

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA REHABILITACIÓN Y PUESTA
EN MARCHA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE NAFTADUCTO EXSAGOC DE
LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.**

ALFREDO JOSE SUAREZ RIOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2012

**EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA PARA LA REHABILITACIÓN Y PUESTA
EN MARCHA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE NAFTADUCTO EXSAGOC DE
LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.**

ALFREDO JOSE SUAREZ RIOS

**Trabajo de grado para optar por al título de Especialista en Gerencia de
Hidrocarburos**

Director

CARLOS EDUARDO MERCHAN RAMOS

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE HIDROCARBUROS
BUCARAMANGA**

2012

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AYACUCHO-COVEÑAS	14
1.1 ANTECEDENTES	14
1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	15
1.2.1 Sector Planta Ayacucho -Trampa de Raspadores Marquetalia (K25+138)	20
1.2.2 Sector Trampa Marquetalia (K25+138) al Km 53+000	21
1.2.3 Sector del Km 53+000 al Km 86+000	22
1.2.4 Sector del Km 86+000 al Km 113+000 (Caño Chicagüa)	23
1.2.5 Sector del Km 113+000 (Caño Chicagüa) al km 139+588 (El Zorro)	24
1.2.6 Sector del km 140+000 al km 161+500 (Planta Retiro)	25
1.2.7 Sector del Km 161+500 (Planta Retiro) al Km 192+000	27
1.2.8 Sector del Km 192+000 al Km 224+000	27
1.2.9 Sector del Km 224+000 al Km 257+000	28
1.2.10 Sector del Km 257+000 al Km 272+790	29
2. EVENTOS ENCONTRADOS EN EL DERECHO DE VÍA	31
2.1 ASENTAMIENTOS HUMANOS EN EL DERECHO DE VÍA	31
2.2 CULTIVOS Y JAGÜEY SOBRE EL DERECHO DE VÍA	32
2.3 SECTORES QUE REQUIEREN ROCERÍA	33
2.4 CRUCE DE CUERPOS DE AGUA	35
2.5 AMENAZAS POR GEOTECNIA	36
2.6 CRUCES CARRETEABLES Y FERREOS	38
2.7 SEÑALIZACIÓN DEL DUCTO.	40
2.8 SECTORES PARALELOS Y CRUCES DE LÍNEA CON OTRAS TUBERÍAS	41
2.9 SECTORES PARALELOS A LÍNEAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN	42

3. INSPECCIÓN VISUAL DE LA TUBERIA AEREA.	43
3.1 ESTADO DEL RECUBRIMIENTO	43
3.2 INTERFASES OTRANSICIONES AÉREO- ENTERRADAS	44
3.3 PERFORACIONES ILÍCITAS Y ABOLLADURAS	45
3.4 HURTO DE TUBERÍA	46
3.5 ESTADO DE LOS SOPORTES	47
4. VALORACIÓN DE RIESGOS	49
4.1 CORROSIÓN EXTERIOR	50
4.2 CORROSIÓN INTERIOR	50
4.3 DEFECTOS DE FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL DUCTO	51
4.4 DAÑOS MECANICOS POR TERCEROS	51
4.5 CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS	52
5. ALTERNATIVAS (DESCRIPCIÓN Y PRESUPUESTO)	55
5.1 FASE 1. ACCIONES REQUERIDAS PARA VALORACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE CORRIDA ILI	55
5.1.1 Rocería	55
5.1.2 Reparación de perforaciones y abolladuras, detectadas y estimadas	56
5.1.3 Reposición de tubería hurtada	56
5.1.4 Construcción de cruces dirigidos	56
5.1.5 Inspección y mantenimiento de válvulas y Trampas	58
5.1.6 Realización de Prueba Hidrostática	58
5.1.7 Limpieza interior del ducto mediante corrida de raspadores	59
5.1.8 Servicio de inspección mediante corrida ILI	59
5.1.9 Agua requerida	59
5.2 FASE 2. ACCIONES REQUERIDAS PARA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.	61
5.2.1 Reparación de defectología inmediata reportada por herramienta ILI	61
5.2.2 Construcción de Variantes por asentamientos humanos	62
5.2.3 Cambio de recubrimiento y enterramiento de tubería	62
5.2.4 Rehabilitación del sistema de protección catódica.	62

6. PRESUPUESTO	63
6.1 FASE 1. PRESUPUESTO PARA VALORACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE CORRIDA ILI	64
6.2 FASE 2. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DESPUÉS DE CORRIDA HERRAMIENTA ILI	65
7. ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	67
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFIA	72

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Trazado del Naftaducto Ayacucho - Coveñas 12".	15
Figura 2. Vista perfil del Naftaducto Ayacucho - Coveñas 12".	16
Figura 3. Especificaciones de la Tubería.	18
Figura 4. Fecha de reposición de Tubería.	19
<i>Figura 5.</i> Distribución de la tubería según el medio externo	20
Figura 6. Trazado Ayacucho (K 0+000)-Trampa de Raspadores Marquetalia (K25+138)	21
Figura 7. Trazado Trampa Marquetalia (K25+138) al km 53+000.	22
Figura 8. Trazado del Km 53+000 AL Km 86+000.	23
Figura 9. Trazado del Km 86+000 AL Km 113+000 (Caño Chicagüa).	24
Figura 10. Trazado del Km 113+000 (Caño Chicagüa) al Km 140+000 (El Zorro).	25
Figura 11. Trazado del Km 140+000 al Km 161+500 (Planta Retiro)	26
Figura 12. Trazado del Km 161+500 (Planta Retiro) al Km 192+000	27
Figura 13. Trazado del Km 192+000 al Km 224+000.	28
Figura 14. Trazado del Km 224+000 al Km 257+000	29
Figura 15. Trazado del Km 257+000 al Km 272+790 (Planta Coveñas).	30
Figura 16. Asentamientos humanos sobre el Derecho de vía: a) Km 9+305, b) Km 25+950, c) Km 58+108, d) Km 128+831 e) Caserío San Ignacio 152+998 f) Km 232+360 Sector Bremen.	31
Figura 17. Jagüey a) Km 1+904 y cultivos de arroz b) Km 14+835, c) Km 27+357 sobre el DDV.	33
Figura 18. Tipo de Vegetación presente en el DDV a) Del K 0 al K 69Km, b) K69 al K 161 c) K 161 al k272	34
Figura 19. Algunos Cruce de cuerpos de agua representativos a) Rio Magdalena Sector Regidor Km 25+900, b) Rio Victoria Km 108+238 c)	36

Ciénaga Talanquera Km 71+000 al 72+250.	
Figura 20. Desbordamiento de cuerpos de Agua a) y b) Talanquera Km 72+000,c) Rio Simaña Km 12+000, d) Sector Venecia Km 74+500 al 76+500 y e) Km 143+107 Puerto Camajón.	37
Figura 21. Socavación lecho cruce Rio Papayal.	37
Figura 22. Válvula de bloqueo y tubería tapada por depósitos aluviales a) Km 113+318 Caño Chicagüa, b) V. Victoria Km 107+743 c) Tubería tapada Km 74 al Km 75 d) V. Caño Tapoa Km 72+909.	38
Figura 23. Cruce carreteables principales, Km 3+785	39
Figura 24. Postes de Abscisado y vallas de señalización.	40
Figura 25. Sectores DDV compartido con otras líneas de conducción de hidrocarburos.	41
Figura 26. Paralelismo con líneas de Media Tensión Km 152+986.	42
Figura 27. Estado del recubrimiento.	44
Figura 28. Ejemplos de interfaces en mal estado.	45
Figura 29. Evidencia de instalación de válvulas y perforaciones Ilícitas.	45
Figura 30. Abolladuras registradas.	46
Figura 31. Hurto de Tubería.	47
Figura 32. Ejemplo de tubería por fuera de los soporte.	48
Figura 33. Trazado	54
Figura 34. Distribución presupuesto para corrida ILI.	65
Figura 35. Distribución presupuesto para puesta en marcha del sistema.	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Inventario de Unidades de Protección Catódica (URPC).	16
Tabla 2. Inventario de válvulas de seccionamiento.	17
Tabla 3. Variantes para mitigar riesgo por asentamientos humanos en el DDV	32
Tabla 4. Localización de cultivos en el DDV.	32
Tabla 5. Sectores que requieren Rocería.	34
Tabla 6. Cruce de Cuerpos de Agua Principales.	35
Tabla 7. Principales cruces viales y férreos.	39
Tabla 8. Tramos de tubería hurtada.	46
Tabla 9. Estado de los soportes.	47
Tabla 10. Resultado valoración de riesgo cualitativo.	53
Tabla 11. Riesgos Vs amenaza	54
Tabla 12. Estimación de cruces dirigidos a realizar.	57
Tabla 13. Volúmenes de agua requeridos Bombeando desde Ayacucho.	60
Tabla 14. Volúmenes de agua requeridos bombeando desde Ayacucho y Coveñas (Línea Bidireccional).	60
Tabla 15. Costo por actividad de mantenimiento	64
Tabla 16. Costo puesta en marcha por tramos	65
Tabla 17. Resumen presupuesto	66
Tabla 18. Flujo de caja	68

RESUMEN

TITULO: EVALUACION TECNICO-ECONÓMICA PARA LA REHABILITACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE TRANSPORTE NAFTADUCTO EXSAGOC DE LA VICEPRESIDENCIA DE TRANSPORTE DE ECOPETROL S.A.*

AUTOR: ALFREDO JOSE SUAREZ RÍOS**

PALABRAS CLAVES: Crudo, Exsagoc, poliducto.

CONTENIDO:

La ubicación geográfica de los yacimientos que actualmente apalancan la producción de crudos en Colombia y en donde se encuentran centrados los nuevos prospectos para aumento de reservas y producción, se encuentran ubicados en los Llanos Orientales.

La baja infraestructura de transporte y los diferentes proyectos que se encuentran en desarrollo para permitir la evacuación de dichos productos han hecho que se utilicen diferentes medios de transporte tales como carro tanque o la optimización de la infraestructura de ductos existente.

Esta falta de infraestructura demora el desarrollo de nuevos campos y aumenta el costo de transporte por carrotanques, que implica un alto costo así como un alto riesgo dadas las condiciones de topografía, inestabilidad geológica y estado actual de las vías de nuestro país.

La Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A. entre sus activos posee el sistema Exsagoc, un poliducto de 278 km en 12" entre la planta Ayacucho (Cesar) hasta el terminal Coveñas. De dicho sistema se realizó un recorrido de línea donde se revisó técnicamente el estado actual de la infraestructura con lo cual se pretendió evidenciar una radiografía total del sistema así como su interacción con el entorno.

Con lo descrito anteriormente con este documento se pretende realizar una evaluación técnico económico que nos permita definir si este sistema permitiría hacer parte de una solución para la evacuación de crudos pesados desde los Llanos orientales hasta el puerto de exportación.

* Monografía

** Especialización en Gerencia de Hidrocarburos, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Director, Ing. Carlos Eduardo Merchán Ramos.

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT FOR THE REHABILITATION AND STARTING THE TRANSPORTATION SYSTEM OF THE VICE PRESIDENT NAFTADUCTO EXSAGOC TRANSPORT ECOPETROL SA*

AUTHOR: ALFREDO JOSE SUAREZ RÍOS**

KEYWORDS: Raw, Exsagoc, Pipeline.

CONTEND:

The geographic location of the sites currently leverage the production of crude oil in Colombia and where are centered the new prospects to increase reserves and production are located in the easter plains.

The low transport infrastructure and the various projects are being developed to allow the evacuation of these products are made using different means of transport such as tank trucks or optimization of existing pipeline infrastructure.

This lack of infrastructure delay the development of new fields and increase the cost of transportation by tankers, which involves high cost and high risk given the conditions of topography, geological instability and current state of the roads of our country.

The Transportation Vicepresidency of Ecopetrol S.A. among its assets, has the Exsagoc system, a pipeline of 278 km in 12 "between Ayacucho's facility located in Cesar's Department, to the Coveña's terminal. In this system the line was technically inspected to evidence the current condition of infrastructure, intending to demonstrate a total scan of the system and its interaction with the environment.

As described above in this document is to conduct a technical-economical assessment that allows us to define if this system would be part of a solution for the removal of heavy crudes from the eastern plains to the exportation port.

* Monograph.

** Specialization in Management of Hidrocarbures, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Universidad Industrial de Santander, Director, Eng. Carlos Eduardo Merchán Ramos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la alta producción de crudos pesados en los llanos orientales contrasta con la baja infraestructura para el transporte por ductos de dichos crudos, debido a que los sistemas existentes no poseen la capacidad suficiente para evacuar los volúmenes de exportación crecientes. Los proyectos para el desarrollo de nuevas infraestructuras de transporte a corto plazo enfrentan problemáticas de orden ambiental, geológico y técnico para el manejo de ductos para grandes diámetros.

La falta de dicha infraestructura demora el desarrollo de nuevos campos y aumenta el costo de transporte por carrotanques, que implica un alto costo así como un alto riesgo dadas las condiciones de topografía, inestabilidad geológica y estado actual de las vías de nuestro país.

La vicepresidencia de transporte de Ecopetrol S.A. entre sus activos posee el sistema Exsagoc, un poliducto de 278 km en 12" entre la planta Ayacucho (cesar) hasta el terminal Coveñas, convirtiéndose en una buena alternativa para evacuar los crudos pesados y aumentar las exportaciones por el puerto de oCveñas.

El presente estudio establecerá la viabilidad técnico-económica para la puesta en marcha del poliducto Exsagoc como sistema para aumentar el transporte de crudos pesados.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AYACUCHO-COVEÑAS

1.1 ANTECEDENTES

La línea de 12" (SAGOC "South American Gulf Oil) fue construida en la década de los años cuarenta (1940 Aproximadamente) con la finalidad de exportar Crudo. En el año 1974 fue entregada a ECOPETROL y se decidió el cambio de producto para la importación de Gasolina hacia el interior del país.

A partir del año 1982 continuó con el envío de Crudo Mezcla para exportación hasta finales de la década de los años 90. Desde finales de los años 90 y hasta el año 2003 fue utilizada para transportar Nafta hacia Coveñas.

