

GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES PARA OLEODUCTOS EN COLOMBIA

LINA MARCELA BAYONA MORENO

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
2017**

GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES PARA OLEODUCTOS EN COLOMBIA

LINA MARCELA BAYONA MORENO

**Monografía para optar por el título de Especialista en
Gestión Ambiental**

**Orientador
DORA MARIA CAÑON RODRIGUEZ
Ingeniera Química**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTA D.C.
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá, D.C., Mayo de 2017

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Director de especializaciones

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Director Especialización en Gerencia de la Calidad

Dr. Francisco Archer Narváez

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

DEDICATORIA

Dedico esta monografía a la memoria de mis abuelos Herminda Cárdenas y José Moreno, su recuerdo es mi más grande motivación para seguir cumpliendo todas mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la salud, la inteligencia, la fuerza y la valentía para terminar con éxito esta etapa de mi vida.

Agradezco a mis padres por el esfuerzo que hacen día a día para ayudarme a cumplir las metas que me he propuesto en la vida, su amor y apoyo incondicional hacen que este logro también sea de ustedes.

Agradezco a mi hermana y demás familia, a mis amigos y a mis compañeros de estudio por creer en mí y motivarme para realizar esta especialización.

Agradezco a mi orientadora Dora María Cañón por transmitirme su conocimiento, guiarme y corregirme paso a paso para elaborar de la mejor manera este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	17
OBJETIVOS	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. ANTECEDENTES	22
3. JUSTIFICACION	24
4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE	25
5. METODOLOGÍA	26
6. MARCO TEORICO	27
6.1 OLEODUCTOS	27
6.1.1Diseño de ductos	28
6.2 DERRAMES DE HIDROCARBUROS POR OLEODUCTOS	30
6.3 GESTION DEL RIESGO	31
6.4 DEFINICION DEL RIESGO SEGÚN NORMAS Y GUIAS	32
6.4.1Sistemas integrados de Gestión	33
6.4.2 Guía técnica Colombiana GTC 45:	33
6.4.3 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 31000	34
6.4.4 Norma Técnica Colombiana NTC 5254	35
6.4.5 Norma técnica Colombia NTC 104	35
6.4.6 Riesgo ambiental según NTC 104	35
6.4.7 UNE 15008:2008	36
6.4.8 Resumen de los documentos estudiados para la definición del riesgo	36
6.4.9 PMBOK	37
6.5 IMPACTO AMBIENTAL	37
7. GESTION DEL RIESGO AMBIENTAL	39
7.1 GESTION	39
7.2 GESTION DEL RIESGO	39
7.2.1PRINCIPIOS DE LA GESTION DEL RIESGO	39
7.3 EL OLEODUCTO COMO UN PROYECTO	40
7.3.1 El oleoducto como un proyecto	40
7.4 HERRAMIENTAS PARA LA GESTION DEL RIESGO	42
7.4.1 Análisis FODA	42
7.4.2 Matriz de probabilidad	43
7.5 GESTION DE RIESGOS AMBIENTALES	44
7.5.1 APLICACIONES DE LA GESTION DEL RIESGO AMBIENTAL	44

8. CONTEXTO DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS PARA COLOMBIA	46
8.1 OLEODUCTOS DE COLOMBIA	46
8.1.1 Caño limón-coveñas	46
8.1.2 Oleoducto trasandino (OTA)	47
8.1.3 Oleoducto alto magdalena (OAM)	47
8.1.4 Oleoducto de Colombia (ODC)	48
8.1.5 Oleoducto central OCENSA	48
8.1.6 Oleoducto de Los Llanos Orientales	49
8.1.7 Oleoducto bicentenario	49
8.2 PARTES INTERESADAS EN UN OLEODUCTO	49
8.3 COMUNIDADES LOCALES, POBLACIONES INDÍGENAS Y LA SOCIEDAD EN GENERAL.	50
8.3.1 Arauca:	50
8.3.2 Cubará (Boyacá)	50
8.3.3 Norte De Santander	51
8.3.4 Cesar	51
8.3.5 Magdalena	52
8.3.6 Bolívar	52
8.3.7 Sucre	52
8.3.8 Comunidades indígenas	53
8.4 IMPACTOS AMBIENTALES AMBIENTE CAÑO LIMON- COVEÑAS.....	54
8.5 PROBLEMAS CRITICOS Y DIFERENCIA DE PERSEPCION	55
8.5.1 Conflicto armado	55
8.5.2 Oposición de las comunidades indígenas	56
9. GENERALIDADES DE LOS RIESGOS AMBIENTALES DE OLEODUCTOS COLOMBIANOS.....	57
9.1 CAUSAS:.....	58
9.2 RIESGOS AMBIENTALES.....	60
10. METODOLOGIA PASO A PASO PARA ANALIZAR Y EVALUAR LOS RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS.....	62
10.1 ESTABECER EL CONTEXTO:	62
10.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS:	64
10.3 ANALISIS DE LOS RIESGOS:	64
10.4 EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL	65
10.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO AMBIENTAL	66
10.6 COMUNICAR EL RIESGO:	67
10.7 MONITOREO Y REVISION	67
11. ESTUDIO DE CASO DE TRAMO EN OPERACIÓN DEL OLEODUCTO CAÑO LIMON-COVEÑAS DESDE LA ESTACION DE BOMBEO CAÑO LIMON PS1 HASTA LA VEREDA SAN JOSE DE LA PESQUERA	68
11.1 Contexto:	68

11.1.1 Área de estudio:	68
11.1.2 Entorno inmediato:	69
10.1.3 Aspectos Técnicos:	72
11.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.....	73
11.3 ANALISIS DE LOS RIESGOS.....	76
11.3.1 Aspectos externos del tramo evaluado, durante el proceso de transporte	76
11.3.2 Análisis de las Características del crudo transportado	80
11.3.2 Análisis del riesgo mediante el método “What- if?”	82
11.3.3 Análisis de las causas a los eventos de los tres puntos principales del caso de estudio	90
11.3.4 Selección de los riesgos a evaluar	94
11.4 EVALUACION DEL RIESGO	98
11.4.1 Evaluación del riesgo de la seguridad y salud ocupacional	99
11.4.2 Matriz RAM	103
11.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO	106
Fuente: Autor	107
11.5.1 Opciones de tratamiento para la corrosión en tuberías:	107
11.5.2 Valoración de las opciones para el tratamiento del riesgo:	109
11.6 Comunicación y consulta del riesgo.....	109
11.7 Monitoreo y revisión	110
12. ANALISIS DEL TRATAMIENTO DE RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS PARA COLOMBIA	111
12.1PROGRAMA DE GESTION DEL RIESGO PARA LOS PRINCIPALES OLEODUCTOS DE COLOMBIA	111
12.2TECNICAS DE TRATAMIENTO DEL RIESGO POR ECOPETROL.....	113
12.3 PROYECTO DE CONSERVACION DE INFRAESTRUCTURAS:.....	115
12.4 PLANES DE CONTINGENCIA EN COLOMBIA	115
12.5 TRATAMIENTO DE RIESGOS ASOCIADOS A CONFLICTO ARMADO Y ACTIVIDADES ILEGALES.....	116
CONCLUSIONES.....	118
RECOMENDACIONES.....	120
BIBLIOGRAFIA	121

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Causas- riesgos ambientales y consecuencias	57
Cuadro 2. Metodología de gestión del riesgo basada en la norma GTC 104	62
Cuadro 3. Principales aspectos del contexto para oleoductos	63
Cuadro 4. Métodos de análisis de riesgos	65
Cuadro 5. Metodología "what- if" aplicada a el tramo del oleoducto	83
Cuadro 6. Metodología "What- if " aplicada a la estacion de bombeo PS1	88
Cuadro 7. Metodología "what if" Aplicada a la poblacion de San Jose de la Pesquera	90
Cuadro 8. Causas y consecuencias de los eventos asociados al riesgo en el tramo evaluado	91
Cuadro 9. Análisis a las causas y consecuencias de los eventos en la estación de bombeo	92
Cuadro 10. Análisis de las causas y efectos en la población	93
Cuadro 11. Determinacion del riesgo basado en la GTC 45	99
Cuadro 12. Determinacion de el nivel de deficiencia del riesgo basado en la GTC 45	100
Cuadro 13. Nivel de riesgo segun la matriz RAM	106
Cuadro 14. Opciones de tratamiento según GTC 104	107
Cuadro 15. Técnicas de respuesta a derrames de crudo	116

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Atentados contra la industria petrolera de 2000 a 2014	20
Gráfica 2. Atentados entre el año 2005 y 2014	97

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Proceso de la gestión del riesgo según el PMBOK	42
Imagen 2. Proceso de gestión del riesgo según la norma GTC 5254	45
Imagen 3. Hoja de seguridad de petróleo crudo	81
Imagen 4. Bombas booster en la estación de bombeo PS1 de Caño limón	84
Imagen 5. Incendio en la estación de Allen Argentina	96

LISTA DE MAPAS

	pág
Mapa 1.Trazado oleoducto caño limón- Coveñas	47
Mapa 2.Oleoducto Alto Magdalena	48
Mapa 3. Mapa Cubara	51
Mapa 4.Concentración de pueblos U`WA	53
Mapa 5. Concentración del pueblo Zenú	54
Mapa 6.Ubicación geográfica del tramo seleccionado para el caso de estudio	68
Mapa 7.Ubicación geográfica del brazo Bayonero	71

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de probabilidad e impacto	444
Tabla 2. Principales causas de derrames por oleoductos a nivel mundial	60
Tabla 3. Valores mínimos de calidad para transportar el crudo por Caño Limón- Coveñas	73
Tabla 4. Fuentes de riesgo e impactos	74
Tabla 5. Amenaza en el sistema de crudo	75
Tabla 6. Amenazas en el sistema de drenaje de aguas	75
Tabla 7. Amenazas en el sistema contra incendios	76
Tabla 8. Grados de acero al carbono según api 5L	77
Tabla 9. Viviendas y centros de salud cercanos al oleoducto	89
Tabla 10. Nivel de exposición del riesgo basado en la GTC	101
Tabla 11. Determinación del nivel de probabilidad	102
Tabla 12. Determinación del nivel de consecuencia	102
Tabla 13. Determinación del nivel de riesgo	103
Tabla 14. Efectos en el medio ambiente según la matriz RAM	104
Tabla 15. Matriz RAM de ECOPETROL asociada al riesgo ambiental	105

RESUMEN

En esta monografía se analizó y evaluó el riesgo ambiental en un tramo del oleoducto Caño Limón- Coveñas, comprendido entre la primera estación de bombeo PS-1 y la comunidad de San José de la Pesquera. Se recopiló información sobre el entorno inmediato, los aspectos económicos del proyecto, los aspectos ambientales e institucionales para avanzar en la identificación de posibles eventos con alto potencial de materializarse, las causas y las consecuencias relacionadas con los posibles eventos o incidentes, a los riesgos existentes en la estación de bombeo, el tramo del oleoducto y la comunidad. La evaluación del riesgo se ejemplificó mediante la aplicación de la Guía Técnica Colombiana 45 para el caso de explosión por un derrame ocurrido a causa de corrosión y posterior rotura de la tubería. Además se describieron las opciones de tratamiento del riesgo ambiental basado en la Guía técnica 104 y la importancia de la comunicación del riesgo. Se presentó un resumen de los riesgos ambientales en Colombia para cada uno de los oleoductos, resaltando la importancia de realizar una gestión integral en un país donde los atentados terroristas y los sabotajes a la industria complican el desarrollo de un plan sistemático para la gestión del riesgo.

Palabras clave: Oleoductos, Derrames, Gestión del Riesgo, Riesgos Ambientales, Impacto Ambiental.

INTRODUCCION

La necesidad de transportar el petróleo crudo desde las estaciones de bombeo, hasta las refinerías o los puntos de distribución se vio satisfecha mediante la implementación de oleoductos, los cuales significaron para la industria ganancias en términos de tiempo y economía. Sin embargo a esto se asociaron problemas de contaminación y alteración al medio ambiente ocurridos principalmente por derrames que pueden ser generados por factores de tipo antrópico o medio ambiental.

Cuando se piensa en la probabilidad de ocurrencia de algún evento tanto positivo como negativo durante la operación de transporte de crudo en las consecuencias sobre el medio ambiente, el factor humano y el componente económico, se considera el nivel de incertidumbre denominado riesgo, que al materializarse se convierte en incidente, accidente o contingencia. Cuando el daño afecta directamente los recursos naturales, se denomina riesgo ambiental. El principal riesgo ambiental que preocupa a quienes realizan la gestión de un proyecto de hidrocarburos es la probabilidad de que se libere en el medio ambiente petróleo crudo, el cual por sus condiciones tóxicas, reactivas, corrosivas y explosivas, puede afectar considerablemente las poblaciones, los ecosistemas e inclusive puede causar la muerte de seres humanos si se llegase a presentar una explosión y un posterior incendio.

La importancia de la correcta gestión del riesgo ambiental radica en preservar por encima de todo la vida humana y los recursos naturales, por este motivo debe realizarse sistemática y cuidadosamente la identificación de los posibles riesgos, sin dejar de lado todas las posibles causas que activen el potencial de amenazas presentes según la vulnerabilidad del sujeto expuesto. Se han desarrollado guías y normas que describen paso a paso, como realizar una adecuada gestión de los riesgos, basándose en la planeación, análisis, evaluación, tratamiento y comunicación de los mismos. La identificación de los riesgos, causas, consecuencias debe ser realizada por un equipo interdisciplinario, especializado en el tema, con los conocimientos suficientes para visualizar amenazas y posibles consecuencias.

El análisis adecuado de los riesgos ambientales en un oleoducto puede resultar más extenso de lo que parece, porque esto significa evaluar los riesgos de salud y seguridad ocupacional, los riesgos operacionales, los riesgos estratégicos. En el desarrollo de la monografía se evidencia que los riesgos son propios de la instalación el tiempo y las circunstancias que serán completamente diferentes en escenarios diferentes, por ejemplo, para el caso de un oleoducto no es lo mismo analizar la estación de bombeo, un tramo de oleoducto entre la estación de bombeo y la comunidad más cercana. Las condiciones en las que las amenazas

pueden potencializarse dependerán de la vulnerabilidad, de la exposición, del tipo de evento que puede ocurrir, entre otros factores.

Todos los proyectos de la industria petrolera deben contemplar un análisis de riesgos en el estudio de impacto ambiental. Para el caso de Colombia, dicho análisis puede resultar un poco más complejo teniendo en cuenta que es aquí donde se presenta el mayor número de atentados a la infraestructura petrolera especialmente en el oleoducto caño limón – Coveñas como se podrá evidenciar en el contenido del documento.

Los diez primeros kilómetros del oleoducto caño limón Coveñas son descritos como parte del caso de estudio en esta monografía para analizar y evaluar los riesgos ambientales existentes. Este tramos fue seleccionado porque pasa cerca a la comunidad llamada San José de la Pesquera, donde además de estar expuestos a riesgos operacionales, se encuentran en una zona altamente afectada por los ataques terroristas de la guerrilla presente en el sector, sabotaje y eventos ilícitos, como hurto del crudo a través de la instalación de válvulas ilegales e inseguras.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir el método para Analizar y evaluar el riesgo ambiental en oleoductos de Colombia

OBJETIVOS ESPECIFICOS

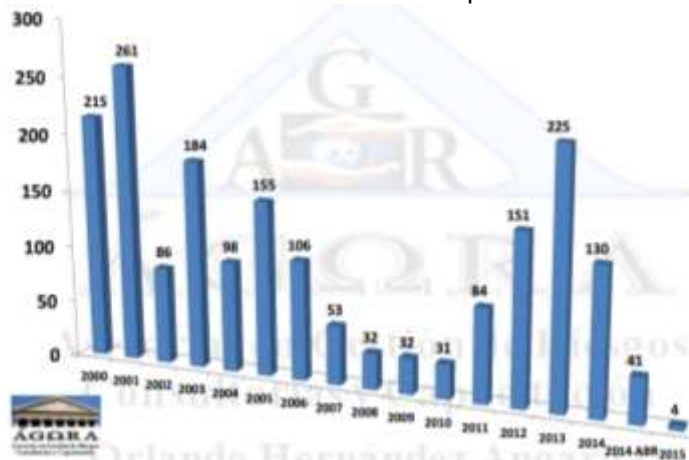
- Definir la gestión del riesgo ambiental
- Establecer el contexto de los riesgos ambientales en oleoductos Colombianos
- Identificar los riesgos ambientales para oleoductos de Colombia
- Describir el proceso de evaluación de los riesgos ambientales existentes para oleoductos en Colombia
- Analizar el tratamiento de los riesgos ambientales para oleoductos Colombianos

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El transporte por ductos, en Colombia y en el mundo, está formado por varios oleoductos conectados entre sí, que a su vez forman un sistema o red cuyo servicio de transporte se utiliza para trasladar el crudo a los centros de refinación y a los puntos de embarque para ser exportado. Según la Superintendencia de industria y Comercio la necesidad de oleoductos para el transporte de crudo, frente a otras opciones como lo es el uso de carro tanques, surge de las grandes distancias existentes entre los yacimientos y los centros de tratamiento y consumo del crudo.¹

Según datos de Ecopetrol, la infraestructura Colombiana de transporte de hidrocarburos y sus productos derivados, está conformado por más de 8.000 kilómetros de tuberías, los cuales interactúan de manera importante con el medio ambiente que rodea su localización y aunque los derrames por hurtos y atentados ha disminuido en el transcurso de los años, Según el sistema de información de petróleo y gas para el 2008 se calcularon aproximadamente 297 barriles de petróleo derramado, solo para el oleoducto caño limón-coveñas.² En la gráfica No. 1 se puede observar cómo han disminuido considerablemente los ataques terroristas a la infraestructura petrolera. Sin embargo dichos ataques siguen generando daños al medio ambiente.

