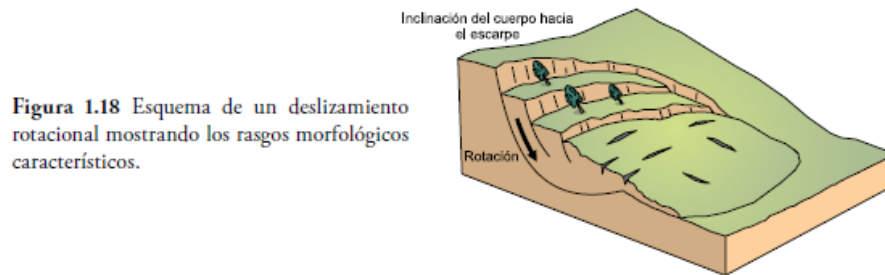


Figura 1.18 Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos.

Fuente: GEMMA (2007).

3.2.1.6. Deslizamientos Compuestos

La superficie de ruptura se desarrolla a lo largo de planos de plegamiento, o por la intersección de varias discontinuidades planares o por la combinación de superficies de ruptura y de planos de debilidad de la roca. El movimiento a lo largo de superficies de deslizamiento compuestas no es cinemáticamente posible sin que ocurra cizalla interna significativa en el cuerpo del deslizamiento (Hutchinson, 1988).

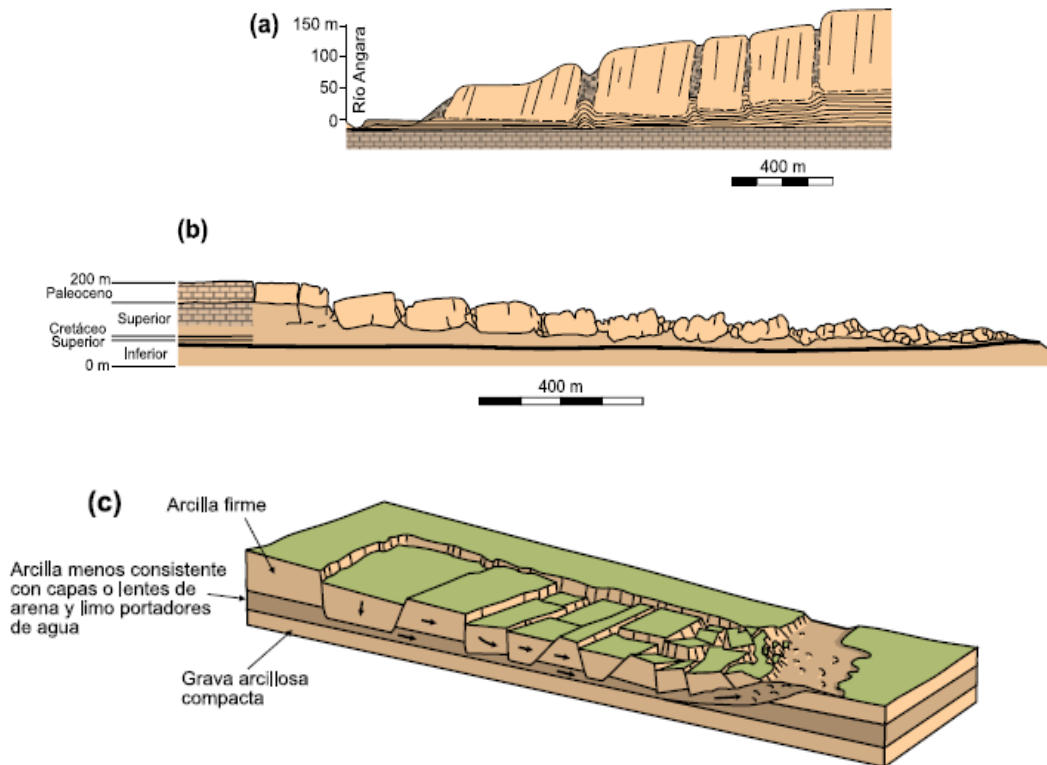
3.2.1.7. Propagación Lateral

La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material.

La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión. Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo.

Debe hacerse una distinción importante entre las propagaciones laterales lentas como las que ocurren en estratos rocosos gruesos que sobreyacen a materiales blandos, y las que involucran licuación de materiales sensibles tales como arenas saturadas de densidad relativa baja a media o limos y arcillas sensitivas. En las primeras el estrato competente superior puede fracturarse y separarse en bloques o losas; el material blando inferior fluye hacia las grietas entre los bloques (Ilustraciones a y b) y así el movimiento de estos es extremadamente lento. Las segundas, usualmente inducidas por terremotos, son extremadamente rápidas y peligrosas (Ilustración c). Algunos autores prefieren incluir este último tipo de movimiento en masa bajo la categoría de deslizamientos por flujo.

Figura 7 Expansiones Laterales.



Fuente: GEMMA (2007).

3.2.1.8. Flujo

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

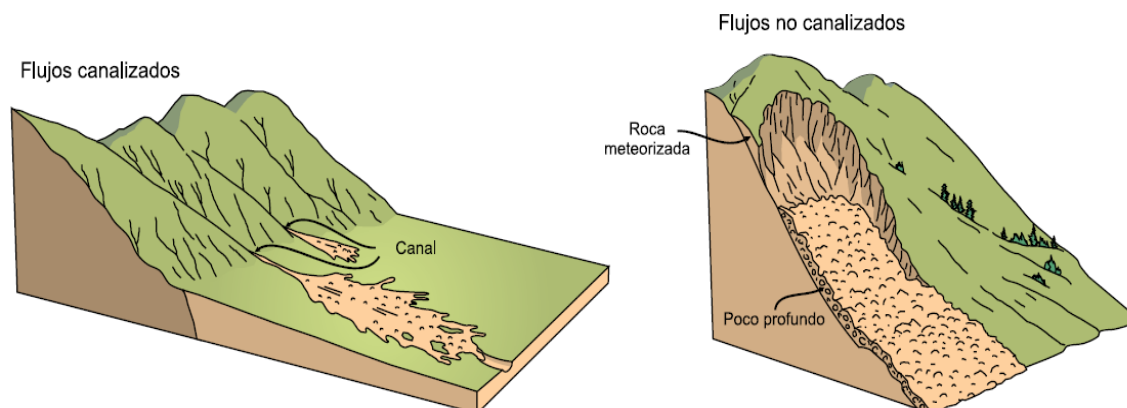
- **Flujo Seco**

El termino flujo trae naturalmente a la mente la idea de contenido de agua, y de hecho para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren con alguna frecuencia pequeños flujos secos de material granular y se ha registrado un número considerable de flujos grandes y catastróficos en materiales secos (Varnes, 1978).

- **Flujo de Detritos**

Es un flujo extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada.

Figura 8. Flujo de Detritos.



Fuente: GEMMA (2007).

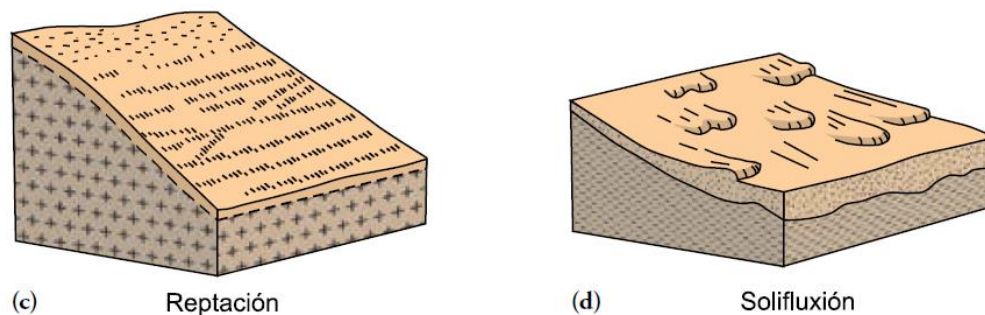
3.2.1.9. Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo

Dentro de este movimiento se incluyen la solifluxión y la gelifluxión, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación de suelos y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.

Figura 9 Reptación.



Fuente: GEMMA (2007).

3.3. TOPOGRAFÍA

Estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tiene por objeto la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre, con todas sus formas y detalles, el relieve en topografía viene representado por formas muy variables que se pueden clasificar en función de la estructura y de su naturaleza. Por su estructura se agrupan en cuatro clases diferentes:

Tabla 2 Porcentajes De Inclinación Topográfica.

Terreno	Inclinación %	Descripción
Plano	0-5	Terreno con mínima inclinación y fácil exploración geotécnica en el derecho de vía.
Ondulado	5-25	Terreno con moderada inclinación, sin dificultades de exploración geotécnica en el derecho de vía.
Montañoso	25-75	Terreno con pendientes fuertes con dificultades leves de exploración geotécnica en el derecho de vía.
Escarpado	>75	Terreno con fuertes pendientes con difícil acceso a la exploración geotécnica en el derecho de vía

Fuente: E.D Ingeotecnia S.A

Factores antrópicos:

Conjunto de procesos de degradación del relieve y del subsuelo causado por la acción del hombre, esta acción generalmente trae consecuencias de tipo ambiental como la alteración del clima, produciéndose un cambio con motivo de la emisión de gases contaminantes de efecto invernadero y destructores de la capa de ozono.

En la actualidad las prácticas agrarias han ido cambiando a lo largo del tiempo, buscándose siempre el aumento de la producción, tanto agrícola como ganadera. Uno de sus impactos derivados es la artificialización del medio, principalmente de su componente vegetal, lo que provoca modificaciones en los ecosistemas naturales por pérdida de estructura y desestabilización de suelos.

3.4. 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 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.

Teniendo en cuenta la información recolectada y procesada del Tramo en estudio se realiza la clasificación de las unidades geomorfológicas. Con el propósito de plasmar las formas del relieve que competen la geomorfología con un enfoque aplicado a la ingeniería se tienen en cuenta principalmente los procesos que han actuado sobre los terrenos, la litología, pendientes y el posible desarrollo de eventos de remoción en masa.

3.4.1. MORFOLOGÍA

Siendo esta rama de la geología la que describe las formas de la superficie terrestre, cabe resaltar los grandes contrastes presentes en el tramo de estudio, sin tener en cuenta la litología de las unidades presentes, eventos tectónicos a los que han estado sometidas ni variables como los diferentes eventos morfodinámicos que han sufrido. Se reconocen a lo largo y ancho de la zona paisajes que constituyen valles intermontanos, lomas, acumulaciones de ladera y extensas zonas de crestas en grandes montañas.

3.4.2. MORFOMETRÍA

La morfometría está relacionada con la cuantificación de elementos morfológicos aplicada para determinar la pendiente del terreno y se obtiene a partir de la construcción de mapas de pendiente basado en el tratamiento matemático de la base topográfica digital, estos mapas son representados en rangos por porcentaje o en grados.

Tabla 3. Porcentaje de pendientes.

Rango Pendiente %	Calificación Del Relieve
0-10	Baja
11-20	Media
21-45	Alta
>45	Muy escarpado

Fuente: IGAC con variaciones por el autor ajustadas al proyecto.

Los porcentajes estipulados fueron empleados para la elaboración del mapa de pendientes

3.4.3. MORFODINÁMICA

Se hace referencia en esta parte de la geomorfología a los procesos geodinámicos externos que han moldeado el relieve de manera continua; en el tramo de estudio se reconocen eventos de este tipo que incluyen deslizamientos, reptamientos, caídas de roca, desarrollo de surcos y cárcavas, erosión laminar por escorrentía superficial, corrimientos de material por saturación y continuas acumulaciones de material constituyendo nuevos depósitos de ladera.

3.4.4. MORFOESTRUCTURA

La naturaleza de las formaciones rocosas en la zona de estudio juega un papel importante en la geomorfología desarrollada por estas unidades, especialmente las afectadas por eventos tectónicos cuyas características prevalecen notoriamente. Es de resaltar que las unidades rocosas sedimentarias presentan estratos rocosos fracturados aflorantes mientras que las unidades ígneo-metamórficas muestran en algunos sectores suelos residuales de mayor espesor en contraste con rocas altamente foliadas.

3.4.5. MORFOGÉNESIS

El origen geomorfológico (morfogenética ó morfogenésis) de las diferentes unidades del terreno está relacionado a procesos Exógenos o Endógenos dominantes, responsables de su existencia.

Los procesos endógenos son aquellos causados por la actividad interna de la tierra, tales como plegamiento ó fallamiento, por ejemplo las geoformas estructurales tales como escarpes de falla, anticlinales y sinclinales se clasifican dentro de un origen causado por procesos endógenos.

Los procesos exógenos son aquellos que modelan superficialmente el paisaje y se caracterizan porque son más comúnmente conocidos como procesos erosivos. 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.

Los principales orígenes geomorfológicos se relacionan con el “Sistema del ITC de Holanda” (Verstappen et. al., 1975, Van Westen Kees y Van Zuidam et. al., 1979, 1993,1982), modificada por carrillo (1995) actualizadas por INGEOMINAS en el estudio de Quindío (2000).

Las diferentes unidades geomorfológicas se han establecido teniendo en cuenta su morfogénesis como aspecto relevante para su clasificación e integrando otros elementos geomorfológicos en la fisiografía del derecho de vía en estudio.

3.4.5.1. Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas expuestas en el área de estudio han sido caracterizadas en base a su génesis y formas del terreno, teniendo como base para su nomenclatura el estudio de INGEOMINAS (2006).

3.4.5.2. Formas De Origen Denudacional- Estructural

Geoformas asociadas con las capas de roca estratificadas o estructuralmente controladas relacionadas con plegamientos levantamientos y fallamiento.

- **Laderas Denudacionales Estructurales Bajas (E1)**

Esta forma del relieve muestra una topografía plana a ondulada con pendientes bajas que conforma flancos de pliegues anticlinales o sinclinales. Se reconocen estas laderas de manera esporádica sobre las unidades sedimentarias plegadas y sobre la unidad de Ortoneis.

- **Laderas Denudacionales Estructurales Medias (E2)**

Estas geoformas se caracterizan también por una topografía ondulada o plana sobre pendientes medias que constituyen flancos de estructuras plegadas. Se presentan sobre las Formaciones Floresta, Girón, Capacho, Aguardiente, Tibú y Mercedes y Diamante; adicionalmente sobre materiales de la unidad Ortoneis cuarzomonzonítico.

- **Laderas Denudacionales Estructurales Altas (E3)**

Geoforma asociada a los flancos de pliegues, cuyas laderas de topografía variable presentan pendientes altas sobre materiales de las Formaciones Capacho, Diamante, Aguardiente, Tibú y Mercedes, Girón y Floresta.

3.4.5.3. Formas De Origen Denudacional

A este grupo corresponden las geoformas originadas exclusivamente por los procesos exógenos degradacionales, desarrollados por el agua con fuerte incidencia de la gravedad que hacen parte de los procesos de meteorización, erosión, transporte y deposición de los materiales que dan lugar a estas geoformas. Entre ellas se encuentran las cimas, lomos, laderas, escarpes, nichos denudacionales, hondonadas, depósitos coluviales, deslizamientos, conos de deyección, depósitos de ladera, erosión laminar (calvas de erosión), en surcos o en una etapa más avanzada en cárcavas, entre otros.

- **Laderas Denudacionales Bajas (D1)**

Estas geoformas del relieve muestran una topografía plana a levemente ondulada con pendientes suaves. La presencia de problemas de estabilidad o erosivos son poco frecuentes. Involucra materiales de las unidades litoestratigráficas Formación Silgará, Neis de Bucaramanga y Depósitos cuaternarios asociados a coluviones y derrumbes sobre las Formaciones Capacho y Aguardiente. También se reconocieron sobre algunos materiales de la Formación Diamante y sobre los materiales de la Cuarzomonzonita Santa Bárbara.

- **Laderas Denudacionales Medias (D2)**

Geoforma caracterizada por mostrar una topografía ondulada con pendientes medias o moderadas. Se reconocen localmente algunos procesos erosivos y problemas de estabilidad. Se reconocen sobre materiales de las Formaciones

z

Silgará, Neis de Bucaramanga y la unidad cuaternaria de origen coluvial asociada a Formaciones Cretáceas; de igual manera sobre las unidades Ortoneis cuarzomonzonítico y tonalítico-diorítico, Cuarzomonzonita Santa Bárbara y la Formación Diamante.

- **Laderas Denudacionales Altas (D3)**

Relieve caracterizado por presentar pendientes altas y algún desarrollo de procesos denudativos o geodinámicos externos. Se reconoce sobre la Formación Silgará, Neis de Bucaramanga y la unidad de Ortoneis tonalítico-diorítico..

- **Depósitos De Ladera (D4)**

Esta geoforma se presenta con un relieve variado que muestra una topografía plana a ondulada y con pendientes variables. Se reconocieron de diferente magnitud, destacándose los depósitos sobre la formación Diamante que se destacan por su gran extensión. De menor tamaño se reconocieron sobre el Neis de Bucaramanga y sobre la Formación Aguardiente.

3.4.5.4. Formas De Origen Fluvial

Este tipo de geoforma es generada principalmente por la acción de una corriente de agua, ya sea por escorrentía o un cauce, que involucra erosión, transporte y sedimentación

- **Depósitos Aluviales Actuales (F1)**

Georfoma relacionada con la topografía de los drenajes principales, la erosión y sedimentación a su paso. En la zona de estudio esta unidad se reconoce en las riberas del Río Chitagá y sus áreas aledañas.

3.5. AMENAZA

La amenaza se define como la Probabilidad de ocurrencia de un evento capaz de producir daño en un espacio e intervalo de tiempo determinado o la probabilidad de que un peligro particular ocurra dentro de un periodo de tiempo dado.

3.5.1. NIVELES DE AMENAZA

Para el presente proyecto estos fueron considerados de manera conceptual basados en el Mapa Geomorfológico y en los FRM identificados en sitios críticos del recorrido

3.5.1.1. Amenaza Baja

Son terrenos geológicamente estables donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existen.

3.5.1.2. Amenaza Media

Son terrenos clasificados geológicamente como “relativamente inestables” y requiere de la construcción de obras que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno.

3.5.1.3. Amenaza Alta

Pertencen a esta clasificación terrenos clasificados como “inestables” debido a que presentan riesgos altos para la vida, bienes de la comunidad, su recuperación es muy compleja o demasiada costosa, adicionalmente sitios donde se debe esperar la rotura del ducto.

3.5.1.4. Amenaza Muy Alta

Sitios críticos donde no es posible su estabilización o manejo desde el punto de vista técnico y/o económico son sitios donde se requiere la construcción de variantes.

3.6. VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad definida por Cutter (2001) se define como el grado de exposición, la capacidad de sufrir el daño y el grado en que los diferentes grupos sociales se encuentren en riesgo.

Para efectos del presente trabajo se evalúan dos tipos de vulnerabilidad la social y la física.

3.6.1. SOCIAL

A nivel social la vulnerabilidad es el grado en que un sistema o parte del sistema pueden reaccionar adversamente ante la materialización de la amenaza. La respuesta está condicionada por la resiliencia del sistema, que a su vez se puede definir como la capacidad del sistema de absorber y recuperarse después de ocurrido el evento.

Para efectos del presente trabajo se realiza la determinación de la vulnerabilidad de acuerdo a la distancia de las viviendas respecto el derecho de vía del gasoducto, se obtienen los siguientes rangos tomados del Ministerio De Industria, Energía Y Minería, Ministerio De Transporte Y Obras Públicas, Ministerio De Vivienda, Ordenamiento Territorial Y Medio Ambiente De Montevideo-Uruguay.

Tabla 4. Distancias mínimas de seguridad en metros de un gasoducto a edificaciones.

Gasoducto	Distancias mínimas de seguridad en metros de un gasoducto a edificaciones		
	≥14"	Φ=8"≤ x ≤φ=12"	≤φ=6"
Clase Tipo1 y2	60	30	20
Clase Tipo 3	50	30	20

Fuente: Ministerio de Vivienda- Uruguay

Teniendo en cuenta que el diámetro de la tubería en toda su longitud es de 12 pulgadas se toma un rango mínimo de seguridad de 30 m, además se estipula un rango comprendido entre 30 m y 100 m para la ubicación de edificaciones las cuales pueden tener un nivel medio de vulnerabilidad y para un nivel bajo de vulnerabilidad se considera un rango superior a 100 metros.

3.6.2. FÍSICA

Se refiere al nivel de daño que puede sufrir un elemento expuesto en términos de su exposición y resistencia contra la magnitud de la amenaza, En el caso de deslizamientos depende de las presiones e impacto sobre la estructura.

Este concepto fue aplicado en los diferentes sitios críticos del recorrido clasificándolos de acuerdo con las siguientes definiciones.

3.6.2.1. Nivel Bajo

Cuando existen procesos de erosión que afectan zonas o franjas del gasoducto pero que no representan un mayor riesgo para la estructura (Ducto), no se compromete la integridad física y el daño puede ser reparado rápidamente y a bajo costo.

3.6.2.2. Nivel Medio

Donde se compromete la funcionalidad de la estructura (Ducto), dadas por suelos inestables, suelos saturados, coluviones potencialmente inestables, riesgo de deslizamientos con cierta distancia a la estructura donde las reparaciones toman tiempo y los costos son significativos.

3.6.2.3. Nivel Alto

Cuando las estructuras son severamente dañadas o destruidas por deslizamientos donde la estructura se halla embebida y/o se encuentre en el pie o corona del talud, que necesitan altos costos por demolición y reconstrucción.

3.7. RIESGO

Estimación de pérdida de vidas humanas, personas damnificadas, daño en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a un FRM.

Evaluación del riesgo: por movimientos de remoción en masa comprende la evaluación de daños por la posible ocurrencia de un evento, evaluando que tipo de daños pueden sufrir las viviendas, instalaciones y servicios, así como su exposición potencial y la probable afectación humana.

3.7.1.1. Zonas De Riesgo Alto No Mitigable

Aquellas donde las obras de mitigación son más costosas y complejas que llevar a cabo la reubicación de las viviendas involucradas.

3.7.1.2. Zonas De Riesgo Alto Mitigable

En las cuales la inestabilidad es controlable a través de obras de mitigación con un costo razonable y no se requiere reubicación de viviendas

3.7.1.3. Zonas De Riesgo Medio

En las cuales los fenómenos de inestabilidad pueden ser controlados con obras de mitigación sencillas, que garanticen la seguridad de las viviendas ubicadas en el área de influencia de los fenómenos.

3.7.1.4. Zonas De Riesgo Bajo

Donde solo se requieren medidas mínimas de prevención y/o de control.

3.7.2. COSTOS

En función de los costos se establecen rangos y criterios de accesibilidad a la zona y longitud de la tubería objeto de reparación, para establecer los niveles de riesgo en los sitios críticos estos se describen a continuación:

3.7.2.1. Riesgo Bajo Costo

Sitios de fácil acceso vehicular y de maquinaria pesada para la reparación del gasoducto, accesibilidad menor a 10 metros, longitud de reparación de la tubería puntual ò menor igual a 3 metros.

3.7.2.2. Riesgo Medio Costo

Sitios de acceso con cierto grado de dificultad, donde la distancia puede ser inferior a 300 metros, y la longitud de reparación oscila entre 3 y 15 metros lineales de tubería.

3.7.2.3. Riesgo Alto Costo

Sitios de acceso con un alto grado de dificultad, donde la distancia puede ser superior a 300 metros, y la longitud de reparación supera los 15 metros lineales de tubería.

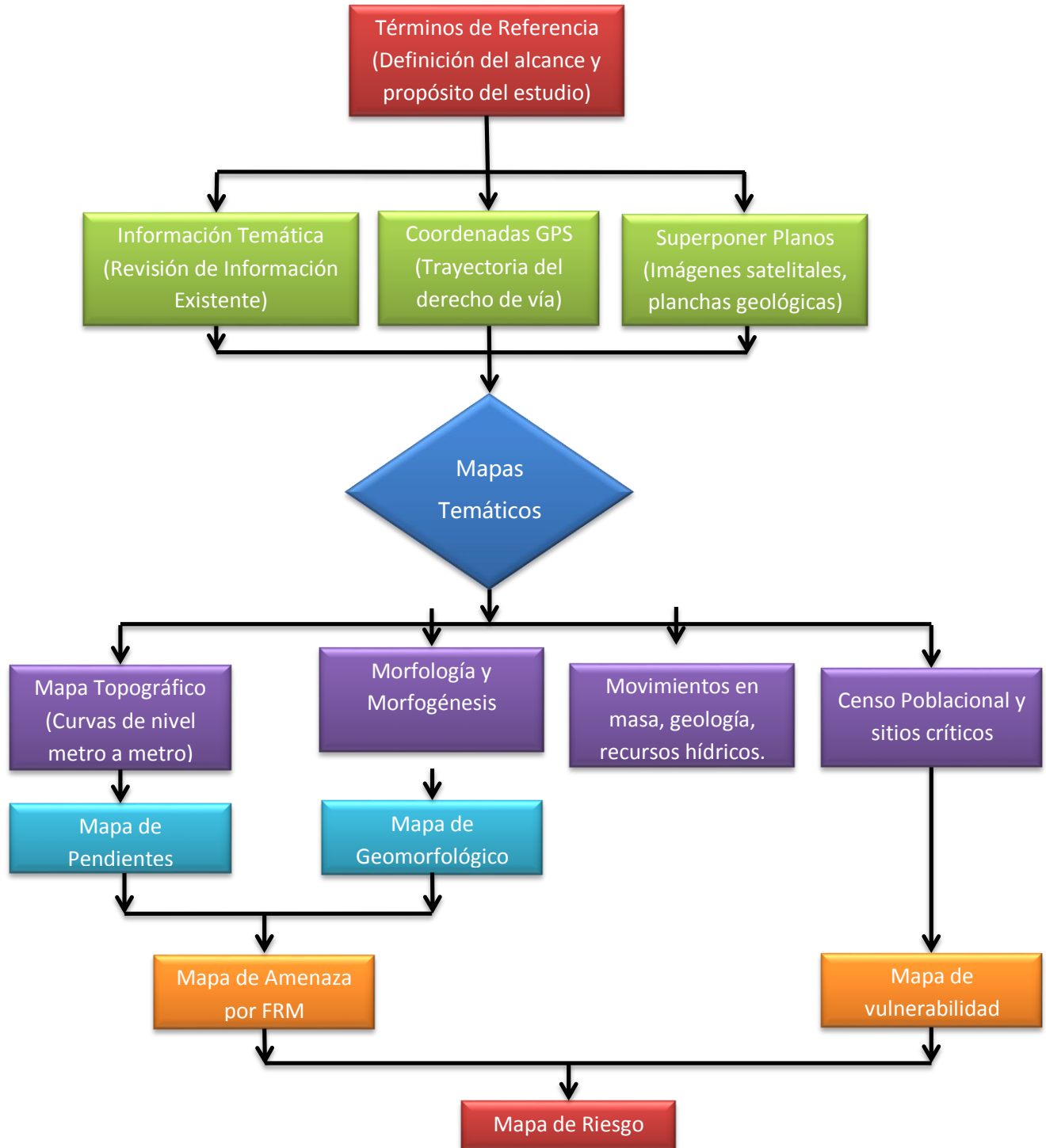
4. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el presente proyecto parte de la base de un mapa de inventario donde se encuentran los procesos de remoción en masa y fuentes hídricas como quebradas, caños, cauces, entre otros, seguido de un análisis heurístico el cual está compuesto del análisis geomorfológico y la combinación cualitativa de mapas, sin entrar a la evaluación de análisis estadísticos o análisis de estabilidad como los métodos determinísticos o métodos estocásticos.

Pasos a desarrollar:

- Términos de referencia
- Revisión, evaluación y análisis de la información básica existente.
- Recopilar y tabular la información de las coordenadas de GPS obtenidas en campo, a partir de ellas realizar trayectoria del derecho de vía del gasoducto y superponer imágenes satelitales y las planchas geológicas de Ingeominas H-13 y 111 correspondientes a los mapas geológicos del cuadrángulo de Pamplona y Toledo del departamento de Norte de Santander.
- Realizar la geología general y geología local del derecho de vía.
- Compilar información topográfica (curvas de nivel metro a metro) del derecho de vía y generar Mapa de Pendientes.
- Incorporar la información obtenida en campo de aspectos como movimientos en masa (deslizamientos, flujo de detritos, caída de rocas etc...), coluviones, recursos hídricos (Ríos, Quebradas, Caños y Drenajes Superficiales) y teniendo en cuenta la litología y las pendientes generar el Mapa Geomorfológico.
- Generar el mapa de Amenazas con base al Mapa de Pendientes y el Mapa Geomorfológico.
- A partir del censo poblacional, los sitios críticos identificados y Mapas de Amenaza generar el Mapa de Vulnerabilidad social y física.
- Por último con base a esta información superponer los mapas y obtener el Mapa de Riesgo, teniendo en cuenta costos por accesibilidad y longitud de reparación de la tubería en sitios críticos.

Figura 10. Esquema conceptual de la metodología.



