

**Diagnóstico de Amenazas de Estabilidad del Terreno por Erosión del Suelo en el
Gasoducto de Promioriente, Ubicado entre los municipios de Sabana de Torres, Lebrija y
Girón del Departamento de Santander.**

Salus Ferney Benítez Rodríguez.

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA.
Ingeniería Ambiental
Febrero 2016**

Dedicatoria.

Principalmente al Creador, que ilumino el camino y lo lleno de sabiduría, para superar aquellos momentos difíciles que se presentaron durante este proceso.

A toda mi familia, que me siempre me acompaña con su apoyo y cariño, aportaron impulso y energía para cumplir una parte del gran proceso de la vida.

Agradecimientos.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y a todos los tutores que hicieron parte del proceso.

A la Profesora María Leal Castellanos, por su compromiso en la asesoría de este trabajo.

Al *M.Sc* German Palencia Gualdrón, por impartir conocimiento técnico y experiencia.

A Promioriente S.A E.S.P, por su apoyo en la ejecución de este trabajo.

A Erika Zaray Calderón por su apoyo y colaboración que aportaron a la culminación de esta labor.

A mis padres Salustiano y Patricia, por su vital apoyo siempre.

A Felipe y Yurley Benitez, por sus conocimientos a lo largo de este proceso.

A todas esas personas que de una u otra manera aportaron para la ejecución exitosa no solo en la elaboración del diagnóstico sino además durante todo el desarrollo de esta bella carrera.

TABLA DE CONTENIDOS.

1. PROBLEMÁTICA	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	2
3. MARCO REFERENCIAL	3
3.1. MARCO TEÓRICO.	3
3.1.1. GENERALIDADES.	3
3.1.2. TIPOS DE EROSIÓN.....	3
I. EROSIÓN LAMINAR.....	4
II. EROSIÓN POR AFLORAMIENTO DE AGUA.....	4
III. EROSIÓN INTERNA.....	4
IV. EROSIÓN EN SURCOS.....	5
V. EROSIÓN EN CÁRCAVAS.....	6
VI. EROSIÓN EN CAUCES DE AGUA (EROSIÓN LATERAL Y PROFUNDIZACIÓN). ...	6
VII. EROSIÓN EN MASA (DESLIZAMIENTOS).....	7
3.2. GEOLOGÍA DE LA ZONA.....	9
3.2.1. ESTRATIGRAFÍA	12
3.3. CONTROL A AMENAZAS POR EROSIÓN.	16
3.3.1. CORTACORRIENTES.	16

3.3.2. CANALES COLECTORES.	19
3.3.3. TRINCHOS.....	21
3.3.4. ENTREGAS.....	22
3.3.5. ESTRUCTURA EN GAVIÓN.	23
3.3.6. REVESTIMIENTO DE MÁRGENES EN SACOS DE SUELO CEMENTO.....	25
3.3.7. REVEGETALIZACIÓN.....	25
3.3.8. ESTRUCTURAS DE DISIPACIÓN.	26
3.4. ANTECEDENTES NORMATIVOS.....	27
3.4.1. ASME B31.8: GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS.....	28
3.4.2. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3728.	30
3.4.3. RESOLUCIÓN 1083 DE 1996.....	32
3.4.4. CONSIDERACIONES PARA CONTROL DE LA EROSIÓN.....	33
3.5. ANTECEDENTES OPERATIVOS.	33
4. METODOLOGÍA.....	36
5. RESULTADOS.....	39
5.1. RECORRIDO METRO A METRO DEL DERECHO DE VÍA.	39
5.2. CLASIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS DE ESTABILIDAD DEL TERRENO DEL DERECHO DE VÍA.	39
5.2.1. GEORREFERENCIACIÓN E INGRESO A SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	39

5.2.2. PRIORIZACIÓN DE AMENAZAS DE ESTABILIDAD DEL TERRENO POR EROSIÓN DEL SUELO IDENTIFICADAS.....	40
5.3. IDENTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE CONTROLES PARA LAS AMENAZAS POR ESTABILIDAD DEL TERRENO CAUSADAS POR EROSIÓN DEL SUELO.....	51
5.3.1. CONTROLES PLANTEADOS PARA LAS ANOMALÍAS IDENTIFICADAS EN EL GASODUCTO DE 6” PAYOA BUCARAMANGA Y CONTROLES FORMULADOS.	53
5.3.2. CONTROLES PLANTEADOS PARA LAS ANOMALÍAS IDENTIFICADAS EN EL GASODUCTO DE 8” PAYOA BUCARAMANGA Y CONTROLES FORMULADOS.	56
6. CONCLUSIONES.....	60
7. RECOMENDACIONES	65
8. BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTADO DE FIGURAS.

Figura 1. Erosión laminar.	4
Figura 2. Erosión en surcos.....	5
Figura 3. Erosión en cárcavas	6
Figura 4. Deslizamiento por reptación.....	7
Figura 5. Deslizamiento rotacional.	8
Figura 6. Deslizamiento traslacional.....	9
<i>Figura 7. Esquema Tectónica del Departamento De Santander.</i>	11
Figura 8. Grafico aplicado para la determinación de separación y tipo de cortacorrientes.	17
Figura 9. Cortacorriente Tipo I.	18
Figura 10. Cortacorriente Tipo II.....	18
Figura 11. Cortacorriente Tipo III.	19
Figura 12. Canal Colector Saco Suelo Cemento.....	20
Figura 13. Canal Colector Piedra Pegada. Fuente.	20
Figura 14. Trincho Sacos de Suelo Cemento.....	21
Figura 15. Entrega en Sacos de Suelo Cemento.	22
Figura 16. Entrega en Piedra Pegada.	23
Figura 17. Gavion de Sacos de Suelo Cemento.....	24
Figura 18. Gavion en Piedra. Fuente.	24
Figura 19. Protección de márgenes en Sacos de Suelo Cemento.	25
Figura 20. Revegetalización.....	26
Figura 21. Estructura de Disipación en Sacos de Suelo Cemento.	26

Figura 22. Estructura de Disipación Piedra Pegada.	27
Figura 23. Sección unitaria para determinar Clase de Localidad.	31
Figura 24. Ubicación espacial de las líneas de gasoducto en estudio.	35
Figura 25. Diagrama de Flujo Metodología.	36
Figura 26. Amenazas identificadas y priorizadas del gasoducto de Promioriente.	40
Figura 27. Muestra de un canal colector en sacos de suelo cemento que ya se encuentra revegetalizado.	51

LISTADO DE TABLAS.

Tabla 1. Priorización de anomalías encontradas.....	42
Tabla 2. Clave para determinación de controles a las amenazas encontradas. (Fuente Autor)	52
Tabla 3. Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo identificada en el gasoducto. ..	53
Tabla 4. Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo identificada en el gasoducto. ..	56
Tabla 5. Resumen de cuantificación de controles formulados para las Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo.....	59

1. PROBLEMÁTICA

Las redes de transporte de hidrocarburos, son de gran importancia para el desarrollo de una región. La relevancia que ocupa este tema debe estar ligado al cuidado de los recursos naturales; por lo tanto, uno de los impactos ambientales negativos que se pueden identificar para este tipo de proyectos y tomando como base el estudio Kowaljow & Rostagno (2008), uno de los impactos negativos que se pueden identificar es la inestabilidad del terreno causada por la erosión del suelo, generada por las diferentes etapas de ejecución de estos proyectos; desde su etapa de planeación, pasando por la etapa de construcción y finalmente la etapa de operación.

Considerando que la erosión del suelo puede llegar a afectar este tipo de infraestructuras y así mismo afectar recursos naturales como agua, aire, fauna y flora causados por el efecto de una contingencia en el gasoducto, generada por inestabilidad en el terreno del Derecho de Vía del gasoducto, se hace necesario diagnosticar dichas amenazas y a su vez formular medidas de mitigación y control al impacto ambiental negativo generado sobre el suelo.

Este trabajo se enfoca en diagnosticar las amenazas de estabilidad del terreno a lo largo del trazado del Derecho de Vía del Gasoducto de Promioriente, el cual se encuentra ubicado en el Departamento de Santander entre los Municipios de Sabana de Torres, Lebrija y Girón.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diagnóstico de amenazas de estabilidad del terreno por erosión del suelo en el gasoducto de Promioriente, ubicado entre los municipios de Sabana de Torres, Lebrija y Girón del Departamento de Santander.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Efectuar el recorrido metro a metro del gasoducto Payoa–Bucaramanga, propiedad de la empresa Promioriente,
- Clasificar las amenazas de estabilidad del Derecho de Vía por erosión del suelo encontradas tras el recorrido metro a metro.
- Aplicar controles para el manejo de las amenazas identificadas en el recorrido metro a metro del Derecho de Vía.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEÓRICO.

3.1.1. Generalidades.

De acuerdo con Díaz (2011) la erosión del suelo se puede definir como el movimiento de este, por efectos del agua o del viento, este movimiento se puede dar por desprendimiento, transporte o depósito.

A pesar de que este fenómeno en muchas ocasiones es atribuido a condiciones climáticas, la intervención antrópica se convierte en un detonante para este fenómeno, y posteriormente presenta impactos ambientales negativos como la pérdida de propiedades tanto físicas como químicas que llegan a afectar la estabilidad de este.

En proyectos de infraestructura de transporte de hidrocarburos como el analizado en este diagnóstico, y de acuerdo a lo planteado por Gonzalez(2010), este tipo de intervención genera erosión en la franja de terreno que ocupa y posteriormente se convierte en un factor relevante a controlar para evitar la afectación de los recursos naturales.

3.1.2. Tipos de Erosión.

De acuerdo a Suárez (2001), existen varios tipos de Erosión que se definen a continuación, y teniendo en cuenta los que influyen en el gasoducto de Promioriente son:

I. Erosión laminar.

Las corrientes superficiales de agua pueden producir el desprendimiento de las capas más superficiales de suelo en un sistema de erosión por capas que se profundizan con el paso del tiempo. (Figura 1)

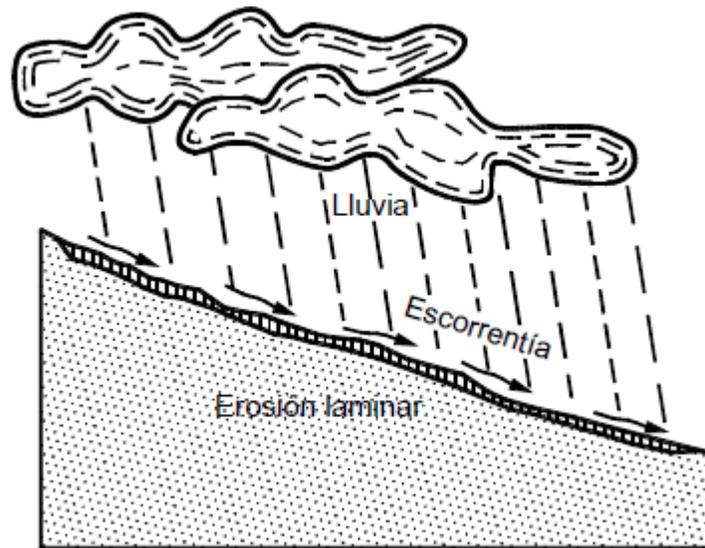


Figura 1. Erosión laminar. Fuente, Suárez (2008)

II. Erosión por afloramiento de agua.

El agua subterránea al aflorar a la superficie puede desprender las partículas de suelo subsuperficial formando cárcavas o cavernas.

III. Erosión interna.

El flujo de agua a través del suelo puede transportar partículas formando cavernas internas dentro de la tierra.

IV. Erosión en surcos.

La concentración del flujo en rugosidades del suelo, hace que se profundicen formando pequeños canales y posteriormente generando una serie de surcos generalmente semiparalelos. (Figura 2)

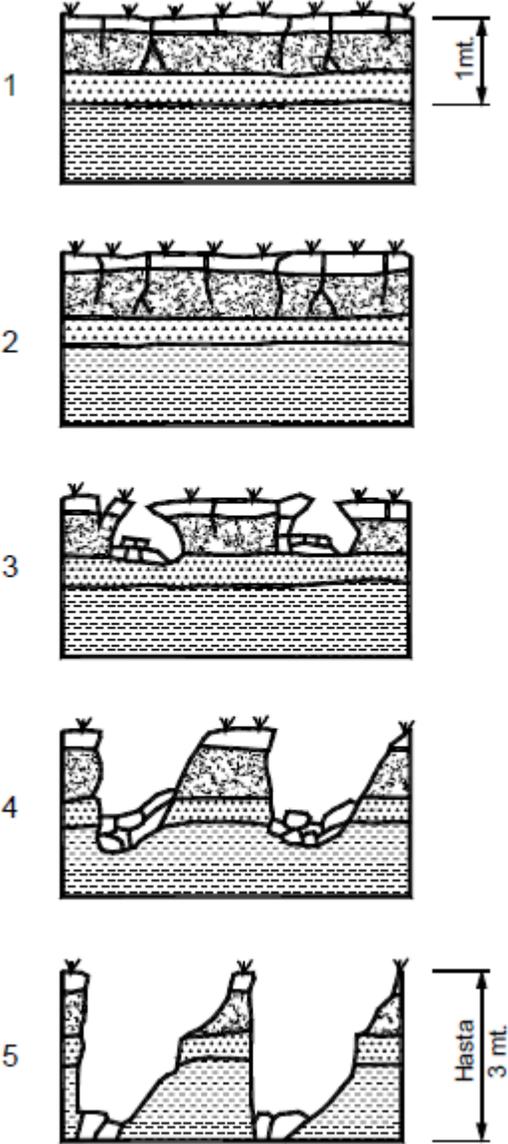


Figura 2. Erosión en surcos. Fuente, Suárez (2008)

V. Erosión en cárcavas.

Los surcos pueden profundizarse formando canales profundos o la concentración en un sitio determinado de una corriente de agua importante puede generar canales largos y profundos llamados cárcavas. Una vez se inicie la cárcava es muy difícil de suspender el proceso erosivo. (Figura 3)