En el año 2003 después de analizar la rentabilidad operacional de la línea se decide suspender el envío de NAFTA por este sistema y desde esta fecha el ducto no se ha vuelto a operar.

En el año 2006 en el sector de Regidor (Km 26) el rio Magdalena afectó los cruces alterno y principal de este sistema, los cuales actualmente se encuentran inoperativos.

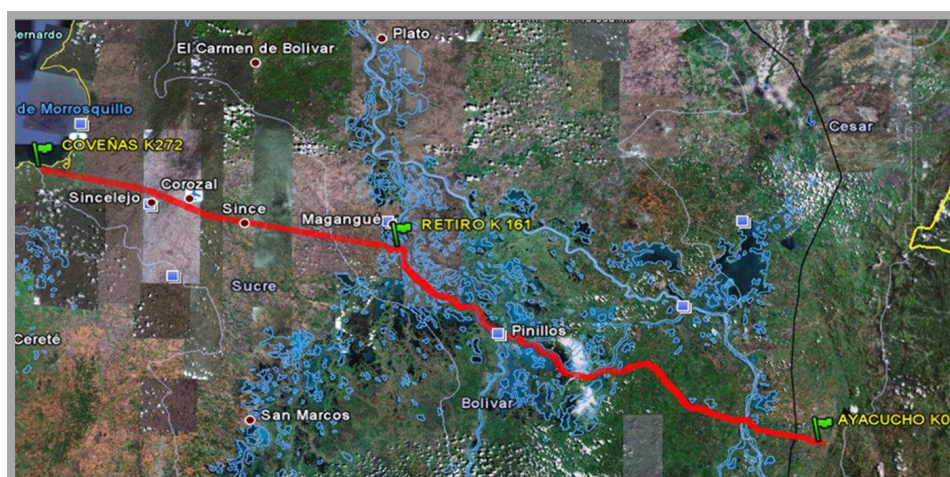
En el año 2007 fue hurtado un tramo de 300m de tubería en el sector de talanquera Km (Km 71).

Adicionalmente el tramo de tubería que descargaba a buques (tubería de 20”) fue abandonado hace varios años al ser construidas las TLU permitiendo el cargue de embarcaciones con mayor capacidad.

1.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

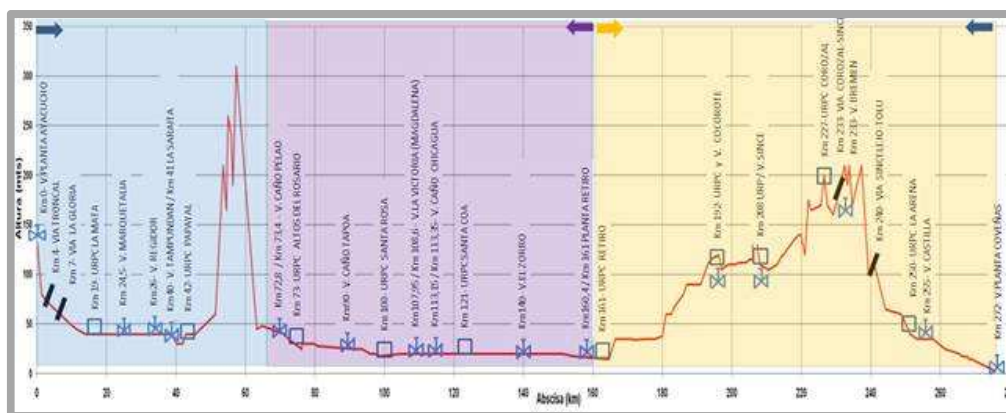
El Naftaducto EX – SAGOC presenta una longitud de 272 Km, inicia en la Planta Ayacucho ubicada en el municipio La Gloria (Dpto. de Cesar) en tubería de 14”, continúa hasta la trampa de Marquetalía en el Km 25+138, recorre zonas sensibles a inundaciones en tubería de 12” hasta la Planta Retiró ubicada en el Km 161+500, municipio de Magangué (Dpto. Bolívar); desde Retiro la tubería recorre una topografía plana y ondulada con accesos al 95% de su longitud hasta llega al terminal Coveñas (Dpto. Sucre) ubicado en el Km 272+790. En la Figura 2 se aprecia la ubicación del trazado y vista perfil del ducto, el cual presenta una topografía plana con ondulaciones en los kilómetros del 50 al 62 y del Km 180 al Km 240.

Figura 1. Trazado del Naftaducto Ayacucho - Coveñas 12”.



Fuente. Google Earth version Online 2012.

Figura 2. Vista perfil del Naftaducto Ayacucho - Coveñas 12”.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

El sistema cuenta con las siguientes 12 URPC (Unidades de Protección Catódica).

Tabla 1. Inventario de Unidades de Protección Catódica (URPC).

NOMBRE	ABSCISADO	ESTADO
Ayacucho	K 0+000	Operando, Compartida con Oleoducto AYA-COV 16”
La Mata	K 16+800	Fuera de servicio por vandalismo
Papayal	K 42+000	Fuera de servicio por vandalismo
Altos del Rosario	K 73+316	Fuera de servicio por vandalismo
Santa Rosa	K 99+541	Fuera de servicio por vandalismo
Santa Coa	K 121+000	Fuera de servicio por vandalismo
Retiro	K 161+000	Operando, URPC compartidas con Oleoducto AYA-COV 16”
Concorote	192+100	
Sincé	K 208+000	
Corozal	K 227+050	
Arenal	K 255+000	
Guayabal	K 271+072	

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

El sistema presenta 20 válvulas de seccionamiento, las cuales requieren mantenimiento y lubricación.

Tabla 2. Inventario de válvulas de seccionamiento.

NOMBRE	ABSCISADO	ESTADO
Planta Ayacucho	K 00+000	Buena apariencia
Marquetalia	K 25+138	Buena apariencia, pintura mal estado
Regidor	K 26+000	Buena apariencia
Tampundan	K 39+938	Buena apariencia
La Saraita	K 41+000	Válvula hurtada
Caño Pelao M.I.	K 72+909	Cubierta por sedimentos, mala apariciencia
Caño Pelao M.D.	K 73+202	Buena apariencia
Caño Tapoa	K 90+241	Buena apariencia
La Victoria (R. Magdalena M.I)	K 107+950	Buena apariencia
La Victoria (R. Magdalena M.D)	K 108+600	
Caño Chicagua (Bocas de Palomino M.I.)	K 113+150	
Caño Chicagua (Bocas de Palomino M.D.)	K 113+350	
El Zorro	K 140+000	
Planta el Retiro (Lado Loba)	K 160+400	
Planta el Retiro	K 161+000	
Cocorote	193+150	
Sincé	K 207+900	

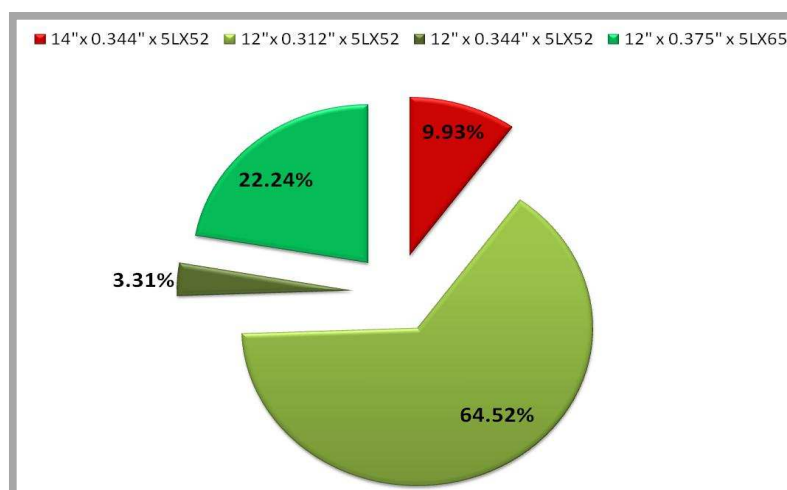
Bremen	K 232+463	
Castilla	K 255+322	
Terminal coveñas	K 272+790	

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

12 unidades rectificadoras de protección catódica de las cuales 6 comparte con el oleoducto Ayacucho-Coveñas 16" (K0+000, K16+800, K42+000, K73+316, K99+541, K121+000, K161+500, K192+100, K208+000, K227+000 y K255+000 y 271+072), 5 trampas de raspadores (K00+000, K25+138, K113+025 K161+500 y K272+790) y 20 válvulas de bloqueo (K00+000, K25+138, K26+000, K40+000, K41+000, K72+800, K73+202, K90+241, K107+812, K108+366, K113+025, K113+318, K139+588, K160+400, K161+000, K193+150, K207+900, K233+463, K255+322 y K272+790).

Según la ficha técnica del ducto, este sistema tiene cuatro clases de tubería, como se ilustra en la Figura 3, donde se muestra que la tubería más representativa es la 12"x 0.312"x5LX52 (64.52%).

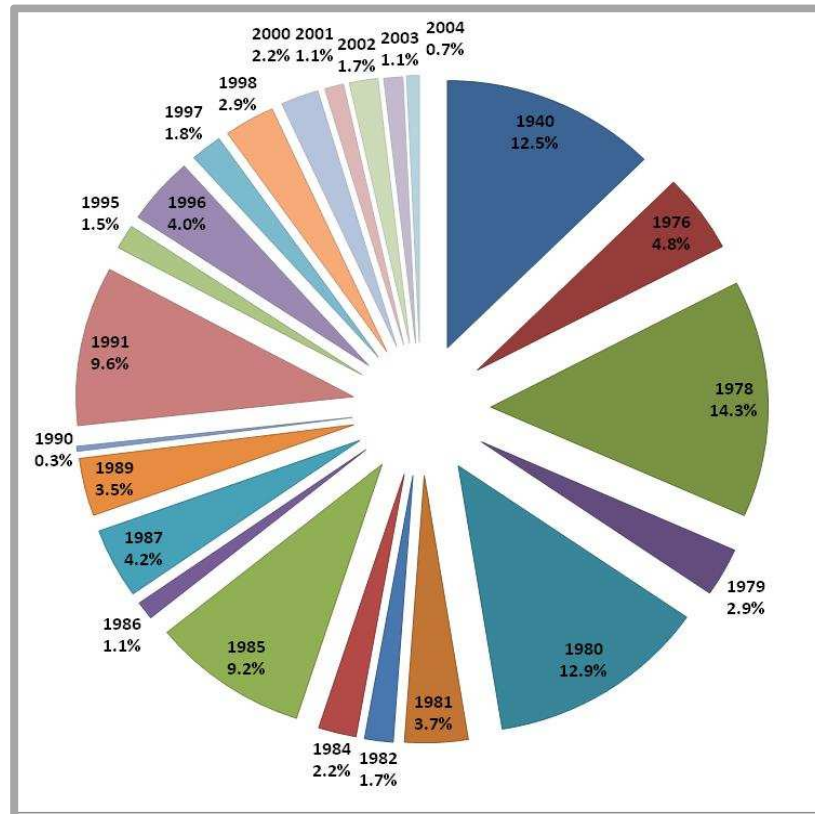
Figura 3. Especificaciones de la Tubería. Fuente: Ficha Técnica.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En la Figura 4, se muestra el año de construcción de la tubería según la información disponible en la ficha técnica.

Figura 4. Fecha de reposición de Tubería.



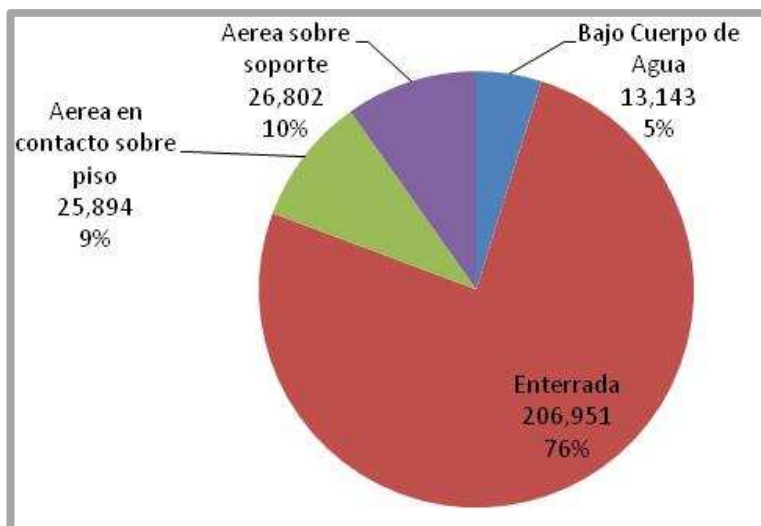
Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En la Figura 5, se muestra el medio en que se encuentra la tubería, indicando que el 76% se encuentra enterrada y el 5% atraviesa cuerpos de agua que puede ser a: cruces subfluviales, lecho perdido o simplemente aéreo en zonas anegadas.

Se resalta que estos porcentajes se sacaron en la inspección realizada en verano, por lo cual se estima que el porcentaje de tubería bajo cuerpos de agua se incremente a un 15% por los bajos inundables evidenciados como el Bajo de la

Vaca, Petalaca y ribera del río Magdalena, así como los cultivos de arroz presentes en el DDV.

Figura 5. Distribución de la tubería según el medio externo.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

1.2.1 Sector Planta Ayacucho -Trampa de Raspadores Marquetalia (K25+138)

El naftaducto inicia en la Planta Ayacucho en 14" hasta la trampa de raspadores Marquetalia ubicada en el Km. 25+138.