Fuente: Autor

4.1. ANÁLISIS Y PROCEDIMIENTO DEL PROYECTO.

El resultado final fueron 32 planchas a escala 1:2000, para un recorrido total de 58 km, en los anexos se puede observar los mapas a escala 1:50.000 es decir muy general, pero para efectos de mostrar un paso a paso de lo realizado en todo el recorrido se muestran las imágenes de los archivos en AutoCAD y se escoge dos planchas con determinados sitios críticos, donde se pretende realizar un recorrido por los diferentes procesos como la Topografía, Geología, Los Procesos De Remoción En Masa, Geomorfología, Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo.

4.2. INFORMACIÓN EXISTENTE.

Luego de la recopilación de información suministrada por del grupo de ingenieros de Ingeotecnia S.A que estuvieron en campo, se procede a realizar el recorrido con los puntos de GPS tabulados en AUTOCAD CIVIL 2012, generando el eje de la tubería y el derecho de vía del gasoducto.

Mediante la imagen satelital de Google Earth generamos una superficie enlazada con la ruta definida anteriormente con coordenadas Bogotá.

Figura 11. Imagen Satelital.

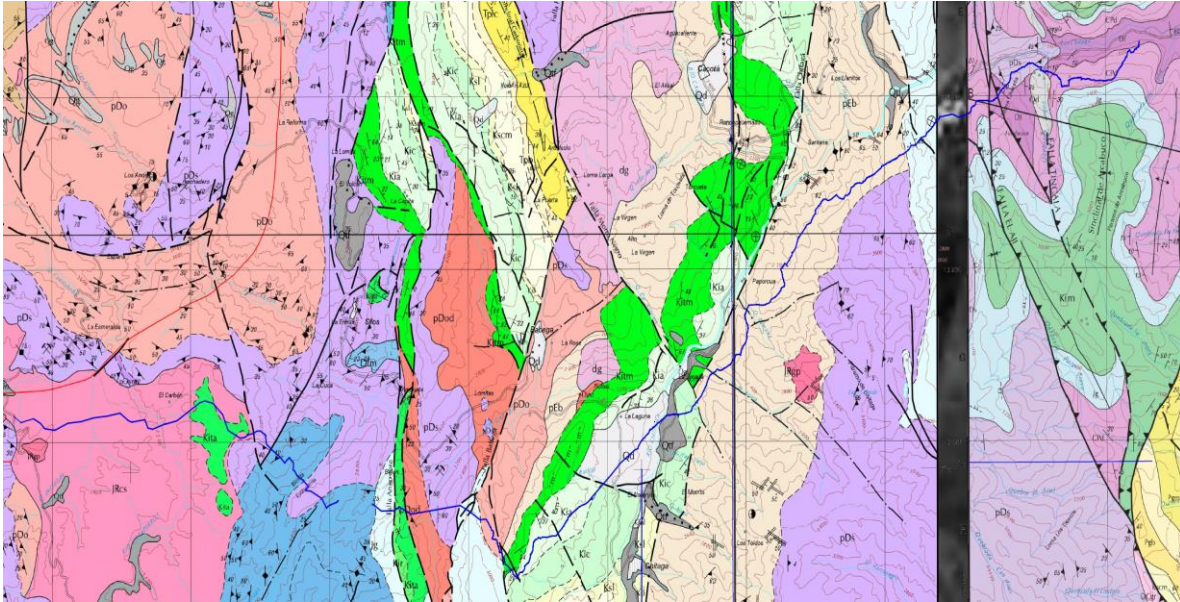


Fuente: Google Earth.

4.3. GEOLOGÍA GENERAL

Para el presente proyecto se consultaron las planchas geológicas 111 Toledo y H-13 de INGEOMINAS, superponiéndolas mediante coordenadas Bogotá a la ruta establecida.

Figura 12. Geología Planchas 111-Toledo Y H-13

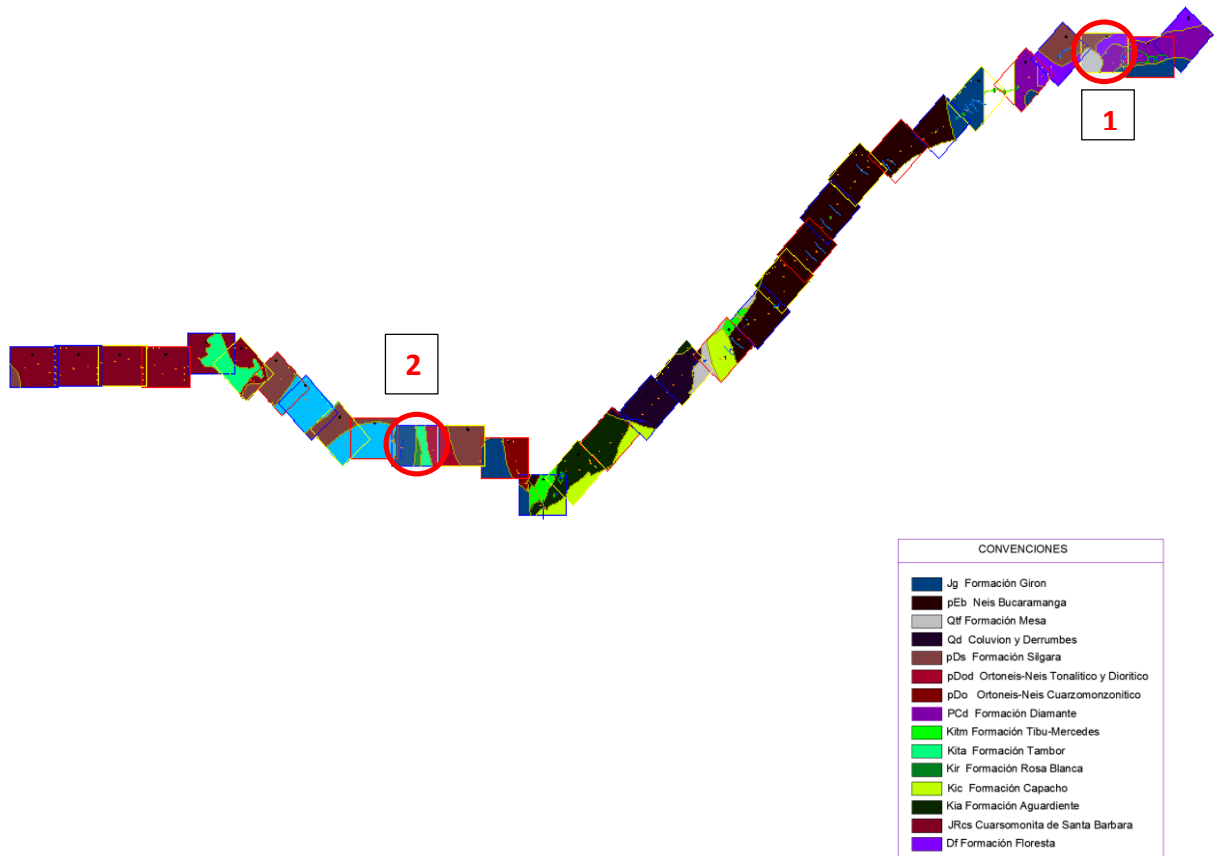


Fuente: Ingeominas.

4.3.1. GEOLOGÍA LOCAL REGIONAL.

Se procede a la delimitación de contornos para generar una geología local regional de la trayectoria del gasoducto, soportado con el registro fotográfico del recorrido comprendido entre el PK+ 60.000 al PK+ 118.000 y las observaciones hechas en campo.

Figura 13. Mapa Geología Local Regional.



Fuente: Autor.

En la figura 13 se localiza mediante tramos las planchas que serán analizadas de acuerdo con algunos de sus sitios críticos escogidos:

Se comenzará con la descripción de la Geología local regional para cada sitio crítico elegido.

4.3.1.1. TRAMO 1

Este tramo corresponde a la plancha 3 de 32, en la cual se ubican otros sitios críticos importantes, sin embargo se destacan los más relevantes para el presente proyecto.

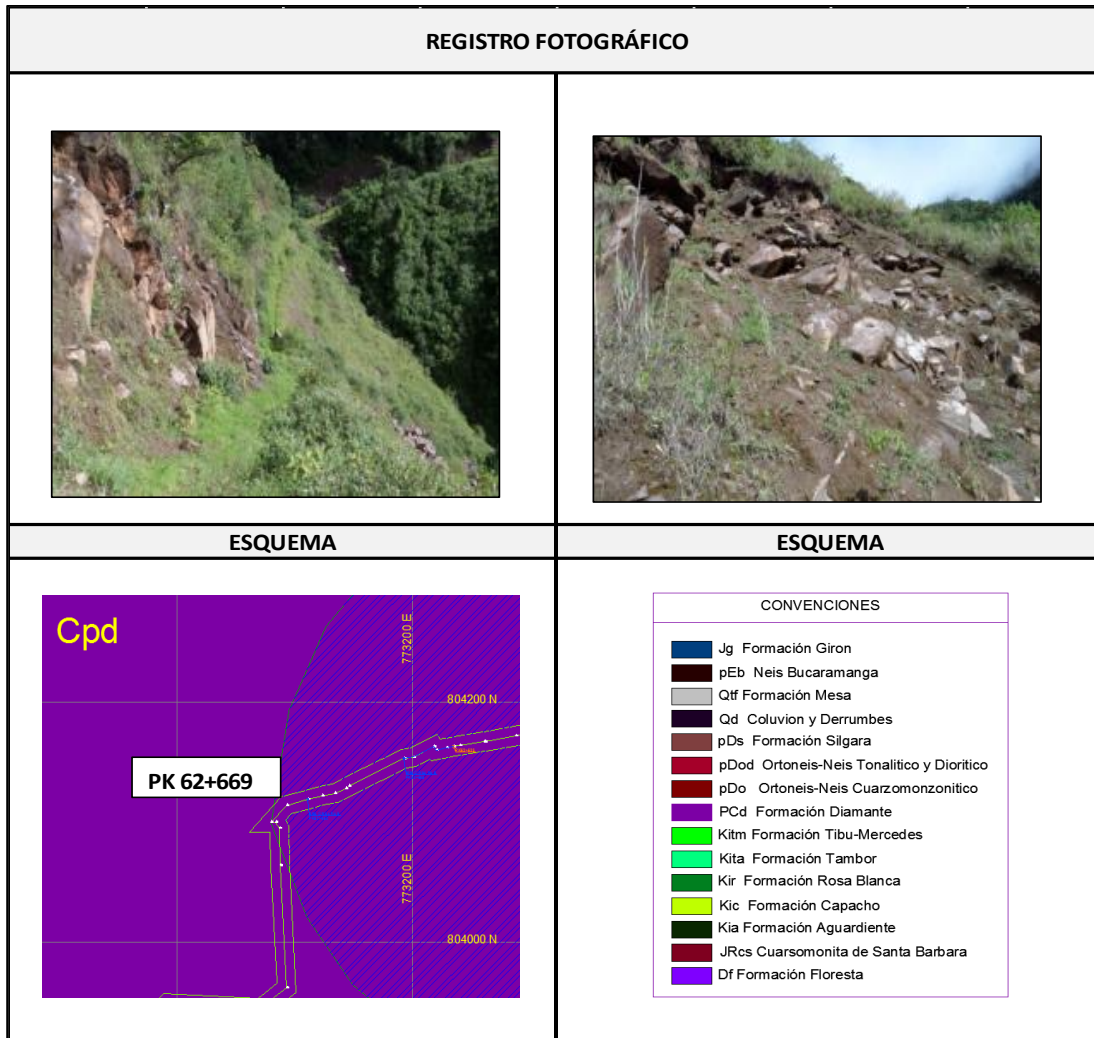
- **Sitio Crítico PK 62+669**

Las rocas aflorantes en este sitio corresponden a areniscas muy fracturadas de la Formación Diamante, las cuales se encuentran desarrollando desprendimiento de

Z

material por sus planos de debilidad; la pendiente del talud sobre estos planos facilita el flujo de detritos.

Figura 14. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 62+669.



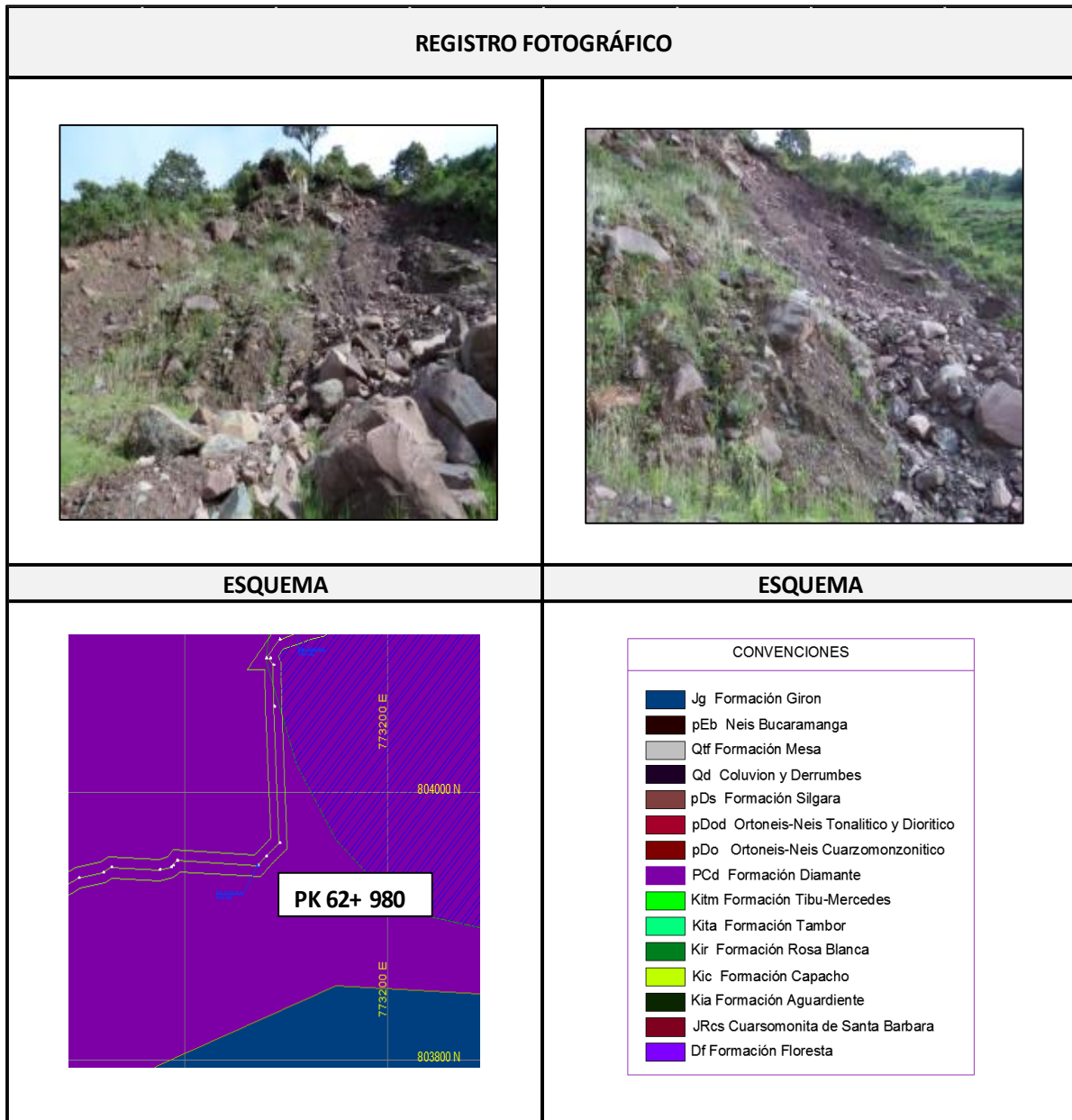
Fuente: Autor.

- **Sitio Crítico PK 62 +980**

Las características geológicas son similares a las del sitios critico anterior ya que no existe una distancia considerable entre ellos, únicamente 311 metros los separan, se identificó la formación diamante con el mismo problema de desprendimiento de material.

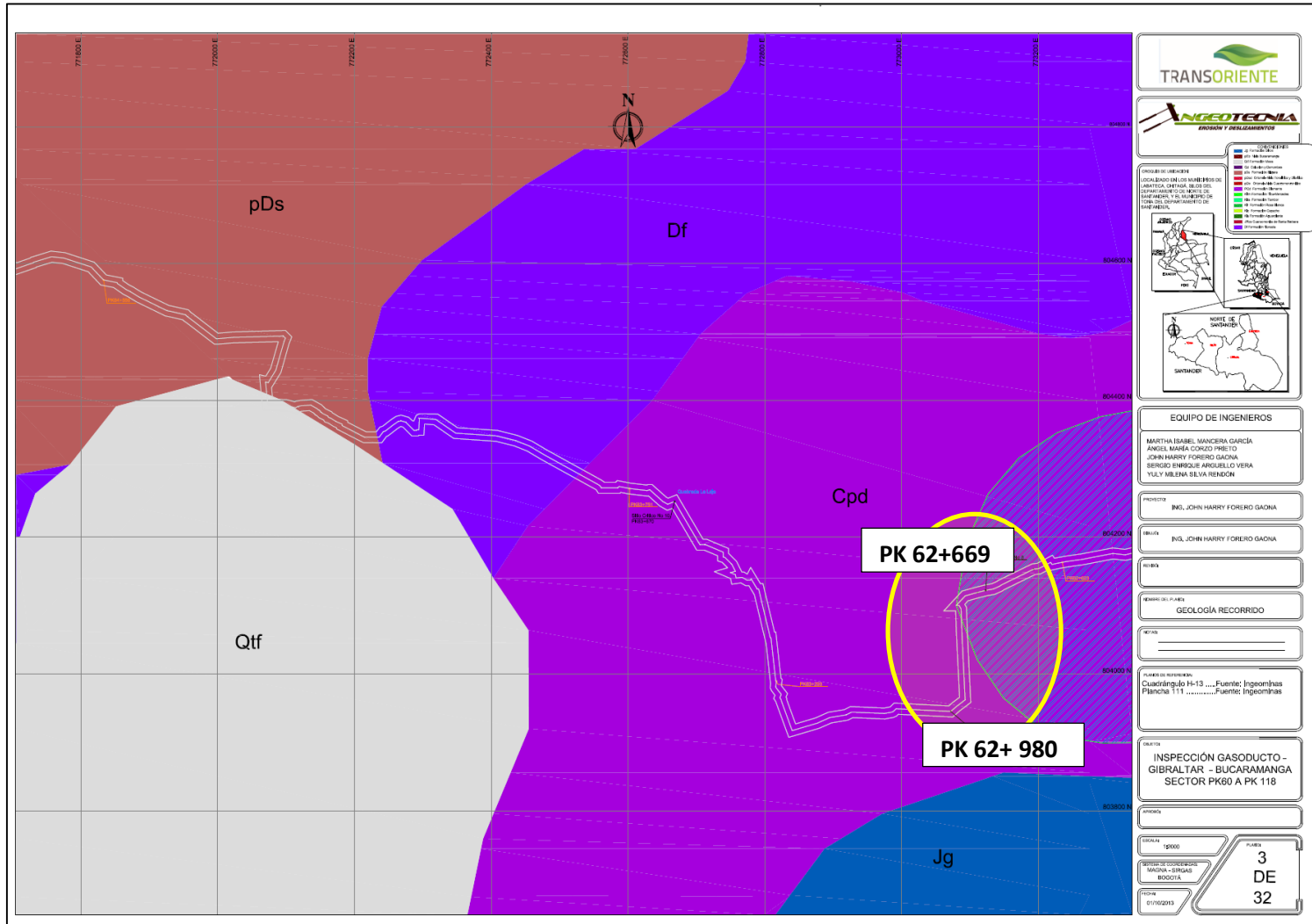
Z

Figura 15. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 62 +980.



Fuente: Autor.

Figura 16. Plancha 3 de 32. Geología del recorrido. Ubicación Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.



Fuente: Autor.

4.3.1.2. TRAMO 2.

Este tramo se ubica en la plancha 22 de 32 y se profundiza en el sitio crítico más sobresaliente.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

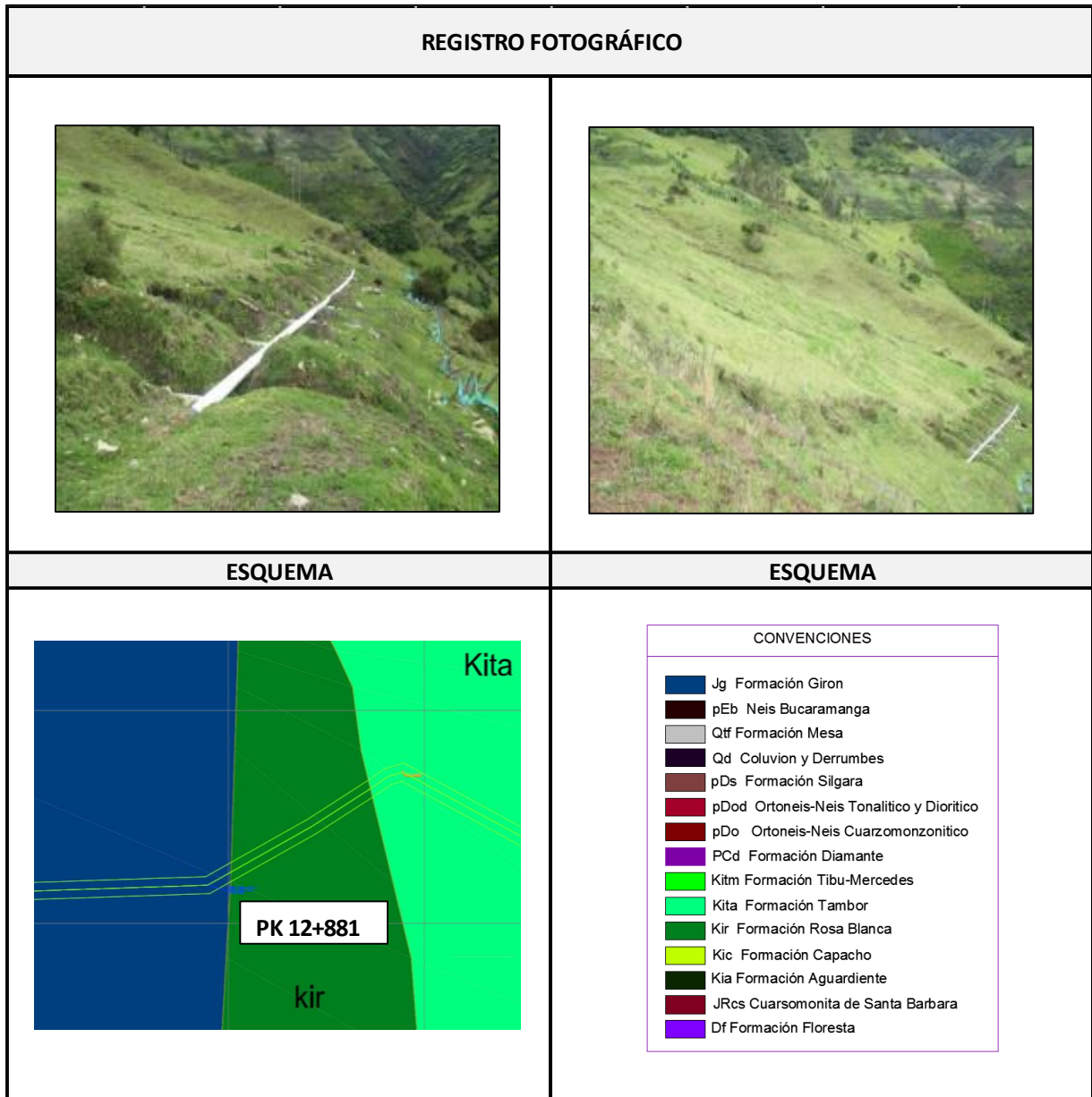
En este sitio se presentan suelos residuales y rocas muy meteorizadas de la Formación Rosa Blanca. Esta unidad geológica se encuentra aflorando en la zona en una franja delgada limitada por la Falla Angosturas y muy cerca de una falla aproximadamente paralela a la anterior, mostrando contactos fallados en el sector al poner esta unidad cretácica con la Formación Girón del Jurásico y rocas sedimentarias del cretácico con el Ortoneis del precámbrico. El carácter de estas rocas afectadas por tectonismo muestra susceptibilidad a movimientos en masa por la posible presencia de grandes discontinuidades en el terreno generando inestabilidad sobre los materiales. Se reconoce en este sector un deslizamiento y corrimiento activo de gran extensión sobre laderas denudacionales en pendientes medias.

Diagnóstico Geotécnico

Descripción: El sitio corresponde a un depósito coluvial de gran extensión y longitud, el cual atraviesa el DDV y reposa sobre una ladera de pendiente fuerte. El sitio presenta algunas cárcavas de erosión las cuales pueden desarrollar deslizamientos.

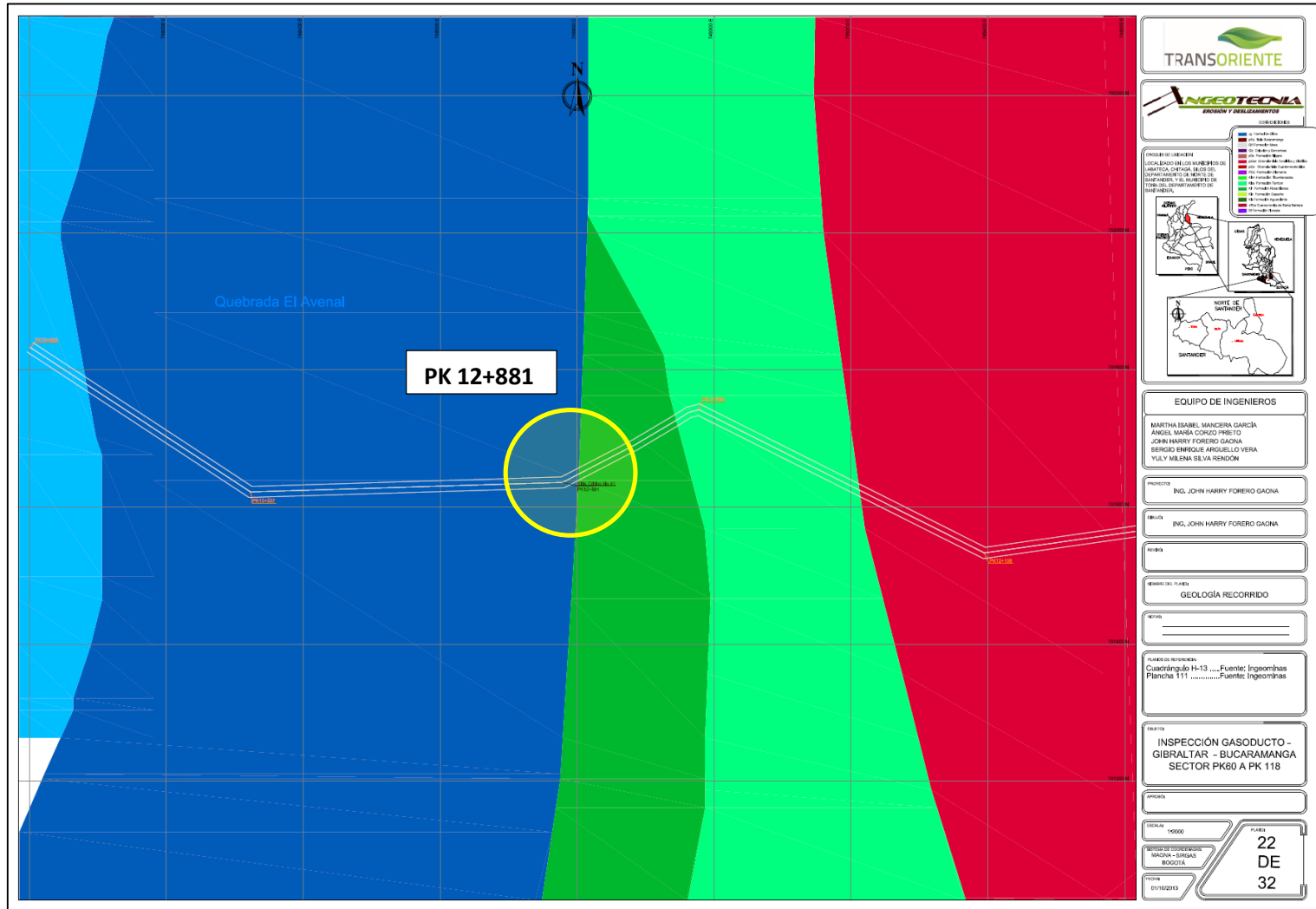
El ducto se encuentra en superficie pero en nuestro criterio el tramo destapado tiene longitud corta y se requiere aumentar a cada lado para evitar restricciones y posibles fallas mecánicas.

Figura 17. Esquema de Geología Local Regional del Sitio Crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

Figura 18 Plancha 22 de 32, Geología. Ubicación Sitio crítico PK 12+881.