Gráfica 1. Atentados contra la industria petrolera de 2000 a 2014



Fuente: HERNANDEZ, Orlando. Ataques contra infraestructura petrolera en Colombia a Abril de 2015. Boletín Agora Consultorías. 2015. 15p

¹ SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. La Promoción De La Competencia En El Acceso a Oleoductos. [Consultado Octubre 2016]. Disponible en: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudio%20Transporte%20por%20oleoducto.pdf

² SISTEMA DE INFORMACION DE PETROLEO Y GAS COLOMBIANO –SPIG-. Atentados Oleoducto Caño Limón- Coveñas. [sitio web] Bogotá. 2016 sec. Publications. [Consultado día, octubre, 2016] Disponible en: <http://www.sipg.gov.co/Inicio/SectorHidrocarburos/EstadisticasdePetroleo/Transporte/tabid/72/language/es-ES/Default.aspx>

Considerando que el mayor riesgo ambiental de un oleoducto es la ocurrencia de un derrame, cabe resaltar que según Dario Miranda y Ricardo Rodriguez más del 70% de los derrames de hidrocarburos en Colombia afectan ríos y caños, y cerca del 30% están asociados a sistemas de ciénagas, lo cual significa una interrupción de los procesos ecológicos del ecosistema.³ Dicha interrupción puede causar una desestabilización del medio ambiente y efectos graves a la Biodiversidad.

³ MIRANDA,Dario y RICARDO,Rodriguez. Los Derrames de Petróleo en Ecosistemas Tropicales, Un Atentado Contra el Futuro. En: INNOVACION y CIENCIA. vol. 10

2. ANTECEDENTES

Tras el descubrimiento del petróleo en 1858 en el estado de Pensilvania, y la necesidad de transportar el mismo, surgió un nuevo uso para los ductos y las tuberías. Según Jhon Kiefner y Cheryl Trench el primer oleoducto exitoso hace referencia a un ducto de 2.5 millas de largo con 2 pulgadas de diámetro y sus partes se fueron uniendo de extremo a extremo mediante collares atornillados⁴. Según Etika Cabeza fue así como los sistemas de oleoductos y gasoductos comenzaron a ser empleados para el transporte de hidrocarburos en áreas extensas, lo cual significó que los mismos se encontrarán con riesgos⁵ y condiciones difíciles tanto en aspectos medioambientales como sociales.

Kiefner y Trench, afirman en su artículo que las características de los oleoductos, el avance de la tecnología de construcción, operación y mantenimiento de oleoductos a significado abordar y reducir elocuentemente los riesgos a los que estos se pueden ver expuestos. Para ello se implantaron prácticas que se han ido enfocando en las mejoras sobre el rendimiento del material, la instalación de las tuberías y las pruebas de inspección y el mantenimiento.

Como se mencionó anteriormente, los oleoductos tanto en su etapa de construcción como en su etapa de operación se pueden ver enfrentados a diferentes tipos de riesgos que en su mayoría son de carácter ambiental, y según la Secretaria de medio ambiente se hizo necesaria una determinación de la naturaleza y la probabilidad de que las actividades humanas empleadas en los ductos provoquen efectos indeseables en los animales, las plantas y el ambiente.⁶ Dicha determinación se puede considera como la Gestión de Riesgos Ambientales (GRA) para oleoductos.

El riesgo se puede definir como amenaza o como oportunidad en base a los resultados negativos o positivos que tenga la ocurrencia de un seceso, respectivamente⁷. Haciendo un enfoque al punto de vista perjudicial, el riesgo se puede definir como la probabilidad de que ocurra algún hecho indeseable⁸, de esta afirmación se puede inferir que un riesgo ambiental en oleoductos resulta ser la

⁴ KIEFNER, Jhon y TRENCH, Cheryl. Oil Pipeline Characteristics and Risk Factors: Illustrations from the Decade of Construction. New York: American Petroleum Institue, 2001, 59p

⁵ CABEZA, Erika. Análisis del comportamiento geotécnico de oleoductos y gasoductos en deslizamientos de tierra.

⁶ SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Introducción al análisis de riesgos ambientales. Primera edición. México. 2003

⁷ Comunidad de Madrid. Analisis De Riesgos. [Madrid, España. 2016]. Disponible en: [http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/2GestioneRiesgos\(AR\)_es.pdf](http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/2GestioneRiesgos(AR)_es.pdf)

⁸ SOLDANO, Álvaro. Conceptos sobre riesgo. Argentina, 2008, 5p.

probabilidad de que ocurran hechos indeseables para el medio ambiente como por ejemplo derrames de hidrocarburo.

Según Jorge Calao los derrames de hidrocarburos representan una de las principales causas de contaminación y generación de impactos ambientales en Colombia, entre los cuales se encuentran la contaminación de corrientes hídricas, la contaminación del suelo, la mortalidad de especies animales y vegetales y la morbilidad de seres humanos.⁹ Los cuales se verán reflejados en pérdidas económicas que a su vez conllevaran perdidas ambientales.

⁹ CALAO, Jorge. Caracterización Ambiental de la industria petrolera: Tecnologías disponibles para la prevención y mitigación de impactos ambientales.

3. JUSTIFICACION

La contaminación por petróleo se da en el momento en que este es liberado intencional o accidentalmente al medio ambiente. Según Riana Maier la explotación y el transporte de hidrocarburos son las principales fuentes de contaminación por petróleo ya que aproximadamente el 60% de la producción mundial de petróleo se transporta por vía marítima y se calcula que el 0.1% de ésta se derrama en el mar es decir 2,2 millones de toneladas al año.¹⁰ Esto tiene efectos fóticos y tóxicos en los ecosistemas que afectan directamente la salud humana, es por esta razón que la contaminación por petróleo resulta ser preocupante y de interés no solo para aquellos que conforman la industria hidrocarburifera, sino también para todos aquellos que habitan el planeta.

Uno de los principales riesgos en las operaciones de transporte de hidrocarburos son aquellos que afectan seriamente el medio ambiente y el hecho de que exista una alteración de gran magnitud de los ecosistemas que son atravesados por los ductos, hace que sea necesaria una descripción del método para la aplicación de gestión de riesgos ambientales en oleoductos basándose en guías ambientales y en normas técnicas colombianas, para brindar así pautas que permitan un manejo del riesgo adecuado a futuros proyectos en el país.

¹⁰ MAIER, Riana. Microorganims and organic pollutants. In Environmental Microbiology. Segunda edición, Canadá.2000. 400p

4. DELIMITACIÓN Y ALCANCE

El presente proyecto se realizó con la finalidad de mostrar cómo se puede realizar la gestión de riesgos ambientales en oleoductos colombianos siguiendo las normas técnicas colombianas (NTC), las guías consultadas y normas internacionales como la UNE 150008; teniendo en cuenta la condición medio ambiental y política del país en la actualidad. El análisis de los riesgos y la evaluación de los mismos se hicieron de forma descriptiva sin llegar a determinar un tratamiento real para el mismo, pero si dando posibles alternativas para generar un control de los sucesos iniciadores del riesgo.

5. METODOLOGÍA

Se realizó una metodología de forma descriptiva, basándose en la recopilación de información obtenida a través de las fuentes de información brindadas por la universidad de América como EBSCOhost, One Petro, virtual Pro y basándose en fuentes de información secundaria como normas técnicas colombianas y Guías ambientales. Para ello inicialmente se definió la gestión del riesgo, la gestión de riesgos ambientales y las diferentes metodologías de evaluación del riesgo empleadas a nivel nacional.

A continuación se puso en contexto todos los riesgos ambientales de los oleoductos en el país, definiendo los criterios frente a los cuales se evaluara el riesgo, las partes interesadas y las políticas de consulta. Seguido a esto se establecieron los riesgos como base para el análisis posterior, junto con sus peligros, aspectos e impactos ambientales.

Se realizó un estudio de caso en un tramo del el oleoducto caño limón- Coveñas para mostrar paso a paso la metodología de gestión de riesgo. El análisis de los riesgos se realizó en base a las consecuencias, para así priorizar los riesgos y tomar decisiones acerca del tratamiento de los mismos. Finalmente para el tratamiento de los riesgos se mencionaran posibles restricciones y controles a las actividades generadoras del riesgo.

6. MARCO TEORICO

6.1 OLEODUCTOS

Según Pablo Rosero, un ducto se define como la unión de tuberías metálicas soldadas en sus extremos con el fin de transportar fluidos a través de grandes distancias debido a impulsos generados por un sistema de bombeo. Dichos ductos son denominados oleoductos cuando son destinados a transportar hidrocarburos¹¹. De esta manera el petróleo y el Gas son dirigidos a refinerías y centrales eléctricas para convertirse posteriormente en productos derivados como por ejemplo la gasolina, siendo los combustibles los que más proporcionan energía al mundo se vuelve vital garantizar su transporte de una forma rápida y eficiente.

El primer uso que se ha registrado de transporte de hidrocarburos data de hace 2500 años en la china, lugar donde se utilizaba el bambu para trasladar el gas natural obtenido de pozos poco profundos. Según Hopkins, los oleoductos pioneros datan del siglo XVIII y aunque cumplían con su función, dichos sistema de transporte presentaban problemas restrictivos a raíz de la deficiencia en el material, las tecnologías de unión y la capacidad de bombeo para elevar la presión del fluido. Sin embargo las tecnologías fueron evolucionando y hacia el siglo XIX ya se registraban tuberías de hierro fundido que disminuían los peligros de transportar fluidos inflamables.¹²

Para el siglo XX las variaciones en la ingeniería de transporte fueron notorias. Se cambió de hierro frágil de baja tenacidad a acero dúctil de alta tenacidad , de operaciones de baja presión a operaciones de alta presión, de diámetros pequeños a diámetros mayores, de tuberías descubiertas a tuberías cubiertas con protección catódica, entre otros. Según Lawal, en la actualidad los avances en el transporte de hidrocarburos siguen aumentando, ya que en contraste con las demás formas de transporte, los oleoductos brindan ventajas como el movimiento del fluido a una tasa relativamente constante, mayor capacidad de transporte y la economía frente al transporte marítimo o vehicular.¹³

¹¹ ROSERO REYES, Pablo. Desarrollo de un algoritmo y programa en matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinámico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano. Quito: Escuela politécnica nacional. 2012. 131 p

¹² P HOPKINS. PIPELINES: Past, present and future. Sidney: The 5th Asian Pacific IIW International Congress.2007.28p

¹³ M.O. Lawal. Historical development of the pipeline as a mode of transportation.Apapa-lagos: Departamento de y planeacion de la facultad de ciencias sociales. AÑO. 9p

6.1.1Diseño de ductos

- consideraciones básicas

Durante la etapa de diseño de un oleoducto es primordial tener en cuenta materiales, condiciones de operación y requisitos particulares. Según Manuel Pacheco la información mínima con la que se debe contar para realizar el diseño del mismo parte de las características físicas y químicas del fluido, las locaciones, las especificaciones del material, presión y temperatura en condiciones normales, los procesos de operación y mantenimiento, la protección contra la corrosión interna y externa y el espesor adicional requerido por el desgaste de la corrosión.¹⁴

Los materiales que conforman un sistema de transporte de hidrocarburos por ductos, deben ser los apropiados para brindar un servicio seguro bajo las condiciones de operación del mismo. El material prominente es el acero y su fabricación debe cumplir con los requisitos para cumplir la operación.

Los principales accesorios que conforman un sistema de transporte de hidrocarburos son las bridas, conexiones soldables, espárragos, tuercas y empaques los cuales al igual que las tuberías deben cumplir con requisitos de composición química, capacidad mecánica, fabricación, componentes y calidad.

- Esfuerzos

Según Juan Ángeles, durante la operación los ductos pueden presentar fallas, y algunas de dichas fallas pueden ser analizadas mediante la teoría de esfuerzos también conocida como teoría de tresca o Guest¹⁵ la cual dice que: “La falla se producirá cuando el esfuerzo cortante La falla se producirá cuando el esfuerzo cortante máximo absoluto en la pieza sea igual o mayor al esfuerzo cortante máximo absoluto de una probeta sometida a un ensayo de tensión en el momento que se produce la fluencia”

- Presiones interna

Una tubería sometida a presión interna opera por normatividad a niveles de esfuerzo por debajo del límite de cedencia del material. Sin embargo, según Cecilia Zandejas al presentarse defectos por corrosión/erosión ó algún tipo de daño

¹⁴ PACHECO PACHECO, Manuel. Diseño, construcción y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos. Mexico: Comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios. 2002. 119p

¹⁵ ANGELES AGUILA, Juan Carlos. Análisis de esfuerzos en ductos enterrados. Veracruz: Universidad Veracruzana. 2010. 84p

mecánico que provoque la reducción del espesor nominal de la tubería, el nivel local de esfuerzos puede eventualmente rebasar la cedencia del material, llevando al tramo de tubería afectado a operar en el régimen elasto-plástico (comportamiento no lineal del material), donde la concentración de los esfuerzos no puede determinarse nada más con las ecuaciones de equilibrio o el uso de las ecuaciones de la teoría de la elasticidad, por lo que es necesario utilizar métodos más avanzados de análisis, como la teoría de la plasticidad para explicar el comportamiento posterior a la cedencia (no linealidad del material) y el método de los elementos finitos.¹⁶

- Expansión y flexibilidad

Según Esteban Gómez, la flexibilidad es la propiedad de un material para deformarse dentro de su límite elástico por efecto de cargas externas. El análisis de flexibilidad tiene como fin evitar estos efectos dañinos, garantizando la integridad mecánica del sistema de tuberías como tal y de los distintos elementos (equipos, estructuras, soportes, etc.) asociados al mismo. De esta manera se pretende garantizar, también, la integridad y seguridad del personal que opera la planta¹⁷

- Estabilidad

Consiste en garantizar la estabilidad del ducto ante fuerzas actuantes que le induzcan desplazamientos, tales como, hidrodinámicas originadas por oleaje y corriente; condiciones de operación debido a fluctuaciones de presión y temperatura, asociado a sucesos de paro/arranque. Este escenario tiende a desestabilizar al ducto, el grado de inestabilidad dependerá de la posición del ducto con respecto al nivel del lecho marino (enterrado o superficial), de la magnitud de la temperatura y de la profundidad de agua, entre otros.

- Conexiones

Según Manuel Pacheco, las conexiones ramal se deben hacer por medio de tes y cruces soldadas a tope, su capacidad a la presión y temperatura deben ser por lo menos para los mismos valores de esfuerzos que se usaron para establecer las limitaciones de presión y temperatura para la tubería. Las tes y cruces soldadas a tope pueden usarse para todas las relaciones entre el diámetro del ramal y el diámetro del cabezal, y para todas las relaciones entre el esfuerzo circunferencial

¹⁶ ZANDEJAS MORALES, Cecilia. Evaluación del Comportamiento no lineal de pérdidas de metal en tuberías de pared delgada bajo presión interna. MEXICO D.f.:Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. 2008. 178p

¹⁷ GOMEZ GORDO, Esteban. Analisis de flexibilidad en sistema de tuberías. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.AÑO. 150P

de diseño y el esfuerzo de fluencia mínimo especificado del cabezal y el tubo de ramal.¹⁸

- Control de corrosión

Hoy en día, una de las principales causas de falla de seguridad en ductos se da por acción de terceros, por ejemplo, perforaciones ilegales en secciones de tubería, voladura de ductos etc., sin embargo, este tipo de acciones son muy difíciles de controlar, mitigar y estudiar debido al factor humano implícito en estos escenarios. Por lo anterior, los estudios y análisis de seguridad de procesos de transporte de combustible se enfocan en las situaciones que no involucran la intervención humana; en este orden de ideas, la principal causa de falla de ductos es la corrosión interna, la cual representa el 33% de los escenarios en términos de frecuencia de ruptura de tubería.