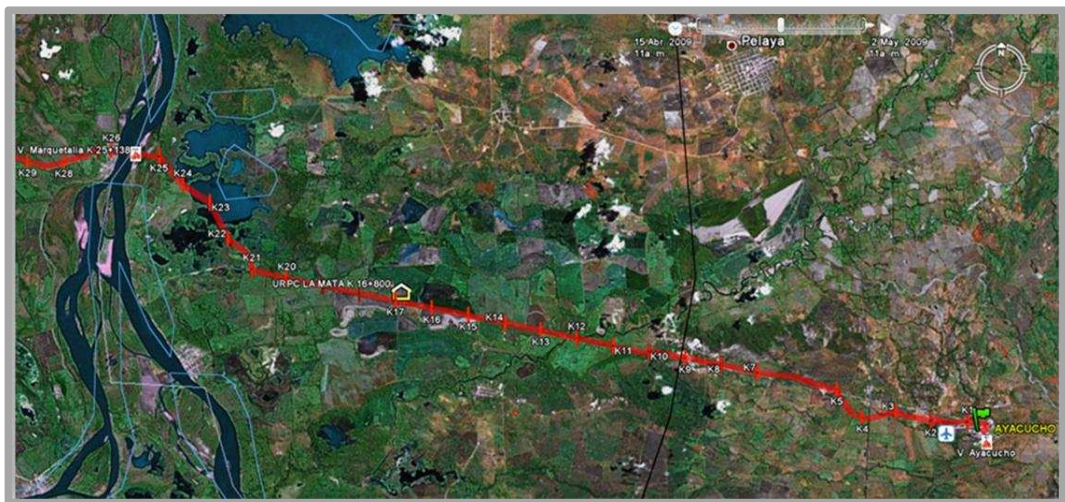
Descripción del DDV: El ducto se encuentra enterrado por terreno seco y plano.; atraviesa grandes extensiones de cultivos de arroz, así como la quebrada Simaña y la ciénaga La Gloria.

La zona es de fácil acceso en la mayoría del trayecto el DDV, corre paralelo a la vía La Mata – Ayacucho y la Mata – La Gloria. Cruza la vía nacional Bucaramanga- Ciénaga en el Km 3+785.

Uso del Terreno: El uso del terreno es ganadería, cultivos de arroz, maíz y plátanos.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Planta Ayacucho Km 0+000, Marquetalia Km 25+138. URPC: Planta Ayacucho Km 0+000 y La Mata Km 16+800.

Figura 6. Trazado Ayacucho (K 0+000)-Trampa de Raspadores Marquetalia (K25+138)



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.2 Sector Trampa Marquetalia (K25+138) al Km 53+000 En este sector la tubería sale de la trampa de raspadores Marquetalia en 12", mediante cruce subfluvial atraviesa el Rio Magdalena hasta el Municipio de Regidor. Este cruce se encuentra inoperativo.

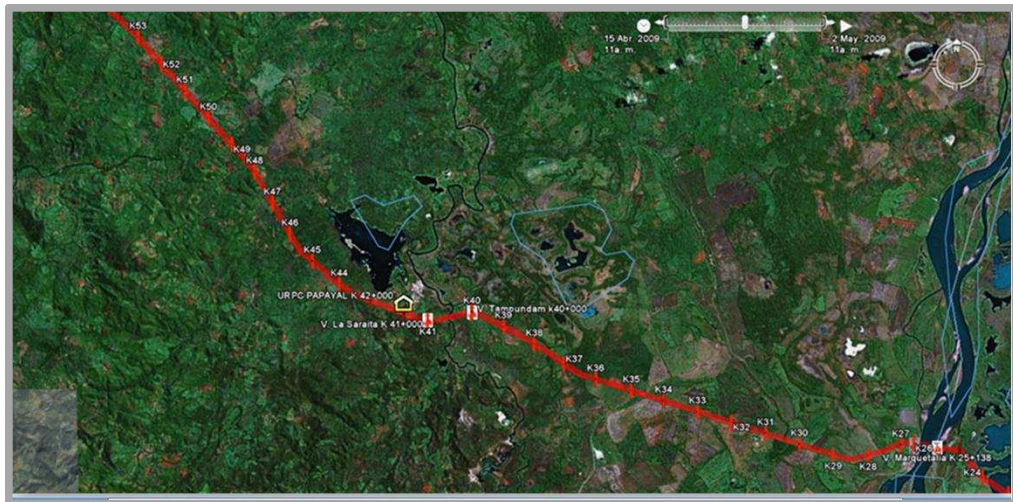
Descripción del DDV: En la mayoría de su extensión la tubería se encuentra enterrada, en un terreno plano y seco. En este sector se presenta hurto de tubería tanto de la línea principal como del By pass del Km. 40+825, así como la existencia de un gran número de perforaciones y excavaciones ilícitas.

El acceso a esta zona se realiza pasando el Rio Magdalena, y continuando por la vía Regidor - Papayal, paralelo al DDV. En esta zona se encuentran dos asentamientos importantes que se ubican sobre el derecho de vía del ducto, Regidor y El Jobo.

Uso del terreno: Ganadería, cultivo de plátano, arroz y maíz.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo, Regidor Km 26+000, Tampundan Km 40+000, La Saraita Km 41+000 **URPC**: Papayal Km 42+000.

Figura 7. Trazado Trampa Marquetalia (K25+138) al km 53+000.



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.3 Sector del Km 53+000 al Km 86+000 La tubería se encuentra aérea, enterrada y bajo cuerpos de agua.

Descripción DDV: Del Km. 53 al Km 60 (sector el Boquete) el terreno es montañoso y de difícil acceso, y del Km 61 al Km 86. El DDV se encuentra localizado sobre áreas secas del Km 53 al Km. 71, desde el Km 71 hasta el Km 86 es una zona anegada.

Los continuos cambios del cauce en los cuerpos de agua existentes como la ciénaga Talanquera entre los Km 71 y 72 han generado sectores de alta criticidad, socavando el DDV exponiendo la tubería y sometiéndola a esfuerzos por las corrientes de agua.

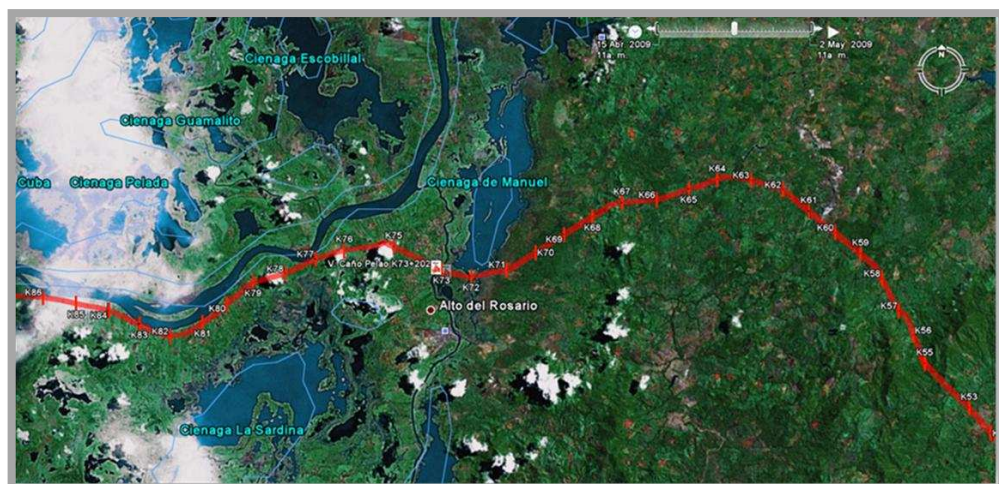
Accesos al DDV: Desde el Km. 53 al Km. 57 no existe acceso carreteable, se debe hacer por el DDV. A partir del Km. 57 el acceso se realiza desde el Banco, San Martín, Los pueblos, por caminos veredales en mal estado. Desde el Km. 71 al Km 86 se realiza por medio de transporte fluvial.

Este sector también presenta hurto de tubería del ducto principal entre los Km. 61 al 65

Uso del terreno: Ganadería, cultivo de plátano y maíz.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Caño Pelao M.I. Km 72+800 y M.D. 73+202. URPC: Altos del Rosario Km 73+316 (No funciona por vandalismo, hurto de la acometida AC).

Figura 8. Trazado del Km 53+000 AL Km 86+000.



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

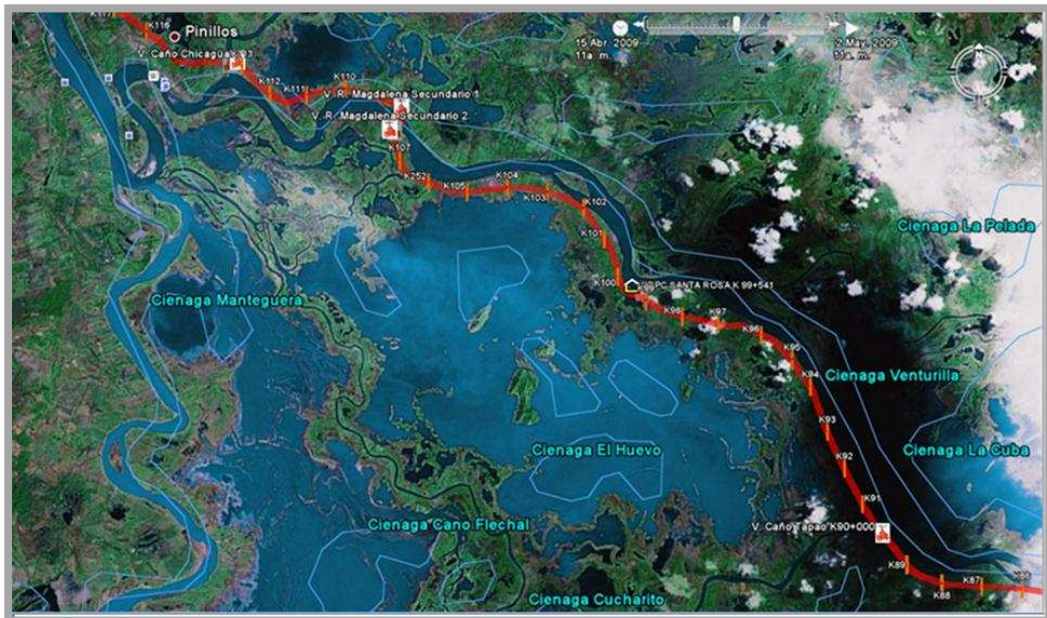
1.2.4 Sector del Km 86+000 al Km 113+000 (Caño Chicagüa) La tubería se encuentra aérea, enterrada y bajo cuerpos de agua.

Descripción DDV: Terreno plano, en zonas inundables con acceso fluvial. Las últimas oleadas invernales han ocasionado cambios del cauce de los cuerpos de agua presentes en el DDV, generando zonas de alta criticidad e inestabilidad favoreciendo la exposición de la tubería inicialmente enterrada sobre terreno firme.

Uso del terreno: Pesca, ganadería, cultivo de plátano y maíz.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Caño Tapoa Km 90+241, La Victoria (Rio Magdalena) Km 107+812 y Km 108+366. URPC: Santa Rosa 99+541 (Fuera de servicio por vandalismo)

Figura 9. Trazado del Km 86+000 AL Km 113+000 (Caño Chicagüa).



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.5 Sector del Km 113+000 (Caño Chicagüa) al km 139+588 (El Zorro)

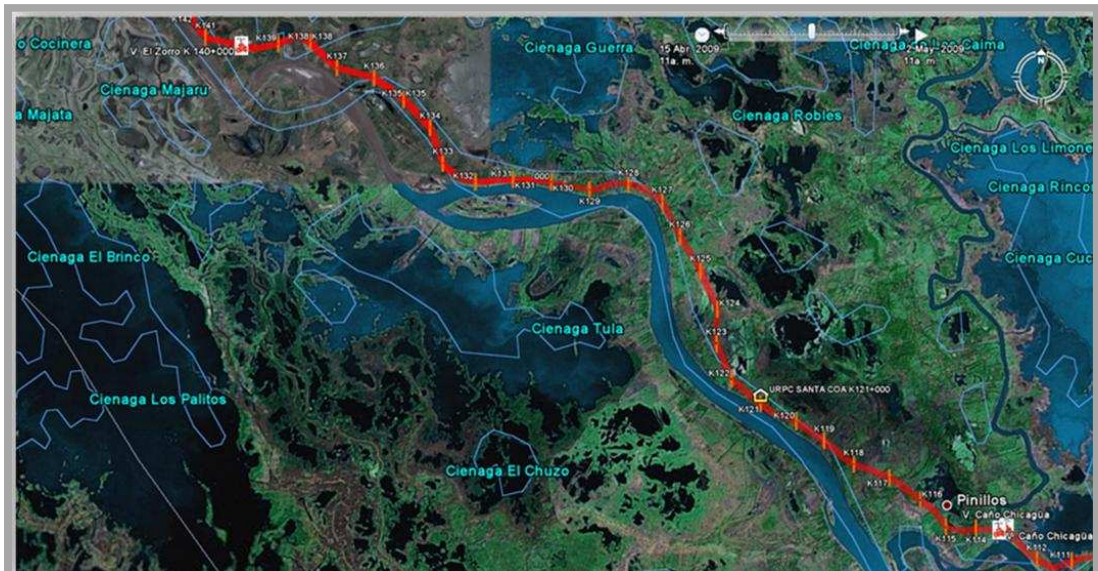
La tubería se encuentra aérea, enterrada y bajo cuerpos de agua.

Descripción DDV: Terreno plano, en zonas inundables con acceso fluvial. Al igual que el sector anterior, el aumento de niveles de las área anegadas ha generado tanto socavaciones sobre el derecho de vía como depósitos de material aluvial incrementando la probabilidad de falla mecánica de la tubería por cargas externas de corrientes ó procesos de corrosión.

Uso del terreno: Pesca, ganadería, cultivo de plátano y maíz.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Caño Chicagüa Km 113+025 y Km 113+318, El Zorro Km 140+000. URPC: Santa Coa Km 121+000 (Fuera de servicio por Vandalismo).

Figura 10. Trazado del Km 113+000 (Caño Chicagüa) al Km 140+000 (El Zorro).



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.6 Sector del km 140+000 al km 161+500 (Planta Retiro) La tubería se encuentra aérea, enterrada o bajo cuerpos de agua.

Descripción DDV: Terreno plano, en zonas inundables por desbordamiento del Rio Magdalena. El acceso se realiza por el Rio Magdalena en transporte fluvial desde el municipio de Magangué ó la planta Retiro.