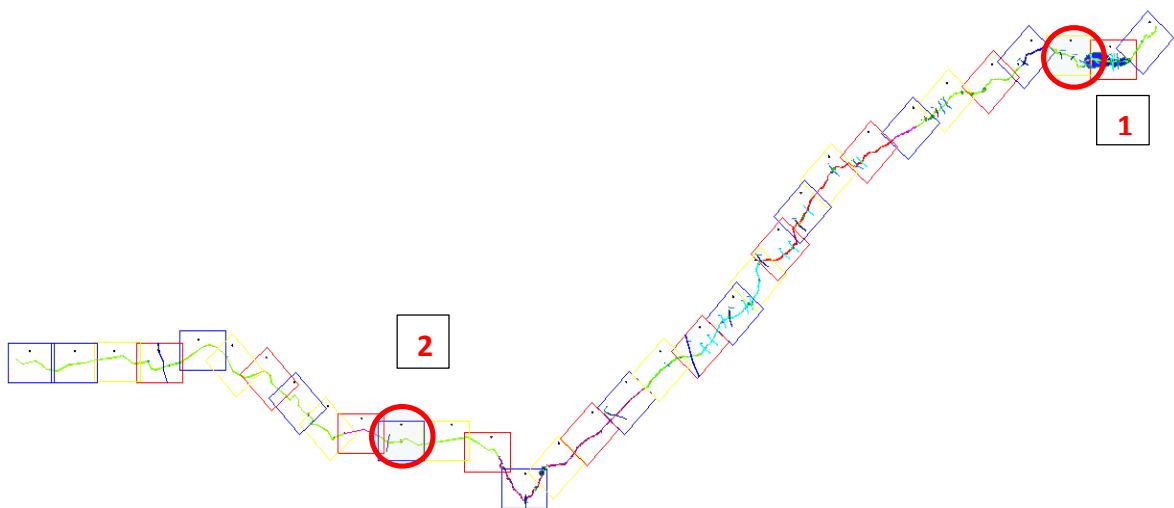


Fuente: Autor.

4.4. INCORPORACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Se realiza la incorporación de los fenómenos de remoción en masa, procesos erosivos y fuentes hídricas, obtenidos del inventario realizado en campo, y apoyados mediante el registro fotográfico.

Figura 19. Plano De Fenómenos De Remoción En Masa Y Procesos Erosivos Y Fuentes Hídricas



Fuente: Autor.

A continuación se analizan los mismos sitios críticos tratados en el inciso anterior, pero ahora estudiando la incorporación de fenómenos de remoción en masa.

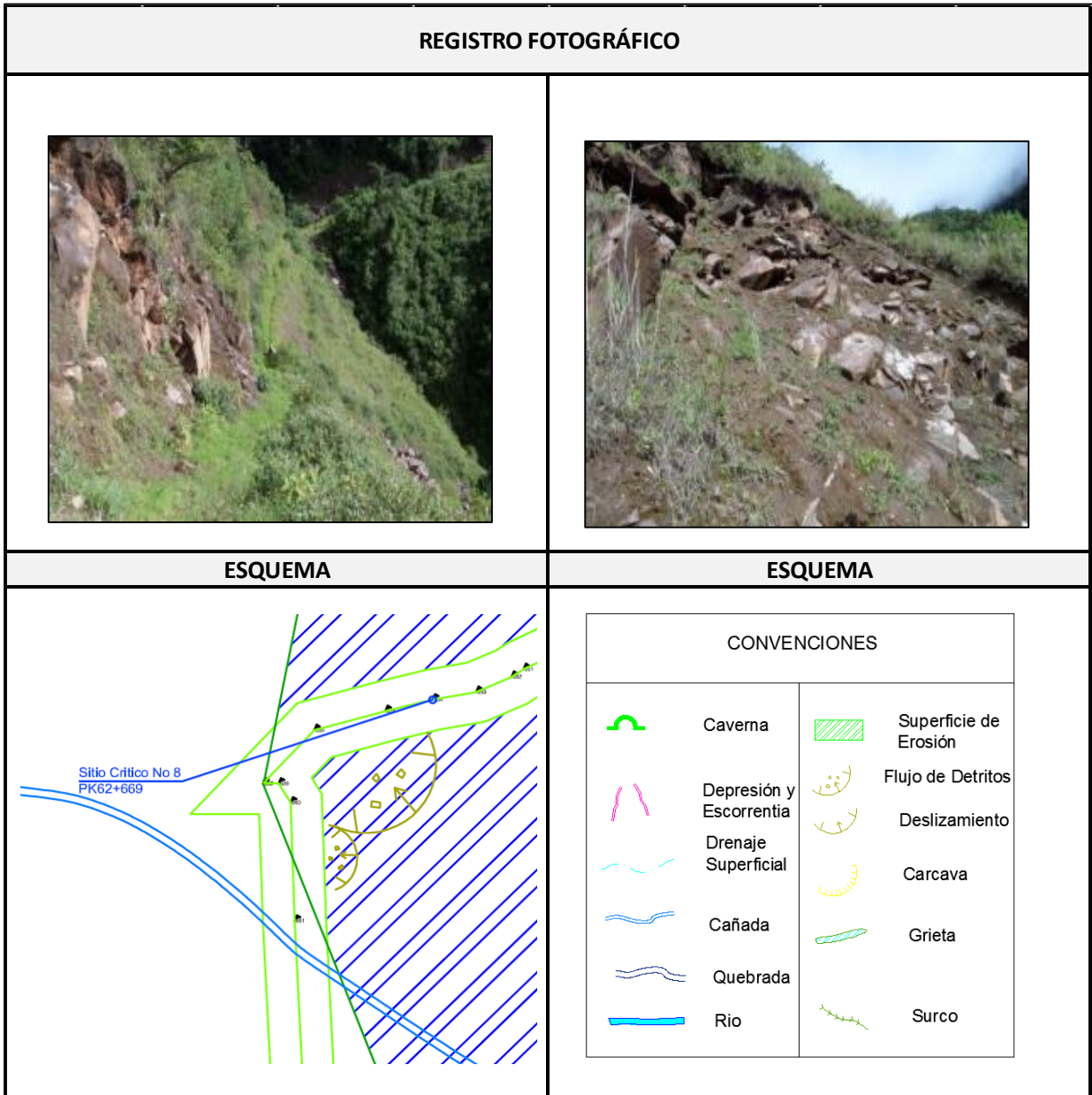
4.4.1. TRAMO 1.

Este tramo se ubica en la plancha 3 de 32 y se profundiza en dos sitios críticos.

- **Sitio Crítico PK 62+669**

Se observa un coluvión activo, deslizamientos y caídas de rocas sobre el derecho de vía.

Figura 20. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa del sitio crítico 62+669.

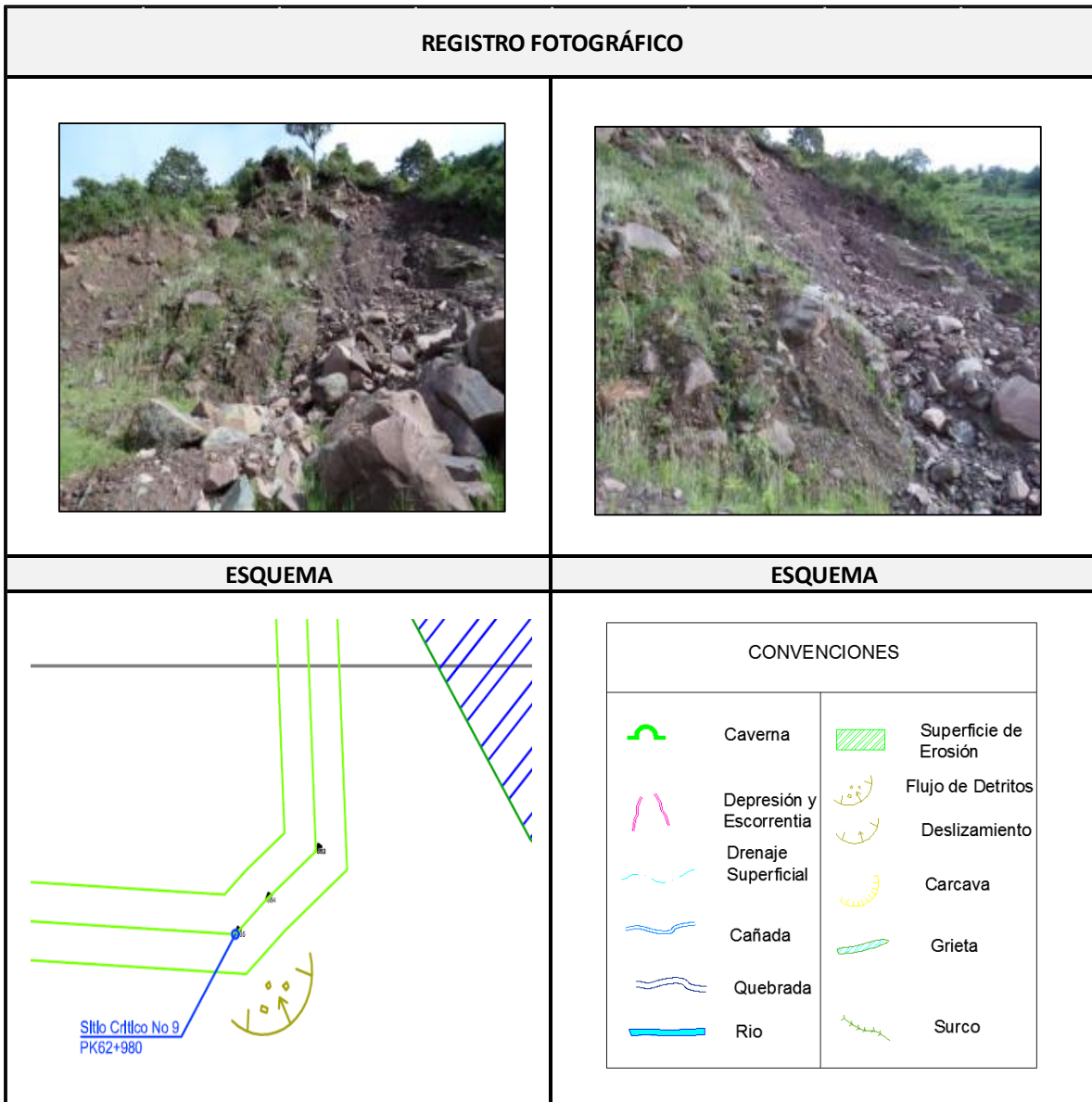


Fuente: Autor.

• **Sitio Crítico PK 62 +980**

Se observa un deslizamiento y flujo de detritos sobre el derecho de vía.

Figura 21. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa del sitio crítico 62+980.



Fuente: Autor.

4.4.2. TRAMO 2.

Este tramo se encuentra en la plancha 22 de 32 y se destaca el siguiente sitio crítico.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

En este sitio se presentan surcos, cárcavas y grietas, la tubería en este punto es muy susceptible a los movimientos de remoción en masa, esto puede ocasionar esfuerzos a tracción y compresión de la tubería, es un sector donde han ocurrido deslizamientos considerables.

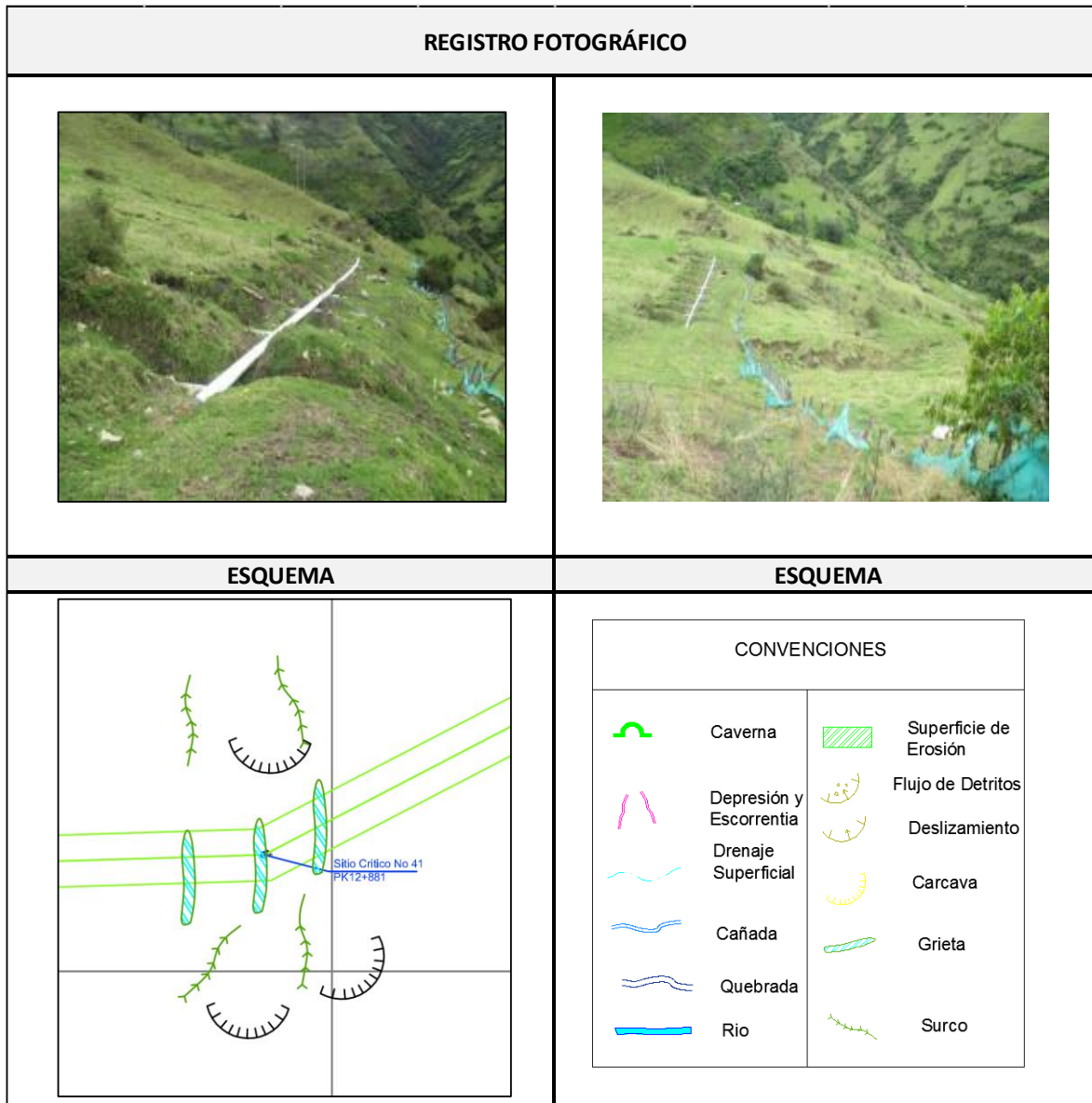
La tubería está apoyada sobre grietas y en la parte superior se puede observar la cicatriz de deslizamiento, es muy importante realizar estudios geotécnicos con ensayos de campo donde se pueda determinar la velocidad de deslizamiento, los estratos y demás parámetros de análisis, para brindar una solución geotécnica adecuada.

Figura 23. Cicatriz de deslizamiento, observada en la parte superior de la tubería.



Fuente: E.D Ingeotecnia S.A

Figura 24. Esquema de incorporación de fenómenos de remoción en masa para el sitio PK 12+881.



Fuente: Autor.



Figura 25. Plancha 22 de 32. Fenómenos de remoción en masa. Ubicación sitio crítico PK12+881.



Fuente: Autor.

4.5. TOPOGRAFÍA

La información topográfica, fue suministrada por la empresa Transoriente S.A E.S.P, con esto se logra obtener curvas de nivel con intervalos metro a metro.

Figura 26. Levantamiento Topográfico



Fuente: Transoriente. S.A. E.S.P.

A continuación se amplía la información topográfica de acuerdo con los tramos y sitios críticos analizados anteriormente:

4.5.1. TRAMO 1.

Este tramo se ubica en la plancha 1 de 32.La topografía se presenta a escala 1:2000

- Sitio Crítico PK 62+669.
- Sitio Crítico PK 62 +980.

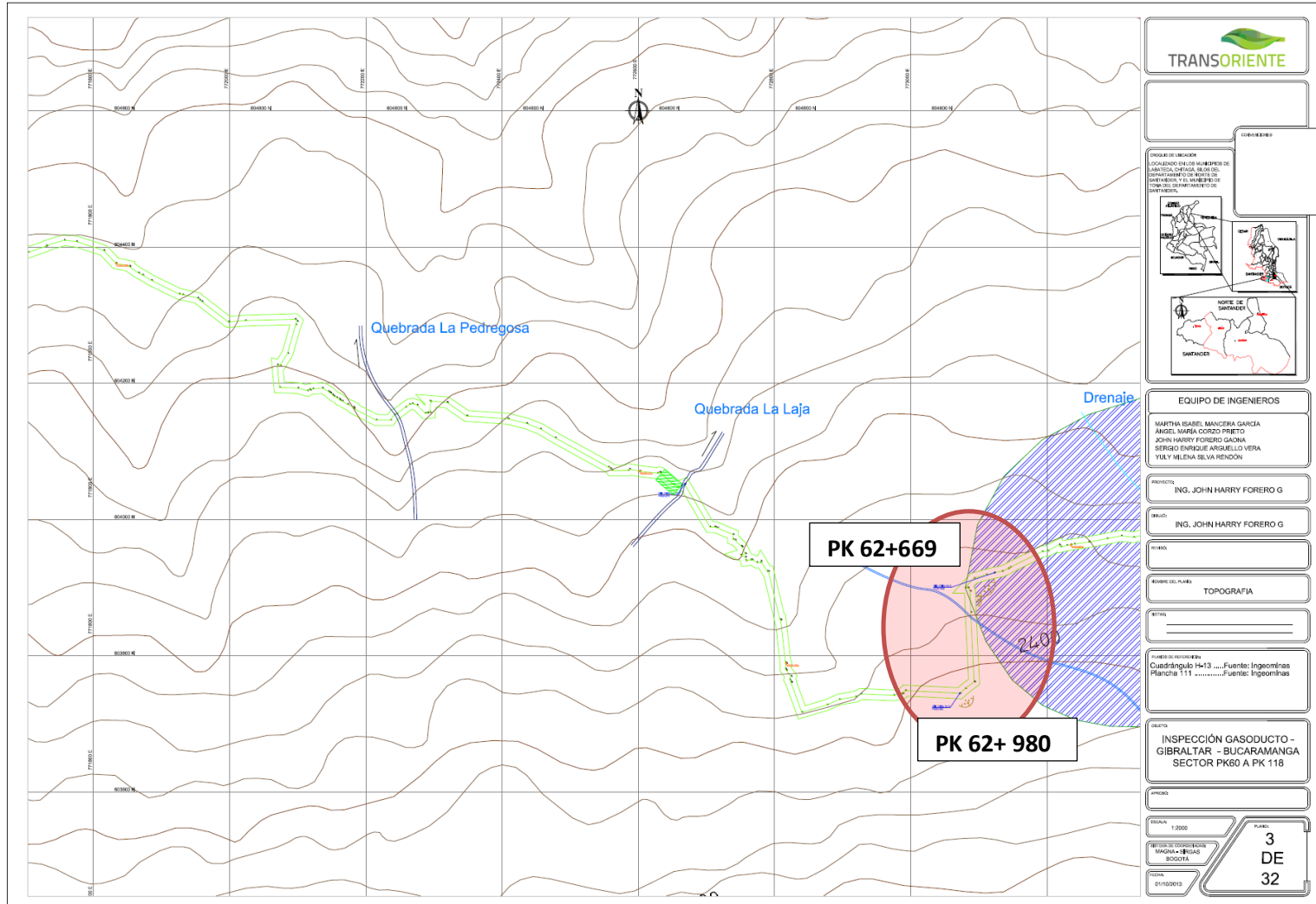
4.5.2. TRAMO 2.

Este tramo se ubica en la plancha 22 de 32.La topografía se presenta a escala 1:2000

- Sitio Crítico PK 12+881.



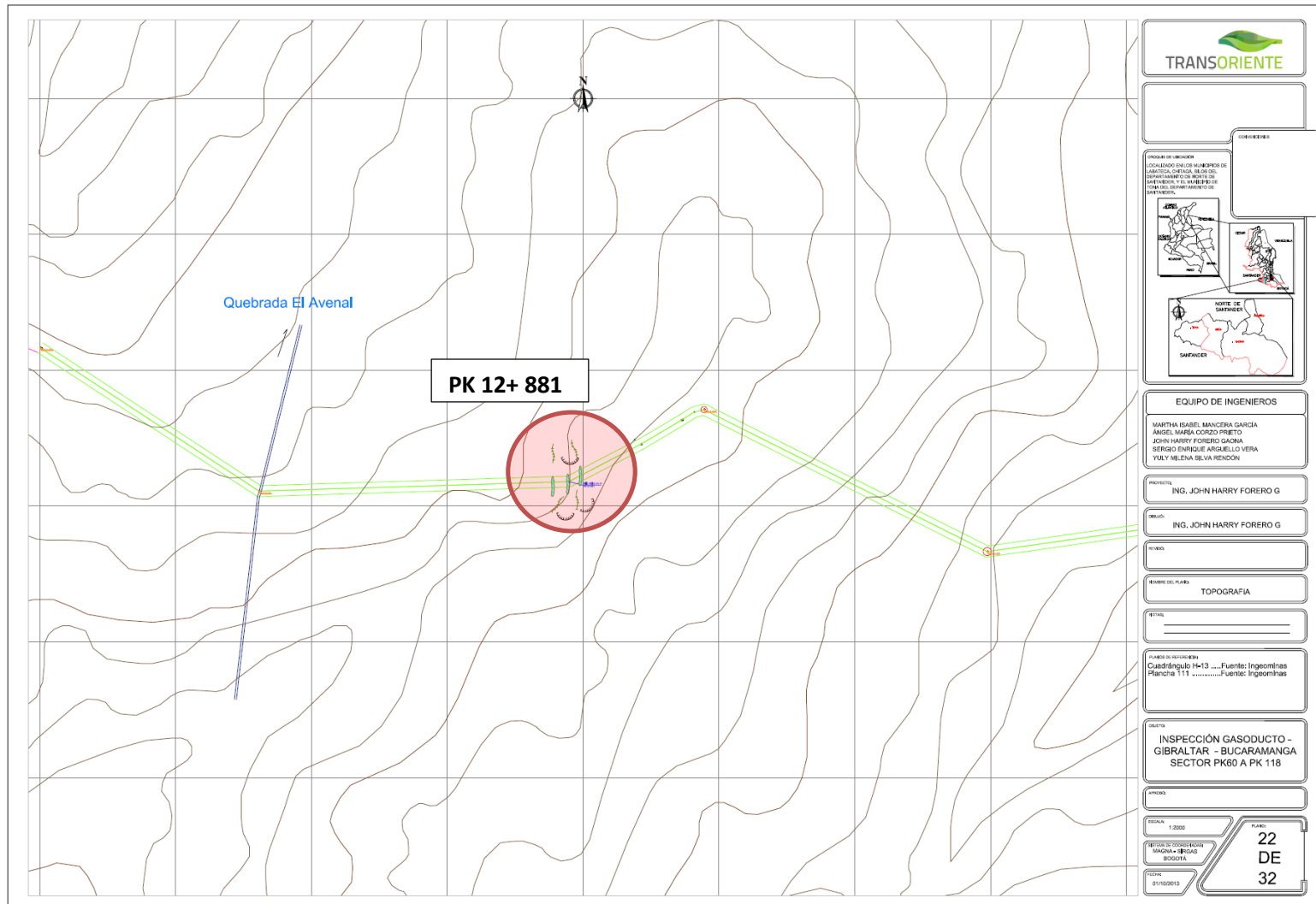
Figura 27. Plancha 3 de 32. Topografía. Ubicación de Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.



Fuente: Autor.



Figura 28. Plancha 22 de 32. Topografía. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

4.6. GEOMORFOLOGÍA

Para la definición de mapas de pendientes y geomorfológicos se emplea una escala 1:50.000 en ArcGIS donde se puede observar el recorrido en general (ver anexos) y 1:20.000 en AutoCAD para detallar el recorrido de 58 km obteniendo 32 planos por cada mapa temático, el rango de estudio conceptual abarca una distancia mayor a la del derecho de vía del gasoducto.

4.6.1. MORFOMETRÍA

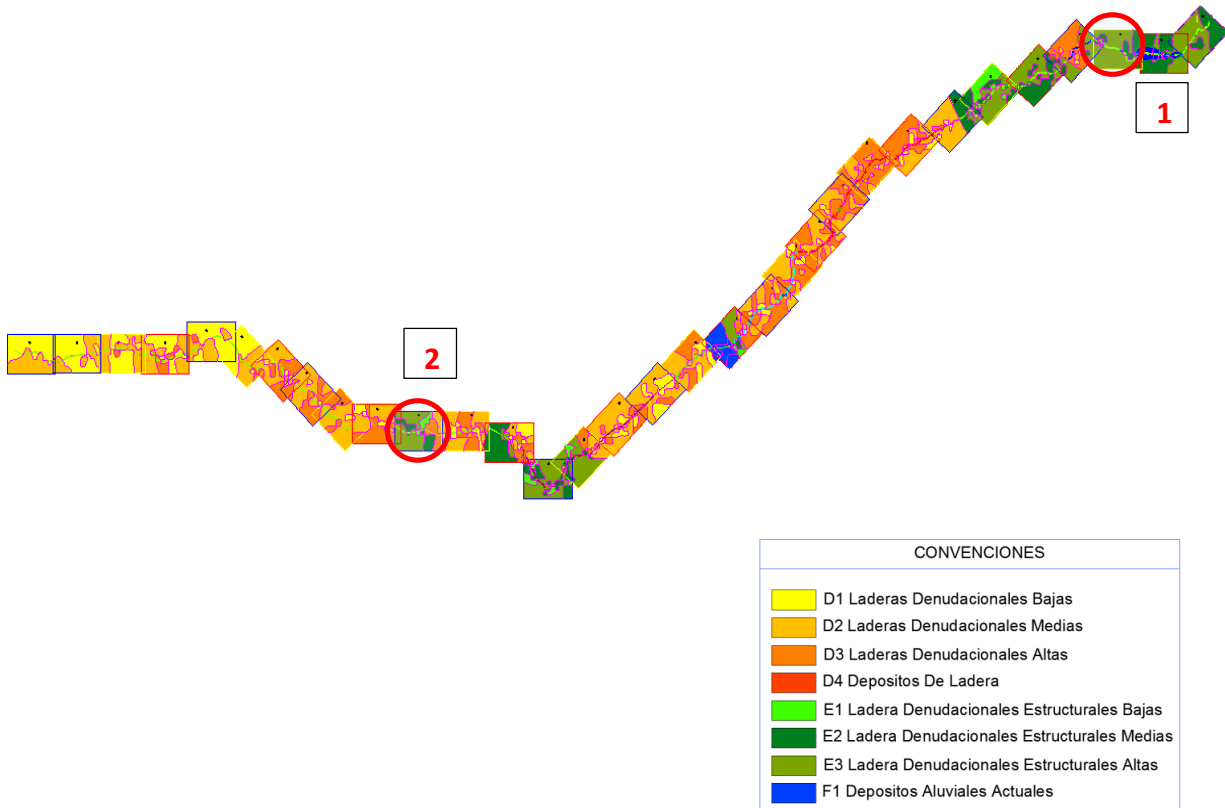
Para integrar la información morfométrica se realizó el respectivo plano de pendientes a lo largo de todo el tramo estudiado. Con el fin de mostrar rasgos representativos de los cambios topográficos e inclinación del terreno dentro de las unidades geomorfológicas se tuvo en cuenta cuatro rangos agrupados en pendientes bajas, medias, altas y muy altas.

De acuerdo con lo definido en el numeral 4.4.1 morfometría se genera en ArcGIS 1.0.2.1 El mapa de pendientes el cual se encuentra en el anexo 1.

4.6.2. MORFOGÉNESIS

Se realiza un estudio detallado de las planchas a escala 1:2000 donde se ubica cada una de las unidades geomorfológicas las cuales nos plantean una idea general de las áreas o zonas más susceptibles a movimientos por remoción en masa, sin embargo este estudio es preliminar, más adelante se evaluará junto con otros criterios como las pendientes con el fin de definir la amenaza de los sitios críticos, el área de estudio no solamente se contempló para el derecho de vía, este abarca todo lo observado dentro del rango del formato a la escala ya mencionada. A continuación se procede a generar el mapa de geomorfológico:

Figura 29. Mapa Geomorfológico



Fuente: Autor

Se continúa el proceso geomorfológico para los sitios críticos que se eligieron, el tramo 1 ubicado en la plancha 3 de 32 y el tramo 2 en la plancha 22 de 32.