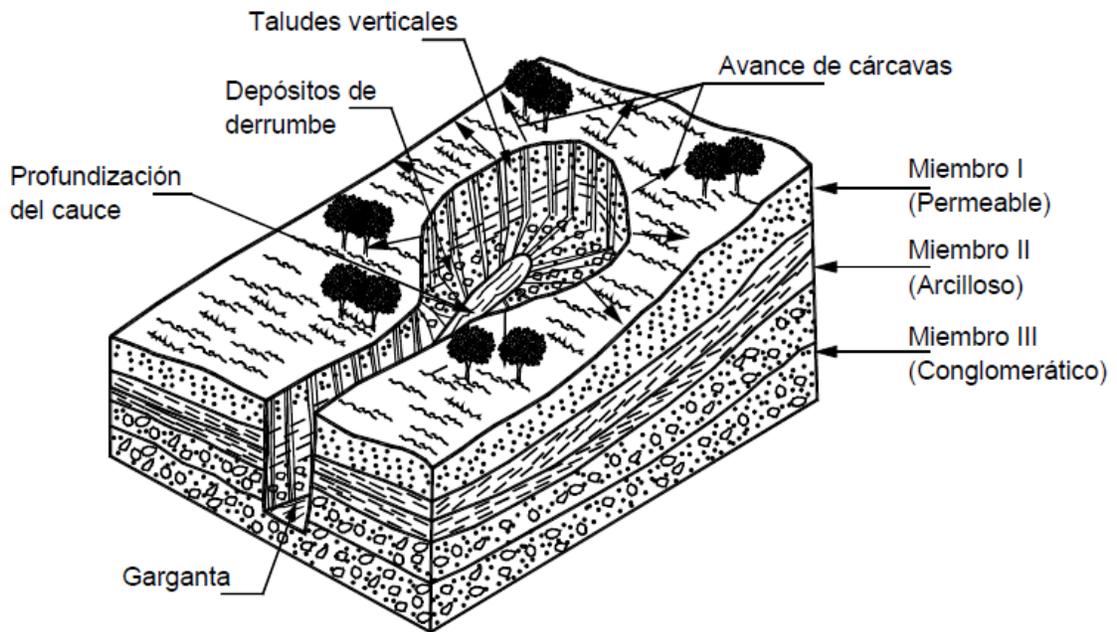


Figura 3. Erosión en cárcavas, Fuente, Suárez (2008)

VI. Erosión en cauces de agua (erosión lateral y profundización).

La fuerza tractiva del agua en las corrientes y ríos produce ampliación lateral de los cauces profundización y dinámica general de la corriente. Suárez (2001)

VII. Erosión en masa (deslizamientos).

El término erosión o remoción en masa se relaciona a movimientos de masas importantes de suelo conocido con el nombre genérico de deslizamientos.

Dentro de los diversos tipos de movimiento del suelo en taludes y laderas algunos están íntimamente relacionados con los procesos típicos de erosión. Entre ellos se indican los siguientes:

- Reptación: Se definen como movimientos de suelo extremadamente lentos, que con el paso del tiempo pueden llegar a afectar la infraestructura que se encuentre dentro del área de influencia de dicho movimiento. (Figura 4)

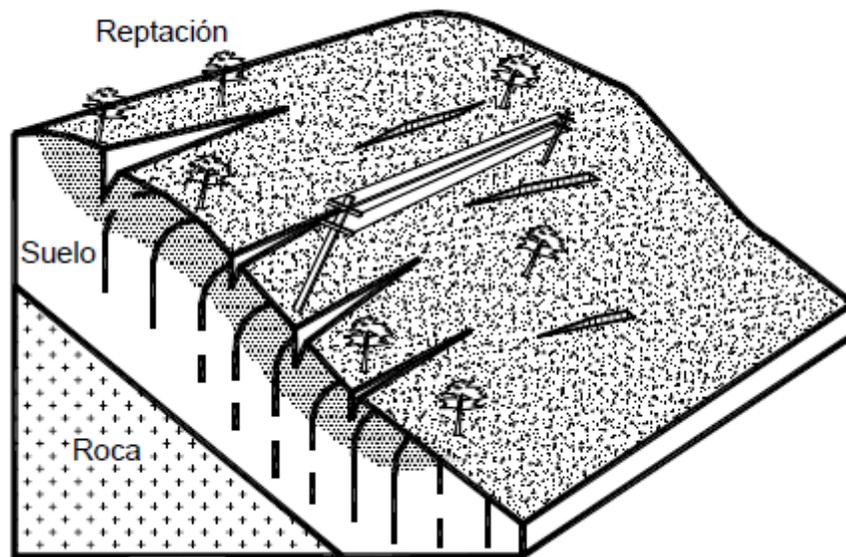


Figura 4. Deslizamiento por reptación. Fuente, Suárez (2008)

- Deslizamientos Rotacionales: se pueden definir como, “Un desplazamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava hacia arriba y el movimiento es

rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento”.

(Suárez 2008). (Figura 5)

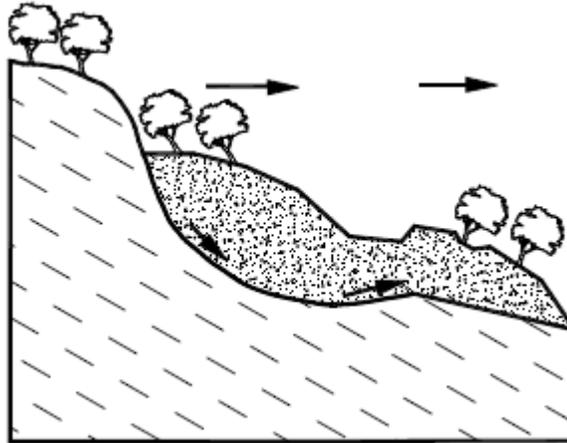


Figura 5. Deslizamiento rotacional. Fuente, Suárez (2008)

- Deslizamientos traslacionales: se pueden definir como, “En el desplazamiento de traslación la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo”. (Suárez 2008). (Figura 6)

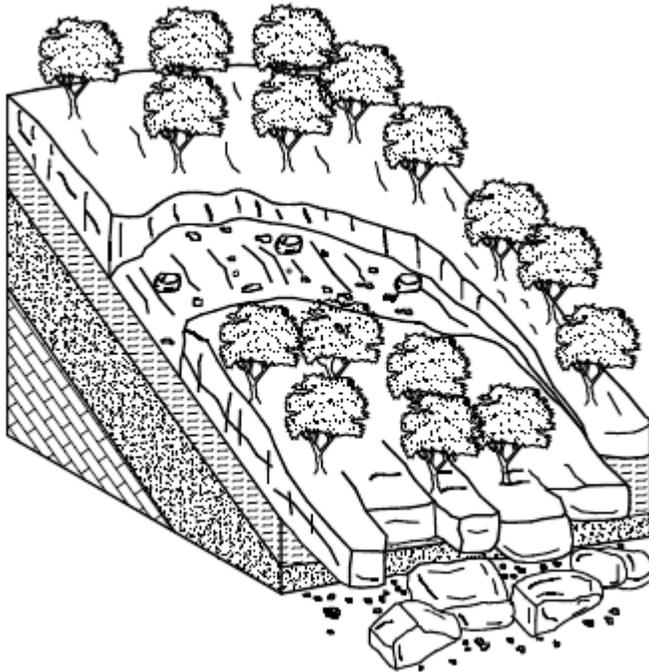


Figura 6. Deslizamiento traslacional. Fuente, Suárez (2008)

3.2. Geología de la zona.

El departamento de Santander ha experimentado diversos eventos dinámicos y tectónicos influenciados por los límites de las placas tectónicas del Caribe y la Suramericana. (Royero & Clavijo 2001). La caracterización tectónica en el departamento de Santander, realizada por Clavijo et al (1993), divide el territorio santandereano en tres provincias tectónicas: Macizo de Santander, Valle Medio del Magdalena y Cordillera oriental. (Figura 7.)

- **Provincia Macizo de Santander:** Ocupa la parte oriental estructural del territorio santandereano, comprendiendo a los macizos de Santander y de la Floresta. Esta provincia esta subdividida en los bloques de Floresta, Cucutilla, Pamplona y Ocaña.
- **Provincia Valle Medio del Magdalena:** Caracterizada por un estilo estructural de plegamiento en donde estructuras como sinclinales y anticlinales presentan características

suaves y amplias además que son limitadas por fallas inversas escalonadas, con inclinación preferencial hacia el oriente.

Corresponde a la región occidental estructural del Departamento de Santander. Se encuentra representada por rocas cretácicas, terciarias y cubierta por un 65% por sedimentos recientes. Esta provincia se encuentra limitada al oriente por la Falla La Salina y al occidente por las fallas Mulatos y Morales (que se encuentran fuera del departamento)

- **Provincia Cordillera Oriental:** Caracterizada por amplios pliegues anticlinales y sinclinales limitados por fallas inversas y de cabalgamiento. Esta Provincia está conformada por rocas sedimentarias de edades jurásicas y cretácicas. El Bloque principal o central está limitado al Oriente por las fallas Riachuelo y Bucaramanga-Santa Marta y al occidente por la Falla La Salina, mientras que el bloque oriental está limitado al oriente por la falla Servitá y al occidente por las fallas Bucaramanga-Santa Martha y Baraya.

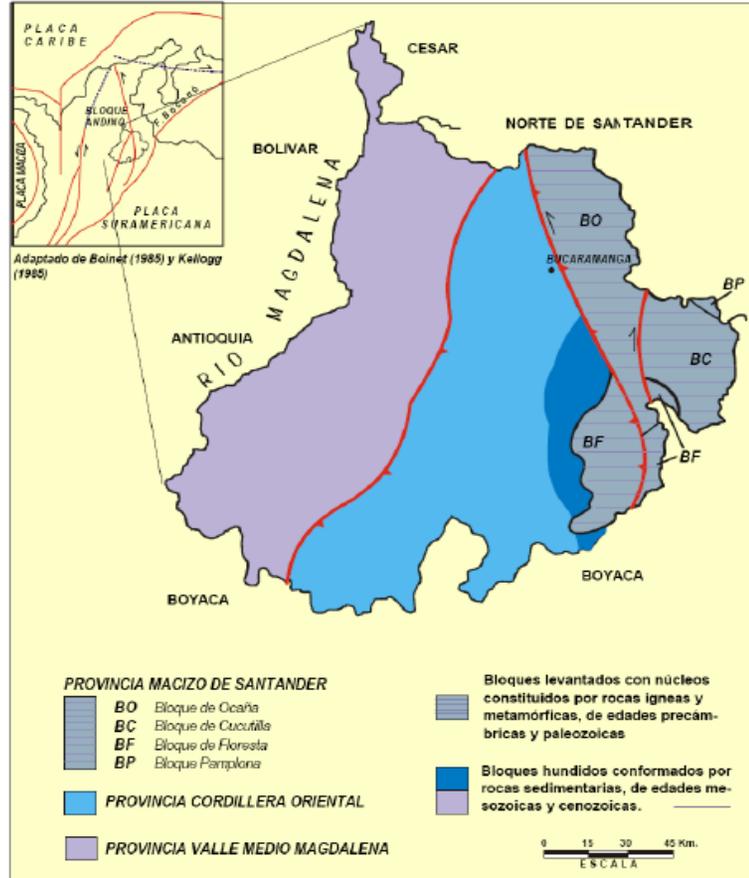


Figura 7. Esquema Tectónica del Departamento De Santander. Tomado de Royero & Clavijo, (2001)

El área de estudio se encuentra estructuralmente controlada por las fallas del Río Suarez al Este y falla de Lebrija al Oeste, encontrándose en la Provincia tectónica Cordillera Oriental en la zona que comprende Girón y Lebrija. Por otra parte, la parte del Gasoducto que pasa por Yarima en el área de Sabana de Torres, estructuralmente está controlada por la falla de Casabe y Falla Cantagallo, encontrándose en la provincia tectónica Valle Medio del Magdalena.

La caracterización geológica del área de estudio se tomó con base en el cuadrángulo H-12 de Bucaramanga (Ward et al., 1973) y la investigación de Morales (1958) en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena.

El gasoducto atraviesa los municipios de Sabana de Torres, Lebrija y Girón los cuales hacen parte de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena. Caracterizada por ser una cuenca intra-cordillera que abarca aproximadamente 32.000 Km², localizada entre las Cordilleras Central y Oriental de los Andes Colombianos. El registro sedimentario muestra depósitos continentales Jurásicos supra-yacidos por sedimentos cretáceos (Morales, 1958)

3.2.1. Estratigrafía

En el área de estudio afloran rocas de las siguientes Formaciones:

- **Formación Jordán:** Edad Jurásico inferior. Su sección tipo se halla a 1 km al oeste del pueblo de Jordán, sobre la pendiente norte del cañon del Rio Chicamocha. Está constituida por limolitas de color marrón rojizo y areniscas de grano muy fino. Así mismo se hallan areniscas de grano grueso y capas de shales gris verdoso. (Ward et al., 1973)
- **Formación Girón:** Edad Jurásico superior. Fue nombrado "Giron Series" inicialmente por Hettner(1892), para nombrar a un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas de color marrón rojizo, que se encuentran expuestas al oeste de Bucaramanga. Se le asignó el nombre de la población Girón. (Ward et al., 1973)
- **Formación Tambor:** Edad Hauteriviano (Cretácico). Esta sección está expuesta a través de la carretera Bucaramanga- Puerto Wilches en el cañon de Lebrija, entre los kilómetros 92 y 95 cerca del poblado El Tambor. La formación está constituida en la parte baja de shales rojos, areniscas rojas y conglomerados rojos. En la parte superior capas de caliza con fosiles. (Morales, 1958)

- **Formación Rosa Blanca:** Edad Hauteriviano-Barremiano (Cretácico). La sección tipo aflora en el Rio Sogamoso alrededor de 1-1.5 Km corriente arriba del poblado de Tablazo. Esta formación está compuesta de calizas masivas fosilíferas de color gris-azuladas con capas de margas y shales.
- **Formación Paja:** Edad Barremiano-Aptiano. La formación se halla expuesta en la Quebrada La Paja donde entra con el Rio Sogamoso. La sección está compuesta de shales negros ligeramente calcáreos y comunmente micaceos y limosos. La parte inferior, contiene concreciones de caliza, nódulos septarias y venas de calcitas.
- **Formación Tablazo:** Edad: Aptiano-Albiano. La localidad tipo se halla expuesta en la primera montaña al este de la ciudad Tablazo y también se encuentra expuesta a lo largo del camino de Tablazo al Cerro Rosa Blanca en el lado norte del Rio Sogamoso. Consiste de estratos masivos de calizas y marls muy fosilíferas. Las calizas son de color gris azulado y muy fosilífera. Los marls son llamados "calizas arcillosas". En otras áreas, como en la Quebrada Bejelano, la formación Tablazo es representada por lutitas negras, en algunos lugares micáceos y además calizas con gran contenido de pelecípodos y concreciones de pirita y caliza. El espesor de la formación oscila entre 150 metros en la sección tipo a 325 metros en otras localidades.
- **Formacion Simití:** Edad Albiano (Cretácico). Se halla expuesta en las orillas de la Ciénaga Simití. Esta formación está compuesta de shales ligeramente calcareos, carbonaceos de color gris a negros. Hay presencia de concreciones fosilíferas y delgadas capas de conglomerados.