Según Alejandro Castellano, para prevenir las fallas por corrosión las empresas petroleras realizan una inspección de las secciones de tuberías a través de una técnica denominada “marraneo” o pigging, la cual permite, además de limpiar la tubería, censar los niveles de corrosión de los sistemas de transporte; no obstante, para emplear esta técnica es necesario detener parcialmente o totalmente el flujo del material en la sección que se desea estudiar, es por esto que para reducir costos en la operación este proceso se realiza en periodos de hasta 1 año. Lo anterior resulta un problema ya que se presenta una gran incertidumbre del estado del ducto durante todo el año que opera la tubería, debido a que no en todos los casos se puede predecir de manera significativa el avance de la corrosión, lo que dificulta estimar la respuesta y comportamiento mecánico del ducto y su posible ruptura.¹⁹

6.2 DERRAMES DE HIDROCARBUROS POR OLEODUCTOS

Según Fredy Jara y Luis Carvajal, una forma de clasificar los accidentes que ocurren en instalaciones petroleras es la siguiente: emisión, incendio y explosión, entre otros, los cuales pueden desencadenarse de riesgos operativos. Los derrames de petróleo crudo pertenecen o hacen parte del grupo de emisión. También hace parte de este grupo los escapes de gases o vapores generalmente por pérdida de

¹⁸ PACHECO PACHECO, Manuel. Diseño, construcción y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos. México: Comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios. 2002. 119p

¹⁹ CASTELLANOS VARGAS, Alejandro. ESTUDIO DE LA CORROSIÓN EN ESTADO TRANSITORIO EN OLEODUCTOS MEDIANTE EL USO DE SIMULACIONES BASADAS EN ELEMENTOS FINITOS. Bogotá: Universidad de los Andes. 2014. 49p

contención de los fluidos. El origen de un accidente puede ser fugas en forma de escape en el caso de crudo²⁰

Cuando un derrame de hidrocarburos se presenta, son muchos y variados los procesos que comienzan a ocurrir y que hacen que el impacto que se produce sobre el entorno sea más o menos fuerte. Algunos factores y fenómenos tienen mayor influencia que otros, pero probablemente de todos, en especial los relacionados con el hidrocarburo mismo, el más importante es el tipo de producto que se derrama, ya que de este aspecto depende en gran medida el grado de toxicidad.

Sin embargo, Según Darío Miranda, es importante también tener en cuenta, como factor asociado al entorno, el sitio en donde el derrame sucedió, puesto que las características y condiciones ambientales presentes en el sitio del derrame definen la capacidad de absorber o no el impacto que el vertimiento puede producir. Los ecosistemas tropicales, contrario a lo que antiguamente se creía, son significativamente más vulnerables que aquellos presentes en zonas subtropicales o en áreas templadas.²¹

6.3 GESTION DEL RIESGO

Según Álvaro Soldano, en su documento de conceptos sobre el riesgo, el riesgo en general se puede definir como la probabilidad de que ocurra algún hecho deseable o indeseable, lo cual se puede convertir en una oportunidad o en una amenaza²². Para el caso de los derrames este sería un hecho indeseable reflejado en una amenaza. Dicha probabilidad puede darse en cualquier contexto y se ha venido estudiando a través de los años.

La gestión del riesgo se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse. El riesgo es una función de dos variables: la amenaza y la vulnerabilidad. Ambas son condiciones necesarias para expresar al riesgo, el cual se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico. Mientras que los sucesos no son siempre controlables, la vulnerabilidad sí lo es.

Según Francisco Cruz, el objetivo final de cualquier proyecto de negocio es maximizar los recursos, aumentar los beneficios, y continuar las operaciones de una

²⁰ CARVAJAL, Luis y JARA, Fredy. Aspectos técnicos sobre derrames de crudo. Universidad industrial de Santander. Bucaramanga.2005

²¹ MIRANDA, Darío. Los derrames de petróleo en ecosistemas tropicales - impactos, consecuencias y prevención. La experiencia de Colombia.

²² SOLDANO, Álvaro. Conceptos sobre riesgo. Argentina, 2008, 5p.

manera segura y eficiente, para que de esta forma se garantice la protección a las personas, los bienes y el medio ambiente. De allí surge la necesidad de realizar modelos de evaluación de riesgos.²³

La evaluación de riesgos es una herramienta útil para fundamentar la toma de decisiones con base en la mejor información científica disponible y no en percepciones o juicios de valor. Según Leonora Rojas, Irina Ize y Miriam Zuk la información que proporciona la evaluación de un riesgo puede apoyar decisiones de control ambiental, evaluar y jerarquizar la importancia ambiental de una medida, así como estimar cuantitativamente los daños a la salud humana o a los ecosistemas derivados de la exposición a un contaminante ambiental.²⁴

Antes de entender como se hace una correcta evaluación del riesgo es importante entender el concepto de riesgo.

Matemáticamente el riesgo suele definirse como se muestra en la ecuación 1:

Riesgo = probabilidad del evento × consecuencia del evento

(1)

Analizando la anterior ecuación se puede decir que el riesgo es la probabilidad de que un evento cause una pérdida teniendo en cuenta la posible magnitud de dicha pérdida. Así se puede concluir como Según kent Mulbahuer que el riesgo se incrementa cuando la probabilidad de los eventos aumente o cuando la magnitud de la pérdida potencial aumente.²⁵

6.4 DEFINICION DEL RIESGO SEGÚN NORMAS Y GUIAS

En vista de que la gestión del riesgo ambiental ha resultado pieza fundamental en las empresas, entidades nacionales e internacionales se han elaborado normas claves para elaborar una gestión de riesgos ambientales adecuados. Ejemplo de esto son la norma UNE 150008 del año 2008 y la guía GTC 104, las cuales Dan pautas para evaluar riesgos de escenarios de accidente en todo tipo de organizaciones y sectores (independientemente de su tamaño) y Sirven para que cualquier organización conozca, evalúe, jerarquice y gestione sus riesgos

²³ Cruz de castro, Francisco Jesús. Metodos Cuantitativos Para El Analisis De Riesgos. 1994. 127 p.

²⁴ ROJAS , Leonora; Ize, Irina y Zuk miriam. Introduccion Al Analisis De Riesgos Ambientales. segunda ed. Mexico: secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2010. 220 p. ISBN 978-607-7908-26-5

²⁵ MULBAHUER,Kent. Pipelink Risk Management Manual . Gulf Professional Publishing, 2003. 395 p. ISBN 9780080497709/9780750675796

ambientales²⁶. Los conceptos y los principios fundamentales de dichas normas son tomados de otras normas que se mencionaran a continuación.

Un aspecto fundamental de las guías y normas que se mencionaran, radica en el enfoque operativo que se les da a las mismas, lo cual en el caso de los oleoductos implica enfocarse en los riesgos específicos para el medio ambiente. Lo cual incluye determinar los riesgos para un ecosistema que rodea una operación, determinar el cumplimiento de las normas, proporcionar información para apoyar el informe ambiental y realizar la evaluación reglamentaria del impacto ambiental²⁷. Dichas normas y guías pueden presentar para las empresas un marco integrado de principios, prácticas y criterios para la implementación de las mejores prácticas en la gestión ambiental.

6.4.1 Sistemas integrados de Gestión

En el ámbito actual de las organizaciones, es indudable que los aspectos vinculados a la Calidad, el Medio Ambiente y la Salud y Seguridad Ocupacional se encuentran relacionados e interdependientes, de modo que desatender uno, repercute forzosamente en los otros.

Esta circunstancia encuentra una explicación al advertirse el origen común de estos tres aspectos, ya que tanto cumplir con los requisitos del cliente, mantener un desempeño sustentable respecto del Medio Ambiente y asegurar la Salud y la Seguridad Ocupacional del personal son el resultado de un trabajo bien hecho, de forma tal que los defectos, impactos ambientales y los accidentes y enfermedades laborales significan que las cosas no se están haciendo bien.²⁸

6.4.2 Guía técnica Colombiana GTC 45:

Esta presenta en su documento un conjunto de principios, prácticas y criterios para la implementación de la mejor práctica de identificación de peligros y la valoración de los riesgos, en el marco de la gestión del riesgo de seguridad y salud ocupacional.

Para la definición de sus conceptos más importantes la Guía tiene en cuenta los principios fundamentales de la norma NTC-OHSAS 18001 así:

²⁶ ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma UNE150008:2008.: El instituto.2009

²⁷ Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC. Gestion del riesgo ambiental, principios y procesos.GTC 104. Bogota. D.C: El instituto,2009.86

²⁸GONZALEZ,Hugo. Sistemas Integrados De Gestion. [Print(0)]. 13 DE NOVIEMBRE. [Consultado el Enero2017]. Disponible en: <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/iso-14000-2/>

Enfermedad: “Condición física o mental adversa identificable, que surge, empeora” ambas, a causa de una actividad laboral, una situación relacionada con el trabajo o ambas.

Exposición: “Situación en la cual las personas se encuentran en contacto con los peligros.”²⁹

Probabilidad: “Grado de posibilidad de que ocurra un evento no deseado y pueda producir consecuencias”³⁰

Peligro: “Fuente, situación o acto con potencial de daño en términos de enfermedad o lesión a las personas, o una combinación de éstos”³¹

Riesgo: “Combinación de la probabilidad de que ocurra(n) un(os) evento(s) o exposición(es) peligroso(s), y la severidad de lesión o enfermedad, que puede ser causado por el (los) evento(s) o la(s) exposición(es)”³²

6.4.3 Norma Técnica Colombiana NTC ISO 31000

Esta norma brinda en su contenido los principios y las directrices genéricas sobre la gestión del riesgo por lo cual puede ser empleada en cualquier tipo de organización o proyecto.

Para la norma NTC ISO 31000 el riesgo se puede definir como “el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos”, para lo cual es necesario entender que efecto es la desviación de algo que se espera; sea positivo, negativo o las dos cosas. Por otro lado los objetivos pueden tener aspectos diferentes desde puntos de vista financieros, de metas o ambientales y además pueden ser aplicados en diferentes niveles ya sean estratégicos, organizacionales o referentes a proyectos. Cabe resaltar que el riesgo se caracteriza por su referencia a los efectos potenciales y las consecuencias, unido a la probabilidad de que esto suceda. Finalmente la incertidumbre se puede definir como de deficiencia de información relacionada con la comprensión de un conocimiento.

²⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. BOGOTA DC.:El instituto,2010.38p

³⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. BOGOTA DC.:El instituto,2010.38p

³¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. BOGOTA DC.:El instituto,2010.38p

³² INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION.Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional. NTC OHSAS 18001. BOGOTA DC.: El instituto,2007.40p

6.4.4 Norma Técnica Colombiana NTC 5254

Esta norma tiene como objetivo proporcionar un marco genérico para establecer el contexto, la identificación, el análisis, la evaluación, el tratamiento, el seguimiento y la comunicación del riesgo. Se debe leer en conjunto con otras normas aplicables o pertinentes. Además especifica los elementos del proceso de gestión del riesgo, pero no es su propósito obligar a la uniformidad de los sistemas de gestión del riesgo. Es genérica e independiente de cualquier sector industrial o económico específico.

El concepto de riesgo para esta norma se considera como la posibilidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos. El riesgo se puede medir en términos de consecuencia y posibilidad de ocurrencia, en donde se define consecuencia como el resultado de un evento expresado cualitativa o cuantitativamente, considerando un evento como cualquier incidente o situación que ocurra en un lugar particular durante un intervalo de tiempo particular.

Es importante resaltar que la posibilidad se define como una descripción cualitativa de la probabilidad (posibilidad de que ocurra un evento o resultado específico, medida por la relación entre los eventos o resultados específicos y el número total de eventos o resultados posibles. La probabilidad se expresa como un número entre 0 y 1, en donde 0 indica un evento o resultado imposible y 1 un evento o resultado seguro) o frecuencia (medida de la tasa de ocurrencia de un evento, expresada como el número de ocurrencias de un evento en un tiempo determinado.)

6.4.5 Norma técnica Colombia NTC 104

Esta guía presenta un marco compuesto por principios prácticos y criterios para la implementación de las mejores prácticas específicamente de la gestión del riesgo ambiental, esta guía se basa en el proceso de gestión del riesgo desarrollado en la NTC 5254 por lo cual la definición que se le da al riesgo resulta ser la misma. El riesgo para dicha norma se puede generar en un evento, una acción o por la falta de acción y las consecuencias pueden ir desde lo benéfico hasta lo catastrófico. En donde el riesgo para el ambiente se puede representar en forma de presión, causado por la actividad o inactividad humana que lleva a la degradación o pérdida de sostenibilidad.³³

6.4.6 Riesgo ambiental según NTC 104

Se puede originar en la relación que existe entre los humanos, sus actividades y el medio ambiente y además se pueden agrupar en dos categorías:

- Riesgo para el ambiente: Causando un impacto ambiental relacionado a la fauna y la flora; la salud y el bien estar humano; prosperidad cultural y social; recursos terrestres acuáticos y aéreos; la energía y el clima.

³³ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Gestión del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogotá. D.C: El instituto, 2009.86

- Riesgo para una organización debido a temas relacionados con el ambiente: Incluye el riesgo del incumplimiento con la legislación o las pérdidas de oportunidades de negocios como resultados de gestiones deficientes, reflejado en la pérdida de reputación y multas.³⁴

6.4.7 UNE 15008:2008

Como se mencionó anteriormente esta norma internacional brinda pautas para evaluar riesgos de escenarios de accidentes en todo tipo de organizaciones y sectores independientemente de su tamaño. Aquí el riesgo se define en términos de probabilidad, frecuencia y consecuencia como se puede ver en la ecuación 2:

$$RIESGO = \frac{PROBABILIDAD}{FRECUENCIA} \times CONSECUENCIA \quad (2)$$

- Riesgo ambiental según una 15008

Resultado de una función que relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas del mismo sobre el entorno natural, humano y socioeconómico.³⁵

6.4.8 Resumen de los documentos estudiados para la definición del riesgo

En el cuadro 1 se pueden observar los conceptos básicos que utilizan las normas y las guías destinadas al manejo de riesgos ambientales.

Cuadro 1. Resumen de la definición de riesgos

NORMA	CONCEPTOS ASOCIADOS AL RIESGO	OBSERVACION
GTC 45	Enfermedad- Exposición- Probabilidad.- Peligro	fundamentales de la norma NTC-OHSAS 18001
NTC ISO 3100	Efecto- incertidumbre-Objetivos	Efectos positivos o negativos
NTC 5254	Posibilidad (Probabilidad)- impacto- objetivos - consecuencia	las consecuencias- probabilidad expresada como un número entre 0 y 1
NTC 104	Toma su concepto de riesgo de la norma NTC 5254	Evalúa el riesgo ambiental
UNE 15008	Probabilidad -frecuencia - consecuencia	$RIESGO = \frac{PROBABILIDAD}{FRECUENCIA} \times CONSECUENCIA$

Fuente: Autor

³⁴ instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC. Gestión del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogotá. D.C: El instituto, 2009.86

³⁵ ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma UNE150008:2008.: El instituto. 2009

6.4.9 PMBOK

Según el Project management institute La *Guía de los Fundamentos de Gestión de Proyectos* (del inglés Guide to the Project Management Body of Knowledge o PMBOK por sus siglas) También usada para la preparación de las certificaciones ofrecidas por el PMI, proporciona pautas para la dirección de proyectos individuales y define conceptos relacionados con la dirección de proyectos. Describe asimismo el ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos relacionados, así como el ciclo de vida del proyecto.³⁶

Para el PMBOK el riesgo se puede definir como un evento o condición incierta que, si sucede, tiene un efecto en por lo menos uno de los objetivos del proyecto. Los objetivos pueden incluir el alcance, el cronograma, el costo y la calidad.

6.5 IMPACTO AMBIENTAL

Sánchez, L. E. en las memorias del II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, define impacto ambiental como la “Alteración de la calidad ambiental que resulta de la modificación de los procesos naturales o sociales provocada por la acción humana” y consigna otras definiciones que apuntan en el mismo sentido: “Cualquier alteración al medio ambiente, en uno o más de sus componentes, provocada por una acción humana” “El cambio en un parámetro ambiental, en un determinado período y en una determinada área, que resulta de una actividad dada, comparado con la situación que ocurriría si esa actividad no hubiera sido iniciada”

De acuerdo con estas definiciones, se puede deducir entonces que impacto ambiental es el cambio que se ocasiona sobre una condición o característica del ambiente por efecto de un proyecto, obra o actividad y que este cambio puede ser benéfico o perjudicial ya sea que la mejore o la deteriore, puede producirse en cualquier etapa del ciclo de vida de los proyectos y tener diferentes niveles de importancia.

Para el caso de los oleoductos, Los impactos de los derrames se han estudiado y documentado en la literatura científica y técnica a lo largo de varias décadas. En consecuencia, se dispone de un conocimiento detallado sobre los efectos de la contaminación por hidrocarburos que permite ofrecer indicaciones generales sobre la escala y duración de los daños para un siniestro específico

La naturaleza y duración de los efectos de un derrame de hidrocarburos dependen de una amplia variedad de factores. Estos factores incluyen: la cantidad y el tipo de hidrocarburos derramados, su comportamiento en el medio, la ubicación del

³⁶ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía De Los Fundamentos Para La Dirección De Proyectos. Quinta ed. Pensilvania. Estados unidos: 978-1-62825-009-1, 2013. 568 p. ISBN 978-1-62825-009-1

derrame en cuanto a las condiciones ambientales y características físicas, y la oportunidad temporal, especialmente en relación con la estación y las condiciones meteorológicas predominantes. Otros factores clave son la composición biológica del entorno afectado, la importancia ecológica de las especies integrantes y su sensibilidad a la contaminación. La selección de técnicas de limpieza idóneas y la eficacia con la que se realicen las operaciones también pueden influir notablemente en los efectos de un derrame y duración de los daños para un siniestro específico.³⁷

³⁷ ITOPF. Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el medio ambiente.