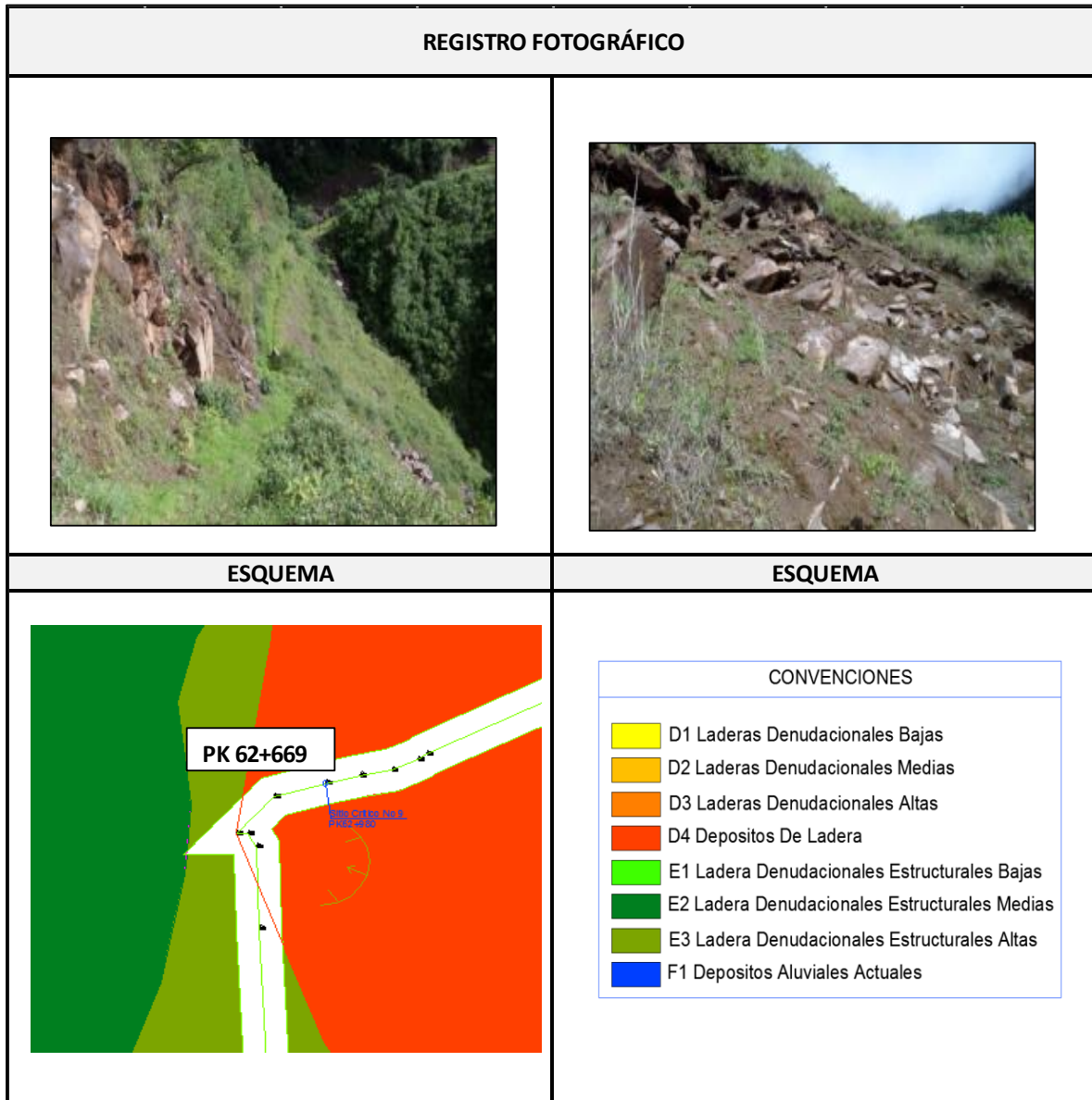
4.6.2.1. TRAMO 1.

- **Sitio Crítico PK 62+669**

Se observan depósitos de ladera D4 y laderas denudacionales estructurales altas E3, que están interviniendo en el derecho de vía, y muy cerca de este se encuentran laderas denudacionales estructurales Medias E2.

Los depósitos D4 presentan variaciones de pendientes a largo de la trayectoria es importante mencionar que allí se encuentra un gran depósito coluvial susceptible a deslizamientos debido a los procesos exógenos degradacionales desarrollados por fuentes hídricas cercanas

Figura 30. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 62+669.

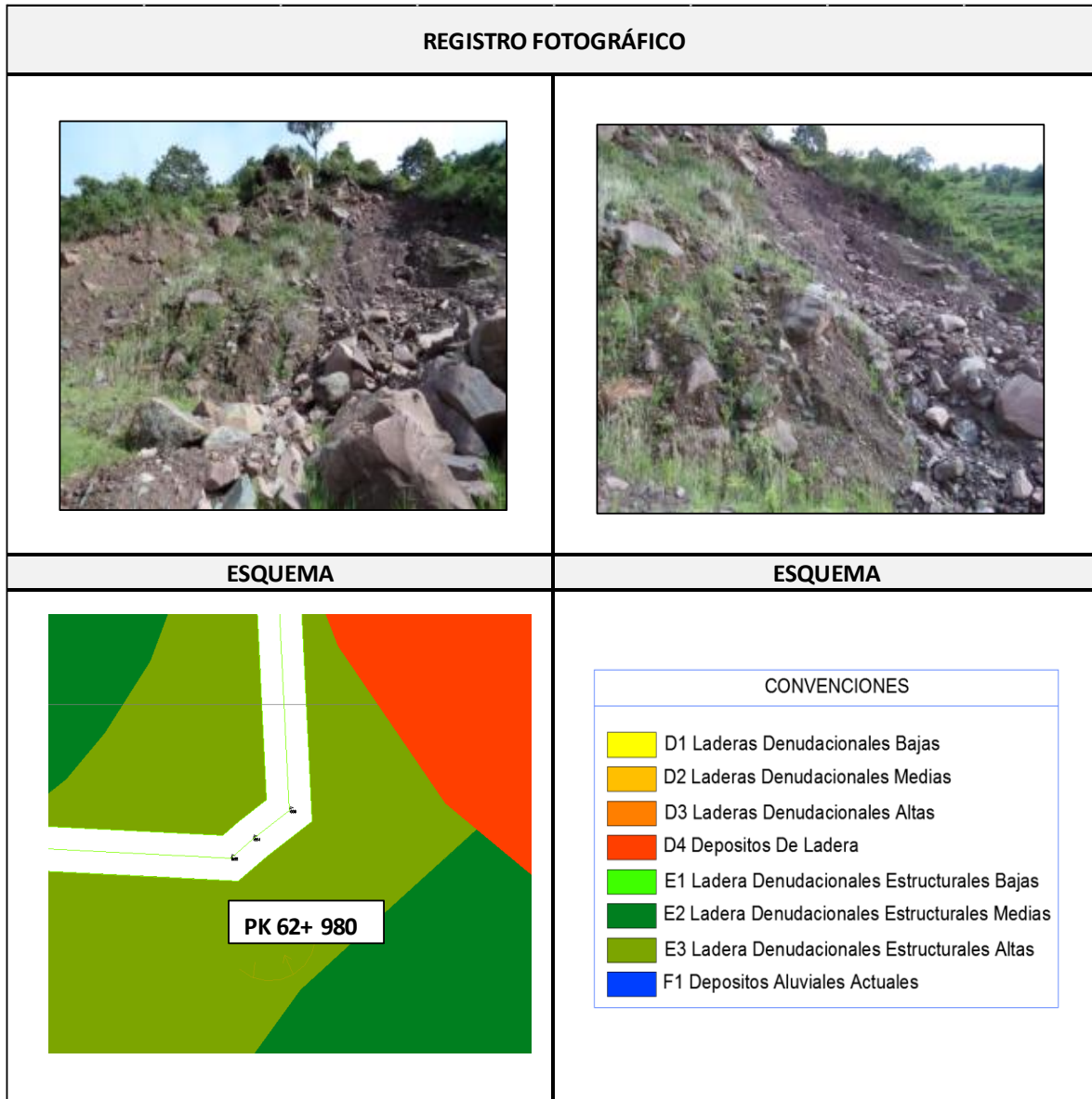


Fuente: Autor

- **Sitio Crítico PK 62 +980**

Se observa que el sitio crítico se ubica sobre laderas denudacionales estructurales altas E3, se aprecian pendientes altas sobre la formación diamante, previamente identificadas.

Figura 31. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 62+980.



Fuente: Autor

Figura 32. Plancha 3 de 32. Geomorfología. Ubicación de los Sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.



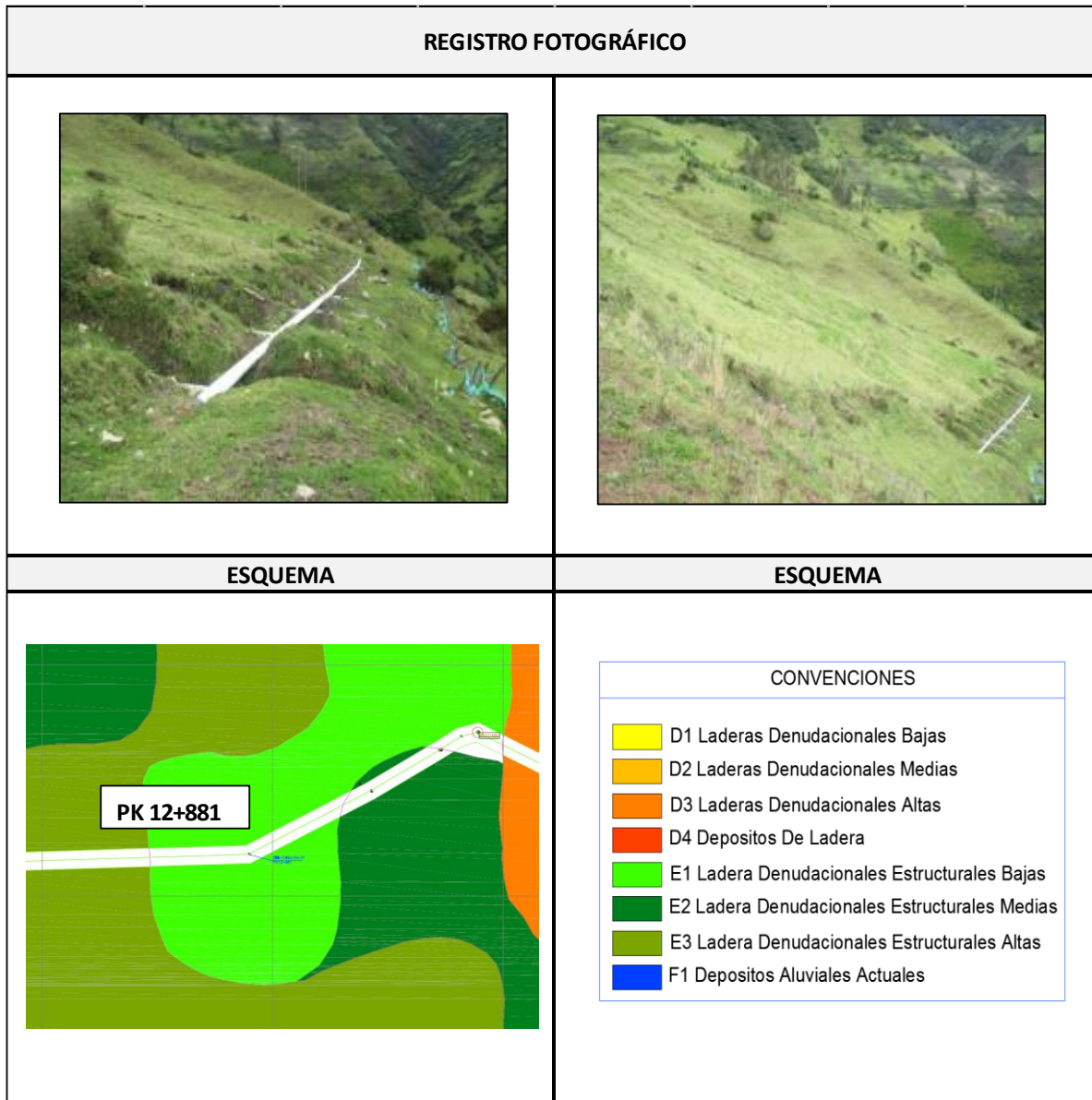
Fuente: Autor

4.6.2.2. TRAMO 2.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

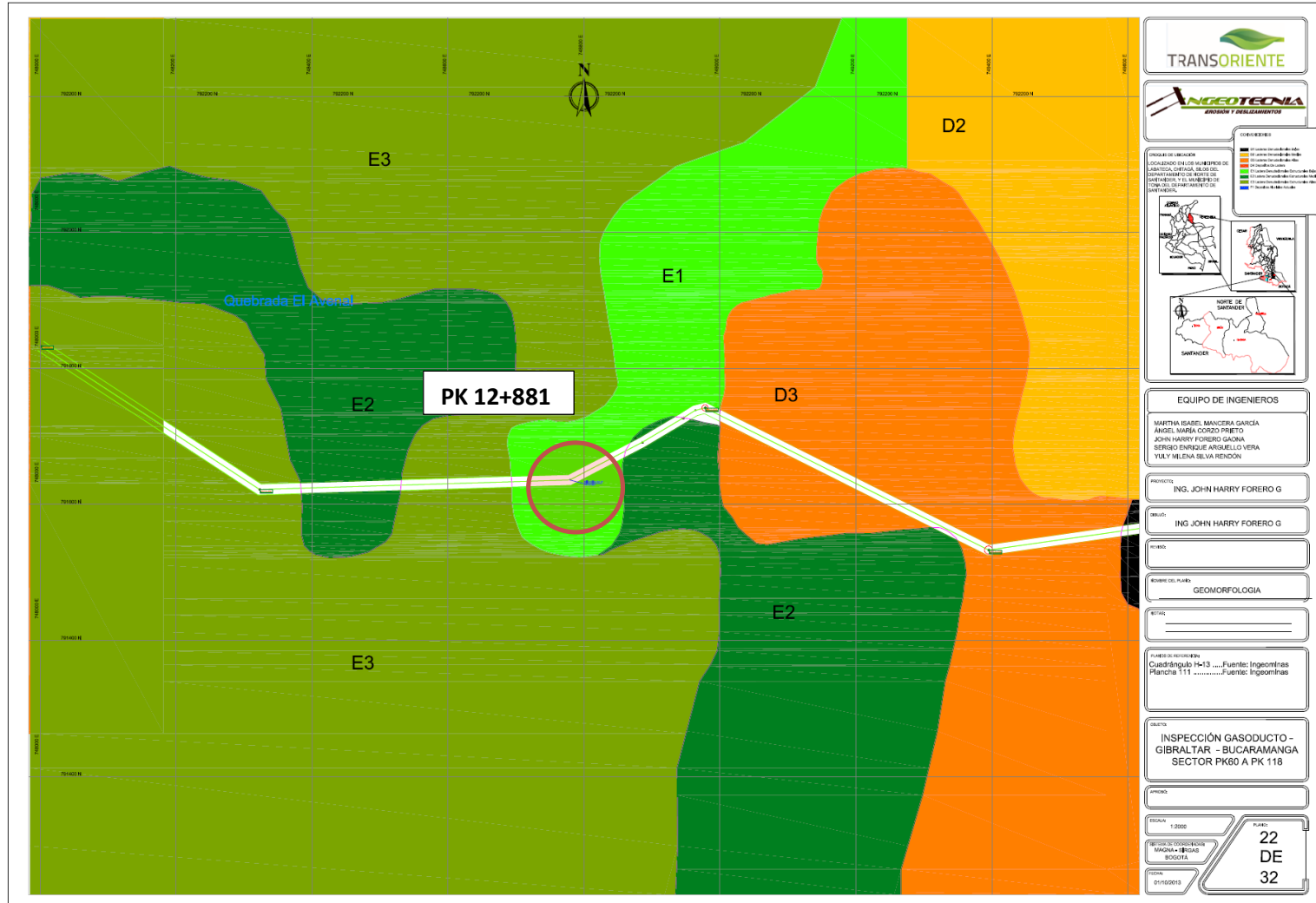
Se observan depósitos de laderas denudacionales Estructurales, sobre el sitio crítico la forma del relieve muestra una topografía ondulada, se presentan problemas de estabilidad.

Figura 33. Esquema del proceso geomorfológico del sitio crítico PK 12+881



Fuente: Autor.

Figura 34. Plancha 22 de 32. Geomorfología. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.



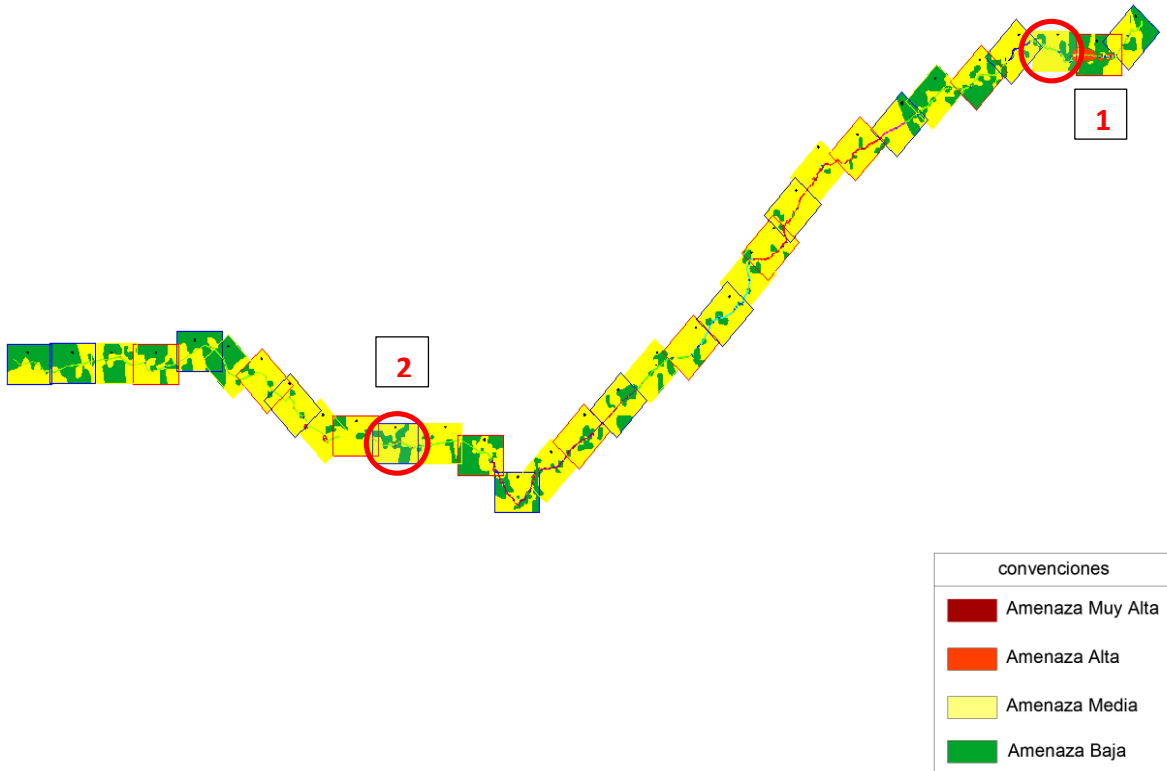
Fuente: Autor.

4.7. AMENAZA

Con base al mapa de geomorfológico, mapa de pendientes y el mapa de fenómenos de remoción en masa de los sitios críticos y los criterios definidos en el numeral 4.5.1, se realizó el Mapa de Amenaza.

Se puede observar a nivel general que la amenaza predominante de la trayectoria estudiada es media, sin embargo existen puntos críticos que su amenaza es alta e inclusive muy alta, esto se puede observar en los anexos de las planchas a escala 1:2000.

Figura 35. Mapa Amenaza



Fuente: Autor.

De igual forma se obtienen 32 planos a escala 1:2000, se continúa el estudio de amenaza para los sitios críticos elegidos en el presente trabajo, con el tramo 1 en la plancha 3 de 32 y el tramo 2 en la plancha 22 de 32.

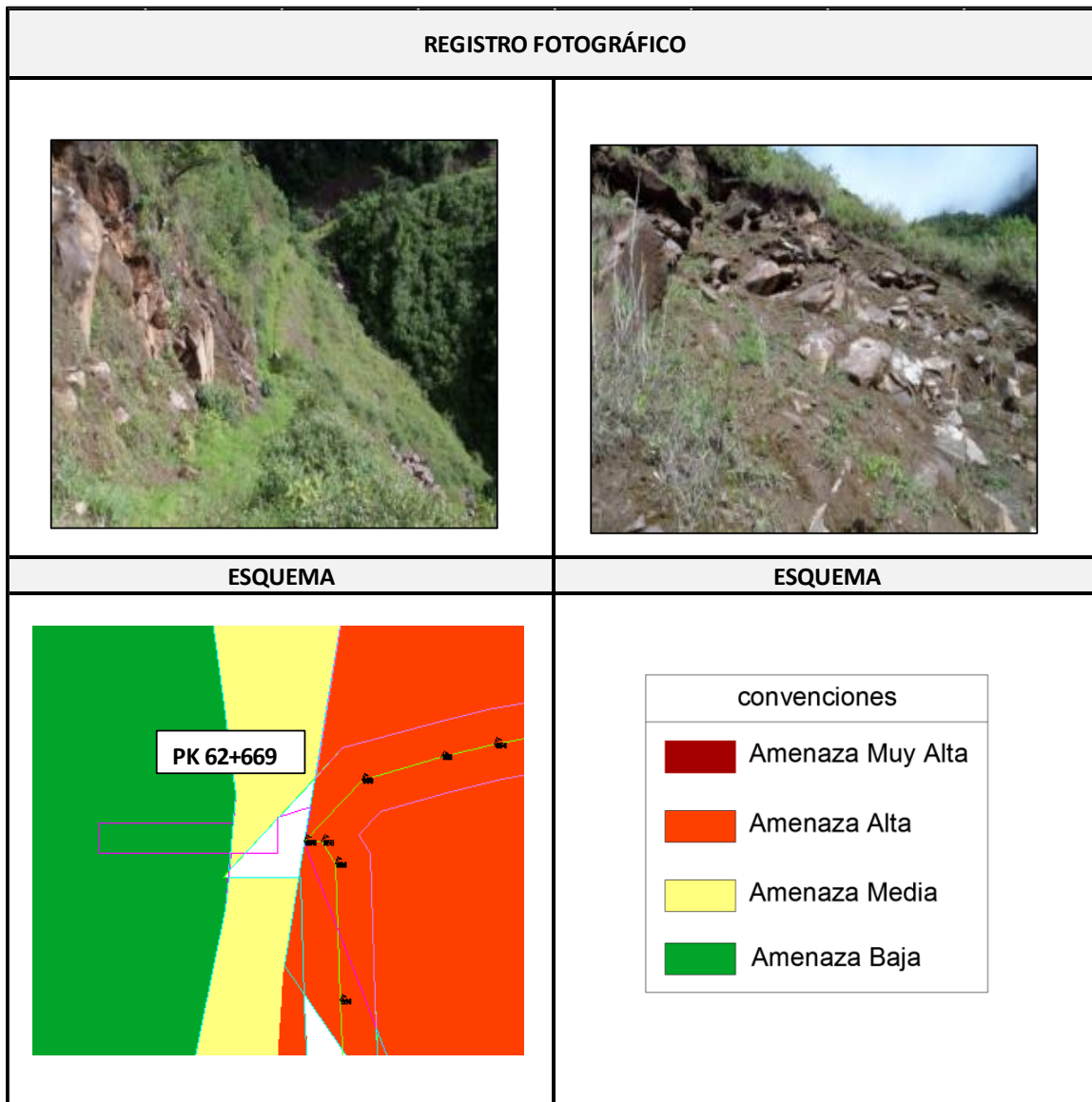
Z

4.7.1. TRAMO 1.

- **Sitio Crítico PK 62+669**

Se logra observar en la figura 36 que existe una amenaza alta sobre el derecho de vía, por tener pendientes altas y depósitos de ladera, coluviones que están atentando a la estabilidad del gasoducto, el sitio es inestable su recuperación muy compleja y altamente costosa.

Figura 36. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 62+669.

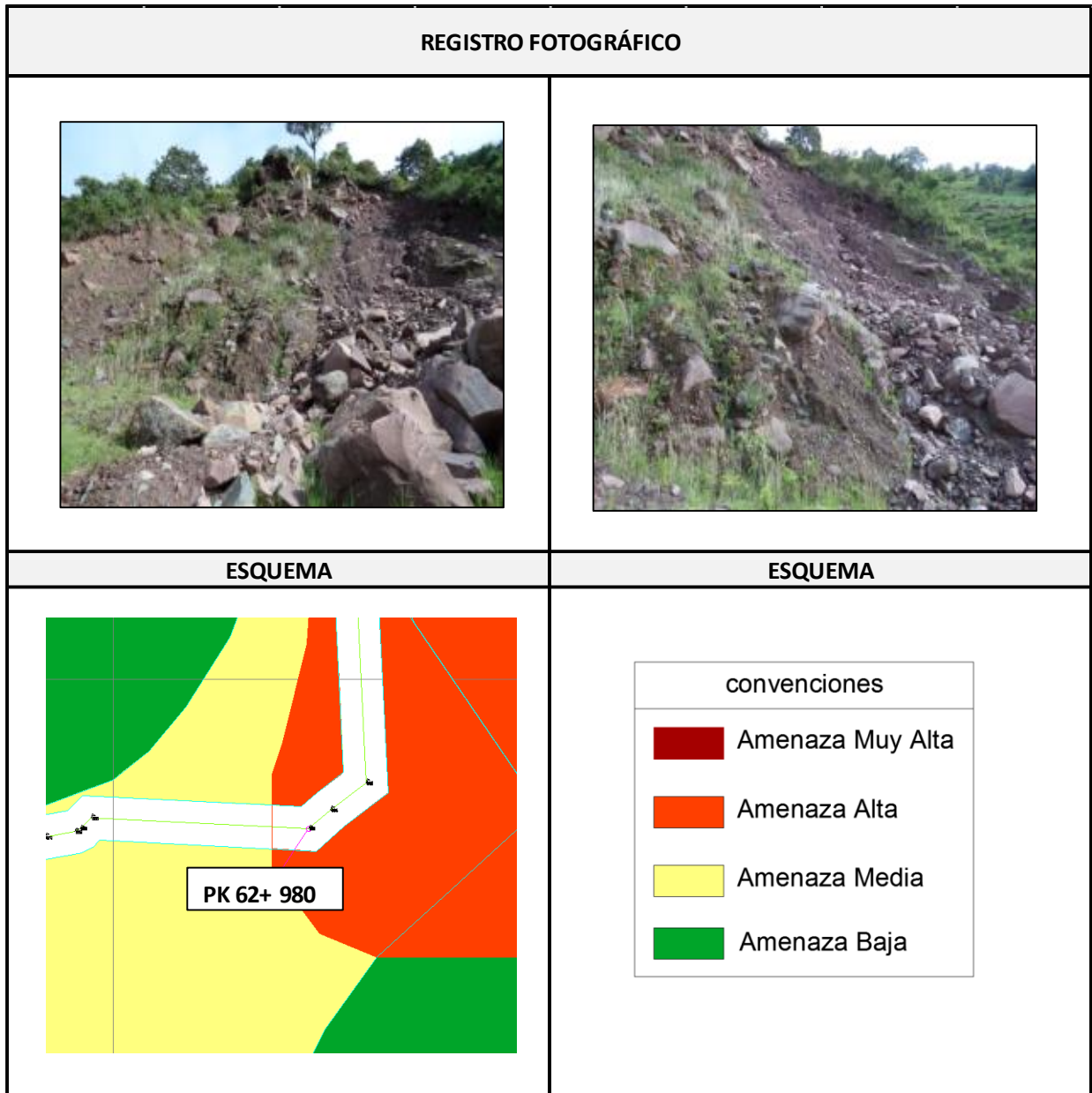


Fuente: Autor.