- **Formación La Luna:** En Colombia esta unidad es dividida en tres miembros: Salada, Pujamana y Galembo:
 - **Miembro Salada:** Edad: Turoniano Inferior. La sección tipo se encuentra expuesta en el margen norte del Río Sogamoso, opuesto a la quebrada La Salada. Las rocas que componen esta unidad son estratos delgados de Lutitas calcáreas de color negro oscuro, finamente estratificadas. Se presentan ocasionalmente estratos delgados de calizas de color negro. El espesor varía entre 50 y 100 metros, y cae conformemente en la caliza el Salto.
 - **Miembro Pujamana:** Edad: Turoniano Superior- Coniaciano inferior. La sección tipo se encuentra expuesta en la quebrada Pujamana, un tributario del Río Sogamoso. La litología que compone ésta unidad, consiste de delgados estratos de lutitas calcáreas de color gris a negro. El espesor estimado varía entre 50 y 225 metros.
 - **Galembo (Turonian-Santonian):** La sección tipo de ésta unidad se encuentra expuesta en el filo de Galembo y en el lado izquierdo de la Quebrada Pujamana cerca de su desembocadura. Esta unidad consiste de lutitas calcáreas de color negro interestratificadas con delgados estratos de calizas arcillosas. Los estratos de shales contienen concreciones de caliza que pueden alcanzar hasta ocho metros en su máxima dimensión. Estos estratos son intercalados con capas delgadas de cherts de color azul-negruczo
- **Formacion Umir:** Edad. Campaniano-Maestriciano inferior. La sección tipo se halla en la Quebrada Umir tres kilómetros al oeste del Cerro Umir. Esta formación está compuesta

en la parte inferior de delgados estratos de shale negro y gris-azuloso con láminas delgadas de carbonatos y micas. Hay presencia de pequeñas concreciones. La parte superior está compuesta de delgados estratos de color gris oscuro con numerosas capas de carbón e intercalaciones de areniscas y limonitas de tamaño de grano muy fino.

- **Formación Lisama:** Edad: Paleoceno. La localidad tipo se halla en la Quebrada Lisama, un tributario del río Sogamoso, en el noreste de la Concesión De Mares. Se observa a lo largo de la vía Puerto Wilches-Bucaramanga. Está constituida por shales de color rojo, café y gris a gris claro, además de areniscas con un tamaño de grano grueso hacia el tope, contiene algunas capas de carbón.
- **Formación La Paz:** Edad: Eoceno Superior. Se extiende a lo largo de la parte este del Valle del Magdalena entre los ríos Sogamoso y Lebrija. La unidad está compuesta de areniscas conglomeráticas masivas gris claro. En la parte inferior de la formación hay presencia de limolitas y shales de color gris.
- **Formación Esmeraldas:** Edad: Eoceno superior. Se halla expuesta en el Río Sogamoso en el caserío de La Esmeralda. La formación está compuesta de delgados estratos de areniscas de tamaño de grano fino, micáceas de color gris y limolitas interbebidas entre shales gris oscuro con manchas de color rojo, café y purpura con lignita.
- **Formación Mugrosa:** Edad: Oligoceno Medio. Nombre derivado de la Quebrada Mugrosa donde está expuesta la formación. La parte superior de la unidad está compuesta de areniscas de tamaño de grano fino a grueso intercalado con una menor cantidad de shales. Además, hay presencia de shales color café y ocasionalmente de delgados estratos de areniscas de tamaño de grano fino y limolitas de color verde claro.

- **Formación Colorado:** La sección se halla expuesta en el Rio Colorado e incluye todos los estratos entre el tope de los horizontes fosilíferos de Mugrosa y La Cira. Esta formación está compuesta de shales masivos, de color gris claro, purpuras con areniscas intercaladas de varios espesores. Las areniscas son de tamaño de grano fino a grueso de color gris, blancas con estratificación cruzada.

3.3. Control a amenazas por erosión.

A continuación, se hace un reconocimiento general de los principales controles para el manejo y de la erosión sobre el derecho de vía del sistema de transporte de gas natural.

En dicho reconocimiento se describen la función de cada control identificado para las amenazas, y de acuerdo a esta identificación posteriormente se realizará el planteamiento de las medidas a implementar para dichas amenazas.

3.3.1. Cortacorrientes.

De acuerdo con Promioriente (2015), se presentan tres diferentes variaciones de cortacorrientes, Su escogencia dependerá del tipo de pendiente y las condiciones de la anomalía a tratar.

Con respecto a la pendiente, se debe escoger el espaciamiento de los cortacorrientes a construir, y también dependiendo de esta se plantean los tipos de cortacorrientes a trabajar, como se puede observar a continuación en la Figura 8.

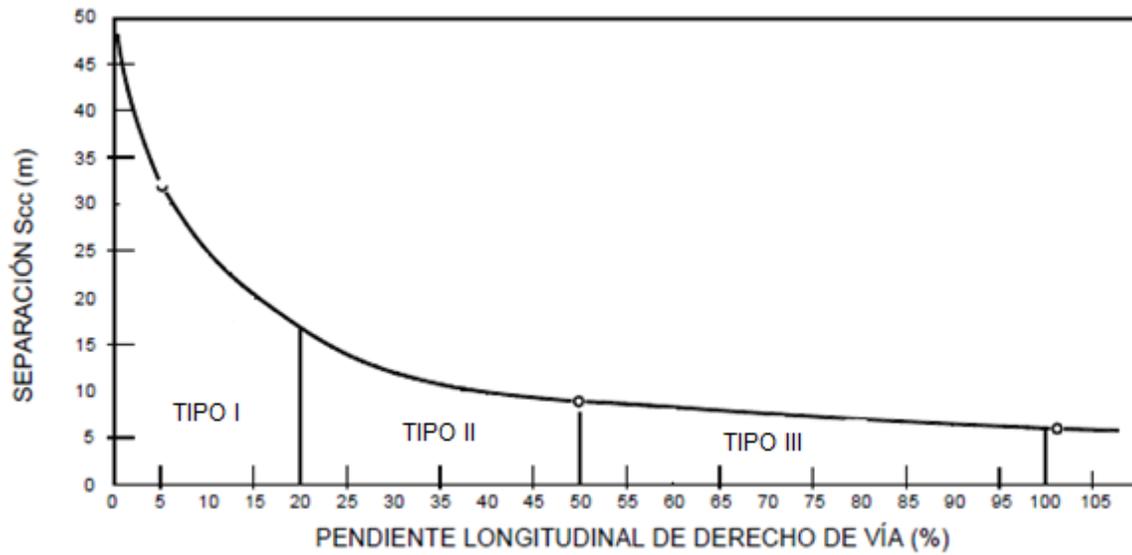


Figura 8. Gráfico aplicado para la determinación de separación y tipo de cortacorrientes, Fuente. Promioriente (2015)

Los tipos de cortacorrientes de acuerdo con Promioriente (2015), son los que se presentan a continuación.

a) Tipo I

Cortacorriente revestido en sacos de suelo-cemento y talud revegetalizado Figura 9.

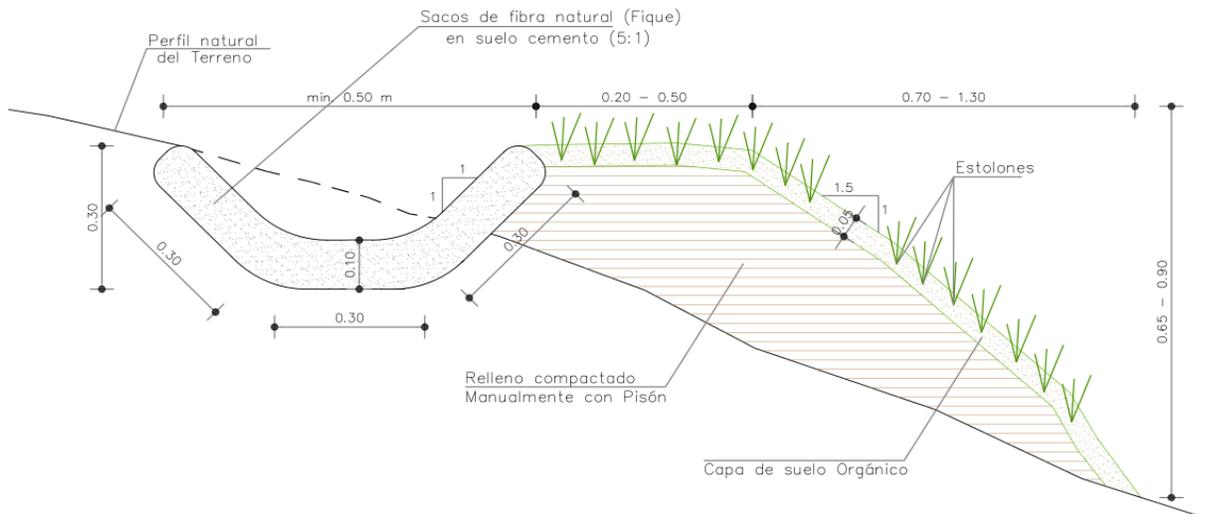


Figura 9. Cortacorriente Tipo I. Fuente. Promioriente (2015)

b) Tipo II

Cortacorriente revestido en sacos de suelo cemento y talud revegetalizado soportado en sacos de suelo-cemento. Figura 10.

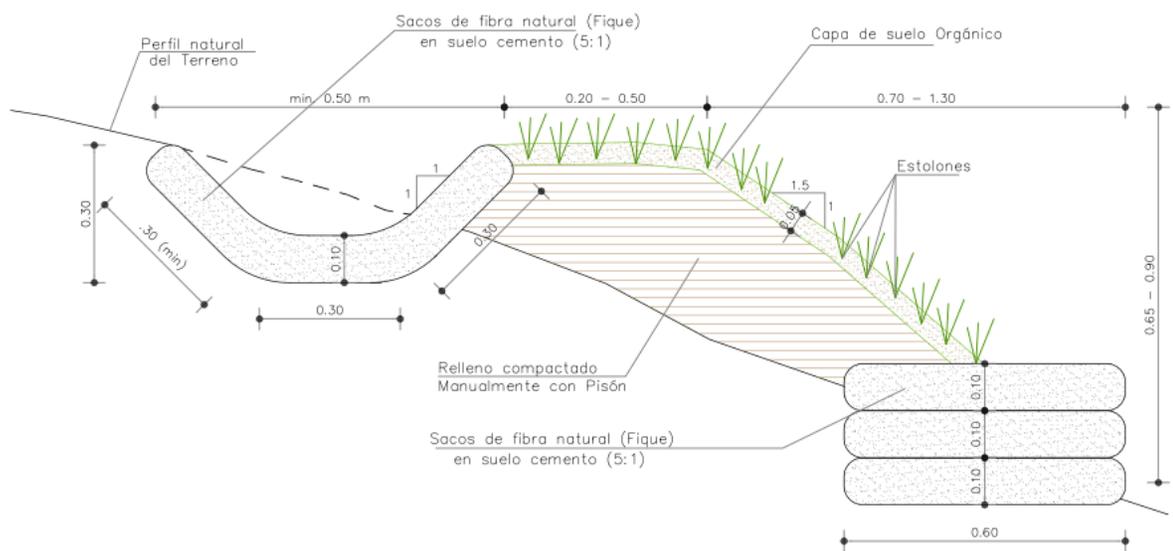


Figura 10. Cortacorriente Tipo II. Fuente. Promioriente (2015)

c) Tipo III

Cortacorriente revestido en sacos de suelo-cemento y talud con Trincho. Figura 11.