Al igual que el sector anterior, el aumento de niveles de las área anegadas ha generado tanto socavaciones sobre el derecho de vía como depósitos de material aluvial incrementando la probabilidad de falla mecánica de la tubería por cargas externas de corrientes ó procesos de corrosión.

Uso del terreno: Pesca, ganadería, cultivo de plátano y maíz.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Cruce Rio Magdalena sector Retiro Km 160+761 y Km 161+500. URPC: Retiro 161+500.

Figura 11. Trazado del Km 140+000 al Km 161+500 (Planta Retiro)



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

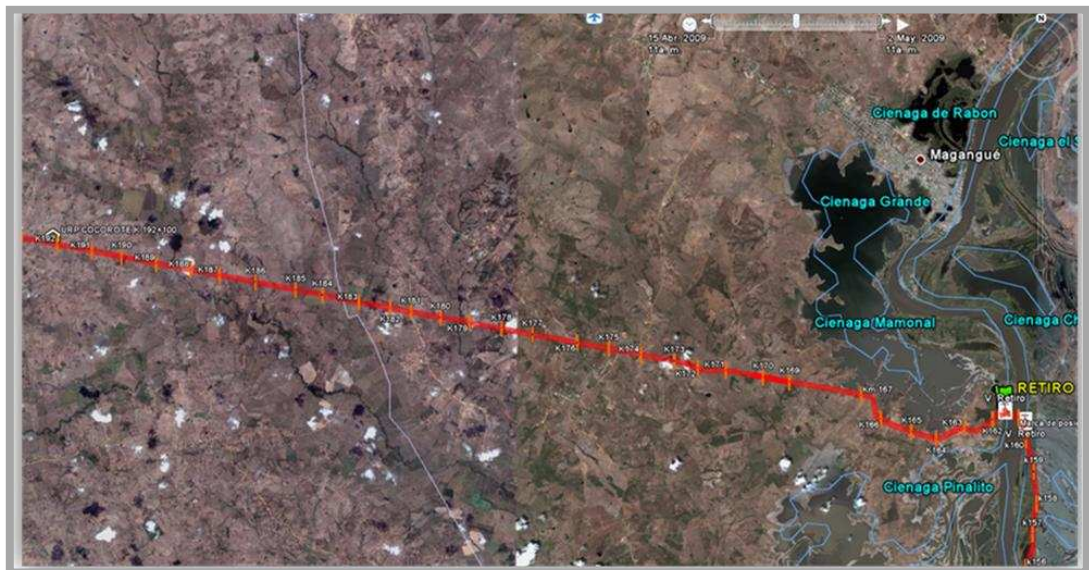
1.2.7 Sector del Km 161+500 (Planta Retiro) al Km 192+000 La tubería se encuentra aérea y enterrada. Recubrimiento e Interfaces aéreo- enterradas en mal estado. Sector crítico por el hurto de producto mediante perforaciones ilícitas.

Descripción DDV: Terreno plano, seco (excepto en el bajo de la Vaca Km 182+450 al Km 184+930, paralelo a la vía de acceso a la Planta Retiro, caserío Camilo y Barrancayucas.; la mayor parte del DDV se utiliza como carreteable.

Uso del terreno: Ganadería.

Accesorios: En este sector no hay válvulas de bloqueo ni URPC.

Figura 12.Trazado del Km 161+500 (Planta Retiro) al Km 192+000



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.8 Sector del Km 192+000 al Km 224+000 La tubería se encuentra aérea y enterrada. Recubrimiento e Interfaces aéreo- enterradas en mal estado. Sector crítico por el hurto de producto mediante perforaciones ilícitas.

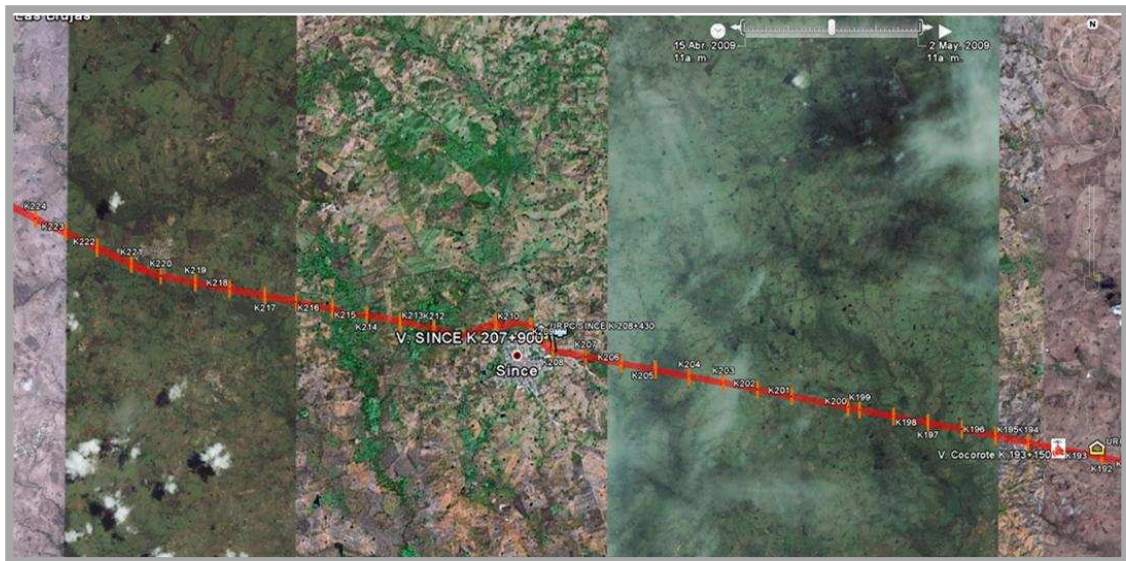
Descripción DDV: Terreno ondulado, seco, zona de potreros, algunas partes del DDV se utilizan como carreteable. Al ingreso al municipio de Sincé se encuentran asentamientos humanos a ambos lados del ducto antes y después de la Estación Sincé.

Uso del terreno: Ganadería.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Cocorote Km 193+150 y Sincé Km 207+900.

URPC: Cocorote Km 192+100 y Sincé Km 208+430.

Figura 13. Trazado del Km 192+000 al Km 224+000.



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.9 Sector del Km 224+000 al Km 257+000 La tubería se encuentra en su mayor parte enterrada, Recubrimiento e Interfaces aéreo- enterradas en mal estado. Sector crítico por el hurto de producto mediante perforaciones ilícitas. se evidencian apiques realizados en sectores donde le ducto se encuentra enterrado,

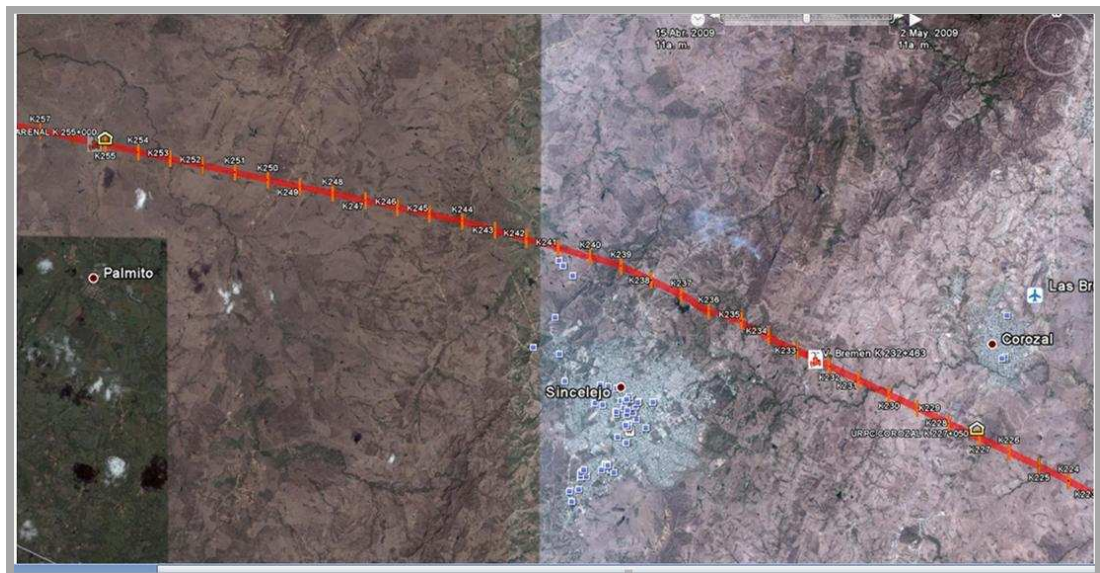
Descripción DDV: Terreno seco, ondulado con una elevación máxima de 300 msnm en el alto de Sincelejo, la mayor parte del DDV se utiliza como carreteable.

Uso del terreno: Ganadería.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Bremen Km 232+463 y Arenal Km 255+322

URPC: Arenal Km 155+000

Figura 14. Trazado del Km 224+000 al Km 257+000



Fuente: Google Earth versión Online 2012.

1.2.10 Sector del Km 257+000 al Km 272+790 La tubería se encuentra aérea y enterrada. Recubrimiento de la tubería e Interfaces aéreo- enterradas en mal estado. Sector crítico por el hurto de producto mediante perforaciones ilícitas.

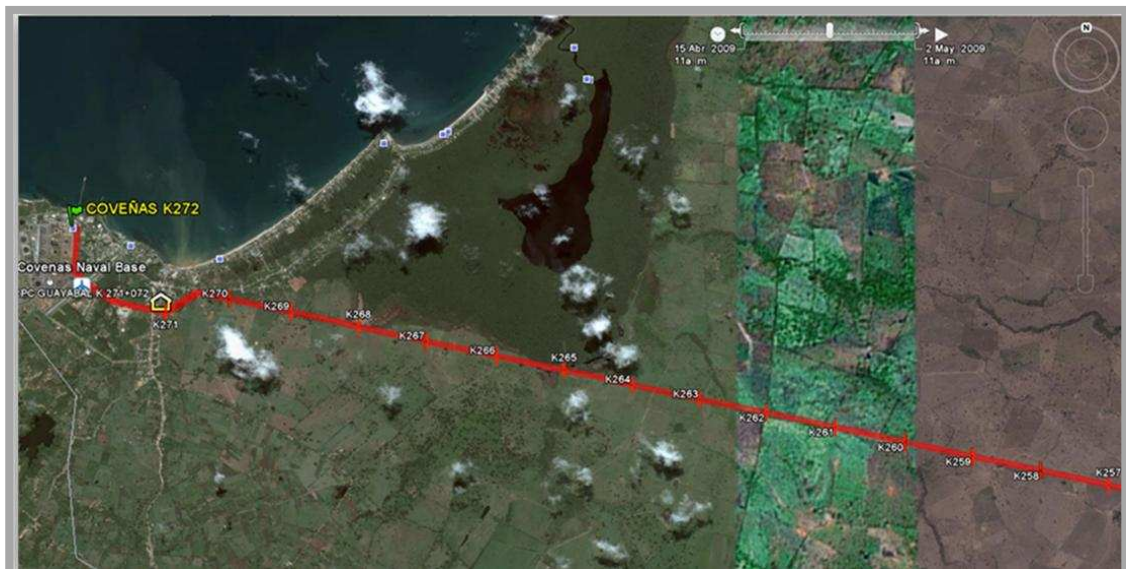
Descripción DDV: Terreno plano, seco en la mayor parte del recorrido, con presencia de bajo inundable en el sector de Petalaca (Km 264+234 al Km

268+332), Al igual que los sectores anteriores se cuenta con acceso vehicular al DDV en todo el tramo.

Uso del terreno: Ganadería.

Accesorios: Válvulas de Bloqueo: Coveñas Km 272+790 URPC: Guayabal Km 271+072.

Figura 15. Trazado del Km 257+000 al Km 272+790 (Planta Coveñas).



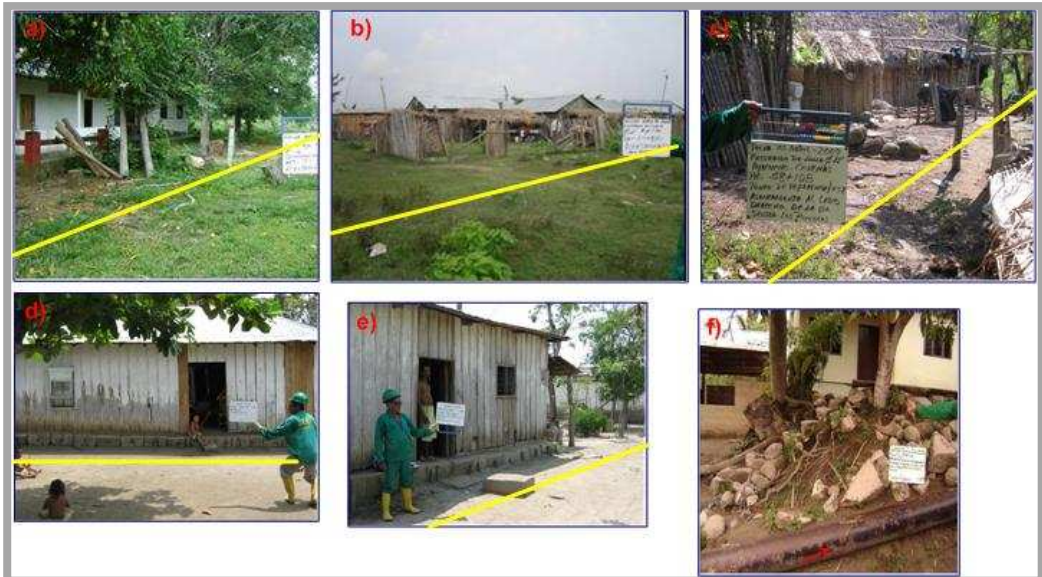
Fuente: Google Earth versión Online 2012.

2. EVENTOS ENCONTRADOS EN EL DERECHO DE VÍA

2.1 ASENTAMIENTOS HUMANOS EN EL DERECHO DE VÍA

Durante la inspección, se evidenciaron zonas de invasión del derecho de vía por asentamientos humanos como se observa en la 0, en puntos donde se desconoce el estado mecánico de la tubería, por lo cual es recomendable realizar 8 variantes para mitigar el riesgo de un accidente con la comunidad que tiene su asentamiento sobre el DDV, las cuales se deben realizar una vez se conozco su estado real después de la corrida ILLI. Ver Tabla 3.