- **Sitio Crítico PK 62 +980**

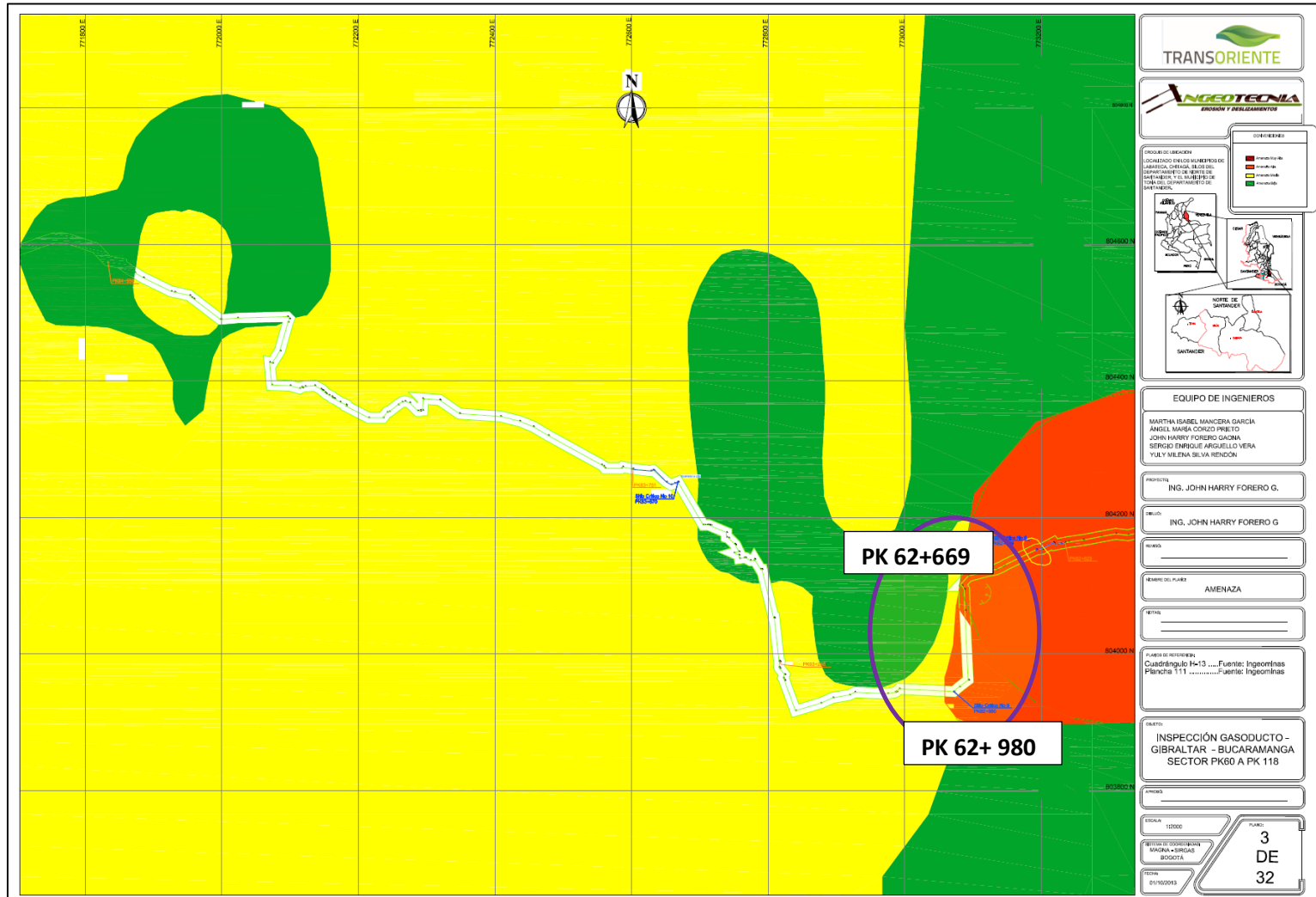
En este sitio crítico se observa que la amenaza es alta, existen pendientes altas con constante desprendimiento de material, esto puede ocasionar daños significativos a la tubería, el sitio es inestable su recuperación muy compleja y altamente costosa.

Figura 37. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 62+980.



Fuente: Autor.

Figura 38. Plancha 3 de 32. Amenaza. Ubicación de los Sitios críticos PK 62+669, PK 62+980.



Fuente: Autor.

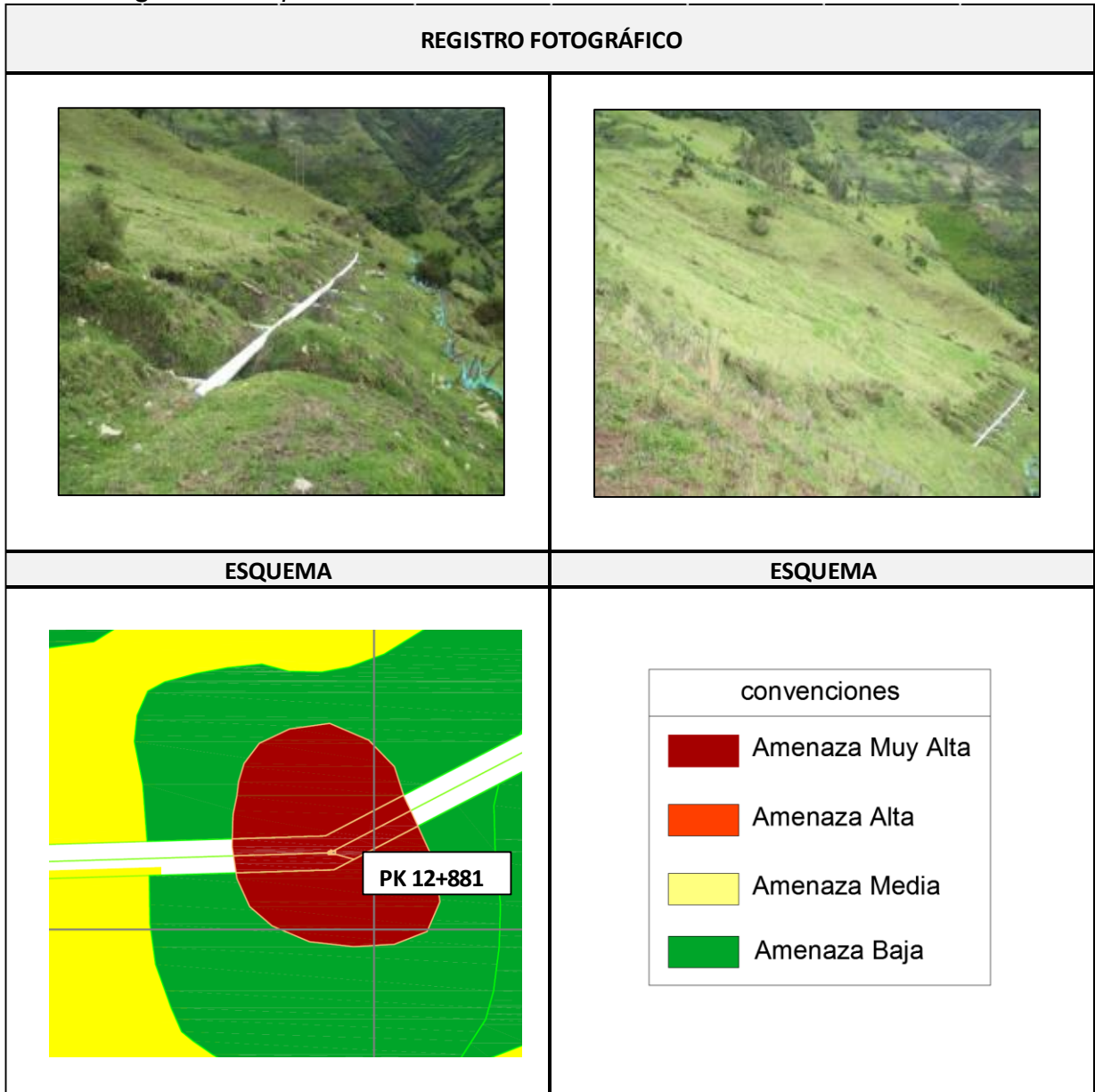
Z

4.7.2. TRAMO 2.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

Se observa en este sitio crítico amenaza muy alta, no es posible la estabilización o manejo desde el punto de vista técnico y económico se requiere la construcción de una variante.

Figura 39. Esquema de estudio de amenaza del sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

Figura 40. Plancha 22 de 32. Amenaza. Ubicación del Sitio crítico PK 12+881.

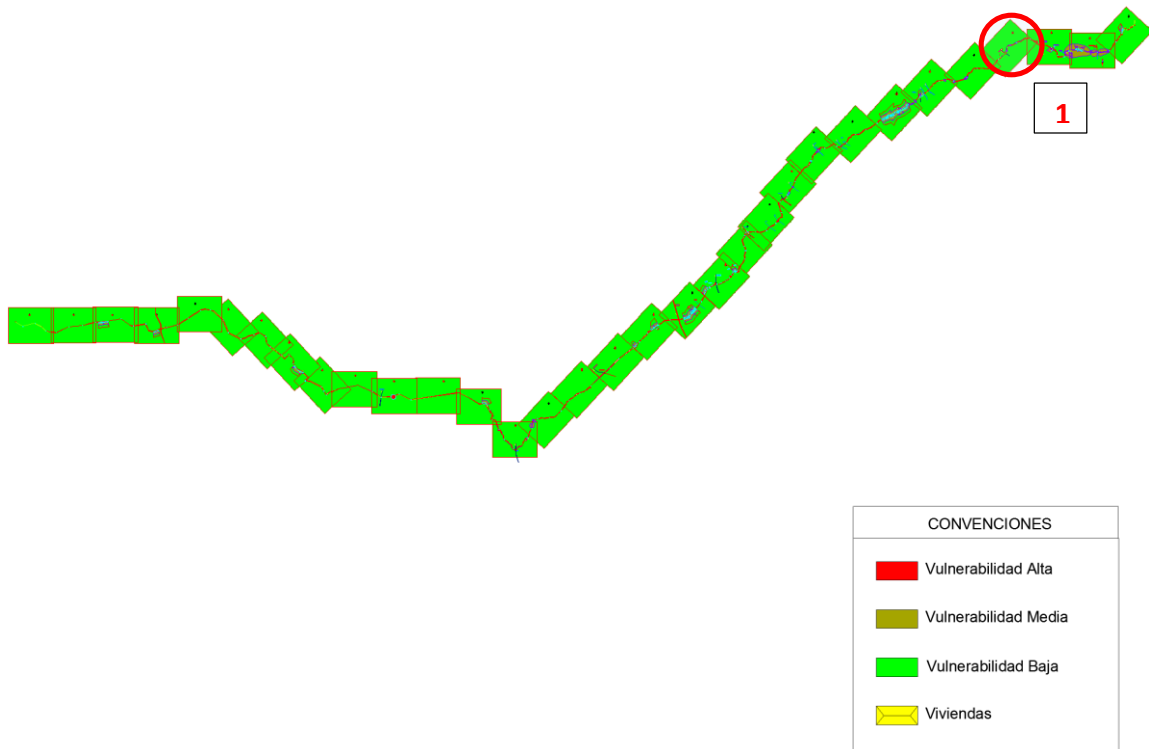


Fuente: Autor.

4.8. VULNERABILIDAD

La metodología de trabajo se basa en la vulnerabilidad social y física:

Figura 41. Mapa de Vulnerabilidad.



Fuente: Autor.

Se continúa el proceso del análisis conceptual en los tramos elegidos para el presente proyecto, en el caso del tramo 1 se encuentran dos viviendas, para el tramo 2 no hay evidencias de vulnerabilidad social en cercanía al sitio crítico, únicamente se analiza el tramo 1 plano 3 de 32.

4.8.1. VULNERABILIDAD SOCIAL

4.8.1.1. Viviendas

Con la ayuda del grupo de ingenieros de E.D Ingeotecnia S.A se realizó el censo poblacional donde se determinó la distancia real a la cual se encuentran localizadas las viviendas, tomando como parámetro de vulnerabilidad la distancia desde el derecho de vía a la vivienda definido en el numeral 4.6.1 y resumido de la siguiente forma: de 0-30 m vulnerabilidad alta, entre 30-100 m vulnerabilidad media y >100 m vulnerabilidad baja, se procede a realizar una zonificación de acuerdo con los niveles de vulnerabilidad definidos anteriormente.

Se identificó la vulnerabilidad de las viviendas con la distancia al derecho de vía.

Tabla 5. Vulnerabilidad Social.

Vivienda	Propietario Del Predio	Dist. al Derecho de Via (m)	Vulnerabilidad		
			Baja	Media	Alta
1	Julia Rozo	23			x
2	Evaristo Rozo Monroy	105	x		
3	Úrsula	70		x	
4	Evaristo Rozo Monroy	80		x	
5	José María Rozo García	35			x
6	Pompilio Peña	46		x	
7	Clemente Villamizar	30			x
8	Juan Arias Villamizar	50		x	
9	Clemente Villamizar	30			x
10	Víctor Manuel Sarmiento	80		x	
11	Rosa Ballesteros	15			x
12	Jesús Sarmiento	12			x
13	Jesús Antonio Arias	46		x	
14	Ana Isabel	30			x
15	Luis Hernando M.	40		x	
16	Gregorio Ortiz	40		x	
17	Miguel Rojas	15			x

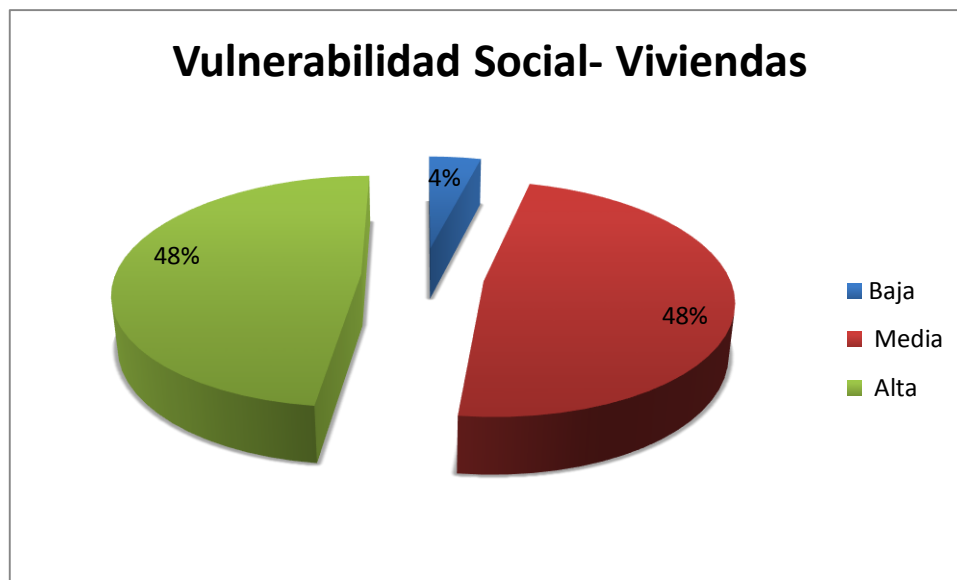
Z

18	Benjamín Flórez Portillo	15			x
19	Humberto Villamizar	60		x	
20	Luis Francisco Mogollón	40		x	
21	Olimpia Villamizar de Villamizar	12			x
22	Carmen Cecilia Conde.	12			x
23	Álvaro Carvajal	60		x	
24	Lino Navarro	30			x
25	Francisco Pabón	60		x	

Fuente: Autor.

Finalmente se resume la cantidad de viviendas con los diferentes niveles de vulnerabilidad:

Figura 42 Vulnerabilidad Social.



Fuente: Autor.

4.8.2. TRAMO 1.

Cerca de los sitios críticos de este tramo se visualizan dos viviendas la primera del señor Evaristo Rozo y la segunda del señor José Rozo, se evaluara la distancia de cada una de ellas respecto al derecho de vía y se determinara la vulnerabilidad social.

- **Propietario: Evaristo Rozo:**

Ficha Técnica:

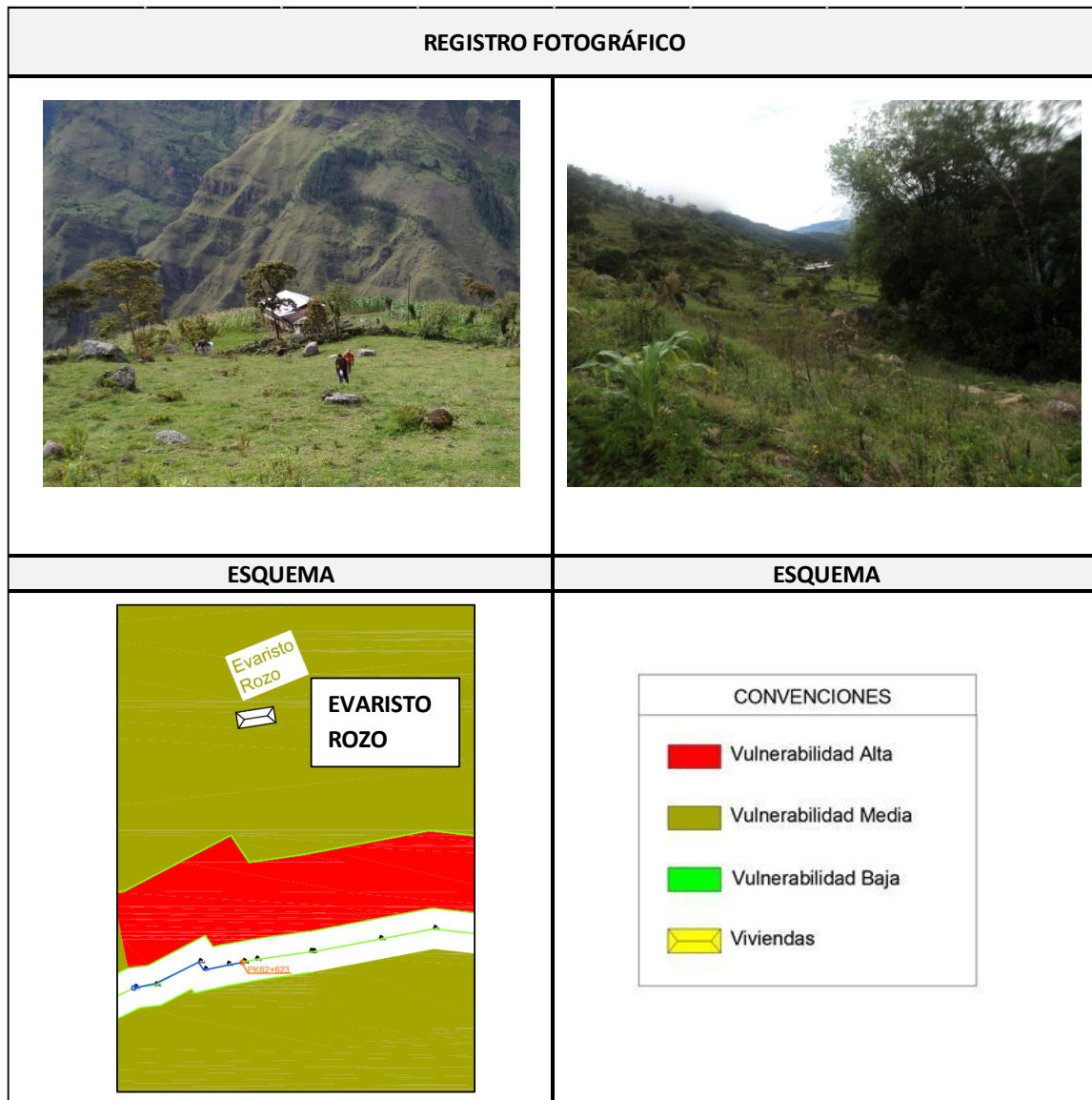
La vivienda se encuentra aproximadamente a 46 metros del sitio crítico PK 62+669 a una distancia de 80 metros del derecho de vía, se clasifica como vulnerabilidad

Z

media ya que se encuentra entre 30 y 100 metros, no se tienen en cuenta datos estructurales de la vivienda ya que únicamente se clasifican de acuerdo al aislamiento.

El predio del señor Evaristo rozo tiene aproximadamente 5 ha aferentes a la vivienda, en la zona se observaron cultivos de maíz y de apio estos pueden verse comprometidos, además tiene tres unidades de ganado criollo, no se observan quebradas cercas, tiene acueducto veredal suministrado de un nacimiento de agua.

Figura 43. Esquema de vulnerabilidad social de la vivienda de Evaristo Rozo.



Fuente: Autor.

Z

Figura 44. Copia del censo realizado a la población aledaña al Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga. Propietario: Evaristo Rozo.

	CENSO DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA AL GASODUCTO GIBRRALTAR-BUCARAMANGA		Código: TO-F-119
			Versión 5
			Página 1 de 1
Ubicación			
FECHA	DÍA 0 7	MES 0 9	AÑO 20 13
		Departamento: N. Santander Municipio: <u>Labateca</u>	
Gibraltar-			
Línea	<u>Bucaramanga</u>	PK	<u>62+623</u>
		Sector:	<u>-----</u>
		Vereda: <u>San Josecito</u>	
Nombre del predio: <u>Providencia</u>		Propietario: <u>Evaristo Rozo</u>	Área del predio: <u>5 Ha</u>
Nombre del Viviente: <u>No hay</u>		N° Cel: <u>312-3800115</u>	
N° de personas: <u>0</u> N° de adultos: <u>n/a</u>		N° Mujeres: <u>n/a</u>	Edades: <u>n/a</u>
		N° Hombres: <u>n/a</u>	Edades: <u>n/a</u>
N° Niños: <u>n/a</u>		N° Niñas: <u>n/a</u>	Edades: <u>n/a</u>
		N° Niños: <u>n/a</u>	Edades: <u>n/a</u>
CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE			
Vivienda	<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>
industrial	<input type="checkbox"/>	Granja	<input type="checkbox"/>
Cultivos: <u>X</u> Cercas y encerramientos: <u>-----</u>		Avícola	<input type="checkbox"/>
Clases de cultivos: <u>Maíz, apio</u>		Rural	<input checked="" type="checkbox"/>
Aguas: <u>X</u> Quebradas: <u>0</u> Nacimientos: <u>1</u>			
Cisternas: <u>0</u> Acueducto: <u>1</u>			
Nombre del acueducto: <u>Distrito de Riego</u>			
Animales			
Clases de aves: <u>No hay</u> Cant: <u>0</u>			
Ganado: <u>Criollos</u> Cant: <u>3</u>			
Perros: <u>No hay</u> Cant: <u>0</u>			
Instalaciones	SI/NO HAY	CANT	CAP MAX
Establos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estanques	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<u>1</u>	L x P x A <u>0.6 x 0.4 x 0.4</u>
Lavaderos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Galpones	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Marraneras	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pesebreras	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PLANO			
Convenciones del gráfico <input checked="" type="checkbox"/> Tubería <input checked="" type="checkbox"/> Catódico <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda			
REGISTRO FOTOGRAFICO			

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.

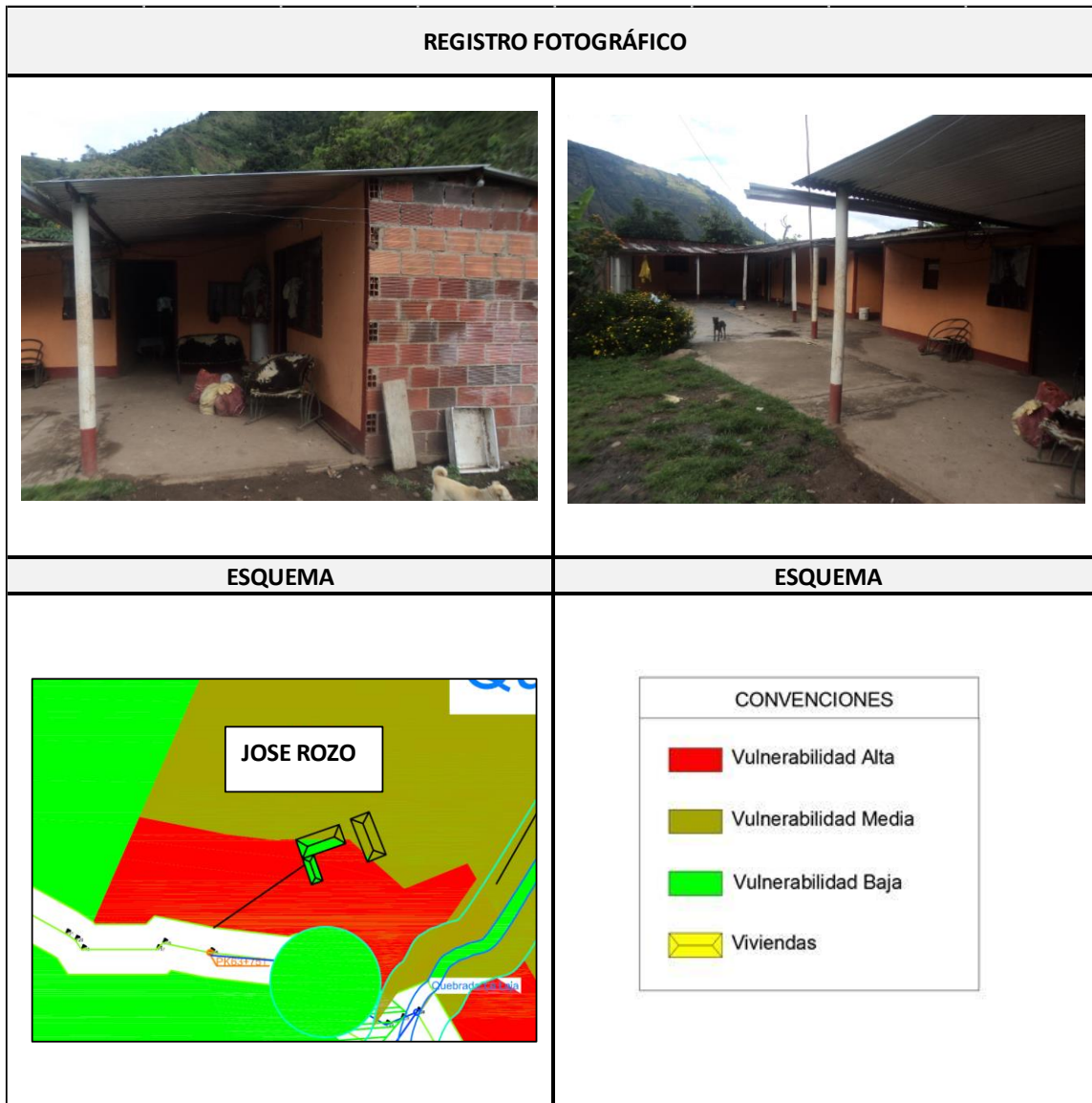
Z

- Propietario: José María Rozo

Ficha Técnica:

La vivienda se encuentra localizada en el PK 63+670 a una distancia de 35 metros del derecho de vía, se clasifica como vulnerabilidad alta ya que está muy cerca de los 30 metros de aislamiento parte de la vivienda está en el límite de esta frontera, no se tienen en cuenta datos estructurales de la vivienda ya que únicamente se clasifican de acuerdo al aislamiento.

Figura 45. Esquema de vulnerabilidad social de la vivienda de José M. Rozo.



Fuente: Autor.

Z

Figura 46. Copia del censo realizado a la población aledaña al Gasoducto Gibraltar-Bucaramanga. Propietario: José M. Rozo.

	CENSO DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA AL GASODUCTO GIBRRALTAR-BUCARAMANGA		Código: TO-F-119
			Versión 5
			Página 1 de 1

Ubicación			
FECHA	DÍA	MES	AÑO
	0 7	0 9	20 13
Departamento: N. Santander		Municipio: <u>Labateca</u>	
Gibraltar-Línea <u>Bucaramanga</u>		PK <u>63+751</u>	Sector: <u>Qda La Laja</u>
Vereda: <u>Caracolito</u>			

Nombre del predio: <u>La Planar</u>	Propietario: <u>José M. Rozo G.</u>	Área del predio: <u>2.5 Ha</u>
Nombre del Viviente: <u>José María Rozo Gracia</u>	N° Cel: <u>311-3113296</u>	
N° de personas: <u>4</u>	N° de adultos: <u>2</u>	N° Mujeres: <u>1</u>
		Edades: <u>32 Años</u>
		N° Hombres: <u>1</u>
		Edades: <u>24 Años</u>
	N° Niños: <u>2</u>	N° Niñas: <u>1</u>
		Edades: <u>8 meses</u>
		N° Niños: <u>1</u>
		Edades: <u>3 años</u>

CARACTERÍSTICAS DEL INMUEBLE			
Vivienda <input type="checkbox"/>	Comercial <input type="checkbox"/>	Avícola <input type="checkbox"/>	Rural <input checked="" type="checkbox"/>
Industrial <input type="checkbox"/>	Granja <input type="checkbox"/>		
Cultivos: <input checked="" type="checkbox"/>	Cercas y encerramientos: <input checked="" type="checkbox"/> <u>en malla</u>		
Clases de cultivos: <u>Maíz, apio y papa</u>			
Aguas: <input checked="" type="checkbox"/>	Quebradas: <input checked="" type="checkbox"/>	Nacimientos: <u>0</u>	
	<u>La Laja</u>		
	Cisternas: <u>0</u>	Acueducto: <u>1</u>	
Nombre del acueducto: <u>Caracolito</u>			
Animales			
Clases de aves: <u>Gallinas y pollo</u>		Cant: <u>45</u>	
Ganado: <u>Bestias</u>		Cant: <u>2</u>	
Perros: <u>Criollos</u>		Cant: <u>3</u>	

Instalaciones	SI/NO	HAY	CANT	CAP MAX
Establos	No			
Estanques	No			
Lavaderos	Si		<u>1</u>	<u>1.0 x 1.2 x 1.0</u>
Galpones	Si		<u>1</u>	<u>50</u>
Marraneras	Si		<u>2</u>	<u>3</u>
Pesebreras	No			

PLANO

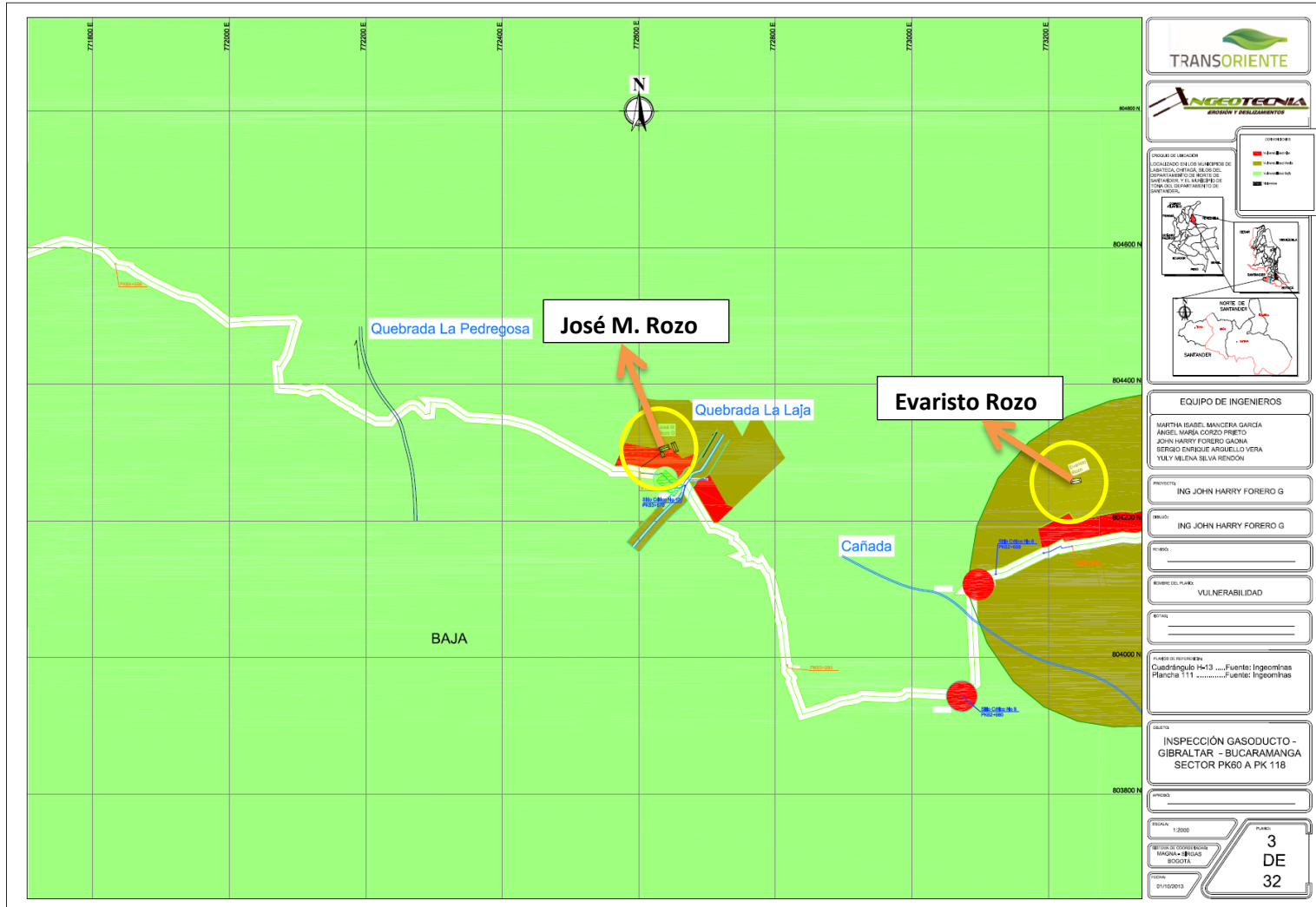
Convenciones del gráfico

Tubería
 Catódico
 Vivienda

REGISTRO FOTOGRAFICO	

Fuente: E.D. Ingeotecnia S.A.