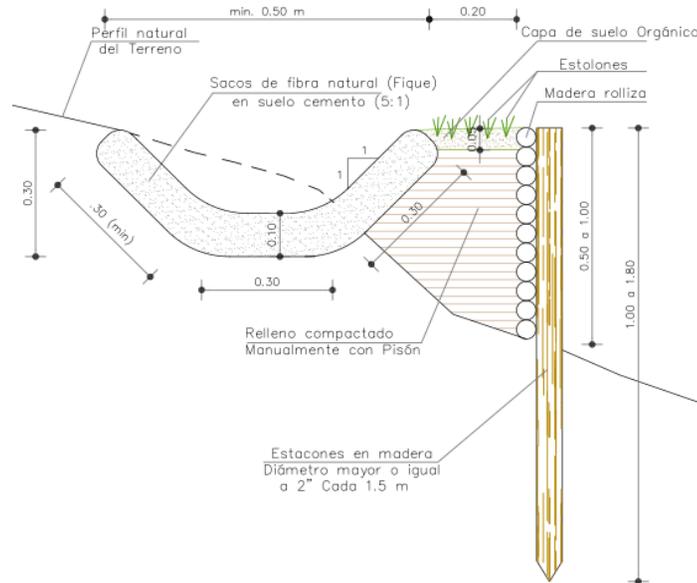


Figura 11. Cortacorriente Tipo III. Fuente. Promioriente (2015)

3.3.2. Canales Colectores.

De acuerdo con Promioriente (2015), se presentan cinco tipos de canal, pero teniendo en cuenta las necesidades identificadas tras los recorridos en campo se usarán para efectos de este trabajo solamente 2 tipos de canal colector, como se describe a continuación.

a) Tipo I Canal en sacos de suelo-cemento. Figura 12.

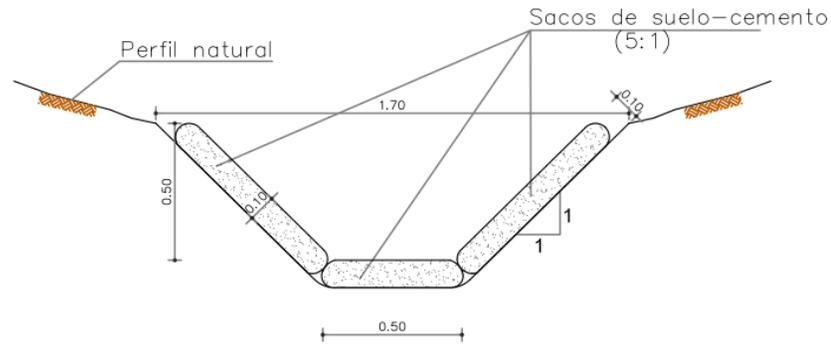


Figura 12. Canal Colector Saco Suelo Cemento. Fuente. Promioriente (2015)

b) Tipo III Canal en piedra pegada. Figura 13.

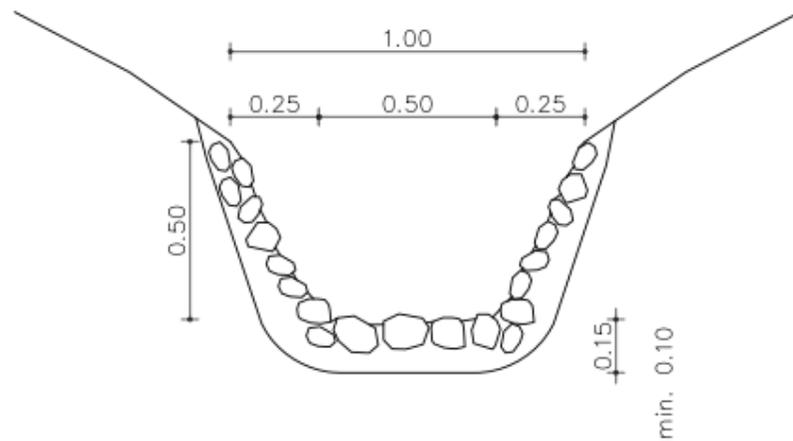


Figura 13. Canal Colector Piedra Pegada. Fuente. Promioriente (2015)

Los diseños planteados, se pueden tomar como referencia de construcción, sin embargo, el área de estos puede variar de acuerdo al caudal y al área a drenar. A continuación se muestra en la ecuación 1, la fórmula utilizada para realizar el diseño:

Para Calcular la sección del canal se recomienda utilizar el método racional.

$$Q = C * I * A \quad \text{Ecuacion (1)}$$

Donde:

Q= Caudal recolectado (Volumen/Tiempo)

I= Intensidad de lluvia de diseño (mm/hora)

A= Área a drenar.

C= Coeficiente de escorrentía de acuerdo a las características de las diferentes zonas geográficas

3.3.3. Trinchos.

De acuerdo con Promioriente (2015), para este tipo de obra existen nueve tipos de trincho, sin embargo para efectos de la ejecución de este trabajo el control de las amenazas se realizará con la utilización del siguiente tipo de trincho. Figura 14.

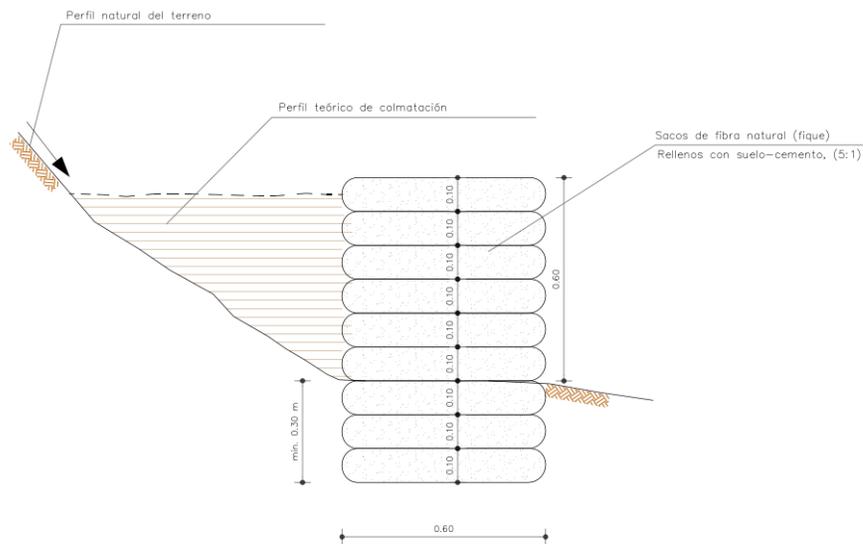


Figura 14. Trincho Sacos de Suelo Cemento. . Fuente, Promioriente (2015)

La configuración de ubicación de este tipo de obra dependerá de la anomalía a tratar.

3.3.4. Entregas.

De acuerdo con Suárez (2001), este tipo de obra consiste en una estructura de transición que conecta un canal en su parte final el cual reduce la velocidad del flujo de agua, para controlar la erosión del agua en la zona donde desemboca dicho flujo.

Conforme al manual de Promioriente (2015), existen cinco tipos de estructuras de entrega, pero teniendo en cuenta las anomalías encontradas solo se usarán dos tipos de entrega, así:

a) Tipo II, Entrega en sacos de suelo-cemento. Figura 15.

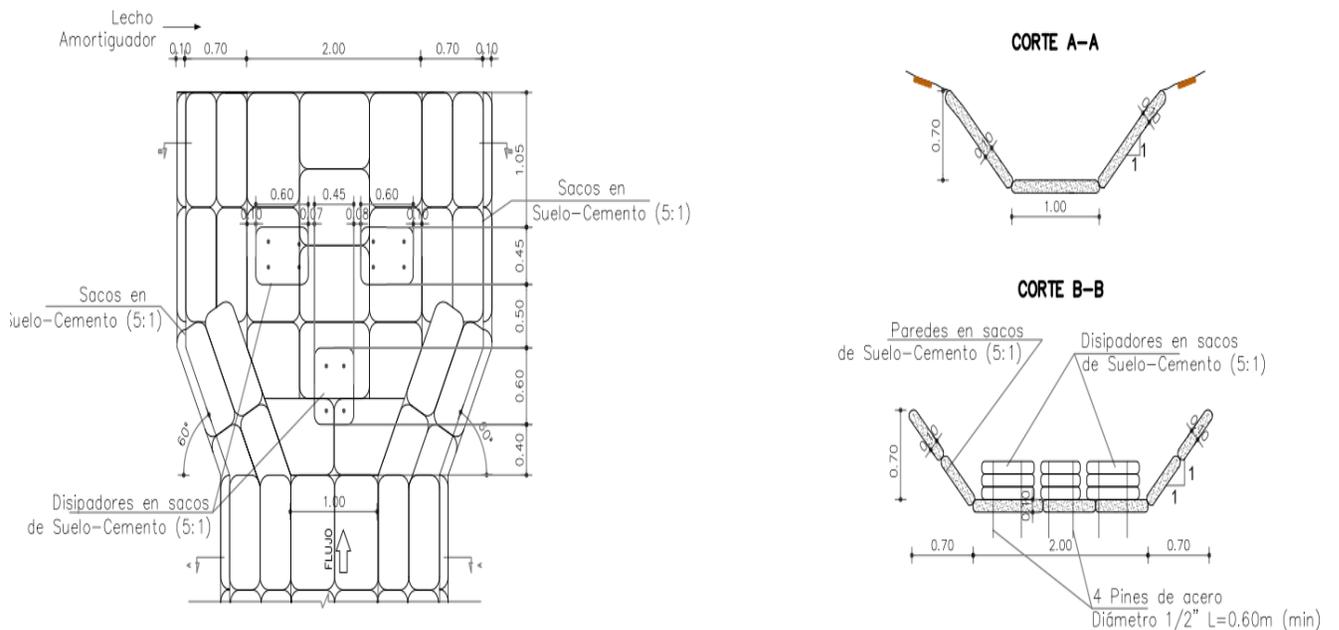


Figura 15. Entrega en Sacos de Suelo Cemento. Fuente, Promioriente (2015)

b) Tipo III, Entrega en Piedra Pegada. Figura 15.

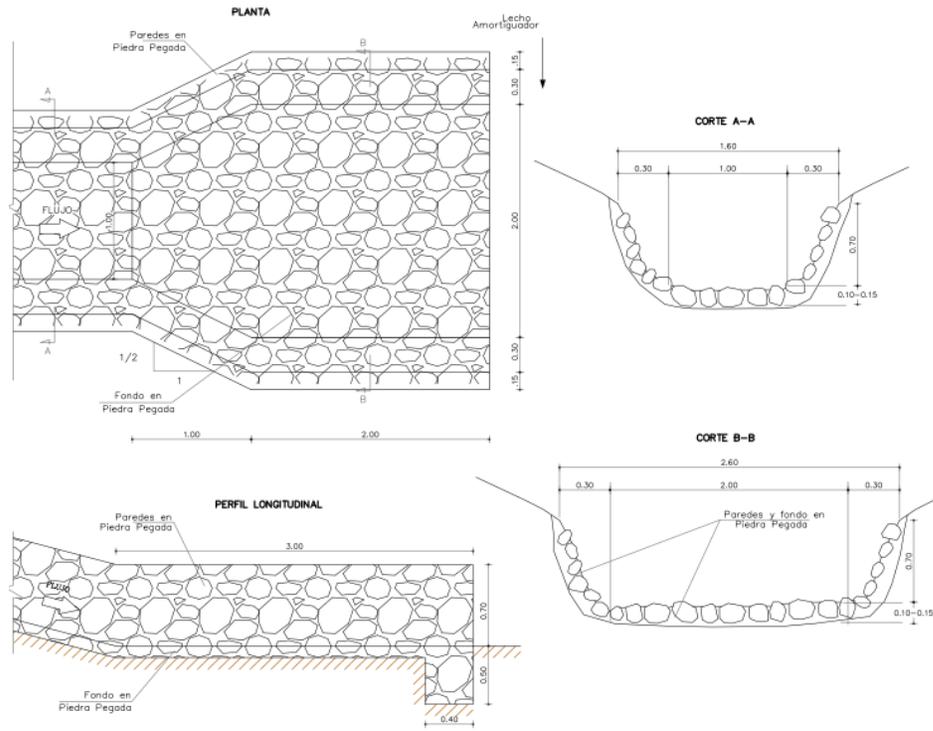


Figura 16. Entrega en Piedra Pegada. Fuente, Promioriente (2015)

3.3.5. Estructura en Gavión.

De acuerdo con Suárez (2001), este tipo de obra consiste en una estructura que contribuye a la contención de la masa de suelo, para efectos de este trabajo se utilizarán dos tipos de estructura de gavión, de acuerdo a la disponibilidad de material y las condiciones de la anomalía encontrada.

Los tipos de gavión que se usaran son los siguientes:

a) Gaviones en Sacos de Suelo Cemento. Figura 17.

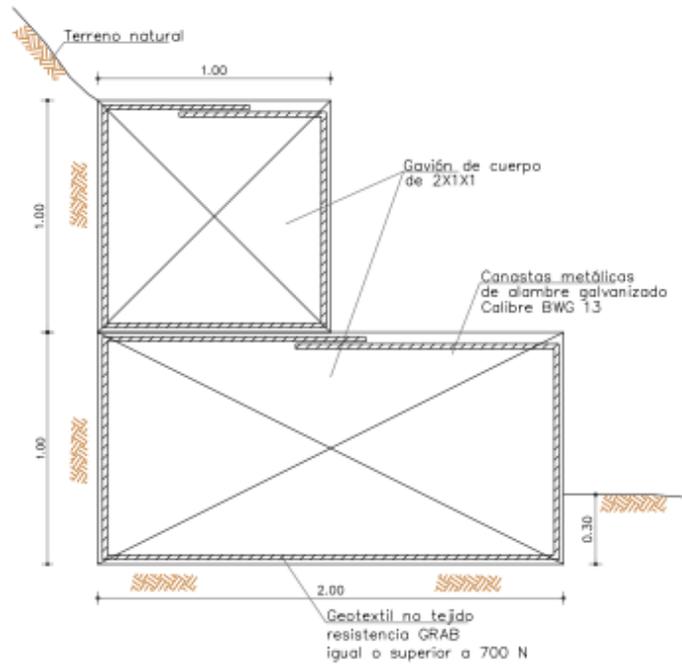


Figura 17. Gavión de Sacos de Suelo Cemento. Fuente, Promioriente (2015)

b) Gaviones en Roca. Figura 18.