7. GESTION DEL RIESGO AMBIENTAL

7.1 GESTION

La gestión se puede definir como el proceso para orientar la acción, previsión, visualización y empleo de los recursos y esfuerzos a los fines que se desean alcanzar, la secuencia de actividades que habrán de realizarse para lograr objetivos y el tiempo requerido para efectuar cada una de sus partes y todos aquellos eventos involucrados en su consecución.³⁸

7.2 GESTION DEL RIESGO

Cuando la finalidad del conjunto de acciones y recursos empleados se convierte en controlar y dirigir una organización o proyecto se puede decir que se está hablando de la gestión del riesgo.³⁹ Autores como Chris Chapman y Stephen Ward afirman que la gestión del riesgo se debe ver como una parte esencial de todo proyecto y no como un complemento.

7.2.1 PRINCIPIOS DE LA GESTION DEL RIESGO

La eficacia de la gestión del riesgo se basa en el cumplimiento de principios básicos mencionados en la norma ISO 31000

- La gestión del riesgo contribuye a lograr los objetivos y a la mejora del desempeño, ya sea en la salud y seguridad humana como en el caso de la guía GTC 45, o la protección del medio ambiente para norma técnica colombiana 104
- La gestión del riesgo no es una actividad independiente que se separe de las actividades o de los procesos principales de la organización⁴⁰
- La gestión del riesgo ayuda a quienes toman las decisiones a hacer elecciones informadas, priorizar acciones y distinguir entre cursos de acción alternativos
- La gestión del riesgo toma en consideración explícitamente a la incertidumbre, su naturaleza y la forma en que se puede tratar.
- Un enfoque sistemático, oportuno y estructurado para la gestión del riesgo contribuye a la eficiencia y a resultados consistentes, comparables y confiables.

³⁸ BENAVIDES GAIBOR, Luis. Gestion, liderazgo y valores en la administración. Guayaquil. 2011.136p

³⁹ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Gestión del riesgo. Vocabularios. GTC 137. BOGOTA DC.: El instituto, 2011.8p

⁴⁰ CHAPMAN, Chris. Stephen Ward. Project risk management. Segunda edición. Londres. 2003

- Las entradas para el proceso de gestión del riesgo se basan en fuentes de información tales como datos históricos, experiencia, retroalimentación de las partes involucradas, observación, previsiones y examen de expertos.
- La gestión del riesgo se alinea del contexto externo e interno y del perfil de riesgo de la organización.
- La gestión del riesgo reconoce las capacidades, percepciones e intenciones de individuos externos e internos, los cuales pueden facilitar o dificultar el logro de los objetivos de la organización.
- La gestión del riesgo es transparente e inclusiva La correcta y oportuna intervención de las partes involucradas y, en particular, de aquellos que toman las decisiones en todos los niveles de la organización, garantiza que la gestión del riesgo siga siendo pertinente y se actualice.
- La gestión del riesgo siente y responde continuamente al cambio. A medida que se presentan los eventos externos e internos, el contexto y el conocimiento cambian, tienen lugar el monitoreo y la revisión de los riesgos, emergen riesgos nuevos, algunos cambian y otros desaparecen.
- La gestión del riesgo facilita la mejora continua de la organización

7.3 EL OLEODUCTO COMO UN PROYECTO

La elaboración de un oleoducto y su correcta operación se puede analizar como un proyecto que requiere ser llevado a cabo con un cumplimiento de metas y objetivos, garantizando que la operación de transporte de hidrocarburos se lleva a cabo de manera eficiente preservando la seguridad de los trabajadores y del medio ambiente.

7.3.1 El oleoducto como un proyecto

Según el PMBOK, La Gestión de los Riesgos del Proyecto incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión de riesgos, así como la identificación, análisis, planificación de respuesta y control de los riesgos de un proyecto. Los objetivos de la gestión de los riesgos del proyecto consisten en aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto.⁴¹

⁴¹ PMBOK. Gestión De Los Riesgos Del Proyecto. [Print(0)]. 2017]. Disponible en: <http://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>

En la imagen 1 se puede observar la descripción general de la gestión de los riesgos de un proyecto en general el cual está constituido de la siguiente manera:

- (8.7) Planificar la Gestión de los Riesgos: Es el proceso de definir cómo realizar las actividades de gestión de riesgos de un proyecto. Para el caso de los oleoductos será necesario reconocer el alcance del ducto, la gestión de los costos, el cronograma y las comunicaciones además de los factores ambientales que puedan incidir en la organización así como sus activos de los procesos. Para ello se recomienda como herramienta hacer reuniones de planificación y análisis que den como resultado un plan de gestión de riesgos
- (8.2) Identificar los Riesgos: Es el proceso de determinar los riesgos que pueden afectar al proyecto y documentar sus características. Una vez se ha elaborado el plan de gestión de riesgos será necesario estimar los costos y la duración de las actividades así como la línea base del alcance, el registro de interesados; los planes de gestión de costos, de cronograma y de calidad, documentos del proyecto, los factores ambientales y los y los activos del proceso. Para llevar a cabo dichas actividades es necesario revisar la documentación recopilar información pertinente, análisis a las listas de control y los supuestos, técnicas de diagramación análisis FODA y juicio de expertos, para así tener finalmente un registro de riesgos
- (8.3) Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos: Es el proceso de priorizar riesgos para análisis o acción posterior, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia e impacto de dichos riesgos. Para este paso la herramienta a utilizar será una matriz de probabilidad e impacto.
- (8.4) Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos: Es el proceso de analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto.
- (8.5) Planificar la Respuesta a los Riesgos: El proceso de desarrollar opciones y acciones para mejorar las oportunidades y reducir las amenazas a los objetivos del proyecto. La sección Planificar la Respuesta a los Riesgos presenta las metodologías utilizadas comúnmente para planificar las respuestas a los riesgos. Los riesgos incluyen las amenazas y las oportunidades que pueden afectar el éxito del proyecto, y se debaten las respuestas para cada una de ellas.
- (8.6) Controlar los Riesgos: El proceso de implementar los planes de respuesta a los riesgos, dar seguimiento a los riesgos identificados,

monitorear los riesgos residuales, identificar nuevos riesgos y evaluar la efectividad del proceso de gestión de los riesgos a través del proyecto .

Imagen 1. Proceso de la gestión del riesgo según el PMBOK



FUENTE: PMBOK. Gestión De Los Riesgos Del Proyecto. [Print(0)]. 2017]. Disponible en: <http://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>

7.4 HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

7.4.1 Análisis FODA

“El análisis FODA consiste en realizar una evaluación de los factores fuertes y débiles que, en su conjunto, diagnostican la situación interna de una

organización, así como su evaluación externa, es decir, las oportunidades y amenazas. También es una herramienta que puede considerarse sencilla y que permite obtener una perspectiva general de la situación estratégica de una organización determinada.”⁴²

La elaboración de esta matriz suele presentarse como una plantilla de cuatro secciones, destinada a cada uno de los elementos. Primero será indispensable colocar de manera clara el tema que se va a analizar y posteriormente se irán realizando preguntas puntuales sobre cada uno de los cuatro aspectos analizados en la matriz.⁴³

Siguiendo las preguntas básicas del autor se puede realizar a manera de ejemplo una de matriz DOFA para la construcción de un oleoducto

Cuadro 2. Ejemplo análisis DOFA

Tema de análisis: Construcción de un oleoducto en una zona de alto impacto ambiental	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • ¿ventajas de la construcción del oleoducto? • Capacidad de transporte del oleoducto • ¿Recursos, activos? • ¿Ubicación geográfica del tramo del oleoducto? 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Desventajas de la construcción del oleoducto? • ¿brechas en la capacidad? • ¿Mala reputación? • ¿Impacto ambiental?
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Influencias globales • Desarrollo para el país • Aumento de volúmenes de transporte 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Efectos políticos? • ¿efectos ambientales? • ¿obstáculos? • ¿influencias del clima?

Fuente: Autor

7.4.2 Matriz de probabilidad

Matriz de probabilidad – impacto es una herramienta de análisis cualitativo de riesgos que permite establecer prioridades en cuanto a los posibles riesgos de un proyecto en función tanto de la probabilidad de que ocurran como de las

⁴² Ponce talancon, Humberto. LA MATRIZ FODA: ALTERNATIVA DE DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN DIVERSAS ORGANIZACIONES. 2007

⁴³ ALAN CHAPMAN. Análisis DOFA y análisis PEST

repercusiones que podrían tener sobre un determinado proyecto en caso de que ocurrieran.

Como se puede ver en la tabla 1, la matriz se compone de dos ejes: un eje vertical en donde se establecen los valores de probabilidad (entre 0 – imposible y 1 – siempre) y un eje horizontal en donde se establecen los valores del impacto del riesgo sobre los objetivos del proyecto (en donde 0 implica que ese riesgo no repercutiría en los objetivos y 1 que dificultaría en gran medida el cumplimiento de los mismos). Los valores obtenidos en las diferentes celdas de la matriz son el resultado de multiplicar la probabilidad de ocurrencia por el impacto del riesgo, indicando los valores más altos (máximo 1) los riesgos más críticos del proyecto y los más bajos los menos relevantes.⁴⁴

Tabla 1. Matriz de probabilidad e impacto

		Riesgo = Probabilidad x Impacto				
Probabilidad	0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
	0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
	0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
	0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
	0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08
		0,05	0,10	0,20	0,40	0,80
		Impacto				

Fuente: Tomado del PMI

7.5 GESTION DE RIESGOS AMBIENTALES

Según la guía técnica colombiana, la gestión del riesgo ambiental difiere de los demás tipos de riesgo porque en sus principios fundamentales se ve reflejada la complejidad del medio ambiente.

7.5.1 APLICACIONES DE LA GESTION DEL RIESGO AMBIENTAL

La gestión del riesgo ambiental se puede aplicar en todas las áreas de la organización entre las cuales se encuentran las estratégicas y las operacionales. En el área estratégica significa tratar los problemas ambientales y la manera como estos pueden afectar los negocios para una organización relacionada con temas ambientales, ya en el área operativa implica el planteamiento de los riesgos específicos para el ambiente.⁴⁵

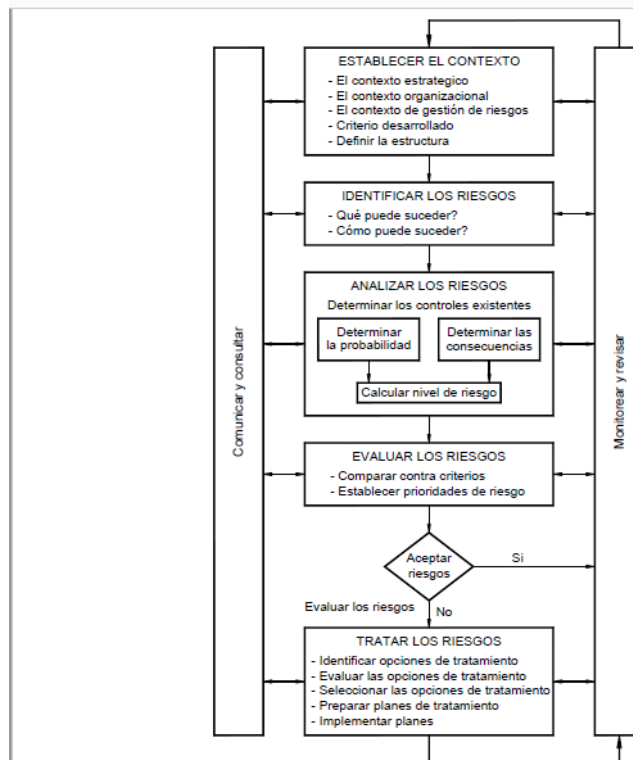
⁴⁴ MURADAS SABELA. Matriz probabilidad de impacto.2009

⁴⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Gestión del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogotá. D.C: El instituto,2009.86

- Proceso para la gestión del riesgo ambiental

En la imagen 2 se pueden evidenciar los procesos para realizar una adecuada gestión del riesgo ambiental según la Guía técnica colombiana 104, la cual se encuentra basada a su vez en la Norma técnica colombiana 5254.

Imagen 2. Proceso de gestión del riesgo según la norma GTC 5254



Fuente: INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Gestión del Riesgo NTC 5254. BOGOTA DC.: El instituto, 2004. 40p

Si se realiza un análisis de los pasos mencionados en la imagen anterior, se puede evidenciar su similitud con el PMI ya que allí se planean la gestión del riesgo y en la guía se establece un contexto, posteriormente en ambos documentos se identifican los riesgos y seguido a esto se hacen análisis cualitativos y cuantitativos del riesgo mediante la determinación de probabilidades y consecuencias de eventos. Para la guía resulta indispensable realizar una evaluación de los riesgos sin embargo el PMI realiza un plan de respuesta de riesgo inmediato a los análisis. Finalmente la guía detalla el proceso de tratamiento de los riesgos, su comunicación y el monitoreo y la revisión.

8. CONTEXTO DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS PARA COLOMBIA

El proceso de gestión del riesgo basado en la guía técnica colombiana 104 toma primordialmente la propia organización, sus objetivos y el medio ambiente en el que opera. Lo cual permite considerar a los oleoductos de Colombia como organizaciones que hacen parte de un contexto.

8.1 OLEODUCTOS DE COLOMBIA

Según el ministerio de minas y energía, la infraestructura formada por los diferentes oleoductos que posee Colombia fue diseñada para atender el manejo de crudo desde su ubicación de producción hasta las refinerías o puestos de exportación.⁴⁶ Según datos de Ecopetrol el sistema de transporte cuenta con 8.500 kilómetros de redes de oleoductos y poliductos que convergen en el atlántico en las terminales de coveñas y Santa Marta y en el pacífico en los terminales de buenaventura y Tumaco. Para la finalidad de este proyecto se tomaran solo los oleoductos sin tener en cuenta poliductos.

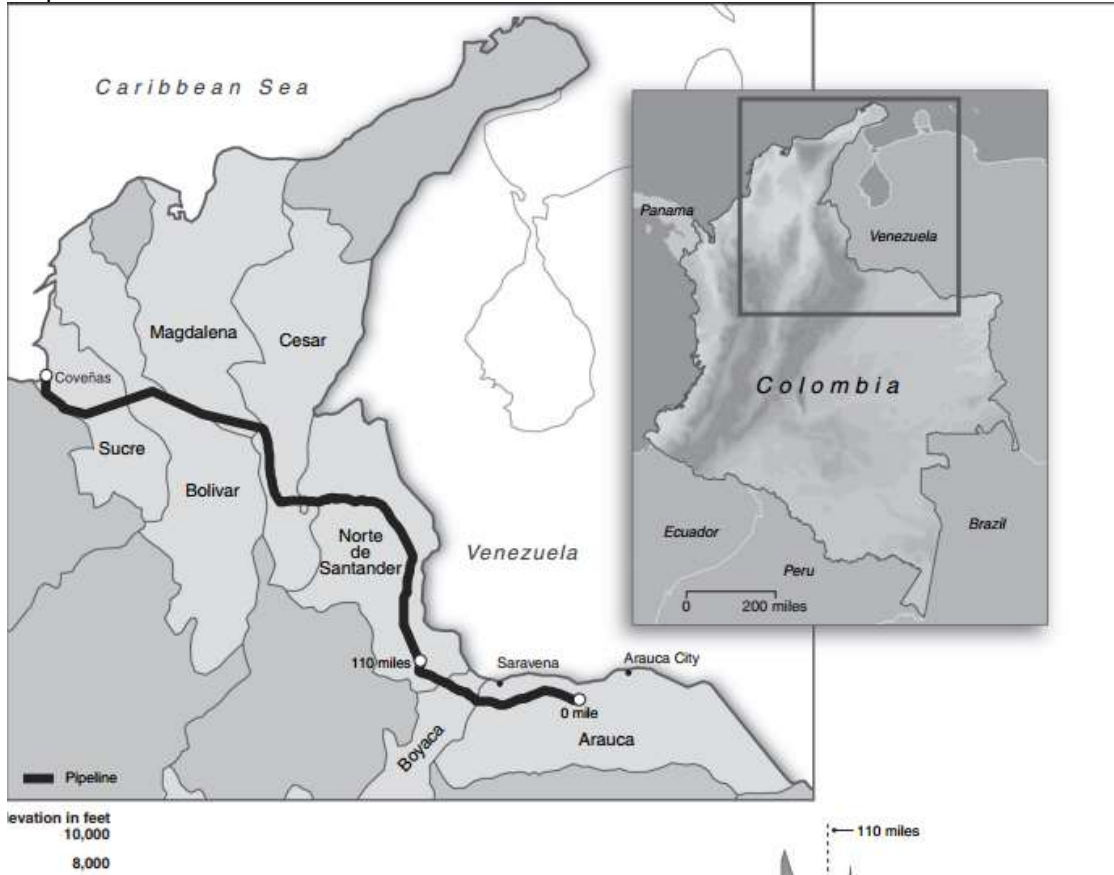
8.1.1 Caño limón-coveñas

Según Luis Carvajal , El oleoducto caño limón coveñas cuenta con una longitud de 772.9 km variando su diámetro de tubería entre las 18 y 24 pulgadas, es operado en conjunto por la compañía estatal de petróleo Ecopetrol y la firma estadounidense occidental petroleum. Puede transportar diariamente hasta 230.000 barriles de petróleo y para su operación cuenta con 7 estaciones: Caño limón, Vanadia, Samore, Toledo, Tibu, Ayacucho y coveñas⁴⁷. En el mapa número 1 se puede observar su recorrido por los departamentos de Arauca, Boyacá, Norte de Santander, Cesar Bolívar y Sucre.