Figura 47. Plancha 3 de 32. Vulnerabilidad Social. Ubicación viviendas más vulnerables del tramo 1.



Fuente: Autor.

4.8.3. VULNERABILIDAD FÍSICA

Para el proyecto fueron evaluados cada uno de los Sitios críticos y se determinó el nivel de vulnerabilidad en cada uno de ellos, a continuación se relacionan:

Tabla 6. Vulnerabilidad Física.

Sitio	PK	Coordenadas		Vulnerabilidad		
		Este	Norte	Baja	Media	Alta
1	60+250	775128	804757	x		
2	60+656	774938	804475	x		
3	61+117	774680	804148	x		
4	61+200	774482	804111		x	
5	61+620	774264	804106		x	
6	61+500	774381	804097		x	
7	61+824	774061	804097		x	
8	62+669	773123	804122			x
9	62+980	773111	804119			x
10	63+670	772668	804252	x		
11	65+198	771337	804441		x	
12	65+450	771114	804348		x	
13	65+878	770979	804147		x	
14	67+980	769473	803136		x	
15	70+350	767584	802243	x		
16	70+450	767538	802222		x	
17	71+410	766777	801810	x		
18	73+500	765599	801128		x	
19	75+525	764178	800584	x		
20	75+583	764144	800534		x	
21	75+620	764086	800476		x	
22	76+039	763890	800166			x
23	77+476	763237	799227		x	
24	77+860	763041	798938			x
25	78+915	762840	798138	x		
26	79+074	762717	798013	x		
27	79+108	762688	797997	x		
28	80+536	761499	797481	x		
29	81+350	761540	796920			x
30	81+970	761280	796219	x		
31	82+200	761058	796071	x		
32	82+350	760980	795994		x	

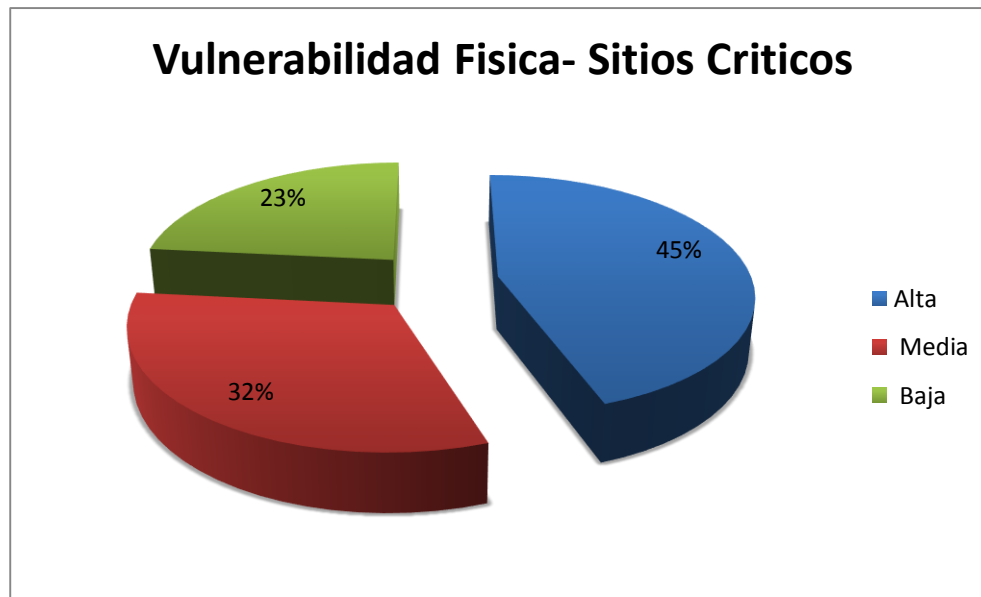
Z

33	83+250	760430	795741	x		
34	83+300	760226	795599			x
35	84+200	759682	794789		x	
36	85+500	758725	794404	x		
37	PK5+300	753670	790224			x
38	PK7+200	752683	790355	x		
39	PK7+850	752386	790810	x		
40	PK8+065	752361	790948	x		
41	PK8+350	752273	791125	x		
42	PK8+420	75238	791181			x
43	PK12+881	748779	791636			x
44	PK16+500	745585	792219			x
45	PK17+385	745498	792520			x
46	PK24+430	740541	794143	x		
47	PK25+460	739805	794271	x		

Fuente: Autor.

Finalmente se resume la cantidad de sitios críticos con los diferentes niveles de vulnerabilidad:

Figura 48 Vulnerabilidad Física.



Fuente: Autor.

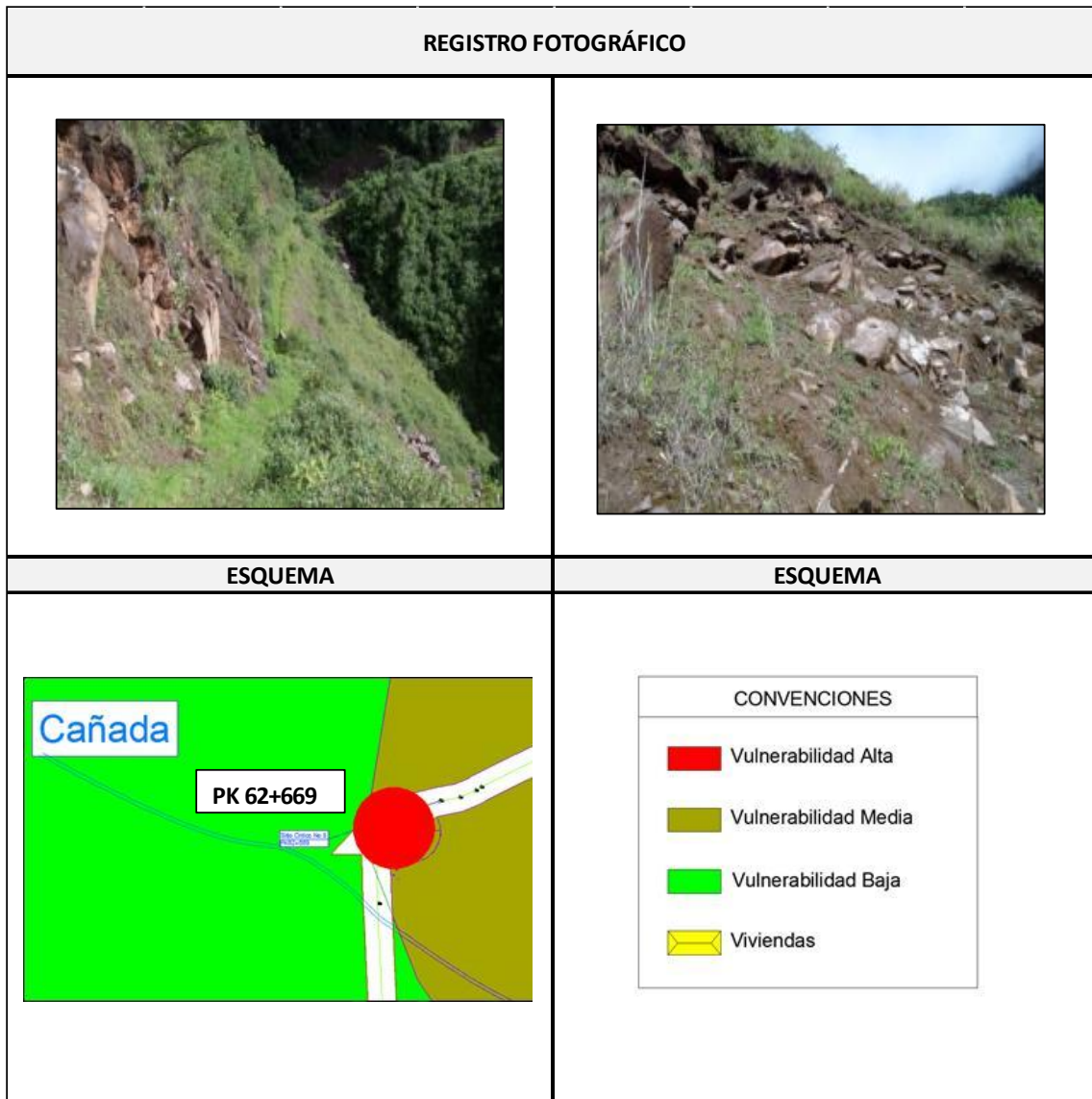
Continuando con los sitios elegidos para el análisis conceptual se presenta la vulnerabilidad física, teniendo en cuenta que el tramo 1 está ubicado en la plancha 3 de 32 y el tramo 2 en la plancha 22 de 32.

4.8.3.1. TRAMO 1.

- **Sitio Crítico PK 62+669**

Se logra observar en la figura 49 que la vulnerabilidad es alta debido a que la estructura se halla embebida en el talud, se necesitan altos costos por demolición y reconstrucción, la estructura en este sitio puede ser severamente afectada en caso de deslizamiento que este caso es muy susceptible debido a la cañada.

Figura 49. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 62+669.



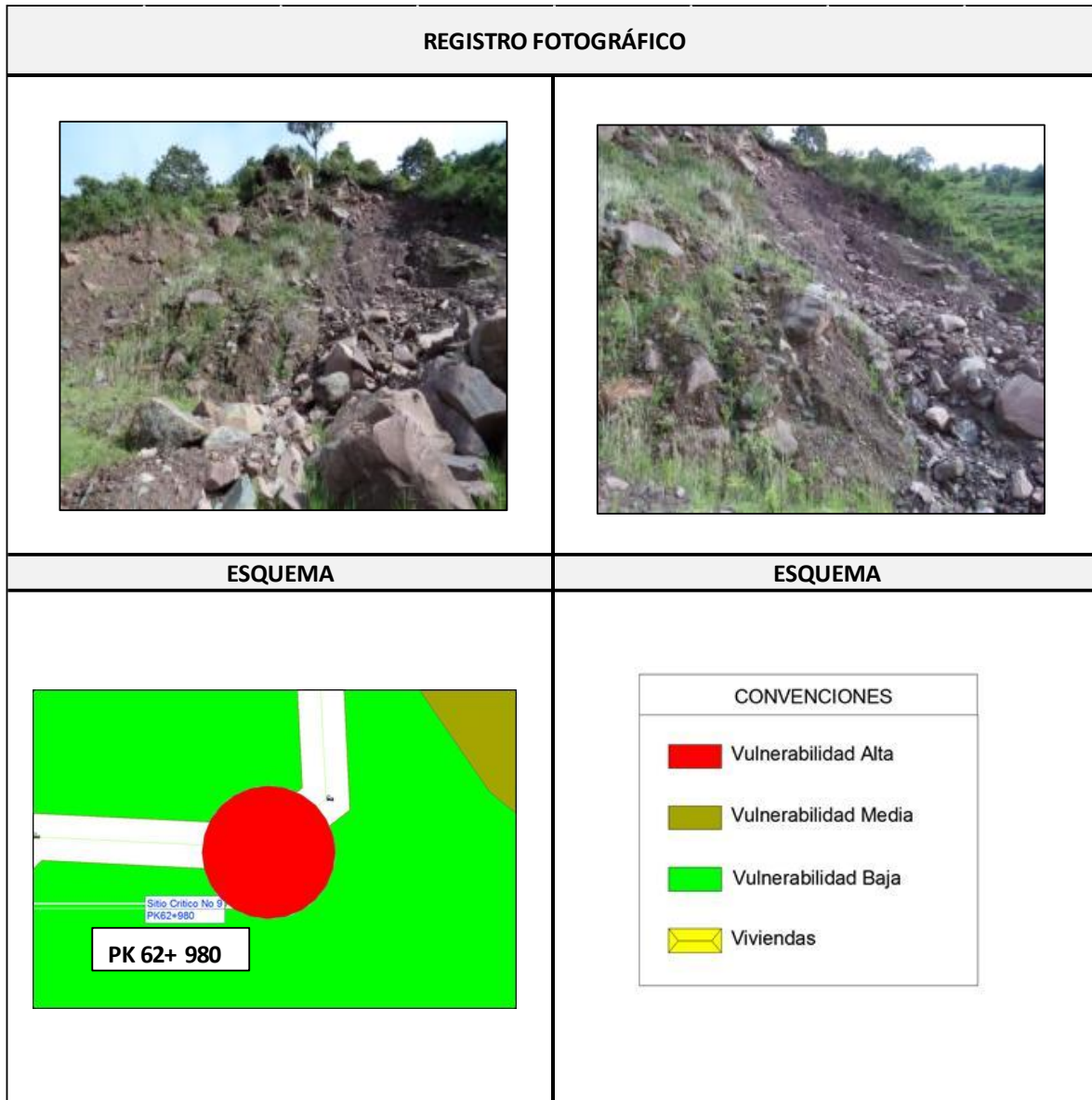
Fuente: Autor.

Z

- **Sitio Crítico PK 62 +980**

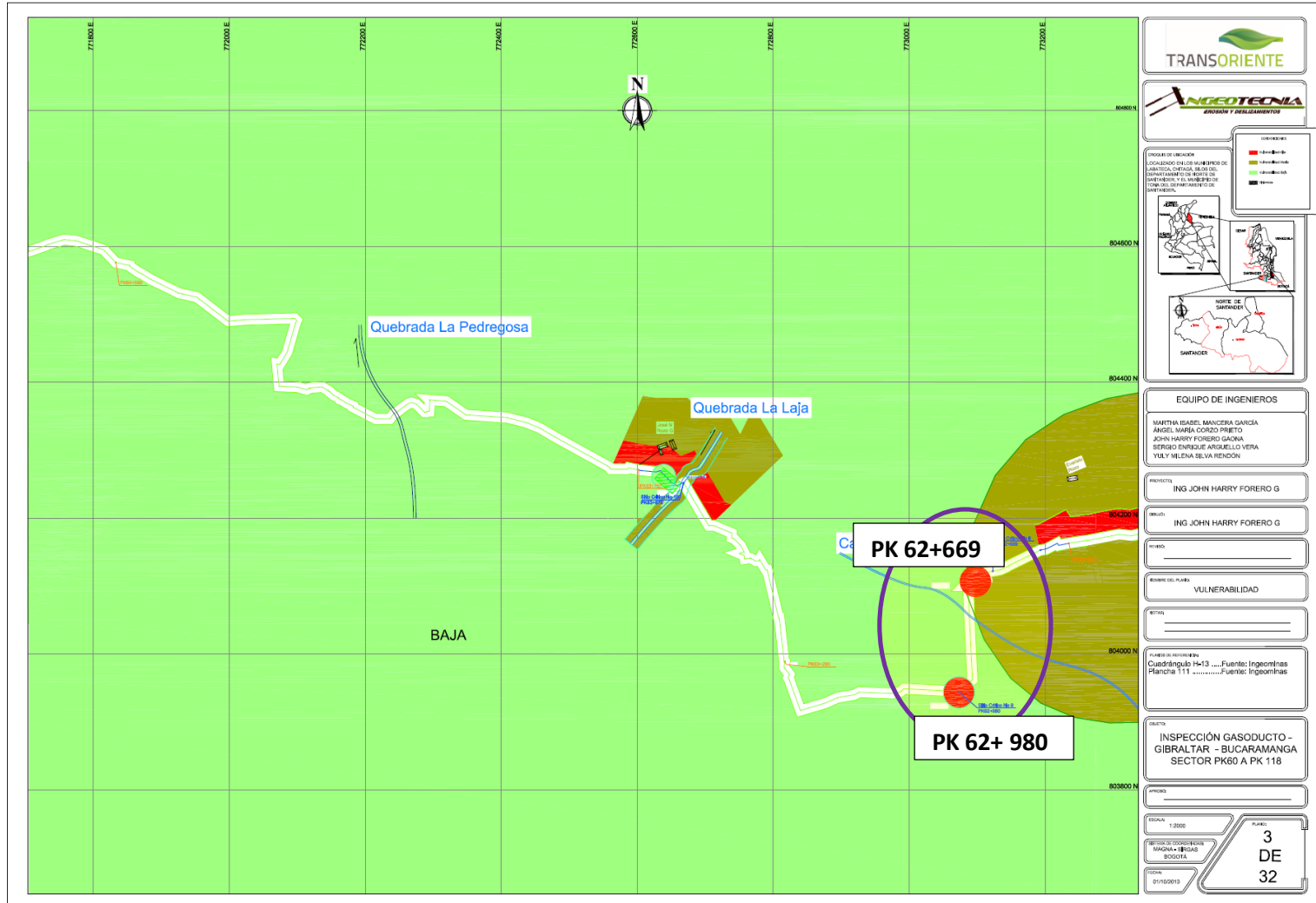
Al igual que el anterior se logra observar en la figura 50 que la vulnerabilidad es alta debido a que la estructura se halla embebida en el talud, se necesitan altos costos por demolición y reconstrucción, la estructura en este sitio puede ser severamente afectada en caso de deslizamiento.

Figura 50. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 62+980



Fuente: Autor.

Figura 51. Plancha 3 de 32. Vulnerabilidad Física. Ubicación de los sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.



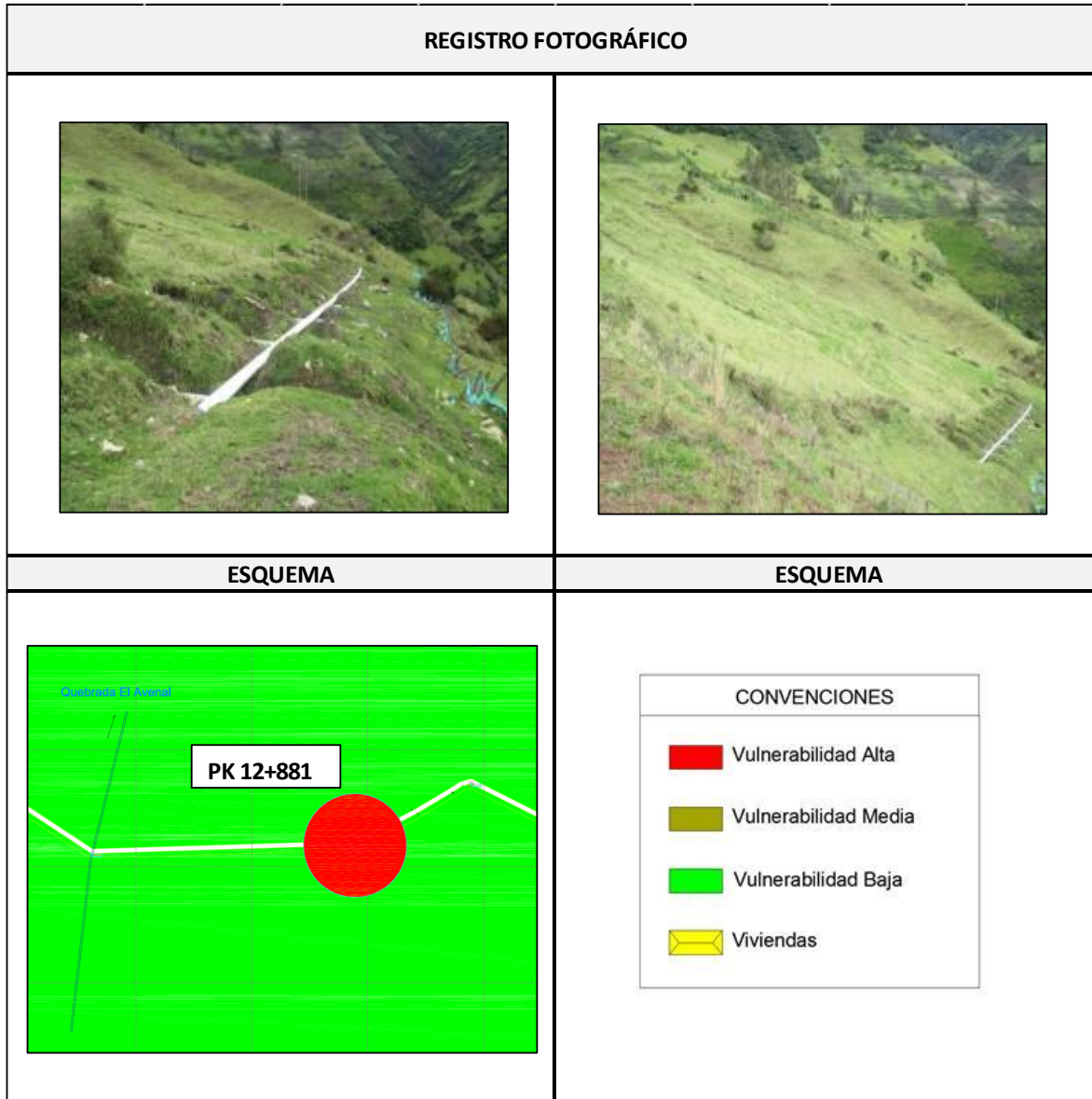
Fuente: Autor.

4.8.3.2. TRAMO 2.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

Se observa en la figura 52 que la vulnerabilidad es alta debido a que la tubería se encuentra puede sufrir daños fugas por los fenómenos de remoción en masa del lugar, se necesitan altos costos por reconstrucción.

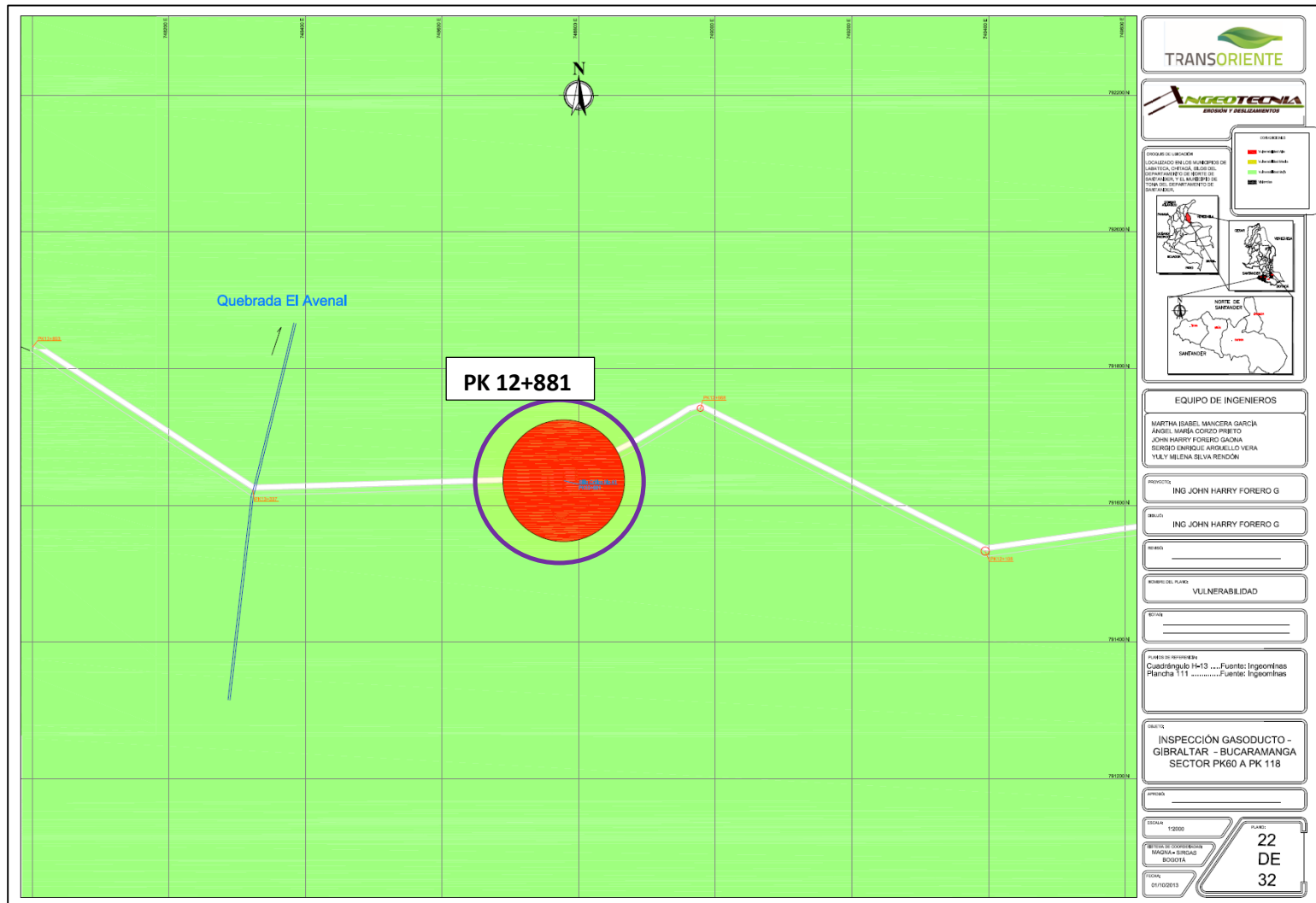
Figura 52. Esquema de Vulnerabilidad Física para el sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.



Figura 53. Plancha 22 de 32. Vulnerabilidad Física. Ubicación del sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

4.9. RIESGO

Con base en la zonificación de amenaza y los análisis de vulnerabilidad física se adelantan estudios de riesgos, para esto fue necesario mediante ArcGis 10.2.1 superponer los mapas de amenaza y vulnerabilidad generando el mapa de riesgos Finalmente se obtiene un resultado del producto entre la amenaza y la vulnerabilidad de acuerdo con la siguiente expresión que define el cálculo del riesgo según la UNDR0 1979.

$$Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad$$

Esta expresión representa el producto final del análisis heurístico o la superposición de los mapas de amenaza y vulnerabilidad.

Tabla 7 Niveles De Riesgo

NIVELES DE RIESGO INDICATIVO		
AMENAZAS NATURALES	VULNERABILIDAD RELATIVA	RIESGO INDICATIVO
Muy Alta	Alta	Muy Alto
Alta	Media	Alto
Media	Baja	Medio
Baja	Baja	Bajo

Fuente: Investigación del Autor

Para definir el riesgo de los sitios críticos se analizó un aspecto muy importante los niveles de riesgos por costos, estos fueron evaluados según la accesibilidad al sitio crítico y la longitud de reparación de la tubería en caso de daño.

z

La accesibilidad al sitio crítico se define localizando distancias de las vías más cercanas al sitio crítico estableciendo rangos que definen los niveles de amenaza; la longitud de reparación se define de acuerdo al grado de exposición y los diferentes fenómenos de remoción en masa identificados en los puntos críticos, estableciendo rangos de afectación.