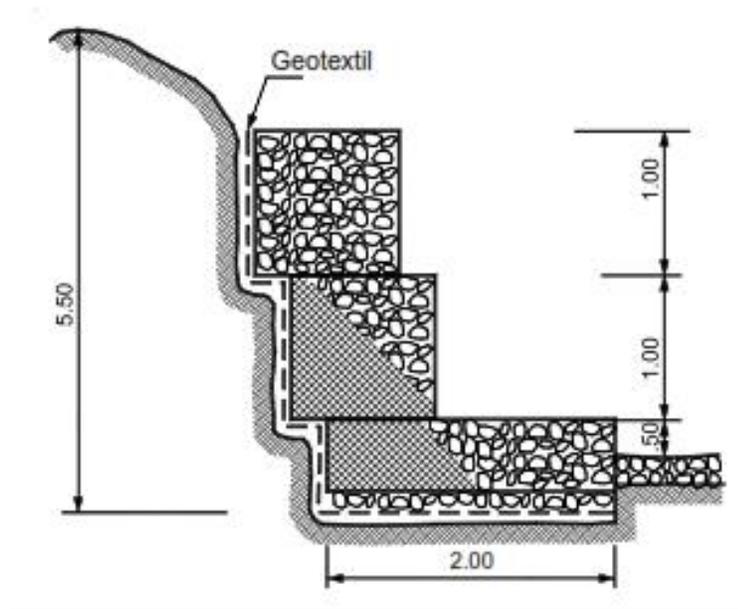


Figura 18. Gavión en Piedra. Fuente, Promioriente (2015)

3.3.6. Revestimiento de márgenes en sacos de suelo cemento.

Según Promioriente (2015), este tipo de construcción es usada para el control de la erosión de las márgenes de los caños, y teniendo en cuenta el tipo de amenaza a controlar se usará el revestimiento de las márgenes empleando sacos de suelo-cemento como se puede observar en la Figura 19.

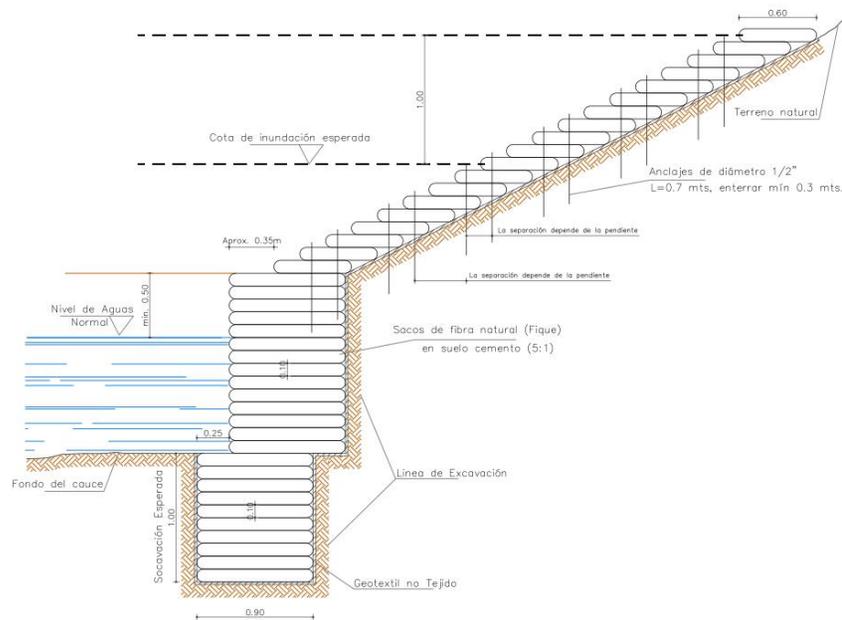


Figura 19. Protección de márgenes en Sacos de Suelo Cemento. Fuente, Promioriente (2015)

3.3.7. Revegetalización.

De acuerdo con Suárez (2001), la vegetación es uno de los controles de importancia para mitigar la erosión, para las amenazas identificadas se usará la revegetalización usando estolones, como se muestra en la figura abajo. Figura 20.

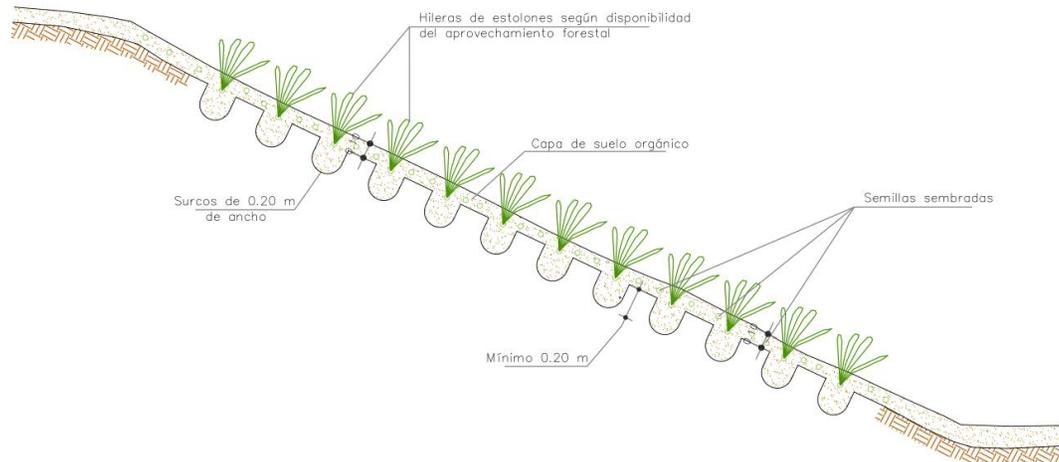


Figura 20.Revegetalizacion. Fuente, Promioriente (2015)

3.3.8. Estructuras de Disipación.

De acuerdo con Suárez (2001), este tipo de estructuras son usadas para quitar energía a la corriente de agua que sale de un canal colector, teniendo en cuenta las anomalías encontradas se usarán dos tipos de estructuras de disipación, como se identifican en las figuras 21 y 22.

- a) Estructura de disipación en sacos de suelo-cemento.

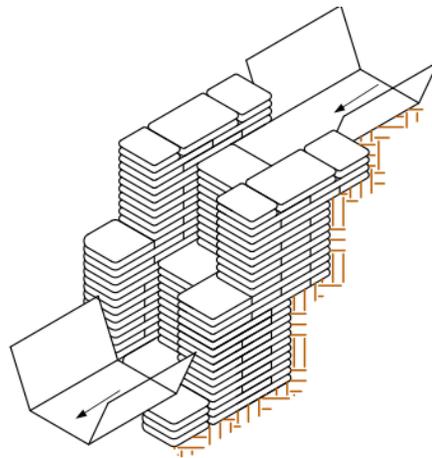


Figura 21.Estructura de Disipación en Sacos de Suelo Cemento. Fuente, Promioriente (2015)

b) Estructura de Disipación en roca:

La altura del disipador depende la anomalía a tratar.

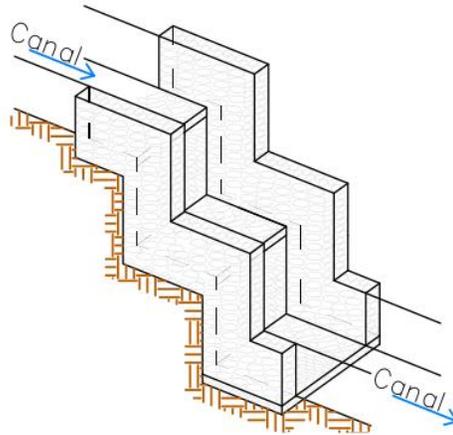


Figura 22. Estructura de Disipación Piedra Pegada. Fuente, Promioriente (2015)

3.4. Antecedentes Normativos.

Tomando como base el cuidado del medio ambiente en la construcción de proyectos de tipo lineal como los gasoductos, es de gran importancia hacer referencia inicialmente al riesgo que conlleva su operación desde sus etapas preliminares, pasando por la construcción y posteriormente con la operación de este tipo de proyectos.

De acuerdo con lo anterior las actividades encaminadas a mitigar los riesgos derivados de este tipo de proyectos para que impacten mínimamente el medio que influyen. Es por eso que la operación de estas líneas de transporte de hidrocarburos se hacen bajo parámetros internacionales como la Norma ASME B31.8: GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS y otros nacionales como la Norma Técnica Colombiana NTC 3728 y la Resolución 1083 del 4 de Octubre de 1996.

3.4.1. ASME B31.8: GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS.

Este código establece parámetros de diseño para la construcción de líneas de transmisión y distribución de hidrocarburos, este además establece los requerimientos considerados como necesarios para el diseño seguro y la construcción de tuberías a presión. (ASME, 2012).

Tomando como referencia el Código ASME B31.8, en su capítulo 5, donde se establecen parámetros para la operación y mantenimiento del sistema de transporte, se puede resaltar el aparte 851.1: “Vigilancia Periódica de los Gasoductos”, como una manera adecuada para realizar la tarea de Identificación de Amenazas por Erosión en el gasoducto.

Este aparte establece que: “Como un medio de mantener la integridad de su sistema de ductos, cada compañía operadora deberá establecer e implementar procedimientos para la vigilancia periódica de sus instalaciones” (ASME, 2012, p.73).

Posteriormente en el aparte 851.2, identifica un sistema de patrullaje que debe tener cada empresa operadora, para este caso Promioriente, en este aparte del Código se establece que: “Cada compañía operadora deberá mantener un programa de patrullaje de gasoductos para observar las condiciones de superficie en y adyacentes a cada derecho de vía de un gasoducto” (ASME, 2012, p.73), Es en este patrullaje donde se deben identificar factores naturales como la erosión que puedan llegar a afectar la integridad del ducto, su operatividad y a sus vez los recursos naturales que pueda llegar a influenciar. (ASME, 2012).

Así también dentro de estos patrullajes se debe hacer vigilancia a Cruces de Caminos (Caminos de herradura, vías secundarias, vías principales, vías férreas entre otros) y Zanjas de

Drenaje (como caños, corrientes permanentes y temporales) e Inspección y Mantenimiento de la cobertura vegetal. (ASME, 2012)

El código establece periodos de inspección de acuerdo a clasificaciones de terreno por el número de viviendas en un área de denominadas Clases de Localidad.

De acuerdo con el código las diferentes divisiones para determinarla se debe trazar una zona de $\frac{1}{4}$ de milla de ancho a lo largo de la ruta del ducto, con el ducto en el eje central de esta zona, y divida el gasoducto en secciones aleatorias de 1 milla de longitud de manera que las longitudes individuales vayan a incluir el máximo número de edificios destinados a la ocupación humana. Cuente el número de edificios destinados a la ocupación humana en cada zona de 1 milla, Para este propósito, cada unidad de vivienda separada, en un edificio de vivienda múltiple se contará como un edificio separado destinado a la ocupación humana. (ASME, 2012).

De acuerdo a (ASME, 2012) se tienen 4 divisiones así:

- Una Localidad Clase 1, es cualquier sección de 1 milla de longitud que tiene 10 o menos 36 edificios destinados a la ocupación humana. Se tiene la intención de que una Localidad Clase 1, refleje áreas tales como las tierras estériles, desiertos, montañas, tierra de pastoreo, tierras agrícolas, y áreas escasamente pobladas.
- Una Localidad Clase 2, es cualquier sección de 1 milla que tiene más de 10 pero menos de 46 edificios destinados a la ocupación humana. Con una Localidad de Clase 2 se tiene la intención de reflejar áreas donde el grado de población es intermedio entre la Localidad de Clase 1 y la Localidad de Clase 3, tales como las zonas

periféricas de las ciudades y pueblos, zonas industriales, ranchos o quintas campestres, etc.

- Una Localidad de Clase 3 es cualquier sección de 1 milla que tiene 46 o más edificios destinados a la ocupación humana, excepto cuando prevalece una Localidad de Clase 4. Se tiene la intención de que una Localidad Clase 3 refleje áreas tales como los desarrollos de viviendas suburbanas, centros de compras, áreas residenciales, áreas industriales y otras áreas pobladas que no cumplen con los requerimientos de una Localidad de Clase 4.
- Una Localidad Clase 4 incluye áreas donde prevalecen los edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso, y donde pudiera haber numerosas otras construcciones o servicios subterráneos. Ve varios pisos quiere decir cuatro o más pisos por encima del suelo, incluyendo el primer piso o planta baja. La profundidad o número de los sótanos o subsuelos no se toma en cuenta.

En base a las 4 divisiones anteriores, también se establecen periodos y frecuencias para hacer recorridos de inspección, así:

- Para la localidad clase 1 y 2, se inspecciona con frecuencia de una vez por año.
- Para la localidad clase 3, se inspecciona con frecuencia de dos veces por año.
- Para la localidad clase 4, se inspecciona con frecuencia de 3 veces por año.

3.4.2. Norma Técnica Colombiana NTC 3728.

Al igual que el Código ASME B31.8, esta norma determina parámetros para la operación de las líneas de transporte de gas natural, como por ejemplo la determinación de clase de

localidad. Esta clasificación se usa el concepto de sección unitaria, que se entiende como una porción de área de dimensiones Longitud= 1600 m, y de ancho= a 200 m a lado y lado del eje de la tubería (ICONTEC, 2001), como se puede observar en la figura 1.

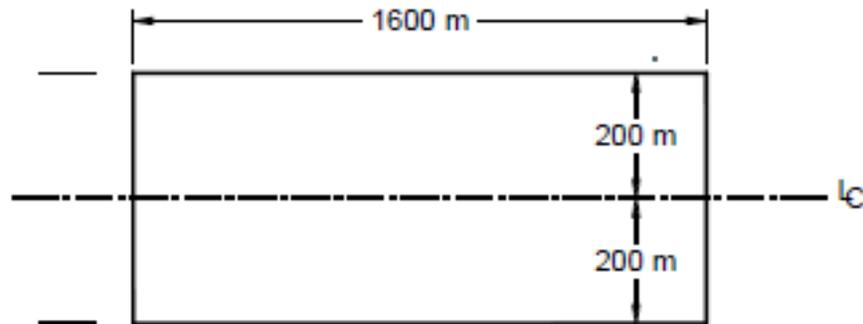


Figura 23. Sección unitaria para determinar Clase de Localidad. Fuente (ICONTEC, 2001).