⁴⁶ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Cadena del petroleo. Unidad de planeación minero energética. Bogota.2013. 207 p

⁴⁷ CARVAJAL ORTIZ, Luis; JARA GUTIERREZ, Freddy. Aspectos técnicos sobre derrames de crudo.Bucaramanga. 2005. 435 p

Mapa 1. Trazado oleoducto caño limón- Coveñas



Fuente: United States Government Accountability Office. Efforts to Secure Colombia's Caño Limón-Coveñas

8.1.2 Oleoducto trasandino (OTA)

Fue construido en el año 1969 por la Texas petroleum company con la finalidad de transportar el crudo que se produce en los campos de orito hasta el puerto de Tumaco. Dicho oleoducto cuenta con cuatro instalaciones principales: La planta orito destinada a almacenar los crudos del campo, dos plantas impulsoras o de rebombeo (Guamaes y Alisaes) y el terminal Tumaco, donde se almacena el crudo en cuatro tanques para su exportación.⁴⁸

8.1.3 Oleoducto alto magdalena (OAM)

El OAM está ubicado a lo largo del Valle Alto y Medio del Río Magdalena, tiene una longitud total de 391.4 Km. en diámetro de veinte pulgadas (20") y transita por los departamentos de Huila, Tolima, Caldas, Antioquia y Boyacá. Según el manual del transportador de HOCOL, el Oleoducto cuenta con cuatro trampas de raspadores en

⁴⁸ RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Sara. Diseño de metodología para minimizar el riesgo operativo en plantas pertenecientes al departamento de operaciones y mantenimiento sur. 2011. 277p

los municipios de: Gualanday, Lérica, La Dorada y Puerto Boyacá, además cuenta con seis Puntos de Inyección de Crudo los cuales son: Tenay, Saldaña, Chicoral, Gualanday, Lerida y La Dorada. Con una capacidad máxima de Bombeo de 101.371 Barriles por día desde la Estación Tenay.⁴⁹ En el mapa 2 se puede observar el recorrido del oleoducto.

Mapa 2. Oleoducto Alto Magdalena



Fuente: Ecopetrol S.A.

8.1.4 Oleoducto de Colombia (ODC)

Está conformado por una tubería de 24 pulgadas de diámetro y 438 km de longitud, proveniente de la Estación Vasconia localizada en el municipio de Puerto Boyacá (Boyacá). A su vez, el ODC es alimentado por sendas tuberías provenientes de los Llanos Orientales y del Valle Superior del río Magdalena, respectivamente.

8.1.5 Oleoducto central OCENSA

Oleoducto de Orensa comienza en los campos de Cusiana y Cupiagua, región de los Llanos Orientales, Colombia. Tiene una capacidad para transportar hasta 560.000b/d de petróleo, una longitud de 830km, cinco estaciones de bombeo y un puerto de exportación en

⁴⁹ HOCOL. Manual del transportador Oleoducto Alto Magdalena. Sistema DAM. Bogotá. 2011. 68p

Coveñas, en la costa caribeña colombiana. Ocesa pertenece a la petrolera estatal colombiana Ecopetrol.

8.1.6 Oleoducto de Los Llanos Orientales

Según el informe de sostenibilidad del oleoducto de los llanos orientales, el Oleoducto Opera en los departamentos del Meta y Casanare con 235 km desde la estación de bombeo rubiales en meta hasta monterrey Casanare con capacidad de transportar 340 mil barriles promedio diario. Su recorrido comprende los municipios de Puerto López, Puerto Gaitán, Monterrey, Tauramena y Maní.⁵⁰

8.1.7 Oleoducto bicentenario

Según el Manual del transportador del oleoducto Bcentenario, el Oleoducto es un sistema de transporte por ducto independiente, que inicia en la Estación Araguaney y una vez culmine todas sus fases de construcción incluirá, la estación Banadía, la estación Samoré, la estación Toledo, la estación Orú, la Estación de Entrega al paso en Ayacucho, y la Estación de Recibo del Terminal Marítimo de Coveñas, incluye estaciones reductoras que se requieran de acuerdo al diseño hidráulico tendrá una longitud final total aproximada de 1.000 kilómetros, y tendrá una Capacidad de Diseño de hasta 450 KBPD para crudo de 18 grados API .Su construcción se dividirá en 3 Fases.⁵¹

8.2 PARTES INTERESADAS EN UN OLEODUCTO

Las partes interesadas según la norma GTC 104 pueden ser todas aquellas personas y organizaciones tanto internas como externas que se pueden ver afectadas por toma de decisiones o por actividades, así como los ecosistemas y el entorno que rodea dicha actividad. A manera de ejemplo se le hará un pequeño análisis a las partes interesadas del oleoducto caño limón-coveñas en un contexto de gestión del riesgo ambiental

- Individuos de la organización, como son los administradores empleados e inversionistas.: El oleoducto es propiedad de Cenit transporte y logística de hidrocarburos S.A.S.
- Clientes, proveedores de servicios y contratistas de la organización: Occidental de Colombia OXY Y Shell
- Organizaciones no gubernamentales como los grupos ambientalistas: Green peace, asociaciones ganaderas y agrícolas.

⁵⁰OLEODUCTO DE LOS LLANOS ORIENTALES S.A. Informe de sostenibilidad 2014.

⁵¹ BICENTENARIO PETROLEO POR COLOMBIA. Manual del transportador de oleoducto bicentenario de Colombia S.A.S. 2014. 55 P

- Organizaciones del gobierno: ANLA (Autoridad nacional de las licencias ambientales, mediante las cuales se establecen planes de manejo ambiental y se toman diferentes determinaciones)

8.3 COMUNIDADES LOCALES, POBLACIONES INDÍGENAS Y LA SOCIEDAD EN GENERAL.

8.3.1 Arauca:

El departamento de Arauca se encuentra ubicado en la Cuenca el río Orinoco, destacándose por sus recursos hídricos, su importancia geográfica y estratégica en términos de comunicación y transporte nacional e internacional, además de la diversidad de sus ecosistemas. Así mismo, constituye gran parte de la base de la economía regional en razón al potencial petrolero del subsuelo, además de la consolidación de sectores ganaderos y agrícolas en torno a los afluentes de la misma. Según la Gobernación de Arauca El petróleo extraído del yacimiento caño Limón ubicado en este departamento es exportado por el oleoducto Caño Limón – Coveñas, llevando el combustible hasta el puerto de Coveñas en el departamento de Sucre Pasando por los por los municipios araucanos de Saravena, Arauquita y Arauca.⁵²

Arauca está dividido en dos subregiones geográficas asociadas a dos corrientes del conflicto armado en Colombia. Por un lado, los municipios de Saravena, Tame y Fortul, forman el piedemonte araucano, zona que ha sido históricamente de asentamiento guerrillero. Por el otro lado, los municipios Cravo Norte, Puerto Rondón, Arauca y Arauquita hacen parte de la subregión de Sabana o los Llanos bajos del departamento, que tuvo una fuerte influencia de los grupos de autodefensa a finales de los años noventa y principios del 2000⁵³

8.3.2 Cubará (Boyacá)

El municipio de Cubará está integrado geográfica y económicamente a la vertiente del Orinoquía. Se encuentra localizado al nororiente del Departamento de Boyacá en la frontera natural del río Arauca, límite con la República de Venezuela, sobre las estribaciones de la cordillera oriental. El distrito Fronterizo de Cubará está conformado por el municipio del mismo nombre y el resguardo indígena U`WA.⁵⁴ En

⁵² Gobernación de Arauca. Generalidades. [Print(0)]. Colombia. 20 diciembre. [Consultado el Febrero2017]. Disponible en: <https://www.arauca.gov.co/gobernacion/departamentos/generalidades>

⁵³ ÁVILA, Ariel Fernando. La frontera caliente entre Colombia y Venezuela. Corporación Nuevo Arco Iris. Abril de 2012.

⁵⁴ SECRETARIA DE SALUD DE BOYACA. Análisis de situación de salud (ASIS) Fronterizo. Dirección técnica de salud pública. Cubara. 2011. 65p

el mapa 3 se puede observar la ubicación del municipio de cubara en el departamento de boyaca.

Mapa 3. Mapa Cubara



Fuente: Secretaria de Salud de Boyacá

8.3.3 Norte De Santander

El departamento de Norte de Santander cuenta con una superficie de 21.658 Km², limita al norte y oriente con Venezuela, al occidente con Santander y el sur de Cesar y al sur, con Boyacá y Santander. Según el Observatorio del programa presidencial de Derechos humanos La situación geoestratégica, de extensa frontera, ha favorecido la presencia de los grupos armados en el departamento y el desarrollo de negocios ilícitos, como el contrabando de hidrocarburos, y el narcotráfico. Cabe resaltar que el departamento está atravesado de sur a norte por el oleoducto Caño Limón-Coveñas, infraestructura petrolera que desde el inicio de su explotación fue sometida a ataques y presiones por parte de la guerrilla, en particular del ELN, mediante sabotajes, extorsiones y secuestros. En Norte de Santander, el oleoducto pasa por los municipios de Toledo, Labateca, Chinácota, Santiago, Cúcuta, El Zulia, Sardinata, Tibú, El Tarra, Teorema, Convención y El Carmen.⁵⁵

8.3.4 Cesar

El departamento del Cesar está situado en la zona noreste del país, posee una extensión de 22.905 km² y, según el censo de 2005, tiene con una población de 903.279 habitantes según el DANE para el año 2005. Al igual que varios de los departamentos del norte del país, Cesar cuenta con escenarios geográficos que

⁵⁵ Observatorio del programa presidencial de Derechos humanos. Diagnostico Departamental Norte De Santander. [Print(0)]:Colombia: 2006. 19

hace que los actores armados se interesen por apropiarse del territorio.⁵⁶ A través de la historia del departamento es notoria la violencia contra las infraestructuras petroleras como el oleoducto caño limón – coveñas. La autoría de todos estos hechos se atribuyó a los grupos guerrilleros. La autoría de todos estos hechos se atribuyó a los grupos guerrilleros.⁵⁷

8.3.5 Magdalena

El departamento del Magdalena está ubicado en el norte del país, limita por el norte con el mar Caribe, por el oriente con los departamentos de La Guajira y Cesar, por el occidente y sur con Bolívar y Atlántico, de los cuales está separado por la cuenca del río Magdalena. Entre las características geográficas del departamento, se debe resaltar la existencia de numerosas ciénagas y pantanos aledaños al río Magdalena; por otra parte, se encuentra una zona de llanura que colinda con el río Ariguaní, donde se concentran algunos yacimientos de petróleo en explotación¹ y donde existe producción ganadera.⁵⁸

8.3.6 Bolívar

Según Gerson Perez, El departamento de Bolívar está ubicado en la parte nor-occidental del país. Es uno de los siete departamentos que conforma la Costa Caribe continental y comprende una importante extensión de su llanura central a lo largo del río Magdalena .Bolívar a su vez recibe regalías por la explotación de hidrocarburos: petróleo y gas.⁵⁹

8.3.7 Sucre

Según Joaquin Vilora, la economía de Tolú se caracteriza por una eficiente actividad portuaria alrededor del transporte de hidrocarburos, exportaciones de cemento y movimiento de productos pesqueros. Por el puerto de coveñas se moviliza entre el 77% y el 83% del petróleo colombiano exportado, actividad que genera considerables regalías anuales, que se convierten en los mayores ingresos fiscales del municipio de Tolú. Además se moviliza petroleo proveniente de 4 oleoductos diferentes: Oleoducto Caño Limón-Coveñas (O.C.C.), conformado por Ecopetrol, Oxy y Shell; Oleoducto Ecopetrol-Dol, propiedad de esta empresa estatal;Oleoducto

⁵⁶ ARIAS ORTIZ, Angelica. Analisis del conflicto armado en cesar. Corporacion nuevo arcoris. Bogota. 2007. 77p

⁵⁷ Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. CESAR: Analisis de conflictividades y construcción de paz. Alianzas territoriales para la paz.

⁵⁸ Observatorio del programa presidencial de Derchos humanos. Diagnostico Departamental Magdalena. [Print(0)]:Colombia: 2006. 19

⁵⁹ PEREZ, Gerson. BOLIVAR: Industrial, agropecuario y turístico. Cartagena.2005. 130 p

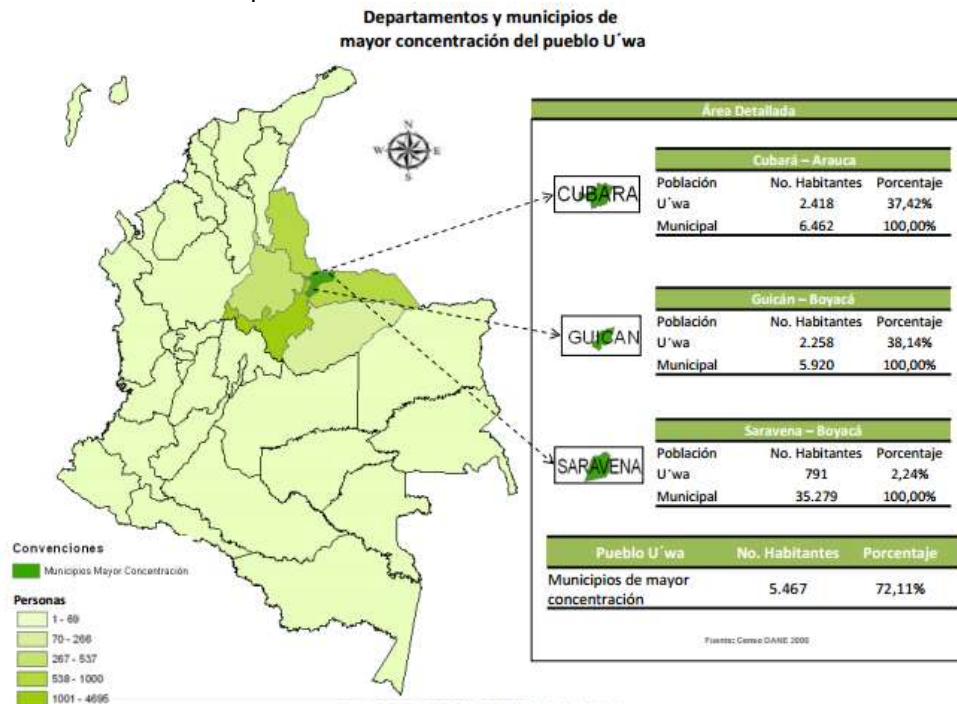
Central de Colombia (Ocensa), del que hacen parte Ecopetrol, IPL Enterprises, TCPL International, B.P. Colombia Pipelines, Total Pipeline Colombia S.A. y Triton Pipeline Colombia Inc.; Oleoducto de Colombia (O.D.C.), propiedad de Ecopetrol, Shell, Esso, Lasmo, Triton, B.P. y otros accionistas menores.⁶⁰

8.3.8 Comunidades indígenas

- U-wa:

El pueblo indígena U´wa - que traduce “gente inteligente que sabe hablar”- ocupa hoy gran parte del ecosistema natural de la Sierra Nevada del Cocuy, el pie de monte de la Cordillera Oriental de los Andes, y las sabanas planas del departamento de Arauca. Además está presente en los departamentos de Boyacá, Santander, Norte de Santander y Casanare. Regiones que como se evidencio anteriormente hacen parte de tramos del oleoducto caño limón Coveñas, en el mapa 4se puede observar la ubicación geográfica de la comunidad u´wa.⁶¹