A continuación se relaciona el riesgo en los sitios críticos identificados en el presente proyecto:

Tabla 8 Riesgo En Sitios Críticos Por Costos.

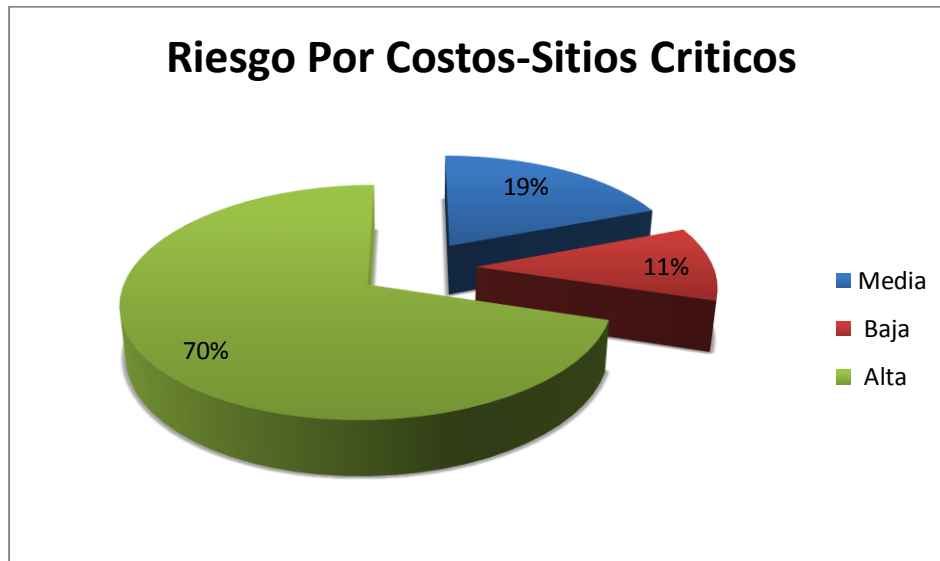
Sitio	PK	Coordenadas		Riesgo		
		Este	Norte	Baja	Media	Alta
1	60+250	775128	804757			x
2	60+656	774938	804475			x
3	61+117	774680	804148			x
4	61+200	774482	804111			x
5	61+620	774264	804106			x
6	61+500	774381	804097			x
7	61+824	774061	804097			x
8	62+669	773123	804122			x
9	62+980	773111	804119			X
10	63+670	772668	804252			X
11	65+198	771337	804441			X
12	65+450	771114	804348			X
13	65+878	770979	804147			X
14	67+980	769473	803136			X
15	70+350	767584	802243			X
16	70+450	767538	802222			X
17	71+410	766777	801810			X
18	73+500	765599	801128			X
19	75+525	764178	800584			X
20	75+583	764144	800534			X
21	75+620	764086	800476			X
22	76+039	763890	800166			X
23	77+476	763237	799227			X
24	77+860	763041	798938			X
25	78+915	762840	798138			X
26	79+074	762717	798013			X
27	79+108	762688	797997			X

Z

28	80+536	761499	797481		x	
29	81+350	761540	796920			X
30	81+970	761280	796219	x		
31	82+200	761058	796071		x	
32	82+350	760980	795994			X
33	83+250	760430	795741			x
34	83+300	760226	795599			X
35	84+200	759682	794789	x		
36	85+500	758725	794404			X
37	PK5+300	753670	790224		x	
38	PK7+200	752683	790355	x		
39	PK7+850	752386	790810	x		
40	PK8+065	752361	790948	x		
41	PK8+350	752273	791125	x		
42	PK8+420	75238	791181	x		
43	PK12+881	748779	791636			X
44	PK16+500	745585	792219		x	
45	PK17+385	745498	792520	x		
46	PK24+430	740541	794143		x	
47	PK25+460	739805	794271	x		

Fuente: Autor

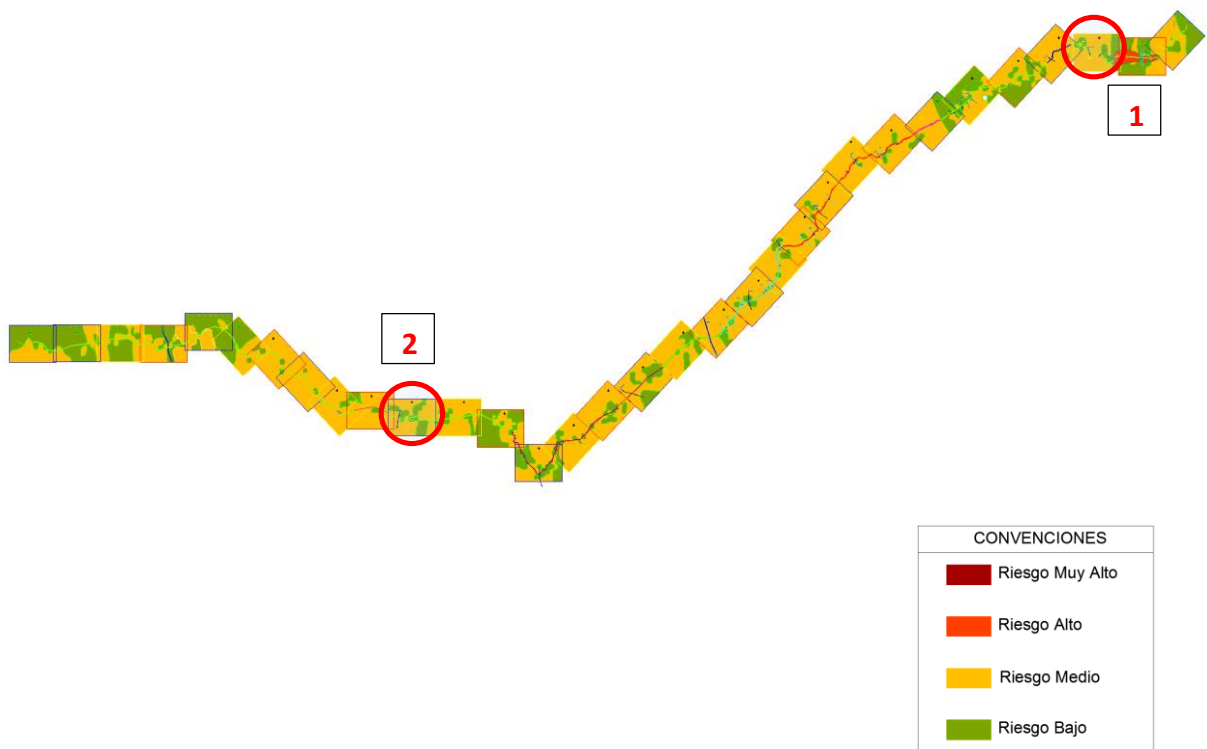
Figura 54 Riesgo Costos Sitios Críticos.



Fuente: Autor.

El recorrido consta de 58 km, de los cuales se obtienen 32 planchas a escala 1:2000, estas planchas contienen sitios críticos muy importantes definidos con los criterios anteriormente mencionados, a continuación se muestra el análisis conceptual de los tramos y sitios críticos elegidos y analizados anteriormente, acatando que el tramo 1 se encuentra en la plancha 3 de 32 y el tramo 2 en la plancha 22 de 32:

Figura 55. Mapa de Riesgo.



Fuente: Autor.

Finalmente se determina el nivel de riesgo es los sitios de interés:

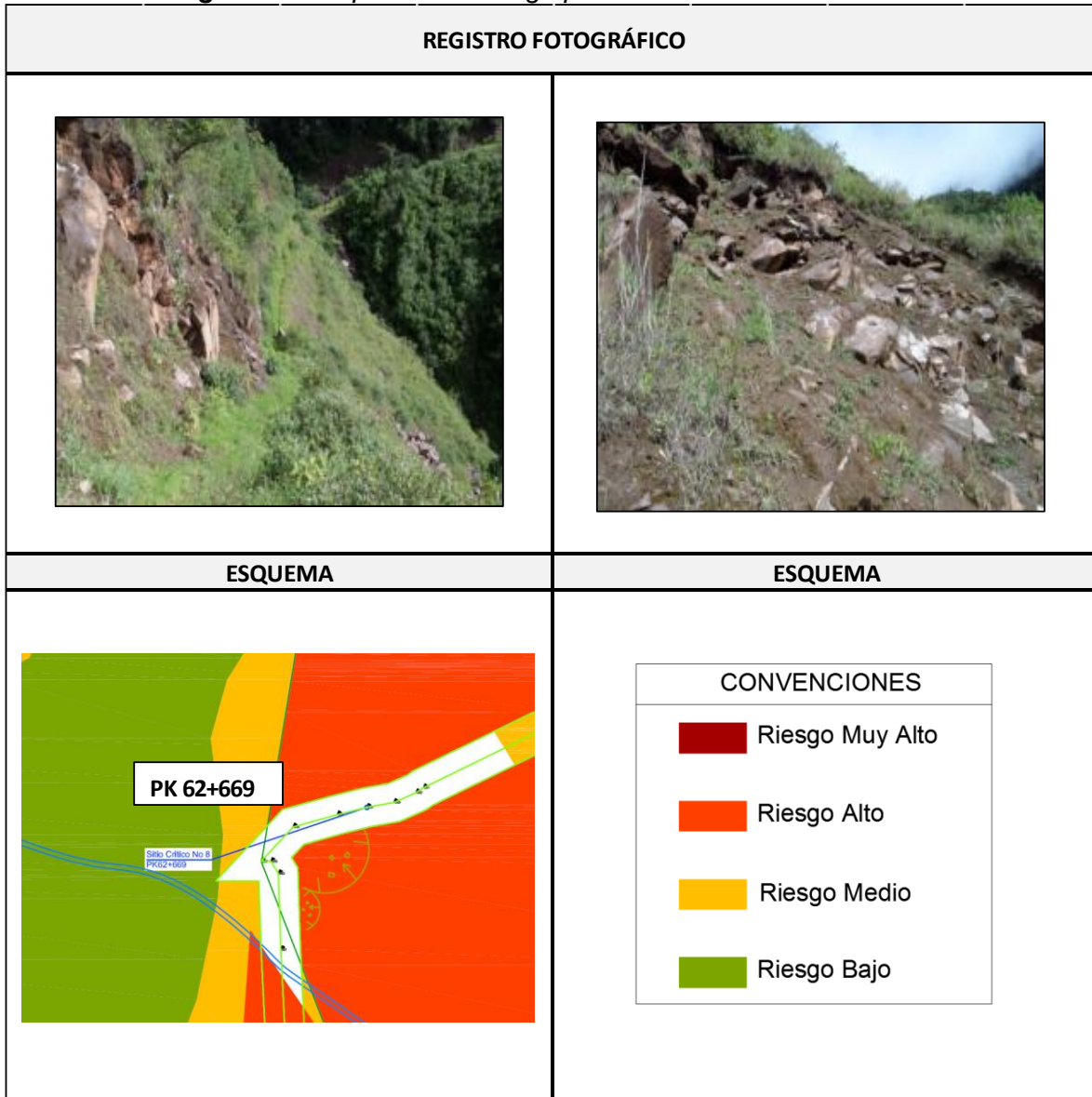
Z

4.9.1. TRAMO 1.

- **Sitio Crítico PK 62+669**

El riesgo en este sitio es alto, el acceso a la zona presenta un alto grado de dificultad, donde la distancia es superior a 300 metros, los costos son muy altos debido a la dificultad de ingreso de maquinaria, materiales, personal técnico y operativo.

Figura 56. Esquema de Riesgo para el sitio crítico PK 62+669.



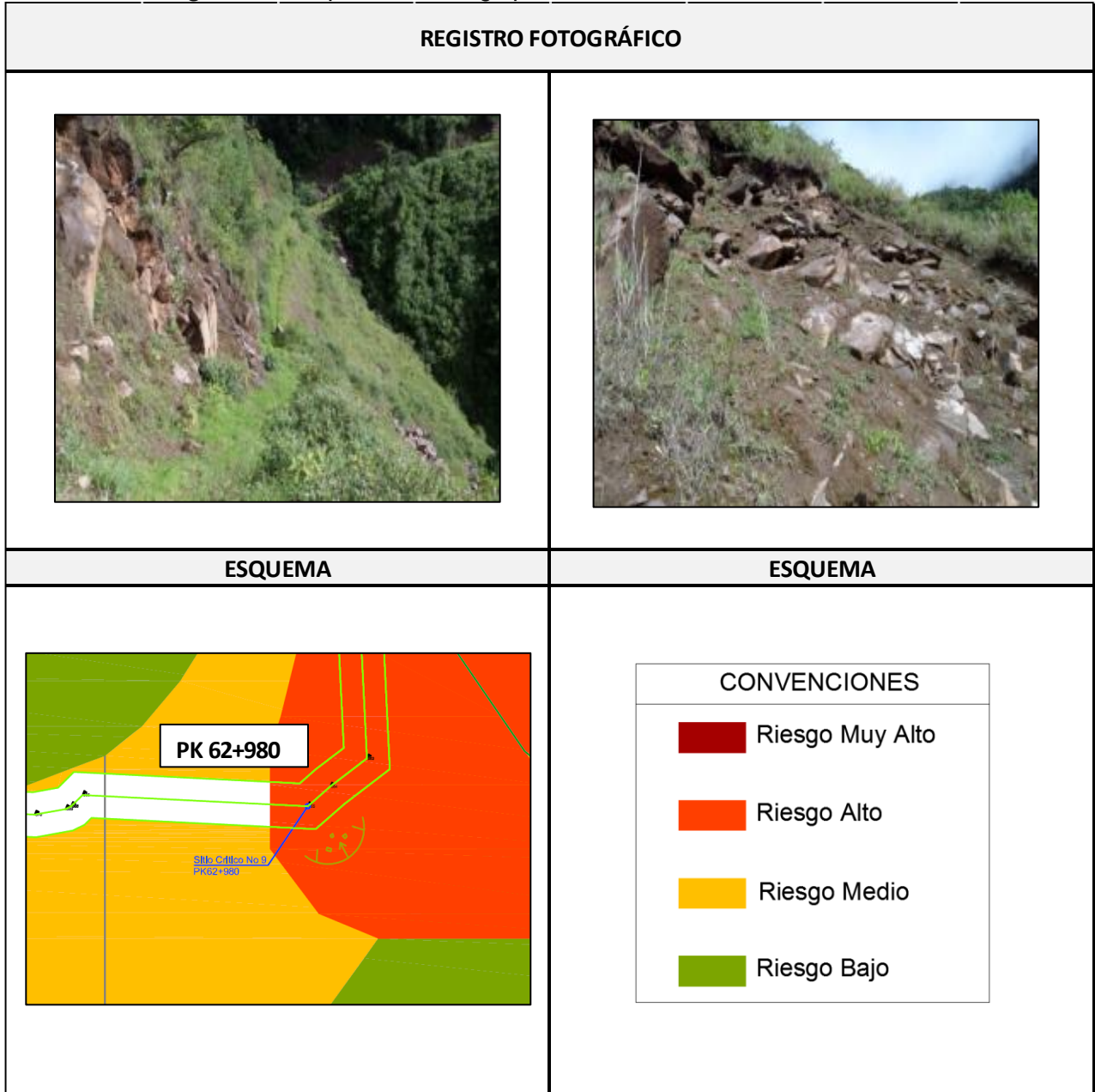
Fuente: Autor.

Z

• **Sitio Crítico PK 62 +980**

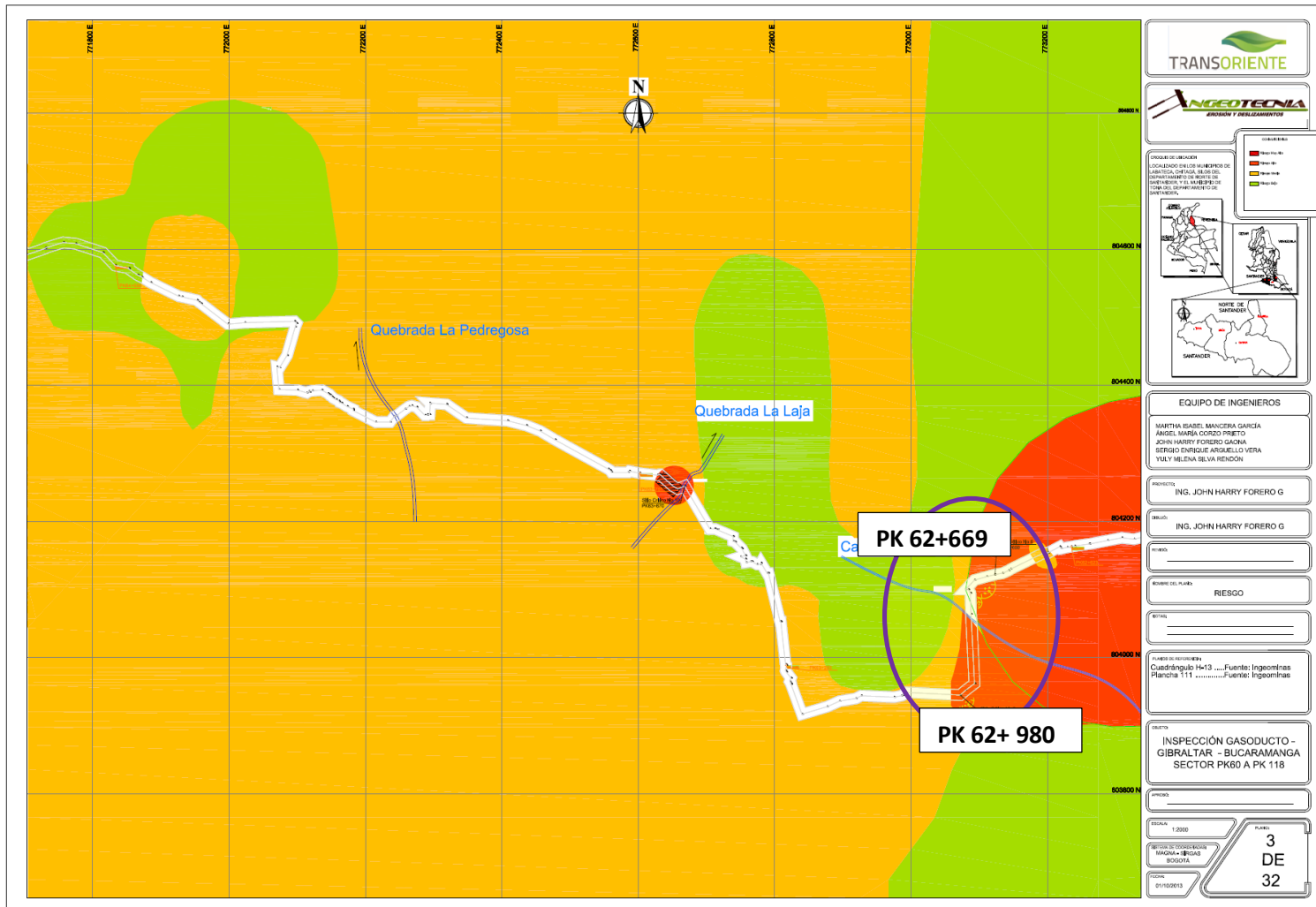
Al igual que el anterior el riesgo en este sitio es alto, el acceso a la zona presenta un alto grado de dificultad, donde la distancia de acceso es superior a 300 metros, los costos son muy altos debido a la dificultad de ingreso de maquinaria, materiales, personal técnico y operativo.

Figura 57. Esquema de riesgo para el sitio crítico PK 62+980.



Fuente: Autor.

Figura 58. Plancha 3 de 32. Riesgo. Ubicación de los sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980.



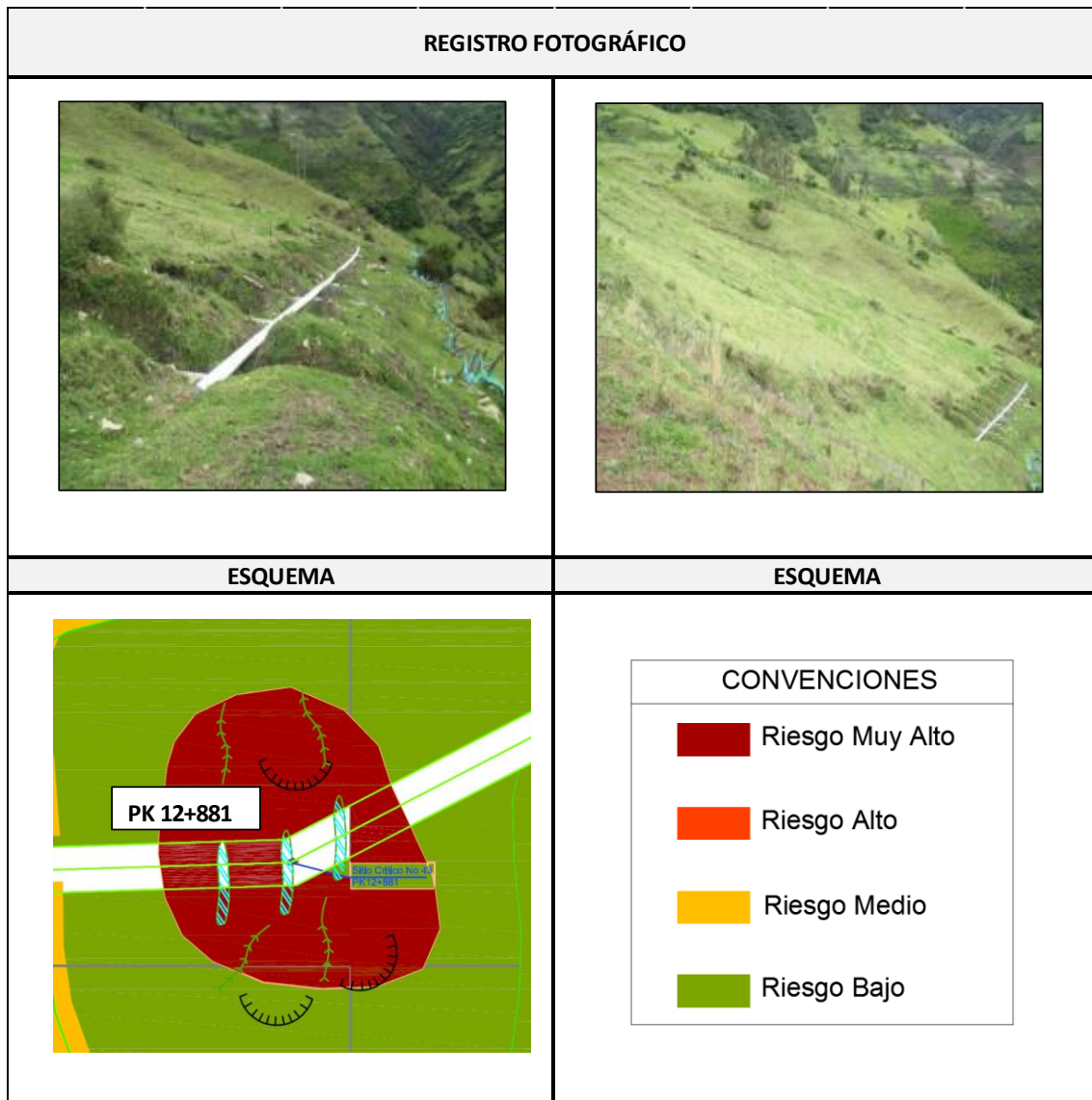
Fuente: Autor.

4.9.2. TRAMO 2.

- **Sitio Crítico PK 12+881**

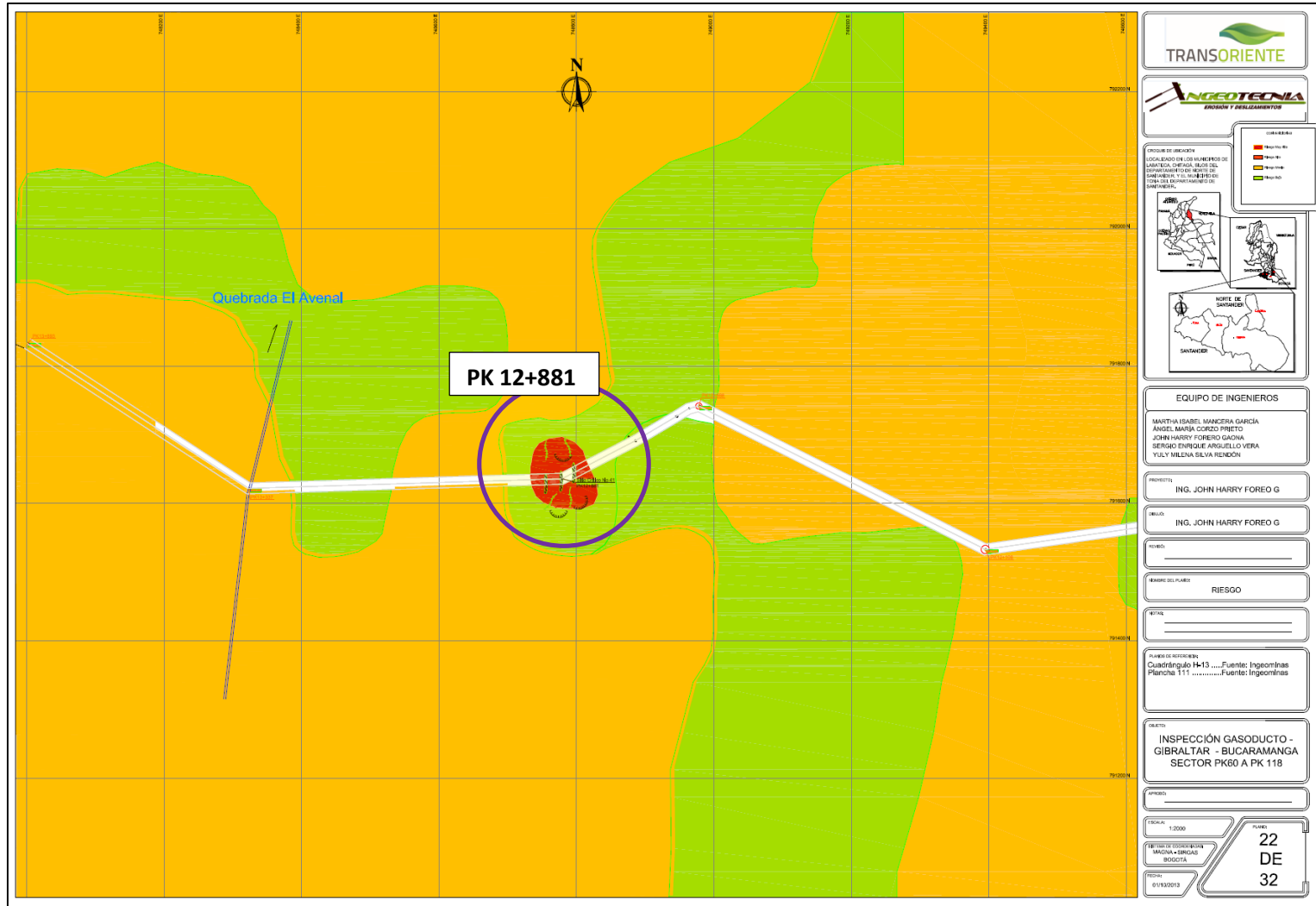
La amenaza es muy alta y la vulnerabilidad alta luego la zona está en nivel de riesgo muy alto, es un sitio de acceso con cierto grado de dificultad, la longitud de reparación de la tubería puede llegar a superar los 15 metros debido a la magnitud de los fenómenos de remoción en masa.

Figura 59. Esquema de riesgo para el sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

Figura 60. Plancha 22 de 32. Riesgo. Ubicación del sitio crítico PK 12+881.



Fuente: Autor.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se identificó el tipo de proceso o de fenómenos de remoción en masa en cada sitio crítico y la posibilidad de ocurrencia en términos cualitativos de acuerdo con la zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.
- Se logró identificar y localizar la amenaza por fenómenos de remoción en masa en las condiciones actuales del tramo comprendido entre el Pk60+000 al Pk 118+000 .
- Luego de realizado el análisis a los sitios críticos PK 62+669 y PK 62+980, se determinó que la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo son altos, es decir se puede esperar la ruptura de la tubería y los costos de reparación son muy altos, presenta dificultad en el acceso, las obras de remediación deben plantearse soportadas con estudios técnicos localizados, ya que esta zona está en constante movimiento de flujo de detritos y susceptible a deslizamientos que afectaran la tubería embebida en el talud.
- Se determinó la vulnerabilidad física y social en los sitios críticos identificados en el tramo estudiado, de los cuales el 48 % de las viviendas deben ser reubicadas, 48% protegidas y 4% no presentan vulnerabilidad, de los sitios críticos el 70% con vulnerabilidad alta estos se encuentran en el pie o corona del talud y necesitan altos costos por demolición y reconstrucción, el 19% vulnerabilidad media y 19% vulnerabilidad baja.
- Se evaluó el riesgo en los sitios críticos identificados en función de accesibilidad y longitud de reparación de la tubería afectada y el riesgo en general con la información obtenida de los mapas de amenaza y vulnerabilidad.
- El riesgo que se determinó en el sitio crítico PK 12+881 es muy alto, presenta una vulnerabilidad alta y una amenaza muy alta, se recomienda que se evalúe una variante de la trayectoria del gasoducto ya que la estabilización de es muy compleja, a pesar que la tubería esta superficial y a la intemperie para minimizar el impacto del empuje pasivo de la tierra, las condiciones de magnitud del área amenazante son muy grandes y pueden generar un enorme pérdida económica por la longitud de reparación.