- Clase de Localidad 1: de 0 a 10 Viviendas, esta división hace referencia también a potreros, desiertos, estériles, campos agrícolas y áreas escasamente pobladas.
- Clase de Localidad 2: esta división cuenta tiene más de 10 viviendas pero menos de 46 edificios, dentro de esta clasificación se pueden tener las zonas alejadas de la ciudad o pueblo, zonas industriales entre otros.
- Clase de localidad 3: esta división tiene más de 46 viviendas, pero no llega a ser clase de localidad 4, como se identificara en la siguiente clase de localidad, dentro de esta división clasifica zonas de desarrollo urbano, áreas residenciales, y otras áreas pobladas.
- Clase de localidad 4: más de 46 edificios pero predominan edificios de varios pisos, zonas de tráfico pesado, donde se pueda hallar también construcciones subterráneas.

Al haber hecho la clasificación anterior se pueden determinar las siguientes frecuencias de patrullaje de acuerdo con (ASME, 2012):

- Clase de localidad 1 y 2: Una (1) vez por año.
- Clase de localidad 3: Dos (2) veces por año.
- Clase de localidad 4: Cuatro (4) veces por año.

3.4.3. Resolución 1083 de 1996.

Con base los lineamientos planteados por los estándares anteriormente enumerados y además teniendo en cuenta que la empresa opera bajo licenciamiento ambiental por parte del Ministerio de Medio Ambiente, se debe hacer control de cada uno de los impactos ambientales que se generen por este tipo de Proyectos.

Para el control de la erosión, se realizara teniendo en cuenta la resolución 1083 del 4 de Octubre de 1996 que establece: *“Hacer uso de fibras naturales en obras, proyectos o actividades objeto de Licencia Ambiental”* (MINAMBIENTE, 1996)

Haciendo alusión a la Resolución anteriormente enumerada, se hace evidente que las empresas que operen bajo licenciamiento deben usar este tipo de fibras para hacer control de la erosión en actividades como:

- Relleno para hacer reconfiguración de terreno.
- Obras de Revegetalización y/o empedrado para protección de taludes.
- Construcción de obras de protección geotécnica.
- Estabilización, protección y recuperación del suelo contra la erosión.

- Recuperación y reconformación del Derecho de Vía en proyectos lineales.
- Construcción de estructuras para el manejo de aguas.
- Otras obras que estimen la licencia ambiental.

3.4.4. Consideraciones para control de la erosión.

Sumado a lo anteriormente dicho y para el adecuado planteamiento de los controles para el manejo de las amenazas que se puedan identificar tras los recorridos del Derecho de Vía y de acuerdo con (Amortegui, 2002) hay que tener consideraciones como las siguientes:

- El uso de la tierra.
- La facilidad de acceso.
- La existencia de sitios críticos y áreas urbanizadas que no fue posible eludir en el trazado.
- La localización de otros proyectos de ingeniería o de zonas afectadas por procesos de explotación minera.
- La disponibilidad de materiales de construcción.
- La seguridad y las posibilidades de mantenimiento rutinario.
- La economía del proyecto.

3.5. Antecedentes Operativos.

Para definir el entorno y las amenazas que pueden llegar a afectar el gasoducto de la empresa Promioriente, se hace necesario hacer una descripción de los antecedentes operativos de la infraestructura a analizar.

De acuerdo con el Manual del Sistema de Gestión de Promioriente (2015); la empresa está dedicada al transporte de gas natural a través de ductos y fue establecida en 1994. En sus inicios llevaba a cabo el transporte de gas natural desde Campo Payoa en el municipio de Sabana de Torres para la termoeléctrica ubicada en Chimita, con una línea de 49.5 Km y un diámetro de 6 pulgadas (Figura 23), esta línea se denomina Payoa-Bucaramanga de 6”.

Posteriormente entre los años 1995 – 1997, se construyó otra línea de 49.7 Km en diámetro de 8 pulgadas, para transporte de gas natural desde Campo Payoa para una mayor capacidad de transporte teniendo en cuenta la demanda de la ciudad de Bucaramanga, esta línea se denomina Payoa-Bucaramanga de 8 pulgadas (Figura 24)

Con la declinación en la producción de gas natural en este campo, fue necesario buscar otro punto de abastecimiento, y en 2004 se construyó una línea de longitud 59.4 Km también de 8 pulgadas de diámetro que conectó las dos líneas anteriores para transportar el gas natural desde Barrancabermeja hasta la ciudad de Bucaramanga, esta línea se denomina Barranca-Payoa de 8” y recibía gas proveniente de los pozos ubicados en el Departamento de La Guajira.

Con el hallazgo de un campo de producción en el Corregimiento de Gibraltar, zona limítrofe entre Cubará (Boyacá) y Toledo (Norte de Santander), se construyó una nueva línea que entra en funcionamiento en el año 2011, con un diámetro de 12”, de 175 Km de longitud y capacidad de transporte de 49 millones de pies cúbicos día.

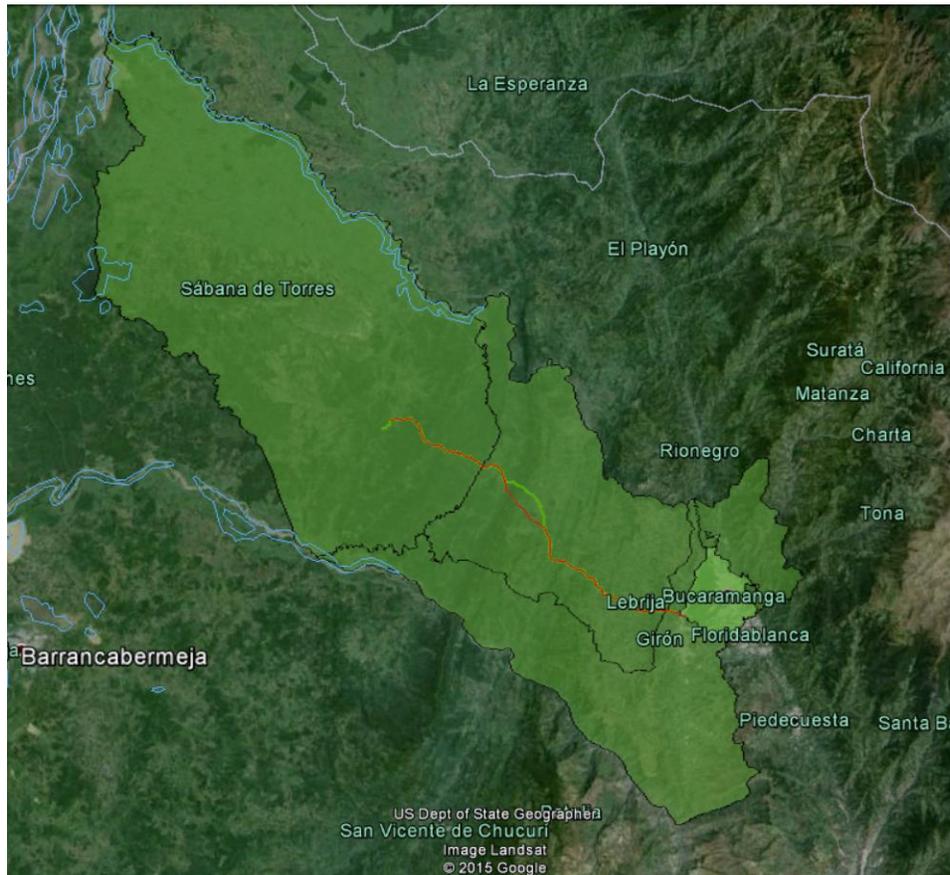


Figura 24. Ubicación espacial de las líneas de gasoducto en estudio. En color verde se identifican el gasoducto de 6 pulgadas y en color rojo el gasoducto de 8 pulgadas localizados entre Payoa (Sabana de Torres)-Bucaramanga.

Las líneas en estudio pasan por los municipios de Sabana de Torres, Lebrija y Girón. Durante su recorrido, el gasoducto hace paso por terrenos de diferentes características de pendiente, tipo de suelo, régimen de lluvias, geomorfología, entre otros factores que influyen o determinan la formación de procesos erosivos en el Derecho de Vía del gasoducto.

4. METODOLOGÍA

4.1. PROPUESTA METODOLÓGICA.

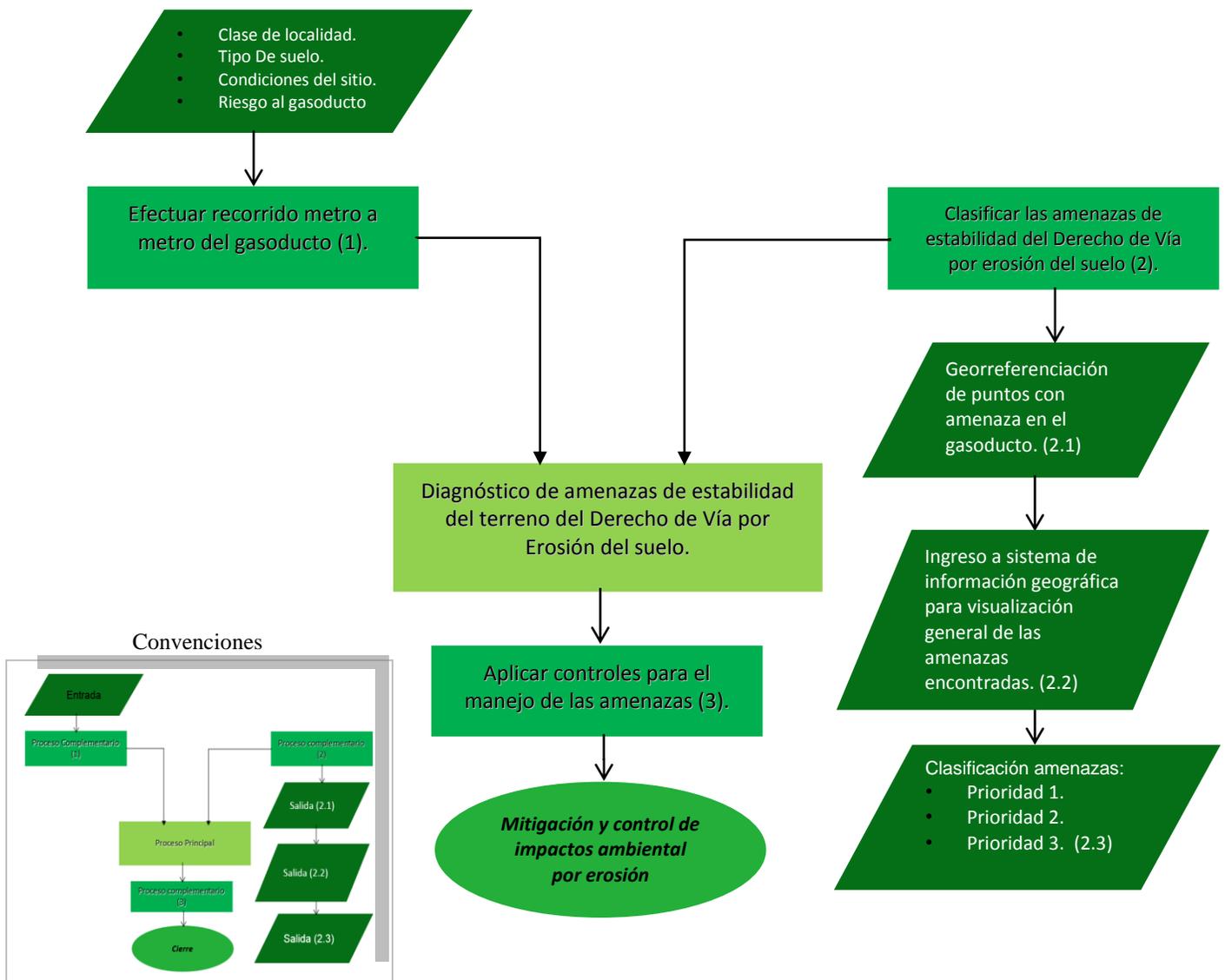


Figura 25. Diagrama de Flujo Metodología. (Fuente, Autor).

De acuerdo a la figura 25, se hace el planteamiento de la propuesta metodológica basada principalmente en la siguiente secuencia:

- **Recorrido metro a metro del Derecho de Vía (1):** en campo se realizó el recorrido del gasoducto de Promioriente desde el punto inicio estación Payoa, Pk 0+000 ubicada en el Municipio de Sabana de Torres hasta el punto fin, estación Palenque Pk 49+700 ubicado en el municipio de Bucaramanga con el fin de hacer recolección de la información.
- **Clasificación de la amenaza que generen inestabilidad al Derecho de Vía (2):** se recolectó la información obtenida del recorrido metro a metro con el fin de realizar la clasificación de las amenazas encontradas de acuerdo a factores como, el concepto de clase de localidad, tipo de suelo, condiciones del sitio, y riesgo al gasoducto. Para obtener esta clasificación se realizaron actividades secundarias como:
 - a) **Georreferenciación de puntos con amenaza en el gasoducto (2.1):** se realizó esta actividad con un sistema de posicionamiento global o GPS, para obtener la ubicación exacta de cada amenaza.
 - b) **Ingreso a sistema de información geográfica para visualización general de las amenazas encontradas (2.2):** con el fin de hacer una visualización generalizada, la georreferenciación se ingresó a ArcGis, el cual es software que permite la captura, edición, análisis, tratamiento de información geográfica, esto con el fin de crear una base de datos con las amenazas encontradas.