Mapa 4. Concentración de pueblos U´WA



Fuente: Cartografía de la diversidad dirección de poblaciones

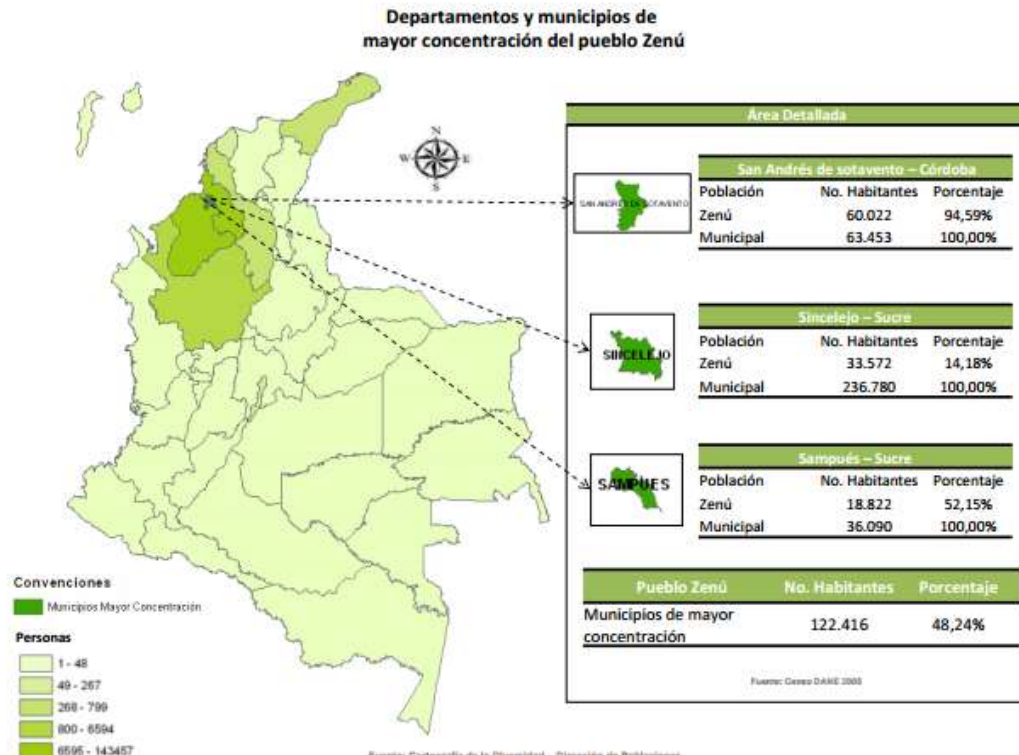
- ZENU:

⁶⁰ VILORA DE LA HOZ, Joaquín. RIQUEZA Y DESPILFARRO: La paradoja de las regalías en Barrancas y Tolu. Cartagena. 2002. 94p

⁶¹ Ministerio de Cultura. U´wa gente inteligente que sabe hablar. Colombia

El pueblo indígena Zenú se localiza en los resguardos de San Andrés de Sotavento en departamento de Córdoba y El Volao en Urabá. Además en varios asentamientos pequeños en Sucre, Antioquia, y Chocó. En el mapa 5 se puede observar la ubicación geográfica de la comunidad. El mayor centro de asentamiento del pueblo Zenú se encuentra en el departamento de Córdoba, en el Resguardo de San Andrés de Sotavento (municipio de Tolú Viejo).⁶²

Mapa 5. Concentración del pueblo Zenú



Fuente: Cartografía de la diversidad - Dirección de poblaciones

8.4 IMPACTOS AMBIENTALES AMBIENTE CAÑO LIMÓN- COVEÑAS

- Remoción de cobertura vegetal y construcción de trochas de penetración: En algunos proyectos, tales como el Oleoducto Caño Limón-Coveñas, el Oleoducto el Porvenir-Velásquez y el Gasoducto Villavicencio-Bogotá se afectaron zonas de Reserva Forestal en la Cordillera Oriental con consecuencias significativas sobre la estabilidad de las cuencas y la calidad ambiental de agua. El rescate de la cobertura vegetal removida, que suma varios cientos de hectáreas, puede considerarse nula. En el mejor de los casos ha sido reemplazada por una pequeña recuperación del estrato herbáceo

⁶² Ministerio de Cultura. Zenu. La gente de Palabra. Colombia

- Variación de los patrones naturales de drenaje: El campo Caño Limón, al cual el oleoducto caño limón- coveñas transporta su producción, construido sobre el sistema de humedales que conforman el gran Estero Caranal de importancia nacional e internacional, ha conducido a la dispersión ecológica. Estudios realizados en la zona en 1987, dos años después de iniciada la producción de petróleo, concluyen que: "La presión colonizadora y el turismo por los ríos que bajan del piedemonte, han hecho retroceder a muchas poblaciones de aves hacia el Arauca, secundada por los fuertes veranos y quemadas que se presentan en las sabanas altas. Los bosques de galería, los caños y matas de monte son refugios pasajeros para varias especies, pero estos también van siendo destruidos.
- Inducción de procesos de desestabilización de subcuencas y de procesos de erosión en áreas de fallas geológicas o de pendientes en los piedemontes y lomos de las cordilleras Oriental y Central: La construcción de oleoductos de diámetros de 24 pulgadas, tipo Caño Limón-Coveñas, San Cayetano-Velásquez y Oleoducto de Colombia, implica la remoción de grandes masas de materiales en zonas de gran inestabilidad y fallamiento, abundantes especialmente en la Cordillera Oriental. La construcción del Oleoducto San Cayetano-Velásquez implicó la remoción de 80 millones de metros cúbicos de material interviniendo más de cien micro cuencas y cinco de importancia; a saber: Upía, Lengupa, Jenesano, Monquirá y Minero.⁶³

8.5 PROBLEMAS CRITICOS Y DIFERENCIA DE PERSEPCION

8.5.1 Conflicto armado

Según Camilo Posso, el conflicto armado en las zonas de alta inversión petrolera ha tenido especial notoriedad en los atentados a los oleoductos y en el robo de combustible para costear mafias, paramilitares y guerrilla. El oleoducto Caño Limón – Coveñas ha sido blanco de atentados desde su construcción y con menor frecuencia también han sido saboteados con explosivos los oleoductos Colombia, Ocesa y Putumayo. Algunos estimativos de la Defensoría del Pueblo, que incluyen los oleoductos secundarios, registran 4456 ataques en dos décadas, con 235 promedio anual⁶⁴. Cabe resaltar que el número de atentados ha tenido variaciones considerables en algunos años debido a los escenarios desarrollados en el país de la siguiente manera: los ataques disminuyeron significativamente de 155 en 2005

⁶³ AVELLANEDA, Alfonso. Petróleo e impacto ambiental en Colombia. En: ASOCIACION DE PROFESIONALES AL SERVICIO DEL ESTADO EN LA GESTION AMBIENTAL. p. 8

⁶⁴ GONZALEZ POSSO, Camilo. Petróleo y transformación de conflictos. INDEPAZ. Bogotá D.C. 2011. 60p

a 31 en 2010, Sin embargo, desde 2010 el número de ataques Aumentó sustancialmente, alcanzando 259 ataques en 2013, 141 en 2014 y 80 en 2015.⁶⁵

8.5.2 Oposición de las comunidades indígenas

En Colombia y el mundo es común notar la oposición que presentan las comunidades indígenas a industrias petroleras, incluyendo el trazado de oleoductos en tierras cercanas a sus comunidaes. Un ejemplo de esto es la comunidad indígena U'wa mencionada anteriormente, según fuentes noticiosas como EL ESPECTADOR, la comunidad U'wa se ha negado en ocasiones a permitir que se reparen oleoductos afectados por sabotajes terroristas, Los U'wa, que están repartidos entre los departamentos del oriente del país, se resisten a la reparación del oleoducto ya que consideran que la actividad de transporte de hidrocarburos atenta contra su pueblo pues cada vez que hay un atentado terrorista en la zona el crudo derramado contamina sus fuentes de agua y la tierra, entre las peticiones de los indígenas al Gobierno están las de adoptar medidas urgentes para garantizar la preservación de su cultura, del agua y del ecosistema que, según ellos, son afectados por la misma industria.⁶⁶

⁶⁵ U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Country Analysis brief:Colombia. 2016. 12p

⁶⁶ EFE. Indigenas no Permiten Reparar El Oleoducto Caño Limon Coveñas. [Electronic(1)]. 23 de abril de 2014. [Consultado el 20 marzo2017]. Disponible en: <http://www.elspectador.com/noticias/economia/indigenas-no-permiten-reparar-oleoducto-cano-limon-cove-articulo-489113>

9. GENERALIDADES DE LOS RIESGOS AMBIENTALES DE OLEODUCTOS COLOMBIANOS

La infraestructura de transporte de petróleo y sus derivados está conformada en Colombia por más de ocho mil kilómetros de tuberías. Esta infraestructura tiene una importante interacción con los diferentes elementos del medioambiente cercanos a su localización, por lo que dentro de los sistemas de gestión de integridad se deben considerar los principales aspectos del medio que pueden afectar tanto el adecuado desempeño de las tuberías como los efectos que puedan existir sobre el medio ambiente.⁶⁷

Los riesgos ambientales se derivan de riesgos operacionales que de verse materializados alteran el curso natural del medio ambiente que rodea la actividad u organización. Dichos riesgos también pueden ser denominados como causas a la hora de analizar la actividad de transporte de hidrocarburos por oleoductos. Como se mencionó anteriormente el riesgo, tomando los conceptos de la GTC 104, se define como la posibilidad de que suceda algo que tendrá impacto en los objetivos.

Un ejemplo de esto puede ser la posibilidad de que a causa de la corrosión exista una ruptura de la tubería y ocurra un derrame que contamine el ecosistema terrestre, lo cual tendrá un impacto negativo en el objetivo de la gestión ambiental a la hora de preservar el medio ambiente. En el cuadro 1 se pretende ilustrar los diferentes riesgos (causas) que generan riesgos ambientales junto a sus consecuencias.

Cuadro 1. Causas- riesgos ambientales y consecuencias



Fuente: autor

⁶⁷ DAZA LEGUIZAMON, Omar; SANABRIA MARIN, rigaud; VERA LOPEZ, Enrique. Áreas de alta consecuencia en la gestión de integridad de oleoductos. Revista facultad de ingeniería UPTC .2010

9.1 CAUSAS:

- CORROSION

Según José Rendón, la corrosión es la principal causa de fallas en tuberías alrededor del mundo. Cuando una tubería falla, ocasiona grandes impactos que se ven reflejados en pérdidas de producción, daños a la propiedad, contaminación y riesgo a vidas humanas. Tuberías como oleoductos enterrados bajo tierra, expuestos a la atmósfera o sumergidas en agua son susceptibles a la corrosión. Sin el apropiado mantenimiento, cualquier sistema de tuberías eventualmente puede deteriorarse debilitando así la integridad estructural de la tubería y convirtiéndola en un vehículo inseguro de transporte de fluidos como hidrocarburos para el caso de oleoductos.⁶⁸

- FALLA DE EQUIPOS

Según José Aguilar, cada falla que se puede presentar en un oleoducto representa un riesgo potencial, por lo cual es esencial entender cómo se presenta, entendiendo la forma en que los equipos fallan, se puede diseñar mejores acciones correctivas o preventivas.⁶⁹ . Según Ludwin López, en este caso, las acciones son tareas de mantenimiento Como en el caso del mantenimiento predictivo que permite establecer controles sobre la acción de la causa de afección de los equipos que intervienen en la integridad del ducto, algunas de estas citas pueden ser la inspección visual, los líquidos penetrantes, partículas magnéticas, ultrasonidos, emisiones acústicas, entre otros.⁷⁰

- ERRORES HUMANOS

Según Yolanda Baez, Los errores humanos en situaciones de accidentes exigen enfoques transparentes y explícitos para la evaluación del desempeño humano. Sin embargo, el análisis del error humano y la confiabilidad de sus actos, es un tema de gran complejidad, en el que conviene tener presente que el ser humano actúa siempre por y desde un gran número de variables personales, organizacionales,

⁶⁸ RENDON, José Gregorio. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN TUBERÍAS. 13 de febrero.p. 1-5

⁶⁹ AGUILAR OTERO, José; TORRES ARCIQUE, Rocio y MAGAÑA JIMENEZ, Diana. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. vol. 25, p. 12

⁷⁰ LOPEZ CARREÑO, Ludwin Alfonso. Estudio Del Sistema De Mantenimiento De La Infraestructura De Transporte De La Empresa Colombiana De Petroleos ECOPETROL S.A. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2005. p. 15-200.

situacionales y/o ambientales, que a menudo imposibilitan determinación definitiva de las causas⁷¹

- FALLA DE MATERIALES

Según Francisco Rumiche y Ernesto Indacochea, una falla instantánea de las tuberías de oleoductos puede ocurrir tempranamente durante el ciclo de vida de la estructura por errores de diseño en cuanto a sus materiales, cabe resaltar que si existe un debido control y mejoramiento durante los procesos de construcción e inspección el porcentaje de fallas debido a materiales o soldaduras debe ser casi nulo.⁷²

- FENOMENOS NATURALES

Las causas medio ambientales pueden tener dos orígenes básicos:

Terrestre: Fenómenos como movimientos tectónicos, sismicidad, geotecnia.

Meteorológico: fenómenos relacionados con la atmósfera como mareas, lluvias e inundaciones.

- ATENTADOS TERRORISTAS

Según Luis Issa, la industria petrolera en Colombia se desenvuelve en un contexto bastante complejo. son muchos los riesgos a los que está expuesto; riesgos internos, externos, naturales, económicos, entre otros; y todos estos generan unos desafíos que deben ser atendidos cada uno por separado para estudiarlos, entenderlos y generar mecanismos de mitigación de cada uno. Si miramos los aspectos de seguridad el riesgo que mayor impacto genera en nuestro territorio son los atentados terroristas.⁷³

⁷¹ BAEZ, Yolanda, et al. Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje Manual. julio 11.vol. 24, no. 6, p. 12

⁷² RUMICHE, Francisco y INDACOCHEA ,Ernesto. Estudios de Caso de Fallas y Accidentes en Gasoductos y Oleoductos. En: JOINING SCIENCE & ADVANCED MATERIALS RESEARCH LABORATORY. p. 10

⁷³ ISSA TEJEDA, Luis Fernando. Efectos Del Terrorismo En Los Oleoductos De Colombia. universidad militar nueva granada, 2015. 21

9.2 RIESGOS AMBIENTALES

- DERRAMES

Una fuga accidental o derrame, puede ocurrir a partir de la ruptura o el fracaso de la contención de lodo de perforación en un pozo o por la rotura de tuberías de transporte.⁷⁴

En la tabla 2 se pueden observar las diferentes causas de derrames de petróleo junto con su valor porcentual. Se puede observar que las causas más relevantes son la corrosión, como se nombraba anteriormente y la falla de equipo. Los errores humanos con un 18% ocupan la lista en tercer lugar. Sin embargo estos datos son a nivel mundial, cabe aclarar que para el caso de Colombia, los sabotajes y ataques terroristas (incluidos en otros) tomarían un valor porcentual mayor, teniendo en cuenta que son la principal causa de derrames en el país.

Tabla 2. Principales causas de derrames por oleoductos a nivel mundial

CAUSA	PORCENTAJE
Corrosión	24%
falla de equipos	24%
Error humano	18%
Falla de materiales	3%
daños por equipos	2%
otros	29%
TOTAL	100%

Fuente: Environmental risk-oil & Gas operation Reducing compliance cost using smarter technologies.

- EXPLOSIONES

Por su condición las tuberías de transporte pueden llegar a presentar graves explosiones, generando consecuencias medioambientales graves a casusa de derrames o incendios. Por lo generar las explosiones se generan a causa de altas presiones que no son manejadas adecuadamente o por actos vandálicos.⁷⁵

⁷⁴ S. Rana. Environmental risks - oil & gas operations Reducing compliance cost using smarter technologies. En: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS SPE. 4 de agosto.p. 11

⁷⁵ S. Rana. Facts and data on environmental risk - oil gas drilling operations. En: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS SPE. 22 de octubre.p. 21

- EMISIONES ATMOSFERICAS

Para el caso específico de gasoductos, debido a la presencia de sulfuro de hidrógeno en el gas natural, una nube de vapor creada por una liberación de gas a la atmósfera podrá ser tanto toxica como inflamable.

El sulfuro de hidrogeno, componente del gas natural, es soluble en agua en contraste con el metano. Según Kent Mulbahuer, puede causar situaciones de contaminación peligrosas en la atmósfera y el medio acuático ya que su proporción en la composición de gas natural y gas condensado, a veces alcanza más de 20%. La contaminación por sulfuro de hidrógeno puede conducir a alteraciones en la composición química de las aguas superficiales y su aparición en la atmósfera y la hidrosfera puede causar graves daños tanto en el ambiente como en la salud de las poblaciones aledañas⁷⁶

⁷⁶ MUHLBAUER, Kent. Pipeline Risk Management Manual. Tercera ed. Estados Unidos: Elsevier, 2004. 422 p. ISBN 0-7506-7579-9

10. METODOLOGIA PASO A PASO PARA ANALIZAR Y EVALUAR LOS RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS

La gestión del riesgo ambiental proporciona un enfoque sistemático y estructurado que permite tomar decisiones relacionadas con el medio ambiente acarreando beneficios directos a la organización y los ecosistemas.