- Se deben realizar un levantamiento topográfico y estudios geofísicos a los sitios críticos para determinar parámetros como espesores de los materiales inestables, profundidad de la superficie de falla, análisis de los agentes detonantes hidráulico y sísmico, la deformación pre-post fallamiento y la probabilidad o frecuencia de ocurrencia, para complementar la información básica y tener una certeza mayor a posibles soluciones geotécnicas.
- Finalmente se anexan los mapas temáticos en ArcGis, es de aclarar que no es del alcance del proyecto, pero es la base para integrar estudios de estabilidad y generar un sistema de información georeferenciada.

BIBLIOGRAFÍA

Bonachea, J. (2006). Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. Universidad de Cantabria. Tesis Doctoral.

Crozier, M.J y Glade T. 1999, Frequency and magnitude of landsliding: fundamental research issues, en Memorias, International Conference on Geomorphology, Bologna P.141-155.

Crozier, M.J y Glade T. 2005, Landslide hazard and risk: Issues, concepts and approach, en Glade, T. et al ed Landslide hazard and risk: Chichester, England, John Willey & Sons p.2-40.

Cruden D.M 1991 A simple definition of a landslide: Bulletin of the International Association of Engineering Geology. V.43, p. 27-29.

Cruden D.M, Varnes D.J.1996 , Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.I ed Landslides investigation and mitigation: Washington D.C, National Academy press, Transportation Research Board special Report 247 P.36-75

CDMB, Normas Técnicas Para El Control De Erosión y Para La Realización De Estudios Geológicos, geotécnicos e hidrológicos. 29 de Diciembre 2009

Fausto Guzzetti, Alberto Carrara b, Mauro Cardinali a, Paola Reichenbach Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy, Geomorphology 31 _1999.

Z

F. Ardizzone, M. Cardinali, A. Carrara, F. Guzzetti¹, and P. Reichenbach Impact Of Mapping Errors On The Reliability Of Landslide Hazard Maps Natural Hazards and Earth System Sciences (2002) 2: 3–14 c European Geophysical Society 2002

GEMMA. Movimientos En masa En La Región Andina, Servicio Nacional de Geología y Minería Publicación geológica multinacional No. 4, 2007.

Hutchinson, J.N, 1988 Morphological and Geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology, en Memorias, 5th International Conference on Landslides, Lausanne P 3-35.

INGEOMINAS, Propuesta Metodológica Para El Desarrollo De La Cartografía Geomorfológica Para Zonificación Geomecánica. Volumen 2 Bogotá Diciembre 2004.

INGEOMINAS, Propuesta Metodológica Para El Desarrollo De La Cartografía Geomorfológica Para Zonificación Geomecánica Volumen 2. Bogotá Diciembre 2001.

J. Chaco, C. Irigara, T. Fernandez Engineering geology maps: landslides and geographical information systems Bull Eng Geol Environ (2006)

M. Barbolini¹, Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment, University of Pavia, Italy.

Martínez A., N. J., Corrales C., J. J., Rodríguez P., C. E., & Sánchez C., F. V. (2010). Relación entre los Deslizamientos y la Dinámica Climática en Colombia. Revista de la Comisión Colombiana del Espacio, 79-98.

Marín Castro Eduardo, Cuervo Vargas German, Espitia 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.

Z

RODRÍGUEZ PINEDA, Carlos Eduardo, Vulnerabilidad Física Ante Deslizamientos, 2009.

Suarez Díaz, Jaime. Deslizamientos Volumen 1 Análisis Geotécnico, capítulo 1 Nomenclatura y Clasificación de los Movimientos, Ediciones UIS Febrero de 2009.

Silva Yuly, Inspección Visual Preventiva, Análisis Conceptual y Formulación De Obras De Remediación Al Derecho De Vía Del Gasoducto Gibraltar- Bucaramanga Desde PK 60 +000 Al PK118+000.

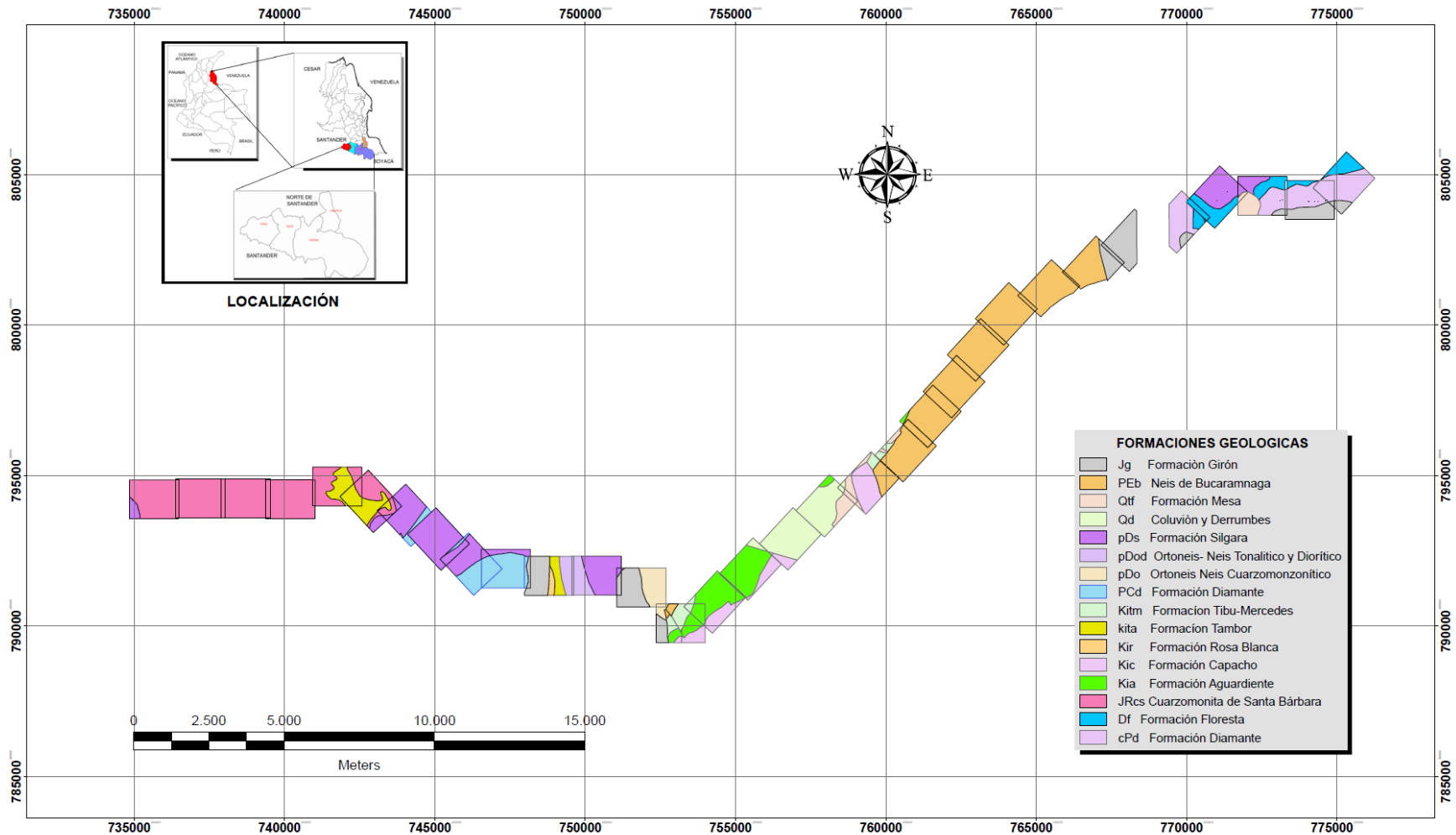
Varnes, D.J. 1958. Landslides types and processes, en Eckel , E.B ed Landslides and engineering practice, Special report 28: Washington, D.C Highway Research Board, National Academy of Sciences. P 20-47.

ANEXO A

Mapas Temáticos



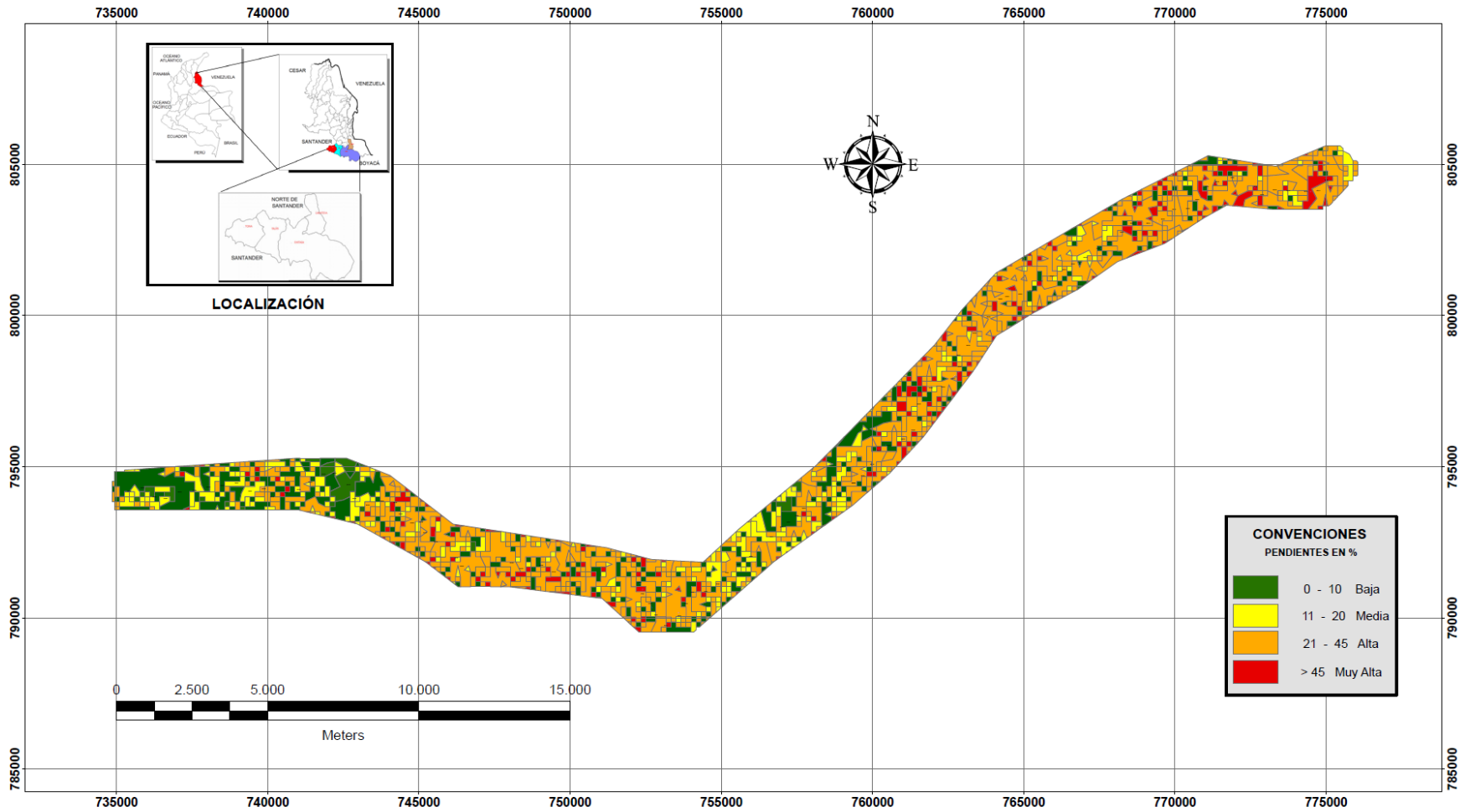
MAPA DE GEOLOGIA REGIONAL



	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Revisó: _____	Elaboró: Ing John Harry Forero Gaona	Escala: 1:50.000	Observaciones: _____ _____	
			Fecha: Febrero de 2014	Plano: 1 de 6			



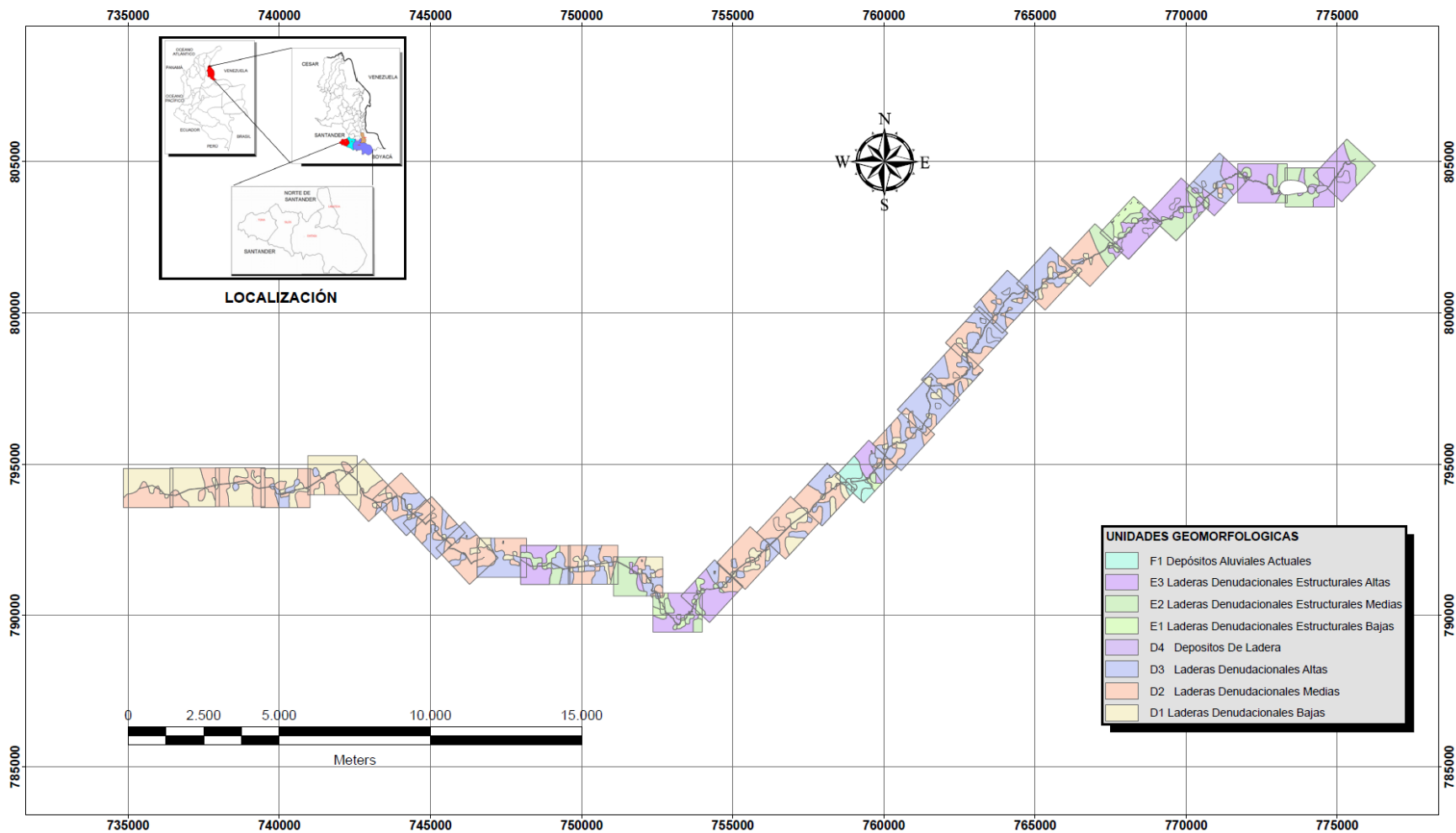
MAPA DE PENDIENTES



	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Revisó: _____	Elaboró: Ing John Harry Forero Gaona	Escala: 1:50.000	Observaciones: _____ _____	
			Fecha: Febrero de 2014	Plano: 2 de 6			



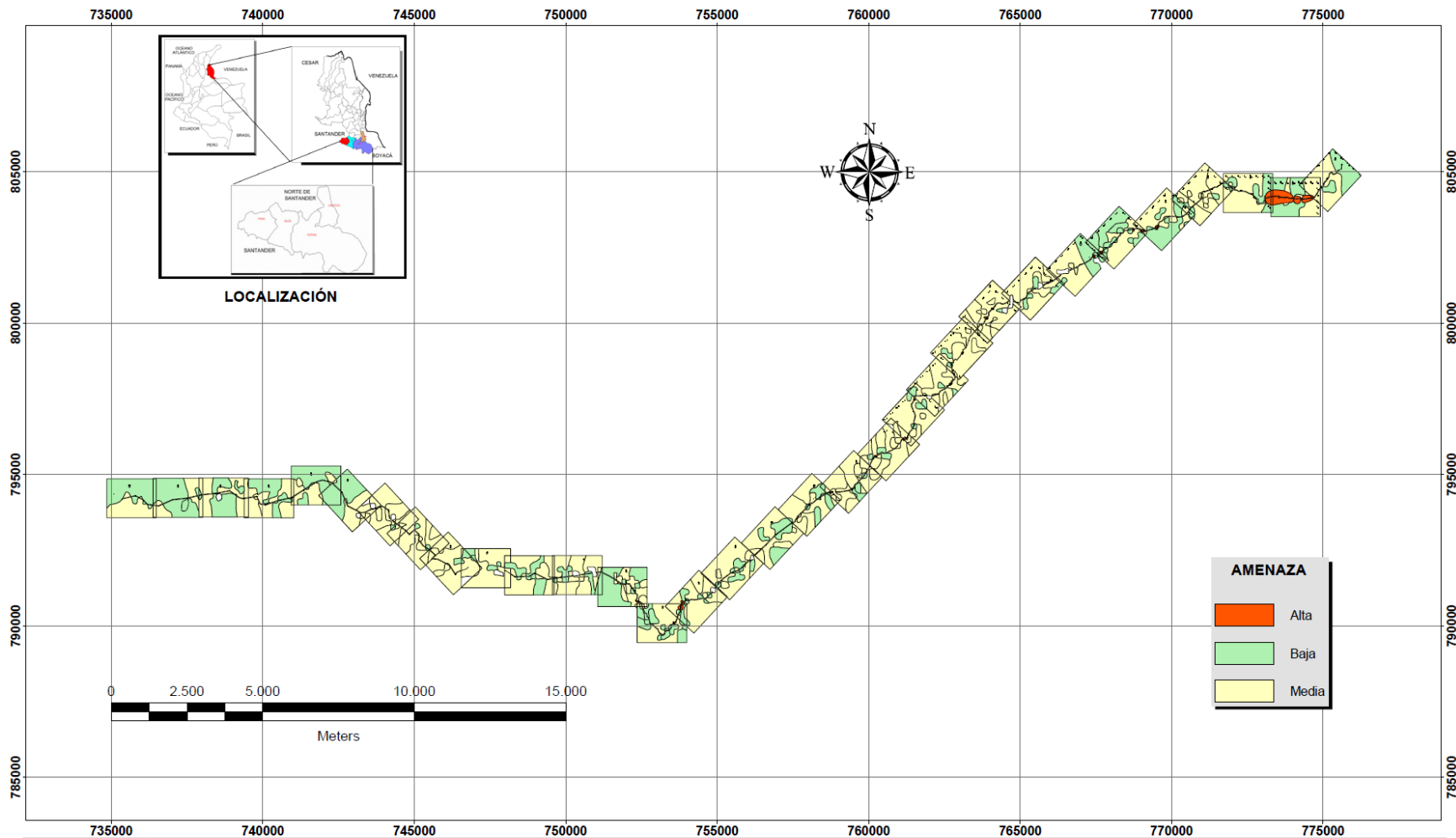
MAPA GEOMORFOLOGICO



	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Revisó: _____	Elaboró: Ing John Harry Forero Gaona	Escala: 1:50.000	Observaciones: _____ _____	
			Fecha: Febrero de 2014	Plano: 3 de 6			



MAPA DE AMENAZA



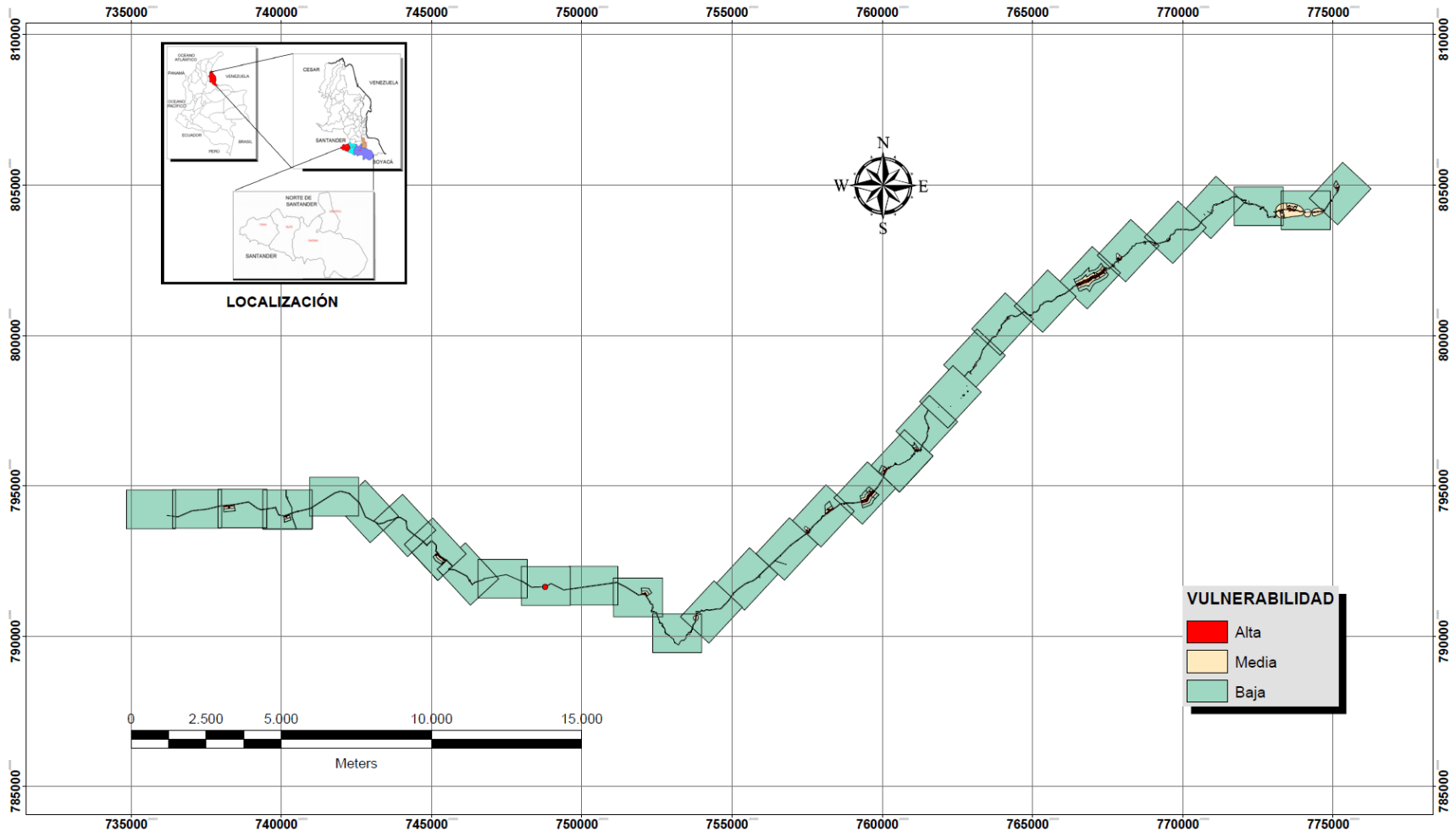
AMENAZA	
	Alta
	Baja
	Media

	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Reviso: _____	Elaboró: Ing John Harry Forero Gaona	Escala: 1:50.000	Observaciones: _____ _____
			Fecha: Febrero de 2014	Plano: 4 de 6		





MAPA DE VULNERABILIDAD

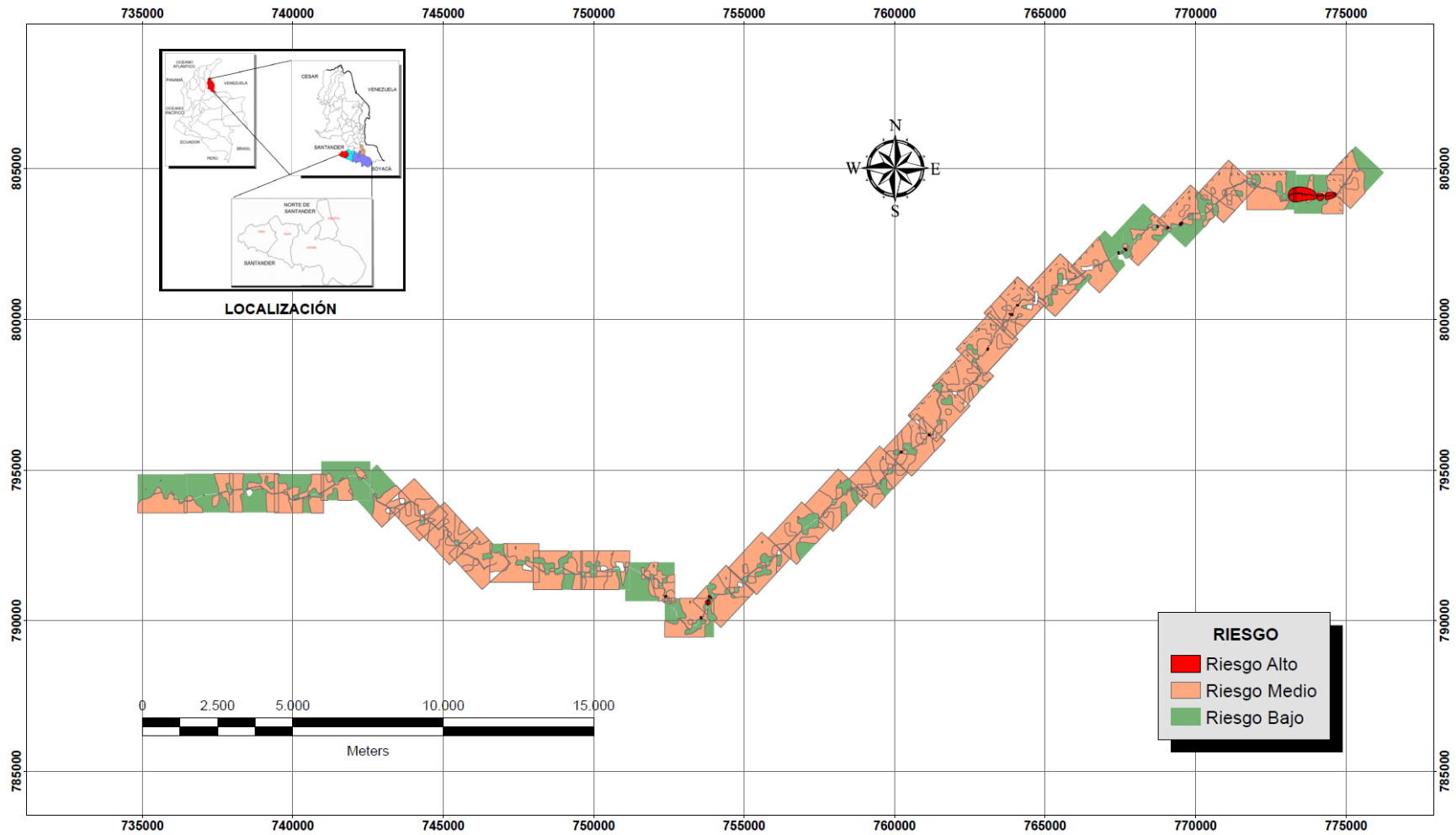


	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Reviso:	Elaboró:	Escala:	Observaciones:
			_____	Ing John Harry Forero Gaona	1:50.000	
			Fecha:	Plano:		
				Febrero de 2014	5 de 6	





MAPA DE RIESGO



RIESGO

- Riesgo Alto
- Riesgo Medio
- Riesgo Bajo

	GASODUCTO GIBRALTAR-BUCARAMANGA PK 60+000 AL PK 118+000	MAESTRÍA EN GEOTECNIA	Reviso:	Elaboró: Ing John Harry Forero Gaona	Escala: 1:50.000	Observaciones:
				Fecha: Febrero de 2014	Plano: 6 de 6	



ANEXO B

Medio Magnético (CD).