Las actividades anteriores generan la clasificación y priorización de las amenazas encontradas así (2.3):

- **Prioridad 1:** Son aquellos daños que requieren atención inmediata, ya que pueden generar afectación al transporte de gas natural por daño a la tubería.
- **Prioridad 2:** Son aquellos daños que pueden atenderse en un mediano plazo y que inmediatamente no causan afectaciones a la tubería de transporte de gas.
- **Prioridad 3:** Son aquellos que no generan una afectación inmediata a la tubería y que entrarían en un estado de observación y monitoreo periódico.

a) **Aplicar controles para el manejo de las amenazas (3):** de acuerdo a la recolección de datos obtenidos, se plantearon las soluciones definitivas para hacer control y mitigación de las amenazas identificadas en el Derecho de Vía, los controles se plantearon de acuerdo a las condiciones del sitio donde se identificó la amenaza como: pendiente del terreno, tipo de suelo, facilidad de acceso, existencia o no de construcciones vecinas, drenajes naturales, disponibilidad de materiales, entre otros.

5. RESULTADOS.

Se realizó el recorrido de Derecho de Vía del Gasoducto de la Empresa Promioriente que inicio el día 27 de Mayo de 2015 y finalizó el día 30 de Junio de 2015, tras este recorrido y haciendo recolección de datos primarios como: ubicación en el gasoducto, georreferenciación, dimensiones de la anomalía encontrada, tipo de amenaza, se logró identificar las amenazas por erosión a la estabilidad del terreno, y seguidamente se procedió como se describe a continuación.

5.1. Recorrido metro a metro del Derecho de Vía.

El recorrido se realizó desde el Pk 0+000 de la Línea de 8 pulgadas y de 6", ubicado en las inmediaciones del campo Payoa en el Municipio de Sabana de Torres hasta el Pk 49+500 y 47+700 de la Línea de 8 pulgadas y 6 pulgadas respectivamente ubicados en el municipio de Girón.

Durante este recorrido se obtuvieron datos como dimensiones de la amenaza y ubicación de las amenazas que se compararon con sectores críticos de estabilidad, clase de localidad y tipo de suelo, que posteriormente se analizaron para la clasificación de las amenazas.

5.2. Clasificación de las amenazas de estabilidad del terreno del Derecho de Vía.

Para generar la clasificación de las amenazas encontradas se tuvieron en cuenta actividades como:

5.2.1. Georreferenciación e ingreso a sistema de información geográfica.

Cada una de las amenazas encontradas se georreferenció con GPS, y posteriormente se ingresaron al software (ArcGis), con el fin de visualizar y obtener la exacta ubicación espacial

del punto encontrado. Estos puntos se conformaron en una capa (layer) y además se le adicionaron otras capas como el trazado de la línea y un modelo de elevación digital (DEM) que permite observar el relieve. Figura 26.

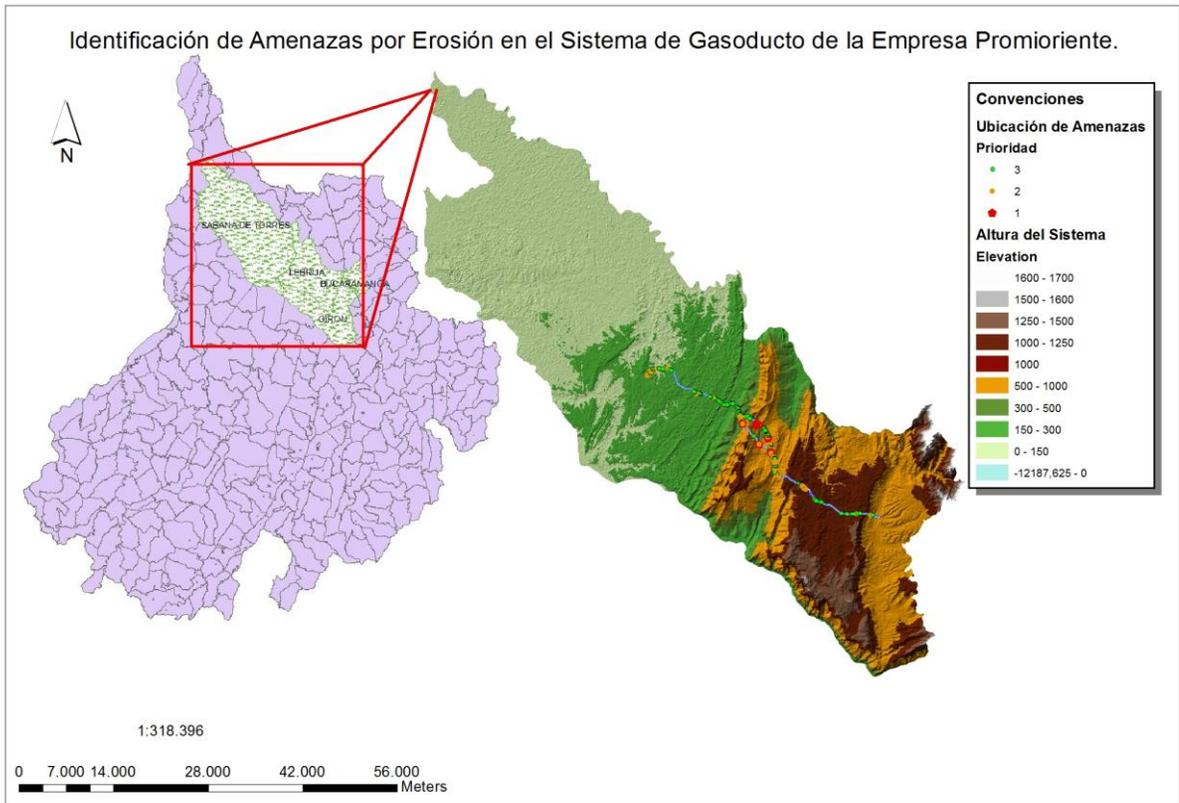


Figura 26. Amenazas identificadas y priorizadas del gasoducto de Promioriente.

5.2.2. Priorización de amenazas de estabilidad del terreno por erosión del suelo identificadas.

Inicialmente se realizó la priorización de las amenazas identificadas en base al diagrama de flujo de la figura 24, posteriormente esta priorización se resumió en una tabla con los siguientes encabezados que organizan la información y se pueden apreciar en la Tabla 1.

- a) ITEM: Indica la amenaza encontrada.

- b) GUIA GPS: indica el índice con el que quedo identificado el Waypoint de georreferenciación de la amenaza.
- c) PK ANOMALIA: De acuerdo a la abscisa del gasoducto el Kilometraje de línea donde se identificó la amenaza.
- d) DESCRIPCION: Un breve texto que describe el problema encontrado.
- e) REGISTRO: Es el registro fotográfico del punto problema encontrado.
- f) GASODUCTO: identifica el gasoducto al que pertenece la amenaza, teniendo en cuenta que hay paso de dos líneas en el tramo recorrido, una de 6 pulgadas y otra de 8 pulgadas.
- g) PRIORIDAD: De acuerdo a los factores a tener en cuenta que se muestran en la figura 24.

A continuación en la Tabla 1 se presenta la categorización realizada a las anomalías identificadas en campo.

Tabla 1. Priorización de anomalías encontradas.

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
1	PUENTE ROJO	023+000	7°13'29.02" N 73°19'47.80" O	Deslizamiento generado por escorrentía genera tensión sobre la tubería.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	1
2	Palo coposo	026+200	7°12'16.71" N 73°18'50.56" O	Se identifica sector de coluvión de gran tamaño saturado por drenajes del sector lo que puede generar deslizamiento en el sector		PAYOA BUCARAMANGA 6"	1
3	Francisca	028+900	7°10'33.73" N 73°18'20.02" O	Socavación en el sector genera esfuerzos sobre la tubería lo cual puede llegar a afectar el cuerpo de agua.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
4	229	025+950	7°12'20.94" N 73°18'52.32" O	En el sector se logran identificar socavación por corrientes de agua, lo que genera inestabilidad en la tubería.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2
5	227-228	025+800	7°12'29.27" N 73°18'54.34" O	Se identifica deslizamiento generado por saturación de agua en sector de ladera.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	1
6	146	000+850	7°17'28.52" N 73°28'19.39" O	Se identifican cárcavas que pueden generar deslizamiento y posterior rotura de la línea sobre cuerpo de agua.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
7	149	001+100	7°17'31.84" N 73°28'14.32" O	Deslizamiento por drenajes del sector, genera tensión sobre la tubería.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	1
8	154	001+300	7°17'37.45" N 73°28'13.77" O	Deslizamiento por drenajes del sector, genera tensión sobre la tubería.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2
9	160	015+400	7°14'56.23" N 73°22'28.84" O	Se identifica deslizamiento de menor tamaño en ladera de caño.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
10	163	015+500	7°14'55.12" N 73°22'21.99" O	Erosión en sector de ladera, genera inestabilidad de la línea.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2
11	167	019+500	7°14'04.90" N 73°21'08.23" O	Socavación a orillo de vía por escorrentía del sector.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2
12	TUNO PTER OJO	023+000	7°13'28.46" N 73°19'45.55" O	Cárcavas de gran tamaño por escorrentía del sector, pueden generar deslizamiento.		PAYOA BUCARAMANGA 6"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
13	Rio Sucio 2	024+010	7°11'46.22" N 73°19'33.51" O	Escorrentía en sector de pendiente baja, genera cárcavas con riesgo de deslizamiento.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2
14	33	026+200	7°11'7.37" N 73°18'35.06" O	Erosión causada por drenaje, genera cárcavas de gran tamaño en sector de ladera.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	1
15	35	027+150	7°10'45.29" N 73°18'26.27" O	Drenaje mal manejado genera escarpes de deslizamiento.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
16	114	028+000	7°10'14.03" N 73°18'16.51" O	Socavación en sector de cruce de quebrada muestra escarpes de gran tamaño, que están afectando el sector y con alto riesgo de deslizamiento.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	1
17	113	028+300	7°9'59.68" N 73°18'16.49" O	Se identifican grietas en parte alta de sector de pendiente.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	3
18	104-107	030+350	7°9'17.18" N 73°18'7.52" O	En sector de pendiente alta, alledaño a cuerpo de agua se identifican cárcavas de gran tamaño generadas por el mal manejo de drenaje de ese sector.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	1

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS

ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
19	Paraguay después de lago sucio	032+150	7°9'0.31" N 73°17'11.22" O	Se identifican escarpes de pequeño tamaño en sector de alta pendiente, causados por el mal manejo de las aguas de drenaje en el sector		PAYOA BUCARAMANGA 8"	3
20	Después de lago sucio.	032+250	7°8'58.80" N 73°17'9.71" O	En sector de paso de quebrada, se identifica tubería destapada producto de la socavación del cuerpo de agua y genera alto riesgo en este.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	1

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
21	Gavión, 32+500, ahora el de SSC	032+500	7°8'56.30" N 73°17'7.98" O	Se identifica en sector de pendiente media, escarpes de gran tamaño producto de la saturación del terreno.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2
22	122	034+300	7°8'32.26" N 73°16'12.20" O	En sector de pendiente se logra identificar escarpes de movimiento cerca de una vía principal.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	1
23	124	034+500	7°8'26.55" N 73°16'6.22" O	Cárcavas por escorrentía en sector de pendiente, pueden saturar terreno generando un deslizamiento.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2

REGISTRO DE OBSERVACIONES RECORRIDO DERECHO DE VÍA PAYOA BUCARAMANGA DE 6 Y 8 PULGADAS							
ITEM	GUIA GPS	PK ANOMALIA	COORDENADAS (Latitud, longitud)	DESCRIPCION	REGISTRO	GASODUCTO	PRIORIDAD
24	129-130-131	035+100	7°8'14.35" N 73°15'57.73" O	Sector aledaño a la vía, se identifican deslizamientos potenciales sobre vía principal.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2
25	133	035+500	7°8'9.64" N 73°15'49.99" O	Saturación generada por un cuerpo de agua, aledaño al Derecho de vía puede causar inestabilidad tanto de la tubería como desbordamiento del cuerpo de agua.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2
26	143	045+100	7°6'10.85" N 73°11'43.02" O	En sector de pendiente media se logran identificar problemas con el manejo del drenaje en el sector lo que potencia esfuerzos sobre la tubería y posteriores roturas cerca de cuerpos de agua.		PAYOA BUCARAMANGA 8"	2

5.3. Identificación y planteamiento de Controles para las Amenazas por estabilidad del terreno causadas por erosión del suelo

De acuerdo con Suárez (2001), los controles a las anomalías de erosión encontrados deben ser escogidos de tal manera que no impacten el medio donde se planteen y que además no se traslade a otro punto del terreno el problema.

Es de importancia que los controles que se planteen para hacer tratamiento a la erosión no sean agresivos paisajísticamente y generen otro impacto ambiental negativo adicional al de la erosión del suelo por la intervención del gasoducto. En la figura 27 se puede observar un ejemplo en el manejo de drenaje construido con sacos de suelo cemento, pasado un periodo de tiempo este se puede observar revegetalizado lo que lleva paulatinamente a hacer parte del suelo donde fue construido y así se hace control al drenaje en el sector de pendiente sin afectar fuertemente el paisaje del sector.



Figura 27. Muestra de un canal colector en sacos de suelo cemento que ya se encuentra revegetalizado.

Teniendo en cuenta las condiciones en campo y los conceptos inicialmente analizados en este diagnóstico se procedió a plantear los controles para cada amenaza identificada. Esta información se verá consignada en dos tablas, una para la Línea de 6 pulgadas (Tabla 2) y otra para la Línea de 8” (Tabla 3) y posterior a estas una tabla resumen (Tabla 4) que muestra las cantidades de controles planteados para todo el Gasoducto de Promioriente.

De acuerdo a la teoría analizada, para el planteamiento de los controles se tuvo en cuenta la siguiente clave que se representa en la tabla 2.