El proceso de analizar y evaluar el riesgo solo son dos de los pasos que conforman el panorama general de la gestión del riesgo y para llegar a ellos es necesario partir de un contexto y una identificación de los riesgos.

Cuadro 2. Metodología de gestión del riesgo basada en la norma GTC 104



Fuente: Autor

Para la gestión de riesgos en oleoductos es necesario establecer tramos del mismo, ya que la evaluación del riesgo varía de acuerdo a las condiciones climáticas, geográficas, topográficas y sociales que lo rodee como se podrá observar a continuación:

10.1 ESTABECER EL CONTEXTO:

Establecer el contexto resulta fundamental a la hora de realizar la gestión de riesgos ambientales, ya que la organización debe conocer el entorno que rodea el proyecto a evaluar. El contexto incluye el análisis del área del proyecto, el entorno inmediato y los aspectos técnicos del mismo.

Los principales parámetros para tener en cuenta a la hora de realizar el contexto se resumen en el cuadro 3:

Cuadro 3. Principales aspectos del contexto para oleoductos

CONTEXTO	Área de estudio	Ubicación geográfica	Identificar los límites del proyecto	
		Área ocupada por el proyecto	Área ocupada por la estación de bombeo, el tramo y las poblaciones afectadas directamente.	
	Entorno inmediato	Aspecto social	Condiciones de empleo	
			Condiciones de vivienda	
			Conflictos sociales	
		Aspecto ambiental	Recursos naturales renovables	
			Recursos naturales no renovables	
		Aspecto económico	Fuentes de ingreso de la región	
	Aspecto institucional	Responsabilidades de las compañías estatales y no estatales		
	Aspectos técnicos	Diferenciación entre zonas	Estaciones de bombeo	
			tramos	
			Comunidades cercanas	
		características del crudo transportado	características peligrosas (inflamable, reactivo, toxico, explosivo)	
			propiedades físico- químicas	
		Identificación de materiales y equipos	Estación de bombeo (bombas, motores, tanques, instrumentos de medición y control de procesos)	
Tubería (Acero, diámetro, longitud)				
Condiciones de bombeabilidad	Presión, temperatura, caudal, viscosidad, punto de inflamabilidad, volatilidad en términos de presión de vapor, contenido de azufre, contenido de sal, punto de fluidez, gravedad API, sedimentos y contenido de agua			

Fuente: Autor

10.2 IDENTIFICAR LOS RIESGOS:

La segunda etapa de la gestión de los riesgos permite identificar los riesgos que se van a gestionar. Esta etapa requiere un especial cuidado y su elaboración debe ser mediante un proceso sistemático que este bien estructurado. La etapa de identificación de riesgos debe ser realizada por personas expertas y con amplia experiencia, lo cual garantice que no se pase por alto ningún riesgo potencial trayendo como consecuencia que este no sea tratado durante el proceso de gestión.

Para gestionar el riesgo se debe comenzar por identificar las fuentes de riesgo, el ambiente circundante y los impactos ambientales potenciales. De allí la importancia de quienes conformen un equipo de gestión de riesgo pues el aporte de los expertos en metodologías como lluvias de ideas será trascendental durante el proceso de gestión. La lluvia de ideas consiste en recopilar toda la información obtenida con respecto a posibles eventos o fuentes que alteren el normal funcionamiento del oleoducto y puedan afectar de manera positiva o negativa el medio ambiente.

La identificación de los riesgos tiene como objetivo conocer a fondo todos los posibles eventos durante la operación de transporte de hidrocarburos, la metodología de causa y efecto permite realizar esta labor identificando todo aquello que represente la existencia de algún riesgo.

10.3 ANALISIS DE LOS RIESGOS:

Una vez identificados los riesgos, ya es posible realizar un análisis de los mismos. Esta etapa tiene como objetivo, determinar los riesgos, priorizarlos y tomar decisiones acerca de los mismos. El análisis de un riesgo se realiza combinado las consecuencias con su posibilidad.

El análisis de riesgo ambiental requiere de muchas disciplinas, en el caso de oleoductos se debe considerar la ingeniería, las ciencias biológicas y las ciencias sociales. Es por esto que el grupo conformado debe contar con profesionales especializados que cuenten con las habilidades necesarias para planificar y comunicar todos los conceptos que puedan aportar a la gestión del riesgo del proyecto.

Para realizar un análisis de riesgos en oleoductos se debe recopilar uno a uno los posibles eventos del proyecto teniendo en cuenta la fase del mismo, es decir si este está en construcción o ya se encuentra en operación. Una vez se tienen los eventos relacionados con cada riesgo se debe analizar las causas y las consecuencias del mismo. La guía GTC 104 Brinda un resumen de las diferentes metodologías para realizar un análisis completo de los riesgos y se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Métodos de análisis de riesgos

Método	Descripción y uso
Análisis de árbol de eventos	Técnica de identificación de peligros y de análisis de frecuencia que emplea razonamiento inductivo para traducir diferentes eventos iniciadores en posibles resultados.
Análisis de modo y efecto de falla. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad.	Técnica de identificación del peligro fundamental y de análisis de frecuencia que analiza todos modos de falla de un elemento de un equipo dado, en cuanto a sus efectos sobre los otros componentes y sobre el sistema.
Análisis de árbol de fallas	Técnica de identificación de peligros y de análisis de frecuencia que empieza con el evento no deseado y determina todas las formas en las que puede ocurrir. Éstas se ilustran gráficamente.
Estudio de operabilidad y peligro	Técnica de identificación del peligro fundamental, que evalúa sistemáticamente cada parte del sistema, para determinar la manera en que se pueden producir las desviaciones del diseño y si ellas pueden causar problemas.
Análisis de confiabilidad humana	Técnica de análisis de frecuencia que trata sobre el impacto de las personas en el desempeño del sistema y evalúa la influencia de los errores humanos en la confiabilidad.
Análisis preliminar del peligro	Técnica de identificación del peligro y de análisis de frecuencia que se puede usar tempranamente en la etapa de diseño para identificar los peligros y valorar su criticidad.
Diagrama en bloque de la confiabilidad	Técnica de análisis de frecuencia que crea un modelo del sistema y sus redundancias para evaluar la confiabilidad total del sistema.
Clasificación de categorías	Medio para clasificar los riesgos por medio de categorías para crear grupos de priorización de riesgos.
Listas de verificación	Técnica de identificación de peligros que suministra un listado de las sustancias peligrosas típicas o las fuentes potenciales de accidentes, o ambas, que es necesario considerar. Puede evaluar el cumplimiento de los códigos y las normas.
Análisis de modo de falla común	Método para evaluar si es posible la falla coincidental de varias partes o componentes diferentes en un sistema, y su probable efecto total.
Modelos de consecuencias	Estimación del impacto de un evento, en las personas, la propiedad o el medio ambiente. Están disponibles tanto los enfoques analíticos simplificados como los modelos de computador complejos.
Técnica <i>Delphi</i>	Forma de combinar las opiniones de los expertos que pueden apoyar el análisis de frecuencia, el modelado de consecuencias o la estimación del riesgo, o todos ellos.
Índices de peligro	Técnica de evaluación/identificación del peligro que se puede usar para clasificar diferentes opciones del sistema e identificar las opciones menos peligrosas.
Simulación <i>Monte-Carlo</i> y otras técnicas de simulación.	Técnica de análisis de frecuencia que usa un modelo del sistema para evaluar las variaciones en las condiciones de entrada y las suposiciones.
Comparaciones pareadas	Medio para estimar y clasificar un conjunto de riesgos observando pares de riesgos y evaluando sólo un par a la vez.
Revisión de datos históricos	Técnica de identificación de peligros que se puede usar para identificar áreas potenciales de problema y también suministra entradas para el análisis de frecuencia con base en datos de accidentes y confiabilidad, etc.
Análisis de indeseados	Método para identificar vías latentes que podrían originar que ocurran eventos no previstos.

Fuente: Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC. Gestion del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogotá. D.C: El instituto, 2009. 86

10.4 EVALUACION DEL RIESGO AMBIENTAL

La evaluación del riesgo pretende tomar decisiones basadas en la determinación del nivel de riesgo, como metodología se recomienda evaluar los riesgos desde el

punto de vista de seguridad y salud ocupacional, basándose en guías como la GTC 45 la cual brinda los parámetros para calcular un nivel de riesgo y determinar su nivel de aceptación, basándose en niveles de probabilidad y de consecuencia teniendo en cuenta las ecuaciones 3 y 4.

$$\text{Nivel de riesgo} = \text{Nivel de probabilidad} \times \text{Nivel de consecuencia} \quad (3)$$

$$\text{Nivel de probabilidad} = \text{Nivel de deficiencia} \times \text{Nivel de exposición} \quad (4)$$

Los niveles de exposición, deficiencia y consecuencia, se pueden calcular mediante el uso de tablas que facilita la guía. La aplicación y la forma de emplear las tablas se puede ver en el caso de estudio presentado en esta monografía.

La evaluación del riesgo ambiental también debe hacerse teniendo en cuenta el daño a las personas, las consecuencias económicas, los efectos al medio ambiente, la afectación al cliente y el impacto en la imagen de la empresa. La matriz RAM de Ecopetrol permite evaluar todos los riesgos asociados a las actividades realizadas por la empresa incluyendo la actividad de transporte. Su aplicación también podrá verse en el contenido de esta monografía.

La evaluación del riesgo permite identificar también el nivel de tolerancia y aceptación del mismo, lo cual permitirá tomar decisiones acerca de su monitoreo, revisión y tratamiento.

10.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO AMBIENTAL

Los riesgos que son clasificados como no tolerables se deben tratar, y las opciones de tratamiento del mismo serán basadas en los beneficios potenciales, su eficacia para reducir las pérdidas, el costo de implementación y el impacto en los objetivos de la compañía.

Las opciones de tratamiento del riesgo pueden ser: Evitar el riesgo, Mitigar el riesgo, reducir la posibilidad, reducir las consecuencias, transferir el riesgo, retener el riesgo, separar físicamente, duplicar los recursos y transformar el riesgo.

10.6 COMUNICAR EL RIESGO:

El proceso de comunicación y consulta debe realizarse para cada una de las etapas mencionadas anteriormente, y su importancia radica en garantizar que los responsables de implementar la gestión del riesgo comprendan la base de la toma de decisiones en el proceso de gestión del riesgo.

Sus objetivos serán:

- Asegurar que se consideren y se desarrollen sistemas de comunicación y consulta
- Ayudar a la identificación de las partes interesadas
- Identificar funciones y responsabilidades
- Evitar riesgos

10.7 MONITOREO Y REVISION

Permite garantizar que el plan de gestión se esté realizando de manera adecuada y eficiente. Esto implica aprender de los procesos de gestión mediante la revisión de eventos, los planes de tratamiento y sus resultados.

El monitoreo y la revisión del plan de gestión de riesgo permite identificar la variación de la posibilidad y las consecuencias de algún riesgo, lo que hace necesario repetir con regularidad el ciclo de gestión del riesgo, es decir algún riesgo que en determinada etapa del proceso tenía un nivel aceptable puede tornarse no aceptable y su tratamiento debe ajustarse a la nueva evaluación del mismo.

11. ESTUDIO DE CASO DE TRAMO EN OPERACIÓN DEL OLEODUCTO CAÑO LIMON-COVEÑAS DESDE LA ESTACION DE BOMBEO CAÑO LIMON PS1 HASTA LA VEREDA SAN JOSE DE LA PESQUERA

11.1 Contexto:

El análisis de riesgos ambientales se realizara para un tramo de 10 km del oleoducto caño- limón Coveñas, el cual ya se encuentra en fase de operación y transporta crudo desde el oriente del país hasta el occidente. El análisis del contexto para este tramo considerado como un proyecto se hizo teniendo en cuenta diferentes aspectos como:

11.1.1 Área de estudio:

El estudio de caso del tramo se realizara en los primeros 10 kilómetros del oleoducto caño limón Coveñas. Oleoducto del cual se ha brindado información previamente en el capítulo 3.

El tramo a estudiar se encuentra ubicado en el departamento de Arauca, específicamente en el municipio de Arauquita, por el cual pasan 59, 2 kilómetros de los 771 km que componen en totalidad al oleoducto. En Arauquita se han identificado 13 veredas sobre el área de influencia, siendo una de estas la vereda de San José de la pesquera, lugar donde caño limón-coveñas realiza un recorrido de 10 km desde el campo petrolero caño limón. En el mapa 3 se puede observar la ubicación geográfica del campo y la vereda en mención.

Mapa 6. Ubicación geográfica del tramo seleccionado para el caso de estudio



Fuente: Google maps- Editado por el Autor

11.1.2 Entorno inmediato:

11.1.2.1 Aspecto social:

Según Ricardo Mejía, el oleoducto en sus primeros kilómetros atraviesa la inspección San José de la pesquera, la cual presenta una población de 1.387 habitantes, y se encuentra ubicada sobre la margen derecha del Río Arauca con una extensión de 112,60 Kilómetros Cuadrados lo cual la convierte en la extensión más pequeña, ocupando un 5% del territorio municipal. Las siguientes son algunas de las características sociales de dicha vereda:⁷⁷

- EMPLEO

EL empleo en la vereda san José de la pesquera al igual que en todo el municipio de Arauquita, es uno de los problemas sociales más representativos de la región , Los trabajos destacados para la vereda parten de pequeñas micro empresas, el comercio y la compañía petrolera , seguido de trabajos informales.

- VIVIENDA

Según el plan de ordenamiento territorial, la pesquera cuenta con un total de 139 viviendas en el casco Urbano y 159 viviendas en el área rural, además cuenta con un promedio de 15 habitantes por kilómetro cuadrado.

- FACTORES SOCIALES

Según Yeins Manjares y Leonardo Zabala, si bien existen varios grupos sociales organizados sectorialmente de acuerdo con determinados objetivos e intereses, cabe resaltar a nivel nacional a la occidental de Colombia, por su objetivo de exploración petrolera, con participaciones de apoyo técnico. Según informes de Ecopetrol y OXY se han realizado obras de pavimentación que han mejorado el aspecto de la vereda y han valorado las viviendas de las mismas, todo esto gracias a la inversión y la labor de la fundación EL Alcaraván.⁷⁸

⁷⁷ MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Administrativo. En: [Anónimo] Plan De Ordenamiento Territorial Municipio De Arauquita. Arauquita, Colombia: 2000. 30-148 p.

⁷⁸ MANJARES, Yeins y ZABALA, Leonardo. San José De La Pesquera. Con Ambiente De Progreso y Vías Pavimentadas. [Electronic(1)]. [Consultado el 30 marzo2017]. Disponible en: <http://donpetroenlared.com/san-jose-de-la-pesquera-con-ambiente-de-progreso-y-vias-pavimentadas>

- Conflicto armado y vandalismo:

Diferentes aspectos sociales, asociados a la existencia de grupos armados y guerrillas generan en el municipio de Arauquita un ambiente propicio para la ocurrencia de robos, explosiones y voladuras de tramos de oleoductos, como ya se habló anteriormente. Evidencia de esto pueden ser noticias como la del 3 de noviembre del 2015 en la cual se daba información de una válvula ilegal encontrada en el kilómetro 7 del oleoducto, en la vereda la pesquera, dicha válvula se utilizaba con el fin de hurtar el hidrocarburo, siendo manejada por la comisión Camilo cien fuegos del frente Domingo Laín Sáenz del ELN.⁷⁹

11.1.2.2 Ambiental:

El municipio de Arauquita ha recibido un manejo inadecuado en referencia a sus recursos naturales, esto debido a la quema y tala de árboles para dar lugar a pastos, cultivos temporales, siembras ilícitas, asentamientos humanos y explotación y transporte de hidrocarburos.⁸⁰

- Fuentes hídricas:

El brazo bayonero se ve influenciado directamente el tramo del oleoducto entre el campo petrolero y la vereda la pesquera. Este se desprende de un desvío del curso normal del río Arauca, situándose a 50 km de la capital llegando hasta la laguna del Lipa y desbordándose por la sabana.⁸¹ En el mapa 7 se puede observar la ubicación del brazo bayonero con respecto al campo Caño Limón y la vereda San Jose de la Pesquera.

⁷⁹ MIGUEL ANGEL. Valvula Ilegal En El Oleoducto Caño Limon Coveñas Halló El Ejercito En Arauca. [Electronic(1)]. [Consultado el 30 de marzo2017]. Disponible en: <http://prensalibrecasanare.com/arauca/18245-vblvula-ilegal-en-el-oleoducto-caso-limun-covesas-hallu-el-ejycito-en-arauca.html>

⁸⁰ CAMACHO GARCIA, Moredy y RANGEL PEDRAZA, Luz Mary. Analisis De Los Efectos Social, Economico y Ambiental Del Programa Familias Guardabosques En El Municioio De Arauquita Entre 2004 y 2008. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2008. p. 18-99.