Figura 16. Asentamientos humanos sobre el Derecho de vía: a) Km 9+305, b) Km 25+950, c) Km 58+108, d) Km 128+831 e) Caserío San Ignacio 152+998 f) Km 232+360 Sector Bremen.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Tabla 3. Variantes para mitigar riesgo por asentamientos humanos en el DDV.

No.	Km inicial	Km final	Long. (m)	Nombre predio	Long variante (m)
1	25+930	26+179	249	Municipio regidor	500
2	51+670	52+533	863	Vereda El Jobo	1,200
3	85+960	86+250	290	Vereda San Isidro	800
4	130+525	132+827	2213	Vereda El Líbano	2,600
5	146+780	147+527	747	Vereda Santa Cruz	1,300
6	148+894	149+288	394	Vereda San Ignacio	800
7	150+515	151+965	1450	Vereda San Ignacio	1,750
8	153+263	154+326	1063	Vereda Playa El Coco	1,400
				TOTAL	10,350

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.2 CULTIVOS Y JAGÜEY SOBRE EL DERECHO DE VÍA

Se identificaron 6 sectores donde hay presencia de cultivos sobre el derecho de vía, ver Tabla 2. Es importante destacar que en los segmentos donde la tubería se encuentra bajo cultivos de arroz la corrosión exterior se puede incrementar debido a la presencia de humedad y baja resistividad del terreno.

Tabla 4. Localización de cultivos en el DDV. .

No.	Km inicial	Km final	Cultivo	Long. (m)
1	10+094	20+259	Arroz	10,165
2	26+357	27+357	Arroz	1,000
3	27+660	27+860	Palma	200
4	28+053	29+845	Plátano	1,792
5	29+868	32+840	Plátano	2,972
6	34+485	36+327	Palma	1,842

			TOTAL	17,971
--	--	--	--------------	---------------

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Igualmente se encontró un jagüey sobre el derecho de vía Km 1+904, en donde se desconoce si la tubería cuenta con el recubrimiento (tipo y continuidad) apropiado para una condición de humedad permanente. En la Figura 17 se muestra algunos sectores con las condiciones enunciadas anteriormente.

Figura 17. Jagüey a) Km 1+904 y cultivos de arroz b) Km 14+835,c) Km 27+357 sobre el DDV.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.3 SECTORES QUE REQUIEREN ROCERÍA

Se requiere realizar rocería a 127,546 m del DDV, que corresponde al 47% de la longitud total del ducto. En la 0, se observa el tipo de vegetación presente en cada sector donde se requiere rocería, descotándose la vegetación presente desde el Km 69 al Km 161 donde se encuentra vegetación espesa y arboles sobre el DDV.

Figura 18. Tipo de Vegetación presente en el DDV a) Del K 0 al K 69Km, b) K69 al K 161 c) K 161 al k272.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En la siguiente tabla se registran los segmentos que requieren rocería continua en una longitud superior a 2 Km.

Tabla 5. Sectores que requieren Rocería

Km inicial	Km final	Long. (m)
5+480	10+031	4,551
40+734	51+284	10,550
52+925	71+014	18,089
74+596	77+162	2,566
79+500	81+735	2,235
90+631	100+136	9,505
100+931	105+951	5,020
112+781	116+749	3,968
117+746	122+639	4,893
125+733	129+911	4,178
150+208	152+512	2,304
157+146	160+774	3,628
193+510	196+566	3,056
196+740	204+000	7,260
204+195	207+830	3,635
226+481	228+694	2,213

Km inicial	Km final	Long. (m)
226+481	228+694	2,213
241+141	245+110	3,969
247+000	253+000	6,000
Otros sectores (Long < 2 Km)		27,713
Total		127,546

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.4 CRUCE DE CUERPOS DE AGUA

El 5% de la longitud del ducto se encuentran bajo cuerpos de agua, en zonas de alta consecuencia ambiental como lo es la ribera y cuerpos de agua que interactúan con el Rio Magdalena.

Entre los cuerpos de agua más representativos que cruza el ducto se encuentran:

Tabla 6. Cruce de Cuerpos de Agua Principales.

No.	INICIO	LONG.	NOMBRE
1	12+345	12	Rio Simaña
2	21+480	2520	Ciénaga La Gloria
3	25+300	600	Rio Magdalena (Regidor)
4	40+700	34	Caño Papayal
5	50+368	20	Qda La Mejía
6	71+014	1235	Ciénaga Talanquera
7	73+042	73	Caño Pelao
8	74+874	73	Caño NN
9	75+161	50	Caño NN
10	76+136	285	Caño San Jorge
11	90+379	78	Caño Tapoa
12	105+955	20	Caño Eugenio Gomez
13	106+513	107	Caño Pedro Carlo
14	108+230	332	Rio Magdalena(La Victoria)
15	111+046	310	Ciénaga Providencia

No.	INICIO	LONG.	NOMBRE
16	113+103	209	Caño Chicagua
17	127+037	50	Caño Nicaragua
18	137+839	40	Caño El Zorro
19	138+346	30	Caño NN
20	160+774	712	Rio Magdalena(El Retiro)

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En la Figura 19 se registran algunos de los cruces más representativos.

Figura 19. Algunos Cruce de cuerpos de agua representativos a) Rio Magdalena Sector Regidor Km 25+900, b) Rio Victoria Km 108+238 c) Ciénaga Talanquera Km 71+000 al 72+250. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.5 AMENAZAS POR GEOTECNIA

El ducto no presenta problemas ó amenazas por deslizamientos de tierra representativos debido a su topografía plana, sin embargo, se ha visto afectado por las inundaciones y socavaciones del Derecho de vía producto del desbordamiento de caños, brazos del Rio Magdalena y ciénagas como en los puntos evidenciados en la Figura 20.

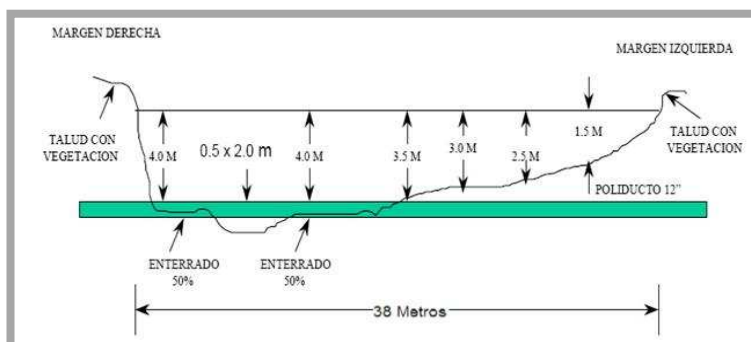
En el cruce del rio Papayal Km 40+300, la tubería se encuentra expuesta en el lecho del cruce en un 50%, como lo muestra la batimetría realizada durante el estudio realizado por el Consorcio PCI-ICL en el año 2007 en el contrato “Diagnostico de Cruces Especiales de los Sistemas de Ductos de la VIT, para la Gerencia Técnica de la Vicepresidencia de Transporte de Ecopetrol S.A.,

Figura 20. Desbordamiento de cuerpos de Agua a) y b) Talanquera Km 72+000,c) Rio Simaña Km 12+000, d) Sector Venecia Km 74+500 al 76+500 y e) Km 143+107 Puerto Camajón. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Figura 21. Socavación lecho cruce Rio Papayal. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En otros puntos se evidenció enterramiento del ducto y válvula en el caño Chicagüa Km 113+318 por depósitos fluviales. Ver Figura 22.

Figura 22. Válvula de bloqueo y tubería tapada por depósitos aluviales a) Km 113+318 Caño Chicagüa, b) V. Victoria Km 107+743 c) Tubería tapada Km 74 al Km 75 d) V. Caño Tapoa Km 72+909. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.6 CRUCES CARRETEABLES Y FERREOS

Se identificaron todos los cruces carreteables, encontrándose 2 principales, 4 Secundarios, 63 terciarios y un cruce férreo. La mayoría de los cruces se encuentran señalizados.

Tabla 7. Principales cruces viales y férreos. .

No.	Ubicación (Km)	Descripción
1	3+785	Troncal B/manga-Ciénaga
2	4+831	La Mata- La Gloria
3	9+715	Cruce Férreo
4	10+031	La Mata- La Gloria
5	20+961	La Mata- La Gloria
6	232+257	Troncal de Occidente
7	241+000	Sincelejo- Coveñas.

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En la Figura 23, se observa, un cruce carretera principal Santa Marta - Bucaramanga el cual no presenta ventilas ni señalización del cruce.

Figura 23. Cruce carreteables principales, Km 3+785.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

2.7 SEÑALIZACIÓN DEL DUCTO.

El ducto se encuentra señalado el **88%** con postes de abscisado metálicos espaciados cada 1000 m, como los mostrados en la Figura. La mayoría de los postes se encuentran en buen estado, sin embargo requieren cambio de recubrimiento. El ducto no tiene facilidades (estaciones de prueba) para evaluar potenciales de protección catódica.

Figura 24. Postes de Abscisado y vallas de señalización.



Se encontraron 5 estaciones de prueba para medir potenciales de protección catódica, **231** postes de abscisado en buen estado, **10** en mal estado y **31** postes fueron hurtados. El ducto no presenta señalización en los cruces de vía desde Ayacucho hasta Retiro.

2.8 SECTORES PARALELOS Y CRUCES DE LÍNEA CON OTRAS TUBERÍAS

Durante el recorrido del Poliducto se identificaron zonas donde la tubería comparte derecho de vía y cruces con otras tuberías tanto de ECOPETROL como de empresas externas. Ver 0

Figura 25. Sectores DDV compartido con otras líneas de conducción de hidrocarburos. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Gasoducto 20" Centra-gas S.A. : Cruce del ducto en el Km 8+450.

Oleoducto Retiro- Coveñas 16" Ecopetrol: Comparte el Derecho de Vía desde Retiro hasta Coveñas.

Oleoducto Sincé- Coveñas 12" Ecopetrol S.A: Comparte el Derecho de Vía desde Sincé hasta Coveñas.

Gasoducto 8" de Promigas S.A. : Cruce del derecho de vía en el Km 163+000.

2.9 SECTORES PARALELOS A LÍNEAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN

Se evidenciaron 25 sectores en los cuales se presenta paralelismo con líneas de media tensión a menos de 10 m del ducto. Estos puntos son de especial interés porque pueden aparecer tensiones inducidas en el ducto que en un futuro pueden afectar y lesionar al personal que trabaja directamente con el ducto, así como a terceros. En la 0, se aprecia un sector con líneas de alta tensión, próximas y paralelas al ducto.

Figura 26. Paralelismo con líneas de Media Tensión Km 152+986.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

3. INSPECCIÓN VISUAL DE LA TUBERIA AEREA.

En la inspección del derecho de vía, se realizó una apreciación visual de la tubería que se encontraba aérea con poca vegetación, determinando el estado cualitativo del recubrimiento y el estado mecánico de la línea, adicionalmente se verificó el tipo y condición de los soportes.

3.1 ESTADO DEL RECUBRIMIENTO

El recubrimiento encontrado en la tubería aérea es pintura con acabado color negro. El estado del recubrimiento se clasificó de forma cualitativa así: Bueno ó Malo.

El 100% del recubrimiento de la tubería aérea se encuentra deteriorado, es decir 52,696 m que representa el 19.3% de la línea. En este porcentaje no se tuvo en cuenta la tubería aérea que se encuentra inundada.

En la 0, se muestran algunos sectores donde se aprecia el deterioro del recubrimiento.

Figura 27. Estado del recubrimiento. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

3.2 INTERFASES O TRANSICIONES AÉREO- ENTERRADAS

En las interfaces aéreo- enterradas, existe una diferencia en la concentración de oxígeno, situación que origina un aumento en la velocidad de corrosión, por lo cual es necesario un recubrimiento que permita la protección de la tubería de esta situación. El ducto cuenta con aproximadamente **217** interfaces en total, de las cuales **19** se encuentran con un recubrimiento en buen estado y **198** requieren intervención al presentarse discontinuidad en el recubrimiento. En la 0, se observa ejemplos de interfaces con recubrimiento en mal estado.

Figura 28. Ejemplos de interfaces en mal estado. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

3.3 PERFORACIONES ILÍCITAS Y ABOLLADURAS

Durante el recorrido se evidenció la presencia de **91** perforaciones ilícitas y 4 abolladuras. El número de perforaciones y abolladuras debe ser mayor al registrado dado que la espesa vegetación y el nivel del agua en diversos puntos impidió la inspección minuciosa del ducto. El sector más sensible a la instalación de ilícitos es el comprendido entre la Planta Retiro (Km 161+500 y la Planta Coveñas (Km 272+790).

Figura 29. Evidencia de instalación de válvulas y perforaciones Ilícitas.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Figura 30. Abolladuras registradas. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

3.4 HURTO DE TUBERÍA

Durante el recorrido se evidencio el hurto de 2100 m de tubería de la línea principal y secundaria como se muestra en la Tabla 8 y Figura 31.

Tabla 8. Tramos de tubería hurtada.

ABSCISADO (Pk)	TOTAL	LATITUD NORTE	LONGITUD ESTE	OBSERVACIONES
40+825	451	N8 42.037	W73 56.56	Línea Principal, Sector Papayal
41+276		N8 42.038	W73 56.72	Línea Principal, Sector Papayal
61+180	154	N8 49.579	W74 03.83	Línea Principal, Sector San Martín de Loba
61+334		N8 49.632	W74 03.89	Línea Principal, Sector San Martín de Loba
63+739	895	N8 50.084	W74 05.11	Línea Principal, Sector El Saltillo.
64+634		N8 49.923	W74 05.58	Línea Principal, Sector Pabola.
40+065	600	N8 42.148	W73 56.08	By Pass Papayal
113+312	20	N8 55.199	W74 27.299	Cruce secundario Caño Chicagüa

TOTAL	2,120			
--------------	--------------	--	--	--

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

Figura 31. Hurto de Tubería.