Tabla 2. Clave para determinación de controles a las amenazas encontradas. (Fuente Autor)

TIPO DE AMENAZA	POSIBLE CONTROL PARA TRATAMIENTO DE LA AMENAZA ENCONTRADA
Erosión laminar	CORTACORRIENTE
	CANAL COLECTOR
	REVEGETALIZACION
Erosión por afloramiento de agua	TRINCHOS
	ESTRUCTURAS DE ENTREGA
	DISIPADORES
Erosión en surcos	TRINCHOS
	REVEGETALIZACION
	CORTACORRIENTE
	CANAL COLECTOR
Erosión en cárcavas	TRINCHOS
	REVEGETALIZACION
	CORTACORRIENTE
	CANAL COLECTOR
Erosión en cauces de agua	REVESTIMIENTO DE MARGENES EN SACO SUELO CEMENTO

TIPO DE AMENAZA	POSIBLE CONTROL PARA TRATAMIENTO DE LA AMENAZA ENCONTRADA
	ESTRUCTURA EN GAVION
Erosión en masa	ESTRUCTURA EN GAVION
	MUROS EN CONCRETO

5.3.1. Controles planteados para las anomalías identificadas en el Gasoducto de 6" Payoa Bucaramanga y controles formulados.

Tabla 3. Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo identificada en el gasoducto.

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
PUENTE ROJO	023+000		Gavión	M3	30
			Cortacorriente Sacos de Suelo Cemento	ML	100
Palo coposo	026+200		Canal colector Saco suelo cemento	ML	100
			Entrega en saco suelo cemento	Unidad	4
Francia	028+900		Gavión	M3	48
			Protección de márgenes	M3	62
			Concreto	M3	6

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
229	025+950		Canal colector en piedra pegada	ML	60
			Entrega piedra pegada	Unidad	3
227-228	025+800		Gavión	M3	30
			Cortacorriente Tipo II	ML	80
			Entrega en Sacos de Suelo Cemento	Unidad	5
146	000+850		Revegetalización	M2	500
			Cortacorriente Tipo I	ML	20
			Relleno común	M3	1
149	001+100		Gavión	M3	20
			Cortacorriente Tipo II	ML	35
			Entrega en Saco Suelo Cemento.	Unidad	2
154	001+300		Concreto	M3	20
			Canal colector Saco suelo cemento	ML	30
			Estabilización marco H	Unidad	2
			Disipador en roca, Altura = 6m	Unidad	1

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
160	015+400		Gavión	M3	16
163	015+500		Trincho	ML	50
			Revegetalización	M2	500
167	019+500		Gavión	M3	20

5.3.2. Controles planteados para las anomalías identificadas en el Gasoducto de 8” Payoa Bucaramanga y controles formulados.

Tabla 4. Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo identificada en el gasoducto.

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
Rio Sucio 2	024+010		Canal Colector en Saco Suelo Cemento	ML	50
			Cortacorriente tipo II	ML	50
			Trincho	ML	50
033	026+200		Gavión	M3	8
			Canal Colector piedra Pegada	ML	12
035	027+150		Canal Colector Saco Suelo Cemento	ML	15
			Entrega piedra pegada	UND	2
			Canal colector piedra pegada	ML	20
114	028+000		Canal Colector piedra pegada	ML	350
			Estructura de Disipación Altura= 4	UND	4

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
113	028+300		Observación de punto	N/A	N/A
104-107	030+350		Trincho	ML	24
			Gavión	M3	12
			Canal Colector saco suelo cemento	ML	50
			Cortacorriente Tipo III	ML	80
Paraguay después de lago sucio	032+150		Gavión	M3	16
			Observación de punto	N/A	N/A
Después de lago sucio.	032+250		Trincho	UND	2
			Concreto	M3	9
			Canal Colector piedra pegada	ML	30
Gavión, 32+500, ahora el de SSC	032+500		Gavión	M3	24
			Revegetalización	M2	500

GUIA GPS	PK ANOMALIA	REGISTRO	TIPO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANT.
122	034+300		Canal Colector Saco Suelo Cemento	ML	40
			Trincho	ML	40
			Cortacorriente Tipo II	ML	32
124	034+500		Revegetalización	ML	30
			Trincho	ML	20
129-130-131	035+100		Gavión	M3	130
			Relleno común	M3	6
133	035+500		Gavión	m3	24
			Entrega piedra pegada	unidad	1
			Disipador Altura= 3 m	unidad	1
143	045+100		Canal Colector Saco Suelo Cemento	ml	24
			Cortacorriente Tipo I	ml	24
			Entrega piedra pegada	unidad	1

En la tabla 5 se puede identificar el compilado de cantidades de controles cuantificadas planteadas para las Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo.

La cuantificación de controles para manejo de las Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo se resume en la siguiente tabla, estos se pueden observar con las siguientes medidas: (ML= Metro Lineal), (M3, Metro Cubico), (UND= Unidad) y (M2=Metro Cuadrado).

Tabla 5. Resumen de cuantificación de controles formulados para las Amenazas estabilidad del terreno por erosión del suelo.

TIPO DE CONTROL	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
Canal Colector Piedra Pegada	572	ML
Canal Colector Saco Suelo Cemento	309	ML
Concreto	35	M3
Cortacorriente Tipo I	144	ML
Cortacorriente Tipo II	197	ML
Cortacorriente Tipo III	80	ML
Disipador en roca, Altura = 6m	1	UND
Entrega en Saco Suelo Cemento	11	UND
Entrega Piedra Pegada	7	UND
Estabilización marco H	2	UND
Gavión	378	M3
Observación de punto	2	N/A
Protección de márgenes	62	M2
Relleno común	7	M3
Revegetalización	3330	M2
Trincho	336	ML
Disipador Saco Suelo Cemento Altura= 4	4	UND
Disipador Saco Suelo Cemento Altura= 3 m	1	UND

6. CONCLUSIONES.

Efectuado el recorrido al Derecho de Vía del Gasoducto de la empresa Promioriente, se logró identificar 26 amenazas de estabilidad al terreno por efectos de la erosión del suelo; En cuanto a la clasificación de las amenazas por erosión en el Derecho de Vía se puede decir lo siguiente:

En la tubería de 6 pulgadas se identificaron 12 puntos donde se presentan los siguientes tipos de amenazas, así:

- Pk 023+000: erosión en masa (deslizamiento rotacional).
- Pk 026+200: Erosión en cárcavas combinado con erosión en surcos.
- Pk 028+900: Erosión en cauces de agua.
- Pk 025+950: Erosión en surcos.
- Pk 025+800: Erosión en masa (Deslizamiento rotacional).
- Pk 000+850: Erosión en surcos.
- Pk 001+100: Erosión en masa (Deslizamiento rotacional).
- Pk 001+300: Erosión en cauces de agua.
- Pk 015+400: Erosión en cauces de agua.
- Pk 015+500: Erosión laminar.
- Pk 019+500: Erosión laminar.
- Pk 023+000: Erosión en cárcavas.

Por otra parte en la tubería de 8 pulgadas se identificaron 14 puntos donde se presentan los siguientes tipos de amenazas, así:

- Pk 024+010: Erosión en cárcavas combinado con erosión laminar.
- Pk 026+200: Erosión en cárcavas.
- Pk 027+150: Erosión en cauces de agua combinado con erosión en cárcavas.
- Pk 028+000: Erosión en cauces de agua que generan escarpes de deslizamiento en sector de pendiente.
- Pk 028+300: Erosión en surcos.
- Pk 030+350: Erosión en masa (Deslizamiento Rotacional).
- Pk 032+150: Erosión en cárcavas.
- Pk 032+250: Erosión en cauces de agua.
- Pk 032+500: Erosión laminar que genera escarpe de deslizamiento.
- Pk 034+300: Erosión en cárcavas.
- Pk 034+500: Erosión en surcos.
- Pk 035+100: Erosión en masa (Deslizamiento rotacional).
- Pk 035+500: Erosión laminar.
- Pk 045+100: Erosión en surcos.

En cuanto a la clasificación de amenazas de las 26 identificadas, ubicadas como se describe a continuación:

- Nueve (9) de estas se clasificaron como prioridad 1, así:
 - Pk 023+000 Línea de 6 Pulgadas.
 - Pk 026+200 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 025+800 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 001+100 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 026+200 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 028+000 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 030+350 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 032+250 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 034+300 Línea de 8 pulgadas.

- Quince (15) de estas se clasificaron como prioridad 2, así:
 - Pk 028+900 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 025+950 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 000+850 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 001+300 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 015+400 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 015+500 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 019+500 Línea de 6 pulgadas.
 - Pk 023+000 Línea de 6 pulgadas.

- Pk 024+010 línea de 8 pulgadas.
 - Pk 027+150 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 032+500 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 034+500 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 035+100 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 035+500 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 045+100 Línea de 8 pulgadas.
- Dos (2) de estas se clasificaron como prioridad 3, así:
 - Pk 028+300 Línea de 8 pulgadas.
 - Pk 032+150 Línea de 8 pulgadas.

Con el fin de que la intervención sea mínima y que además cumpla con el fin de hacer control a la erosión en el suelo, los controles planteados se formularon con construcciones que incluyen fibras naturales (sacos de fique), como son los cortacorrientes, canales colectores, estructuras de entrega de sacos de suelo cemento, estructuras de contención en gavión en roca o en sacos de suelo cemento y la Revegetalización de zonas sin capa vegetal.

La importancia de la aplicación de estas medidas de mitigación y control sobre las amenazas identificadas en el Derecho de Vía, se evidencia en el actuar preventivo de este tipo de diagnóstico que busca mitigar y controlar los impactos negativos por la erosión del suelo en este tipo de proyectos.

A la hora de ver la relación costo-beneficio resulta importante el actuar preventivo que se

nombró anteriormente, ya que con este tipo de controles no se tendrían que hacer gastos en controles estructurales como grandes construcciones en muros de concreto, sistemas de anclajes, pantallas de concretos, sistemas de cimentaciones y pilotes, entre otros que llegarían a triplicar los costos para el tratamiento de un punto donde se halla identificado una amenaza, ya que se tendría que intervenir ya no un punto con una amenaza sino un punto donde ya hay una contingencia que tratar.

7. RECOMENDACIONES

Cada recorrido realizado posterior a este diagnóstico debería ser llevado a la base de datos que se creó en ArcGis con el fin no solo de tener una ubicación espacial de las amenazas que se puedan encontrar a futuro, sino también llevar un historial de los problemas de erosión el gasoducto y poder llegar a caracterizar sectores vulnerables a la erosión en el Derecho de Vía.

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se busca que con la vigilancia periódica en el Derecho de Vía del Gasoducto de Promioriente no solo se cumpla con la normatividad aplicable a estos proyectos sino también tratar una anomalía que pueda afectar la estabilidad del terreno y posteriormente traer consecuencias mayores desde que se encuentre como prioridad 3 y hasta que esta cause una contingencia que requiera tratarse con altos recursos.

8. BIBLIOGRAFIA.

- Amortegui, J. V. (2002). <http://documentacion.ideam.gov.co/>. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019670/Paginas/28.htm>
- Diaz, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación*, 80-90. Recuperado el 1 de Diciembre de 2015, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64322335009>
- García, P. E., Menéndez, A. N., Arostegui, M. P., Salerno, G., Panzeri, G., Guantay, M. L., & Cruz, C. (2006). INCERTIDUMBRE EN LA EVALUACIÓN DE EROSIÓN EN PISTAS PARA EL TENDIDO DE DUCTOS. *Research Gate*. Recuperado el 11 de Marzo de 2015, de http://www.researchgate.net/profile/Angel_Menendez/publication/242672816_INCERTIDUMBRE_EN_LA_EVALUACION_DE_EROSIN_EN_PISTAS_PARA_EL_TENDIDO_DE_DUCTOS/links/00b7d52936f2d9ab20000000.pdf
- Garrido, S. G. (2003). *Organizacion y Gestion Integral del Mantenimiento*. Diaz Santos.
- Gonzales, M. (2010). <http://www.bdigital.unal.edu.co/>. Recuperado el Diciembre 2 de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8824/1/martainesgonzalezsanchez.2010.pdf>
- ICONTEC. (2001). *NTC 3728 Norma Tecnica Coombiaba de Gasoductos, Lineas de Transporte y Redes de Distribucion de Gas*. Bogota: ICONTEC.

Kowaljew, E., & Rostagno, C. M. (2008). Efectos de la instalación de un gasoducto sobre algunas propiedades del suelo superficial y la cobertura vegetal en el NE de Chubut. *Scielo*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2015, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672008000100006

Manual del Sistema Integrado de Gestión Promioriente. (2015). Bucaramanga.

MINAMBIENTE. (4 de Octubre de 1996). *www.maciasabogados.com*. Recuperado el 22 de Marzo de 2015, de <http://www.maciasabogados.com/Library/Resource/Resoluciones/Resolucion1083de1996.481.def>

Promioriente. (2015). *Especificaciones Geotecnia*. Bucaramanga.

Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Suarez, J. (2001). *CONTROL DE EROSION EN ZONAS TROPICALES*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Obtenido de <http://www.erosion.com.co/control-erosion->

The American Society of Mechanical Engineers, A. (2012). *ASME B 31.8 SISTEMA DE TUBERIA PARA TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE GAS- CODIGO DE ASME PARA TUBERIA A PRESION*. Estados Unidos: ASME. Recuperado el 18 de Marzo de 2015

- Clavijo, J., Mendoza, H., Royero, J.M., Bernal, L., & Reyes, G. (1993). Contribución al conocimiento de la geología de los Santanderes. Cuarto Simposio de Geología Regional. Bucaramanga. INGEOMINAS. Documento interno, 99p.
- Royero, J.M & Clavijo, J. (2001). Mapa Geológico Generalizado departamento de Santander. Memoria Explicativa. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. 91 p.
- Morales, L. G & The Colombian Petroleum Industry (1958). General Geology and oil occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia 78 p. *In* Habitat of oil. American Association of Petroleum Geologists. Tulsa.
- Ward, D., Goldsmith, R., Cruz, J. & Restrepo, A. (1973). Geología de los cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13. 144pg