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

3.5 ESTADO DE LOS SOPORTES

El Naftaducto cuenta con dos tipos de soporte donde la tubería se encuentra aérea, marco H y apoyos en concreto. Durante la inspección se realizó la evaluación del estado del soporte en cuanto a funcionalidad y aislamiento: en la siguiente tabla se relacionan las cantidades y estado de soportes encontrados.

Tabla 9. Estado de los soportes. .

Descripción	Cantidad
Marco H en buen estado, sin aislamiento eléctrico eficiente	448
Marco H Malo, cimentación defectuosa ó estructura con corrosión severa.	51

Apoyos en concreto en buen estado	1600
Apoyos en concreto en mal estado (partidos, socavados)	125
Total soportes	2224
Soportes Faltantes	2158

Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

En cuanto a los soportes en concreto, los movimientos de tierra ó expansiones térmicas de la tubería han originado un comportamiento dinámico en la tubería ocasionando el corrimiento de su eje original. Algunos de ellos se encuentran ejerciendo algún tipo de esfuerzo sobre el ducto. En la 0, se aprecia esta condición.

Figura 32. Ejemplo de tubería por fuera de los soporte. .



Fuente: Informe recorrido de línea DDV Naftaducto Ayacucho Coveñas mayo 2009, Ecopetrol S.A

4. VALORACIÓN DE RIESGOS

Para la valoración de riesgos en el ducto se tuvo en cuenta lo siguiente:

- ✓ La información disponible del ducto no es suficiente para hacer un análisis más preciso por lo cual se tiene que hacer varias consideraciones. La poca información que se tiene se tomó como argumento para incrementar el riesgo en los sectores.
- ✓ Así se tomen todas las acciones para mitigar una amenaza, su condición siempre permanece latente, y dadas las consecuencias ambientales y de imagen que representa cualquier tipo de falla en este ducto, el riesgo más bajo que se tomó fue Medio.
- ✓ La amenaza “Falla en los equipos”, no se valoró dado que todas las válvulas de alivio, válvulas de bloqueo, equipo de bombeo etc., deben ser revisados antes de colocar el ducto en funcionamiento.
- ✓ La amenaza de operación Incorrecta Se refiere a los eventos ocasionados por errores humanos durante la operación, no se incluyó dado que actualmente el ducto se encuentra por fuera de servicio.
- ✓ Para la mayoría de los segmentos se respetó la valoración de riesgos realizada en el 2006 por el grupo central de integridad.

Se estimó el riesgo a que está sometido el ducto para cada una de las siguientes amenazas descritas en los siguientes numerales:

4.1 CORROSIÓN EXTERIOR

Como ya se mencionó el ducto se protege con 11 URPC de las cuales 6 son compartidas con el oleoducto Ayacucho-Coveñas 16" y Sincé – Coveñas 12". No se cuenta con información que permita determinar la eficiencia de la protección catódica en el sector del Km 10 al Km 155, aumentando la incertidumbre acerca de la eficiencia de la protección catódica en este sector. Por otro lado el recubrimiento se encuentra deteriorado en la mayor parte del ducto.

Criterio tomado:

VH (Rojo)= Sectores aéreos con recubrimiento deteriorado ó enterrados y baja confiabilidad en la Protección catódica.

H (Naranja)= Sectores aéreos con recubrimiento deteriorado ó enterrados y confiabilidad en la Protección Catódica

M (Amarillo)= Sectores con recubrimiento en buen estado.

4.2 CORROSIÓN INTERIOR

El sistema se paro en Noviembre del 2003, llenándose con agua de PTAR, inhibidor y trazas de nafta

Durante el recorrido se observó que los puntos bajos presenta agua con trazas de nafta (se evidenció en las perforaciones ilícitas). La tubería en la mayor parte se encuentra vacía en ciertos tramos, así como la presencia de interface agua-aire donde se puede acelerar el proceso de corrosión interior.

Criterio tomado:

VH (Rojo)= Cruces Subfluviales, puntos con histórico de corrosión interior.

H (Naranja)= Puntos bajos según perfil de alturas.

M (Amarillo)= Puntos altos según perfil de alturas.

4.3 DEFECTOS DE FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL DUCTO

Esta falla se debe a los defectos inducidos en el ducto por la presencia de inclusiones no metálicas en el acero, impurezas, defectos en la costura, resistencia del material menor a la certificada y demás defectos asociadas a la fabricación. También se tiene en cuenta los procedimientos y medios utilizados para asegurar la calidad de la soldadura.

4.4 DAÑOS MECANICOS POR TERCEROS

Se refiere a los eventos ocasionados por la acción de terceros que de forma voluntaria ó involuntaria ocasionan abolladuras, rayones y perforaciones que ocasionan la perdida de hermeticidad e integridad del ducto.

Criterio tomado:

VH (Rojo)= Sectores donde se evidencio histórico de ilícitos.

H (Naranja)= Sector con más del 30% de Tubería Aérea.

M (Amarillo)= Sector con menos del 30% de Tubería Aérea.

4.5 CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS

Hay sectores de tubería que se encuentran en cuerpos de agua no previstos durante la construcción, y la tubería se presume se encuentra con recubrimiento deteriorado y sin lastrado, representando un alto riesgo ambiental.

Criterio tomado:

VH (Rojo)= Sectores en cuerpos de Agua no contemplados por el diseñador.

H (Naranja)= Sector cercanos a un cuerpo de agua por desbordamiento ó socavamiento de las márgenes.

M (Amarillo)= Otros sectores.

En la 0 y 0 Se muestra los resultados de valoración cualitativa de riesgo según lo evidenciado durante el recorrido de inspección visual e información disponible. De este ejercicio se concluye que el **74.6%** de la tubería se encuentra en riesgo **VH** y el **25.4%** se encuentra en estado **H**.

Tabla 10. Resultado valoración de riesgo cualitativo.

No. Segmento	Descripción del Segmento		Riesgo	Amenaza			
1	Planta Ayacucho - Marquetalia (14")	Km 0+000 - Km 25+000	VH	CE	CI		
2	Cruce Principal y Alterno cielo abierto Rio Magdalena (Incluye invasión Regidor)	Km 25+000 - Km 26+000	VH	CE	CI		
3	Válvula Regidor - Inicio Población Papayal	Km 26+000 - Km 41+000	VH	CE	CI	DM	
4	Población Papayal	Km 41+000 - Km 44+000	VH	CE	CI	DM	
5	Final Población Papayal - Inicio Población Hobo	Km 44+000 - Km 50+000	VH	CE			
6	Población Hobo y Población Pueblos	Km 50+000 - Km 59+000	VH	CE			
7	Final Población Pueblos - Talanquera	Km 59+000 - Km 71+000	VH	CE		DM	
8	Ciénaga Talanquera - Final Cruce Caño Pelao	Km 71+000 - Km 74+000	VH	CE			FE
9	Caño Pelao - Caño Tapoa	Km 74+000 - Km 90+000	VH	CE	CI		FE
10	Cruce caño Tapoa (Incluye Población Tapoa)	Km 90+000 - Km 92+000	VH	CE	CI		FE
11	Fin Población Tapoa - Inicio Población Santa Rosa	Km 92+000 - Km 101+000	VH	CE			FE
12	Población Santa Rosa	Km 101+000 - Km 102+000	VH	CE	CI		FE
13	Fin Población Santa Rosa - inicio Población Armenia	Km 102+000 - Km 104+000	VH	CE			FE
14	Población Armenia	Km 104+000 - Km 105+000	VH	CE	CI		FE
15	Fin Población Armenia - Inicio Población La Victoria	Km 105+000 - Km 108+600	VH	CE			FE
16	Cruce subfluvial la Victoria (Incluye Población La Victoria) hasta Cruce subfluvial Pinillos	Km 108+600 - Km 113+350	VH	CE	CI		FE
17	Cruce Pinillos , Población La Unión hasta inicio Población San Ignacio	Km 113+350 - Km 122+000	VH	CE			FE
18	Población Santa Coa	Km 122+000 - Km 123+000	VH	CE	CI		FE
19	Final Población Santa Coa - Inicio Población Bomba	Km 123+000 - Km 136+000	VH	CE			FE
20	Población Bomba	Km 136+000 - Km 136+500	VH	CE	CI		FE
21	Fin Población Bomba -Población El Zorro (Incluye cruce caño el Zorro) hasta inicio sector poblaciones	Km 136+500 - Km 140+000	VH	CE			FE
22	Poblaciones (Santa Rosa Mompox - Santa Cruz - San Ignacio)	Km 140+000 - Km 155+000	VH	CE	CI		FE
23	Fin Pueblo San Ignacio - Cruce Retiro	Km 155+000 - Km 160+400	VH		CI		FE
24	Cruce perforado Rio Magdalena Retiro	Km 160+400 - Km 161+000	VH		CI		FE
25	Planta Retiro - Inicio Tubería Aérea	Km 161+000 - Km 169+000	H	CE	CI	DM	
26	Inicio Tubería Aérea - Estación Since	Km 169+000 - Km 208+000	VH				DM
27	Municipio Since	Km 208+000 - Km 210+000	VH		CI		DM
28	Fin municipio Since - Inicio Municipio Betulia	Km 210+000 - Km 219+000	VH				DM
29	Municipio Betulia	Km 219+000 - Km 221+000	VH		CI		DM
30	Fin Municipio Betulia - Inicio Caserío Bremen	Km 221+000 - Km 232+000	VH				DM
31	Caserío Bremen	Km 232+000 - Km 232+200	VH		CI		DM
32	Fin Caserío Bremen - Retén Viejo (Incluye caseríos Villa Kathy - Brisas de la Sabana)	Km 232+000 - Km 241+000	VH		CI		DM
33	Reten Viejo - Inicio caserío La Arena	Km 241+000 - Km 249+000	VH				DM
34	Caserío La Arena	Km 249+000 - Km 250+000	VH				
35	Fin Caserío La Arena - Válvula Castilla	Km 250+000 - Km 255+000	H		CI		
36	Válvula Castilla - Petalaca-La Isla	Km 255+000 - Km 260+00	H	CE	CI		
38	La Isla - Planta Coveñas	Km 270+000 - Km 272+000	VH		CI		

CE : CORROSIÓN EXTERIOR / CI: CORROSIÓN INTERIOR: / DM: DAÑOS MECÁNICO / FE: CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS

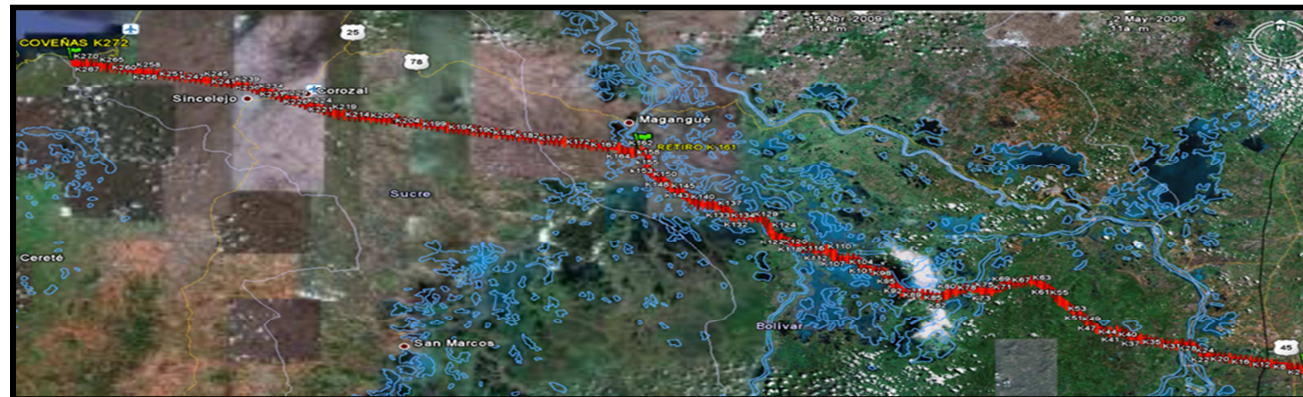
Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Tabla 11. Riesgos VS amenaza

SEGMENTO	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
AMENAZA	K 270 - K 272	K 255 - K 270	K 250 - K 255	K 249 - K 250	K 241 - K 249	K 232 - K 241	K 232 - K 232.2	K 223 - K 232	K 219 - K 221	K 210 - K 219	K 208 - K 210	K 169 - K 208	K 161 - K 169	K 160.4 - K 161	K 155 - K 160.4	K 140 - K 155	K 136.5 - K 140	K 136 - K 136.5	K 123 - K 136	K 122 - K 123	K 113.35 - K 122	K 108.6 - K 113.35	K 105 - K 108.6	K 104 - K 105	K 102 - K 104	K 101 - K 102	K 92 - K 101	K 80 - K 92	K 74 - K 80	K 71 - K 74	K 59 - K 71	K 59 - K 59	K 44 - K 59	K 41 - K 44	K 26 - K 44	K 25 - K 26	K 0 - K 25		
1. CORROSION EXTERNA	H	H	M	H	M	H	H	M	H	M	H	H	M	H	H	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	
2. CORROSION INTERNA	VH	H	H	H	H	H	VH	H	VH	H	VH	H	H	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH
3. AGRIETAMIENTO CORROSION-ESFUERZOS (SCC)	H	M	M	M	M	M	M	M	H	M	H	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
4. DEFECTOS FABRICACION Y CONSTRUCCIÓN	H	M	M	M	M	M	M	M	H	M	H	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
5. DAÑOS MECANICOS POR TERCEROS (LICITOS,	M	M	M	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
6. RELACIONADO CLIMA Y FUERZAS EXTERNAS	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	
RIESGO	VH	H	H	H	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	VH	

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Figura 33. Trazado



Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

5. ALTERNATIVAS (DESCRIPCIÓN Y PRESUPUESTO)

Para rehabilitar el sistema y colocarlo en servicio se deben cumplir dos fases para las cuales a continuación se describen las actividades más importantes que se deben ejecutar. La alternativa contempla la inclusión de costos de Seguridad Física para el personal y un estimativo de Gestión Inmobiliaria.

Dado el alto impacto ambiental y social que tiene este ducto en la región es recomendable tomar algún tipo de acción, que reduzca el riesgo de perjudicar el medio ambiente, las personas, la infraestructura y la imagen de la empresa.

5.1 FASE 1. ACCIONES REQUERIDAS PARA VALORACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE CORRIDA ILI

Las acciones recomendadas están direccionadas al mantenimiento del ducto y sus accesorios, no se incluyeron los costos de mantenimiento de las facilidades en planta como equipos de bombeo, válvulas de seguridad, programas operáticos de bombeo etc.

Las acciones requeridas son:

5.1.1 Rocería Se requiere realizar rocería a **128 km** del DDV para cumplir con los siguientes propósitos:

- Localizar perforaciones ilícitas u otras anomalías no evidenciadas durante el recorrido de línea para su atención.

- Evidenciar fugas durante la Prueba hidrostática.
- Facilitar el acceso al DDV.
- Para realizar mantenimiento mecánico a la línea y accesorios.

5.1.2 Reparación de perforaciones y abolladuras, detectadas y estimadas

Con la ejecución de los trabajos de rocería se iniciaran las reparaciones de perforaciones ilícitas detectadas, así como la verificación de excavaciones sobre del derecho de vía.

Para las abolladuras detectadas se programaran: drenajes, cortes y empalmes con el fin de mejorar la integridad de la línea para la prueba hidrostática y corrida de la herramienta ILI.

Para el presupuesto estimado se cuantificaron los costos de reparación de las perforaciones ilícitas y abolladuras encontradas. Para cuantificar los ilícitos que se encuentren en áreas de difícil acceso y que no fueron evidenciaros se realizó una proyección de un (1) ilícito por kilometro.

5.1.3 Reposición de tubería hurtada Para garantizar la continuidad mecánica del ducto antes de la prueba hidrostática se requiere realizar la reposición de aproximadamente **1500 m** de tubería en los puntos descritos en este informe.

5.1.4 Construcción de cruces dirigidos Con la información recopilada en el recorrido sobre el derecho de vía se propone realizar los siguientes cruces dirigidos por los aspectos mostrados para cada caso en la siguiente tabla.

Tabla 12. Estimación de cruces dirigidos a realizar.

No	Km final	Long. (m)	CRUCE	Long variante (m)	Observaciones
1	25+900	600	RIO MAGDALENA	900	Evidencia de Rotura en el cruce según prueba de presión realizada al segmento Ayacucho- Marquetalia en 2007.
2	74+947	73	CRUCE CAÑO NN (Rompiente río Magdalena en el sector Venecia)	120	Tubería bajo agua expuesta por inundación del Río Magdalena sin recubrimiento y protección mecánica adecuada.
3	75+211	50	CRUCE CAÑO NN (Rompiente río Magdalena en el sector Venecia)	100	Tubería bajo agua expuesta por inundación del Río Magdalena sin recubrimiento y protección mecánica adecuada.
4	76+421	285	CRUCE CAÑO SAN JORGE (Rompiente río Magdalena en el sector Venecia)	400	Tubería bajo agua expuesta por inundación del Río Magdalena sin recubrimiento y protección mecánica adecuada.
5	108+562	664	CRUCE RIO MAGDALENA (LA VICTORIA)	1,000	Reubicar cruce principal por presencia de asentamiento humano e inundación del Río Magdalena. Se desconoce estado mecánico del cruce.
6	113+312	209	CRUCE CAÑO CHICAGUA	400	Realizar cruce por otro sector o realizar obras de geotecnia para estabilizar la orilla izquierda del caño.
			TOTAL	2920	

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

5.1.5 Inspección y mantenimiento de válvulas y Trampas Paralelo a los trabajos de reparaciones de perforaciones ilícitas y abolladuras se deberán programar cuadrillas de revisión, mantenimiento ó cambio de algunas válvulas de seccionamiento, así como las trampas de raspadores existentes en el sistema con el fin de incrementar la confiabilidad de estos accesorios durante la prueba hidrostática, corrida ILI y operación del sistema garantizando la hermeticidad de estos equipos.

Para efectos de presupuesto estimado de rehabilitación se asume el mantenimiento de 19 válvulas de 12"x 900.

5.1.6 Realización de Prueba Hidrostática Para garantizar la continuidad mecánica del ducto y hermeticidad del mismo se requiere realizar una prueba hidrostática, para lo cual se propone lo siguiente:

- Definir junto con la Coordinación Central de Integridad (CIT) el protocolo de la prueba hidrostática a seguir.
- La Captación del agua, llenado y presurización de la línea se realizaría desde la Planta Ayacucho.
- Empaquetamiento del sistema desde la planta Ayacucho hasta la válvula Marquetalia Km 25+138.
- Ubicación de cuadrillas ambientales y de mantenimiento en puntos estratégicos con el fin de localizar y reparar fugas.
- Una vez verificado el estado de este sector, se llenaría el ducto hasta la siguiente válvula de bloqueo, y se repetiría el proceso hasta completar el 100% del ducto.
- Para el cálculo del volumen de agua requerido para la prueba se tomó como referencia un volumen de llenado de **135,140 BIs** más un **30%** de desperdicio.
Volumen de agua requerido= **175,682 BIs**

5.1.7 Limpieza interior del ducto mediante corrida de raspadores Debido a la estanqueidad que presenta esta línea, el posible ingreso de agua con sedimentos, la acumulación y depósitos de material ferroso proveniente de la descomposición del acero y otros elementos, se requiere realizar una buena limpieza con raspadores para abrir la posibilidad de hacer la corrida ILI.

Para efectos de presupuesto se estimaron 3 corridas con raspadores de disco y cepillo, el volumen de agua estimado partiendo que el ducto se encuentra lleno de agua después de la prueba hidrostática es tres veces el llenado más un desperdicio del 1%. Volumen de agua requerido = **409,480 BIs**.

5.1.8 Servicio de inspección mediante corrida ILI Una vez realizada las actividades antes descritas se recomienda la corrida de la herramienta inteligente ILI, la cual dará el diagnóstico real del estado mecánico del ducto, y con esta información se evaluaría los costos reales de mantenimiento.

Para cuantificar los costos del servicio de inspección ILI se tomó como referencia **\$US 2,500 /Km**. Este valor incluye: limpieza fina, calibración, importación de equipos, instalación de magnetos, corrida geométrica mejorada, corrida MFL, mapeo inercial, localización de defectos, cargue de información en el sistema ROAIMS y AIU.

Para realizar la corrida ILI se requieren cuatro lanzamientos: dos Raspador de Limpieza fina, geométrico y raspador inteligente, para lo cual se requieren **545,970 BIs** de Agua.

5.1.9 Agua requerida Para la realización de la prueba de presión, limpieza interior y corrida ILI se requiere la captación, almacenamiento, tratamiento y disposición final de los siguientes volúmenes de agua.

Tabla 13. Volúmenes de agua requeridos Bombeando desde Ayacucho.

ACTIVIDAD	VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO (BLS)
Llenado de línea para Prueba Hidrostática	175,680
Limpieza interior del ducto (3 Corridas)	409,480
Inspección mediante raspador inteligente	545,970
TOTAL	1,131,132

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Por razones operativas y con las facilidades existentes, la inyección de agua solo se puede realizar desde la Planta Ayacucho, y el recibo en el Terminal Coveñas. En la Planta Ayacucho requiere captar, almacenar e inyectar un volumen estimado de agua de **1,131,132 Bls**, tal volumen de agua requiere permisos especiales de captación, así como una infraestructura especial de almacenamiento. En la actualidad la planta Ayacucho no cuenta con las unidades de bombeo empleadas anteriormente en este ducto.

Para evitar manejar volúmenes altos de agua se propone el acondicionamiento bidireccional de la línea para recircular el agua a utilizar. Esta opción requiere la instalación de unidades de bombeo en Coveñas y Ayacucho, así como las facilidades en las trampas de raspadores existentes (Km 25+138, Km 113+000, Km 161+500 y Km 272+790), y disponibilidad de un tanque de almacenamiento mínimo de 65,000 Bls en Coveñas y Ayacucho.

Tabla 14. Volúmenes de agua requeridos bombeando desde Ayacucho y Coveñas (Línea Bidireccional).

ACTIVIDAD	VOLUMEN DE AGUA ESTIMADO (BLS)
Llenado de línea para Prueba Hidrostática	175,680
Corrida raspador segmento más largo (Coveñas-Retiro)	60,000

TOTAL	235,680
--------------	----------------

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

5.2 FASE 2. ACCIONES REQUERIDAS PARA PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.

Con los resultados obtenidos en la corrida de la herramienta ILI, se procederá a valorar la viabilidad económica real de puesta en marcha del sistema y se sacará un programa de mantenimiento más ajustado a lo encontrado durante la inspección ILI, sin embargo para efectos del presupuesto estimado se requiere realizar las siguientes acciones:

5.2.1 Reparación de defectología inmediata reportada por herramienta ILI.

Tomando como referencia los trabajos de reparación de defectología ILI del poliducto Pozos Colorados – Ayacucho 12”,14”,16” y 20”, el cual presentó un panorama muy similar al sistema en estudio:

- Paro del sistema por baja rentabilidad operacional.
- Daños mecánicos sobre el ducto por hurto de tubería y combustible.
- Inyección de agua de PTAR .
- Inoperatividad del sistema de protección catódica.
- Áreas con afectación directa de zonas inundables.

A la fecha se han invertido aproximadamente **\$33,289,229 / Km** para atender las reparaciones inmediatas del Poliducto Pozos-Ayacucho con pérdida de espesor superior al 50%, sin embargo la defectología detectada en la corrida muestra una alta criticidad por lo cual es viable la reposición total de la línea.

En el Oleoducto Coveñas- Cartagena 18”, tiene topografía similar al sistema en estudio y se han invertido a la fecha aproximadamente **\$30,081,300 /Km** en reparaciones inmediatas de pérdida de espesor superior al 85%.

Tomando como criterio para el presupuesto estimado el promedio aritmético entre los dos valores dados y asumiendo un incremento en los costos del 30% por accesibilidad, condiciones de seguridad física e hidrología del terreno, se tiene un valor proyectado de **\$41,190,843 /Km.**

5.2.2 Construcción de Variantes por asentamientos humanos. Con el fin de reducir el riesgo al que estarían sometidos durante la operación del ducto los asentamientos humanos encontrados sobre el DDV se propone la construcción de las variantes relacionadas en la Tabla 1. Estas variantes suman **10,350 m** de tubería.

5.2.3 Cambio de recubrimiento y enterramiento de tubería. El sistema presenta **52,696 m** de tubería aérea, la cual requiere cambio de recubrimiento para mitigar los procesos de corrosión interior y enterramiento para mitigar daños mecánicos por terceros en el ducto.

En este estudio no se valoró el estado del recubrimiento de la tubería enterrada el cual se puede hacer por técnicas indirectas como DCVG, PCM y CIS.

5.2.4 Rehabilitación del sistema de protección catódica. El sistema cuenta con 5 URPC que requieren instalación de monitoreo remoto y posiblemente cambio de cama anódica en dos URPC, así como reparación de las acometidas en media tensión. Para efectos del presupuesto se estimó un costo por URPC de **\$ 200,000,000.**

6. PRESUPUESTO

Con el objetivo de cuantificar las dos etapas de la alternativa propuesta se realizó un presupuesto general basado en las siguientes consideraciones:

- ✓ Las cantidades de obra son aproximadas derivadas de la inspección visual del DDV.
- ✓ Las tarifas de Mano de Obra y equipo (Tarifa Opcional) se tomaron del contrato en ejecución de macros de mantenimiento de líneas del área
- ✓ Se tomó el mismo AIU del contrato mencionado **A= 15.98%, I= 1% y U=4%**.
- ✓ Como Costo de Interventoria se estimó el **10%** del costo directo de la alternativa.
- ✓ Como costo de Gestión inmobiliaria se tomó el **10%** del costo directo de la alternativa.
- ✓ Se incluyeron costos de seguridad física en cada una de las alternativas las cuales contemplan transporte y alimentación para el personal de Fuerza pública en campo. No se incluyeron costos de convenios.
- ✓ Para facilitar el costeo de las actividades a realizar en cada una de las alternativas, se dividió el trazado en tres sectores debido a que el trazado se puede agrupar en tres sectores con características similares: accesos, topografía, presencia de cuerpos de agua, rendimientos de obra similares etc. , lo sectores se conformaron así: Sector 1 del Km 0+000 al Km 71+000, Sector 2 del km 71+000 al Km 161+500 y sector 3 del km 161+500 al Km 272+790.
- ✓ Los costos de limpieza interior, prueba hidrostática e inspección con vehículo inteligente se estimaron con el sistema trabajando de forma bidireccional para reducir la cantidad de agua a utilizar. Los costos de las facilidades requeridas para el acondicionamiento del sistema fueron estimados e incluidos en el

unitario ***“Facilidades Trampas, llenado de Línea con agua y prueba Hidrostática”***

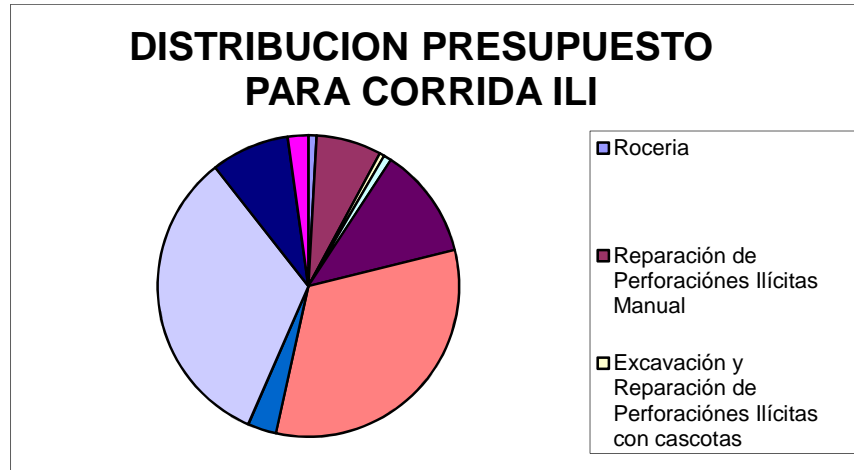
6.1 FASE 1. PRESUPUESTO PARA VALORACIÓN DEL SISTEMA MEDIANTE CORRIDA ILI

Tabla 15. Costos por actividad de mantenimiento

ACTIVIDAD	TOTAL	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
Rocería	\$ 182.250.060,00	\$ 38.133.940,00	\$ 108.585.860,00	\$ 35.530.260,00
Reparación de Perforaciones Ilícitas Manual	\$ 1.461.523.300,00	\$ 273.668.440,00	\$ 673.168.950,00	\$ 514.685.910,00
Excavación y Reparación de Perforaciones Ilícitas con cascotas	\$ 109.407.590,00	\$ 47.309.080,00		\$ 62.098.510,00
Reparación de Abolladuras	\$ 174.644.114,00		\$ 41.010.764,00	\$ 133.633.350,00
Construcción de Variantes Línea Regular	\$ 2.494.203.800,00	\$ 2.494.203.800,00		
Construcción cruce subfluvial PHD	\$ 6.756.274.500,00	\$ 3.211.453.500,00	\$ 3.544.821.000,00	
Mantenimiento de Válvulas	\$ 643.298.320,00	\$ 160.741.120,00	\$ 322.309.300,00	\$ 160.247.900,00
Llenado de línea con Agua y Prueba Hidrostática	\$ 6.871.184.170,00			
Servicio de inspección ILI	\$ 1.752.264.380,00			
Seguridad física	\$ 462.911.760,00			
TOTAL	\$ 20.907.961.994,00	\$ 6.225.509.880,00	\$ 4.689.895.874,00	\$ 906.195.930,00

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Figura 34. Distribución presupuesto para corrida ILI.



Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

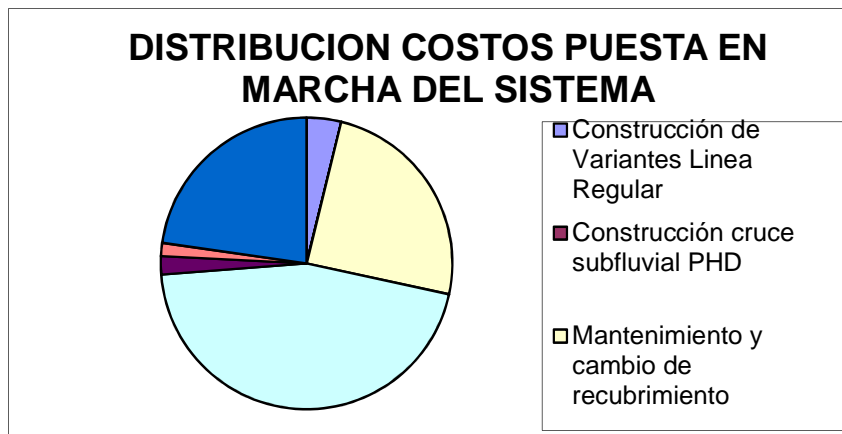
6.2 FASE 2. PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DESPUÉS DE CORRIDA HERRAMIENTA ILI

Tabla 16. Costos puesta en marcha por Tramos

ACTIVIDAD	TOTAL	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO3
Construcción de Variantes Línea Regular	\$ 1.885.043.300,00	\$ 1.885.043.300,00		
Mantenimiento y cambio de recubrimiento	\$ 12.111.800.430,00	\$ 184.800.560,00	\$ 348.600.500,00	\$ 11.578.399.370,0
Construcción de Variantes Línea Regular	\$ 22.362.279.750,00		\$ 22.362.279.750,0	
Rehabilitación sistema protección catódica	\$ 1.000.000.000,00			
Seguridad Física	\$ 720.084.960,00			
Reparación Defectología Inmediata Reportadas Herramienta ILI	\$ 11.203.909.300,00	\$ 2.924.549.854,04	\$ 3.727.771.292,83	\$ 4.551.588.153,13
TOTAL	\$ 49.283.117.740,00	\$ 4.994.393.714,04	\$ 26.438.651.542,	\$ 16.129.987.523,13

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Figura 35. Distribución presupuesto para puesta en marcha del sistema.



Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

Una vez aplicado el AIU, Interventoria, Gestión Inmobiliaria y IVA, el precio se refleja a continuación en el siguiente cuadro.

Tabla 17. Resumen presupuesto

Descripción	Costo \$Col /Km	Costo \$/Col	Costo \$US /Km	Costo \$US
Fase 1 Acciones requeridas para valoración del sistema mediante corrida ILI	71,547,172	19,517,352,951	35.774	9.758.676
Fase 2 Puesta en marcha del sistema después de corrida herramienta ILI	296,913,131	80,994,932,879	148.457	40.497.466
TOTAL	368,460,302	100,512,285,830	184.230	50.256.143

*TRM = \$ 2,000.

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

7. ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Una vez definido el OPEX y el CAPEX del proyecto se realizo el análisis financiero con un horizonte financiero de 20 años.

Tabla 18. Flujo de caja.

Parámetros	Unidades	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Precios Transporte de Nafta	USD\$/BI	0,95	1,00	1,04	1,07	1,09	1,11	1,11	1,09	1,07	1,05	1,03	1,01	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,82	0,79	0,75	0,71
Impuesto de transporte	%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%
Tasa de Descuento	%	12%																				
Probabilidad de Éxito - Sistema Exsagoc	%	95%																				
FLUJO DE CAJA	Unidades	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
INGRESOS																						
Ingresos Transporte de nafta	US\$	8.729.500	9.966.263	11.269.881	12.621.477	13.997.936	15.372.306	16.714.473	17.992.086	19.171.727	16.100.443	10.947.746	7.444.090	5.010.074	3.371.916	2.269.391	1.527.361	1.017.358	677.651	451.375	297.524	248
Transporte Total	BOPD	26.323	28.621	31.120	33.838	36.792	40.004	43.497	47.295	51.424	44.067	30.576	21.215	14.720	10.213	7.086	4.917	3.411	2.367	1.642	1.140	1
Perdidas	BOPD	1.253	1.363	1.482	1.611	1.752	1.905	2.071	2.252	2.449	2.098	1.456	1.010	701	486	337	234	162	113	78	54	0
Transporte neto	BOPD	25.070	27.258	29.638	32.226	35.040	38.099	41.426	45.043	48.975	41.969	29.120	20.205	14.019	9.727	6.749	4.683	3.249	2.254	1.564	1.085	1
TOTAL INGRESOS	US\$	8.729.500	9.966.263	11.269.881	12.621.477	13.997.936	15.372.306	16.714.473	17.992.086	19.171.727	16.100.443	10.947.746	7.444.090	5.010.074	3.371.916	2.269.391	1.527.361	1.017.358	677.651	451.375	297.524	248
EGRESOS																						
Costos de Operación	US\$	3.870.900	4.205.605	4.460.442	4.807.811	5.112.779	6.239.477	5.892.628	6.320.983	6.836.262	6.232.925	5.657.391	3.853.584	2.985.830	2.205.668	1.694.177	2.109.306	1.024.536	918.248	844.813	793.893	7.198.242

Costos de Mantenimiento	USD\$	3.366.000	3.657.048	3.878.646	4.180.705	4.445.895	5.425.632	5.124.025	5.496.507	5.944.575	5.419.935	4.919.470	3.350.942	2.596.374	1.917.972	1.473.198	1.834.179	890.901	798.476	734.620	690.342	22
Costo de Abandono	USD\$																					7.198.217
Otros Gastos y Costos	USD\$	504.900	548.557	581.797	627.106	666.884	813.845	768.604	824.476	891.686	812.990	737.921	502.641	389.456	287.696	220.980	275.127	133.635	119.771	110.193	103.551	3
Utilidad Operativa	USD\$	4.858.600	5.760.658	6.809.438	7.813.667	8.885.157	9.132.829	10.821.844	11.671.103	12.335.465	9.867.518	5.290.355	3.590.506	2.024.244	1.166.248	575.213	-581.945	-7.178	-240.597	-393.438	-496.369	-7.197.994
Deducciones	USD\$	0	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504
Amortizaciones	USD\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciaciones	USD\$	0	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504	2.904.504
Otras Deducciones	USD\$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Antes de Impuestos (Gravable)	USD\$	4.858.600	2.856.154	3.904.935	4.909.163	5.980.654	6.228.326	7.917.340	8.766.600	9.430.962	6.963.014	2.385.851	686.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impuesto de transporte	US\$	0	291.516	171.369	234.296	294.550	358.839	373.700	475.040	525.996	565.858	417.781	143.151	41.160	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad Después de Impuestos	USD\$	4.858.600	2.564.638	3.733.565	4.674.867	5.686.104	5.869.487	7.543.641	8.291.559	8.904.966	6.397.156	1.968.071	542.851	-41.160	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversiones	US\$	58.090.073	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Poliducto	USD\$	50.256.142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unidades de Bombeo	USD\$	7.833.931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA	USD\$	53.231.473	5.469.142	6.638.069	7.579.370	8.590.608	8.773.990	10.448.145	11.196.063	11.809.469	9.301.660	4.872.574	3.447.355	2.024.244	1.166.248	575.213	-581.945	-7.178	-240.597	-393.438	-496.369	-7.197.994
FLUJO DE CAJA ACUMULADO (VP)	USD\$	-53.231.473	-48.348.310	-43.056.482	-37.661.636	-32.202.150	-27.223.552	-21.930.197	-16.865.666	-12.096.020	-8.741.748	-7.172.909	-6.181.877	-5.662.304	-5.395.030	-5.277.330	-5.383.649	-5.384.820	-5.419.862	-5.471.024	-5.528.656	-6.274.849
FACTOR DE ABANDONO	#	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
FCL	USD	-53.231.473	5.469.142	6.638.069	7.579.370	8.590.608	8.773.990	10.448.145	11.196.063	11.809.469	9.301.660	4.872.574	3.447.355	2.024.244	1.166.248	575.213	0	0	0	0	0	0
FACTOR TIEMPO DE REPAGO	#	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
VPN (12%)	USD\$	(5.277.390)																				
TIR	%	10%																				
TIRM (12%)	%	11%																				
Tiempo de Repago	Años	22																				

Fuente: Resultados de investigación monografía. Autor: Alfredo Suarez Rios.

CONCLUSIONES

Con el análisis técnico de los datos obtenidos del recorrido de línea del derecho de vía del Poliducto Ayacucho- Coveñas 12” (Exsagoc) donde se pudo evidenciar:

- ✓ El recubrimiento de la tubería aérea se encuentra deteriorado.
- ✓ El ducto cruza zonas de alto impacto ambiental y social como lo son el Rio Magdalena en cruce Regidor, La Victoria y Brazo de Loba en Retiro, la ciénaga de la Gloria y Ciénaga Talanquera, así como grandes cultivos de arroz, palma y plátano, cualquier falla en este sistema ocasionaría grandes perjuicios al medio ambiente, la comunidad e imagen corporativa de la empresa.
- ✓ Se registraron daños mecánicos por terceros: perforaciones ilícitas, abolladuras y hurto de tubería, que demuestran la sensibilidad que presenta el trazado.
- ✓ Actualmente el ducto se encuentra con agua y trazas de nafta presentes sobre la línea principal, y crudo en algunos by-pass inhabilitados, esto ha motivado la perforación de la tubería para extraer la mezcla agua-nafta y decantar el combustible. En otros sectores se ha incrementado el hurto de tubería en las secciones secundarias del ducto generando contaminación por los remanentes de producto.
- ✓ El cambio continuo del cauce del rio Magdalena y sus afluentes ha incursionado en el trazado del derecho de vía, afectado la integridad del sistema y a corto plazo requerirá nuevas variantes para mantener la operatividad del sistema.
- ✓ Incrementó de asentamientos humanos sobre ó en zonas cercanas al DDV.
- ✓ El trazado del derecho de vía desde el km 26 al km 161 presenta dificultad en los accesos, el cual se debe hacer por transporte fluvial que dificulta los

trabajos de mantenimiento y que junto a las oleadas invernales dificultan la atención de eventos sobre el sistema. Un incidente ambiental en estos puntos incrementaría los costos y dificultad de la reparación.

- ✓ El trazado presenta un gran porcentaje de tubería aérea desde el Km 161 al Km 272 que facilita la afectación mecánica por terceros, para lo cual se recomienda su enterramiento.
- ✓ Se propone habilitar el sistema para que pueda trabajar de forma bidireccional para disminuir los volúmenes de agua requerido durante las corridas de raspadores.

Con el análisis financiero para la rehabilitación y puesta en marcha del Poliducto Ayacucho- Coveñas 12" (Exsagoc) donde se pudo evidenciar:

- ✓ Se proponen la **"Rehabilitación y puesta en marcha del sistema"** por un valor de **\$100,512,285,830**
- ✓ El análisis se evidencio que el CAPEX requerido para la puesta en marcha sumado a los altos gastos del OPEX generados por las condiciones de trazado del Naftaducto que encarecen, dificultan su mantenimiento y vigilancia, hacen que el proyecto sea inviable y que durante dicho tiempo, el repago no se logre.
- ✓ Como se evidencia del análisis financiero el VPN es negativo es decir que no cuenta con los recursos suficientes para su ejecución.
- ✓ Los estimados de los costos de reparación de defectología sobre los supuestos de los valores de líneas similares, generan una gran incertidumbre gracias a la antigüedad de la línea, a la falta de corridas de limpieza y a al abandono sufrido con agua de la planta de tratamiento con inhibidor de corrosión, puede requerir después de dicha corrida el cambio parcial o total de la línea.
- ✓ Para validad la información de reparación y los costos reales se debe invertir **\$19,517,352,951** con lo que tendremos un panorama real con la corrida de la herramienta inteligente mostrando la integridad del sistema y los requerimientos que definirían el futuro del sistema.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ API 1104 Valoración de defectología en Soldaduras.
- ✓ ASME B31.4
- ✓ Información del modulo 620 del sistema de gestión de mantenimiento de Ecopetrol S.A. "Elipse".
- ✓ Informes Recorridos de línea Ecopetrol S.A.