⁸¹ MOLANO CAMPUZANO, Joquin. Territorios Naturales ARAUCA. colombia: sociedad geografica de Colombia, 1968.

Mapa 7.Ubicación geográfica del brazo Bayonero



Fuente: Google maps- Editado por el Autor

- Suelo:

Los objetivos básicos gubernamentales plasmados en el plan básico de ordenamiento territorial incluyen garantizar el uso racional de los recursos del subsuelo de manera que su explotación se realice en forma ambientalmente responsable.

Teniendo en cuenta el potencial de hidrocarburos existente en toda la cuenca de los llanos orientales y en particular en el Municipio de Arauquita, donde ECOPEPETROL tiene identificados varios bloques para explotación y explotación de hidrocarburos es importante considerar que los recursos del subsuelo hacen parte de la oferta ambiental de la zona y que por lo tanto su aprovechamiento podrá hacerse en cualquiera de las zonas identificadas en el ordenamiento territorial siempre y cuando se cumpla con la normatividad ambiental vigente.⁸²

11.1.2.3 Económico:

Según el Plan de ordenamiento territorial del municipio de Arauquita, el 85%, aproximadamente, de la población Arauquiteña basa su economía en la producción agropecuaria que, a pesar de conservar sistemas de explotación de bajo nivel tecnológico y con capital de trabajo financiado en el ámbito nacional e internacional el ingreso económico del producto sigue siendo bajo. El 15% restante de la población se dedica a otras actividades como son el comercio, la explotación minera y la pesca, que tienen importancia en el análisis económico del municipio. La pesquera se caracteriza por su producción agropecuaria.⁸³

⁸² MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Plan Basico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Arauquita. En: [Anónimo] Arauquita, Colombia: 2000. 447-733 p

⁸³ MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Economico. En:Plan Basico De Ordenamiento Territorial Municipio De Arauquita. 2000. 149-209 p.

11.1.2.4 Aspecto institucional:

Como se ha repetido en varias ocasiones a lo largo de este documento el oleoducto Caño Limón —Coveñas, atraviesa de oriente a occidente la zona norte del país iniciando su recorrido en el campo Caño Limón. Ecopetrol dentro del campo tiene a cargo únicamente la operación de la Estación de Bombeo inicial (PS-1), la cual es de propiedad 100% de Ecopetrol S.A, El plan de manejo ambiental se encuentra a cargo de la compañía accidental de Colombia Inc.⁸⁴

10.1.3 Aspectos Técnicos:

- ESTACION DE BOMBEO:

El análisis del tramo del oleoducto comienza en la estación de bombeo PS-1, la cual, según La Autoridad Nacional de licencias ambientales, tiene como función transportar el crudo hasta la estación Samore y la estación Banadia desde la planta caño limón. Para obtener un flujo máximo, la estación fue diseñada con una operación de 5 unidades de bombeo dispuestas en paralelo. Dichas unidades constan de un motor, un incrementador y una bomba.⁸⁵ Además cuenta con equipos auxiliares como: 5 bombas booster eléctricas, 1 tanque de relevo de 5,000 Bls, Suministro de energía por ISA Y sistema de generación de Caño Limón, Sistema Contra incendios y Sistema de medición.⁸⁶

- TRAYECTO:

El tramo del oleoducto a evaluar cuenta con un diámetro de 18". Según datos de ECOPETROL Caño Limón es un crudo intermedio con un API de 29.1° y 0.5% S. producido en la Cuenca de los Llanos Orientales. Según el manual del transportador elaborado por la empresa CENIT en el año 2013, los valores mínimos de calidad que debe cumplir el Petróleo Crudo entregado por los Remitentes para poder ser aceptados para su transporte en el Oleoducto se encuentran plasmados en la tabla 3.

⁸⁴ AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES-ANLA. Resolucion 822 Del 16 De Agosto De 2013. POR LA CUAL SE ESTABLECE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES. COLOMBIA: 2013. 1-72

⁸⁵ Occidental de Colombia. Plan De Manejo Ambiental Para La Operación, Mantenimiento y Optimización Del Oleoducto Caño Limón Coveñas:2011.

⁸⁶ AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES-ANLA. Resolucion 822 Del 16 De Agosto De 2013. POR LA CUAL SE ESTABLECE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES. COLOMBIA: 2013. 1-72

Tabla3. Valores mínimos de calidad para transportar el crudo por Caño Limón-Coveñas

PARÁMETRO DE PRUEBA	VALOR DEL PARÁMETRO	ESTANDAR DE PRUEBA
Sedimento y agua o partículas API a 60°F	No exceder de 0.5% en volumen Superior a 18 grados API pero inferior a 50 grados API.	Sedimentos – ASTM D473 Agua – Karl Fisher D1298
Viscosidad @ a la Temperatura de referencia.	No exceder 300 cSt a 30°C	ASTM D445 o D446
Presión de Vapor	No exceder 11 lb/pulgada cuadrada. Reid Vapour Pressure	ASTM D323
Temperatura de Recibo	No exceder 120°F	
Contenido de Sal	20 PTB	ASTM D 3230
Punto de Fluidez	No mayor a 12 °C	ASTM D 93

Fuente: CENIT. MANUAL DEL TRANSPORTADOR

El análisis de los parámetros mencionados en la tabla 3 debe a las características peligrosas que puede presentar el hidrocarburo de no cumplir con los estándares de calidad, teniendo en cuenta que el crudo al ser una sustancia química puede representar una amenaza por su carácter corrosivo, tóxico, inflamable, y explosivo. Conocer la densidad, sus características de fluidez y comportamiento en frío para prever la bombeabilidad y manipulación, la volatilidad en términos de presión de vapor y su inflamabilidad son requisitos necesarios, para asegurar también su manipulación y almacenamiento en condiciones seguras tanto desde el punto de vista de explosión e incendio como de intoxicación, en este último aspecto su contenido en ácido sulfhídrico disuelto será un dato importante.

- Contenido de Azufre

El azufre puede presentarse como ácido sulfhídrico, disuelto en el crudo o formando parte de compuestos hidrocarbonados como mercaptanos, sulfuros, tiofenos y benzotiofenos polisustituídos. También el azufre puede desprenderse como sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual es altamente tóxico. Estos compuestos de azufre contribuyen a la corrosión de las instalaciones productivas, al envenenamiento de los catalizadores involucrados en los procesos y también al incremento de la contaminación ambiental como resultado de la combustión de los derivados utilizados como combustibles.⁸⁷

11.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

La segunda etapa tiene como finalidad definir los riesgos a los cuales se les realizará la gestión pertinente. El proceso de identificación de los riesgos debe realizarse con exactitud ya que un riesgo que no sea identificado en este paso, será ignorado en los análisis posteriores del riesgo.

⁸⁷Cuba Educa. Petroleo Crudo.Cuba. [Consultado el febrero2017]. Disponible en: <http://educaciones.cubaeduca.cu/medias/pdf/2428.pdf>

Según la Guía GTC 104 el análisis del riesgo siempre debe ser documentado y estructurada de tal forma que se identifiquen las fuentes de riesgo, se describa el ambiente circundante y se identifiquen los impactos ambientales potenciales

FUENTES DE RIESGO E IMPACTOS

Para determinar las fuentes de riesgo se recomienda recopilar toda la información posible sobre los peligros aspectos ambientales e incidentes potenciales que puedan suceder. Para el caso de estudio del tramo seleccionado se pueden identificar las siguientes fuentes de riesgo junto con sus impactos en la tabla 4, realizada en base a las especificaciones de la GTC 104

Tabla 4. Fuentes de riesgo e impactos

PELIGRO/ASPECTO	FUENTE		RECEPTOR	IMPACTO
	EVENTO	ruta		
Aspecto corrosivo del crudo	ruptura de tuberías	No Aplica	Humano, natural y económico	Contaminación de suelos y fuentes hídricas, afectación de Fauna y flora e Impacto económico en la organización
	derrame	Dispersión atmosférica, suelo, fuentes hídricas, Rutas biológicas (ingestión)		
	Liberación tóxica	Dispersión y disposición atmosférica		
Aspecto inflamable del crudo	Explosión	No Aplica	Humano, natural y económico	Contaminación de suelos y fuentes hídricas, afectación de Fauna y flora e Impacto económico en la organización
	Fuego	Ecosistema		
Aspecto tóxico del crudo	Liberación tóxica	Dispersión y disposición atmosférica	Humano, natural y económico	Contaminación de suelos y fuentes hídricas, afectación de Fauna y flora e Impacto económico en la organización
Exceso de presión	Fuego	Ecosistema	Humano, natural y económico	Contaminación de suelos y fuentes hídricas, afectación de Fauna y flora, contaminación auditiva e Impacto económico en la organización
	Explosión	No Aplica		
	derrame	Dispersión atmosférica, suelo, fuentes hídricas, Rutas biológicas (ingestión)		
Sabotaje y terrorismo	Explosión	No Aplica	Humano, natural, social y económico	Contaminación de suelos y fuentes hídricas, afectación de Fauna y flora, contaminación auditiva e Impacto económico en la organización
	Derrame	Dispersión atmosférica, suelo, fuentes hídricas, Rutas biológicas (ingestión)		
	perdida de niveles de crudo y pérdida de presión	No Aplica		
Aspectos Naturales del entorno	Desbordamiento de ríos	Fuentes hídricas	Humano, natural y económico, técnico	Impacto en las tuberías y la maquinaria
	Inestabilidad del terreno	Suelo		
	Llanura inundable	Lluvias		
Oposición de la comunidades o grupos al margen de la ley	Interrupción de la operación normal de transporte de crudo	No Aplica	Humano, Social, económico, técnico	Impacto económico a la organización
	Actividades de mantenimiento y reparación interrumpidas	No Aplica	Humano, Social, económico, técnico	Contaminación de ecosistemas

Fuente: Autor

Analizando la tabla 4 se puede considerar que varias fuentes pueden generar el mismo evento y tener el mismo impacto. Es así como en las tablas 5, 6 y 7 se pueden ver agrupados los riesgos observados para el tramo que se está analizando. Cabe aclarar que el proceso de análisis de riesgos se hace basado en la experiencia y la recopilación exhaustiva de información. Sin embargo, para este trabajo se realizó solo a forma de ejemplo, para mostrar los pasos a seguir que sugiere el método de análisis de riesgos.

Tabla 5. Amenaza en el sistema de crudo

AMENAZAS EN EL SISTEMA DE CRUDOS	Consecuencias potenciales	Receptor/ Ambiente circundante	Impactos ambientales potenciales
Corrosion interna de tuberias	Derrame por ruptura de tuberia, aporte de contaminantes a la atmosfera, Descarga de contaminantes a las fuentes hidricas y el suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional
Corrosion externa de tuberias	Derrame por ruptura de tuberia, aporte de contaminantes a la atmosfera, Descarga de contaminantes a las fuentes hidricas y el suelo	Atmosfera regional	
Liberacion toxica	Contaminacion atmosferica	sfera regional, seres hu	Inhalacion de seres vivos
Defectos de fabricacion	Derrame por ruptura de tuberia, aporte de contaminantes a la atmosfera, Descarga de contaminantes a las fuentes hidricas y el suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional
problemas de soldadura	Derrame , aporte de contaminantes a la atmosfera, Descarga de contaminantes a las fuentes hidricas y el suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	
Exceso de presion en la tuberia	Explosion, derrame, Liberacion atmosferica	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	
Falla de equipos de bombeo	Interrupcion de operaciones normales de transporte de crudo	Organizacional	No Aplica
Ataques terroristas y sabotajes	Explosiones, derrames, aporte de contaminantes a la atmosfera, descarga de contaminantes a fuentes hidricas y suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional
Operaciones incorrectas y errores humanos	Explosiones, derrames, aporte de contaminantes a la atmosfera, descarga de contaminantes a fuentes hidricas y suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	
Oposicion de comunidades indigenas o grupos al margen de la ley	Interrupcion de operaciones de mantenimiento y reparacion, reflejadas en futuros derrames	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	

Fuente. Autor

Tabla 6. Amenazas en el sistema de drenaje de aguas

AMENAZAS EN EL SISTEMA DE DRENAJE	Consecuencias potenciales	Receptor/ ambiente circundante	Impactos ambientales potenciales
Corrosion	Sistemas de drenaje averiados, corrientes internas de agua con altas velocidades que generan erosion en las tuberias	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional
Clima y fuerzas externas	Inundacion de las llanuras en temporadas de lluvia, erosion de equipos y posteriores derrames por posibles rupturas	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Contaminacion de suelos y fuentes fluviales
Ataques terroristas y sabotajes	Explosiones, derrames, aporte de contaminantes a la atmosfera, descarga de contaminantes a fuentes hidricas y suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional
Operaciones incorrectas y errores humanos	Explosiones, derrames, aporte de contaminantes a la atmosfera, descarga de contaminantes a fuentes hidricas y suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial	

Fuente: Autor

Tabla 7. Amenazas en el sistema contra incendios

AMENAZAS EN EL SISTEMA CONTRA INCENDIOS	Consecuencias potenciales	Receptor/ Ambiente circundante	Impactos ambientales potenciales
Aspecto inflamable del crudo	Explosiones, derrames, aporte de contaminantes a la atmosfera, descarga de contaminantes a fuentes hidricas y suelo	Atmosfera regional, ecosistema fluvial, seres humanos	Liberacion de contaminantes polares, de impacto negativo en los suelos. Impacto en el habitat alimenticio de fauna marina y terrestre. Agresion a la flora regional. Perdida de vidas humanas
Exceso de presion			
Ataques terroristas y sabotajes			
Operaciones incorrectas y errores humanos			
Clima y fuerzas externas	Inundacion de las llanuras en temporadas de lluvia, erosion de equipos.		

Fuente: Autor

11.3 ANALISIS DE LOS RIESGOS

11.3.1 Aspectos externos del tramo evaluado, durante el proceso de transporte

11.3.1.1 Características de la tubería:

- Material de tubería de transporte:

El material de la tubería nominada API 5L corresponde a un acero ferrítico de grano fino, con buena resistencia a la tracción y elevada tenacidad al impacto⁸⁸. La clasificación API 5L contempla diversos grados de acero al carbono, como se puede observar en la tabla 8.

⁸⁸ MATOS, jose, et al. DESGASTE POR ABRASIÓN DEL ACERO API 5L X65 REVESTIDO CON NIOBIO POR ASPERSIÓN TÉRMICA A PLASMA Y CON INCONEL 625 POR SOLDADURA. En: DYNA. p. 97-103

Tabla 8. Grados de acero al carbono según api 5L

GRADO	LIMITE ELASTICO		CARGA DE ROTURA	
	PSI	MPa	PSI	MPa
A25	25.000	(172)	45.000	(310)
A	30.000	(207)	48.000	(331)
B	35.000	(241)	60.000	(413)
X42	42.000	(289)	60.000	(413)
X46	46.000	(317)	63.000	(434)
X52	52.000	(358)	66.000	(455)
X56	56.000	(386)	71.000	(489)
X60	60.000	(413)	75.000	(517)
X65	65.000	(448)	77.000	(530)
X70	70.000	(482)	82.000	(565)
X80	80.000	(551)	90.000	(620)

FUENTE: Especificaciones técnicas de tuberías y accesorios.

Según Pedro Poza, cuando se nombra el limite elástico del material se hace referencia a la tensión máxima q este puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes por otro lado la carga de rotura hace referencia a la carga máxima a la rotura que resiste un material cuando es sometido a algún tipo de esfuerzo o tracción.⁸⁹

- Accesorios

El oleoducto durante su recorrido con válvulas de cheque y válvulas de control. Sin embargo en el tramo de los primeros 10 kilómetros comprendido entre caño limón y la pesquera no está ubicada ninguna de estas

- Vida útil del tramo del oleoducto:

Según José Soto, debido a que el oleoducto está en servicio, está sometido a la acción de fuerzas y acciones agresivas provenientes tanto de las cargas de servicio como del ambiente, su estado físico se deteriora conduciendo a la disminución de la resistencia del material de que está hecho, pérdida de material de la sección

⁸⁹ POZA, Pedro. Mecanismos De Deformación y Rotura De Materiales Compuestos De Matriz Metálica. Madrid.: Universidad Complutense de madrid, 1996. p. 1-191.

transversal o del espesor y la aparición de defectos como socavaduras lo que puede reducir su la vida útil.⁹⁰

- Corrosión externa:

La tubería del oleoducto se encuentra enterrada a una profundidad promedio de casi dos metros, razón por la cual un recubrimiento de pintura no es suficiente para garantizar la protección contra la corrosión. De esta manera se han empleado diferentes tipos de recubrimientos que aíslan la tubería del medio en el que se encuentren enterradas, los recubrimientos empleados son: polietileno, polipropileno y resina epóxica de aplicación industrial.

Según Jose Rendon, el control efectivo de la corrosión extiende la vida útil de cualquier tubería. El costo de una parada inesperada por un escape supera en magnitud los gastos que acarrea la instalación de un sistema de protección contra la corrosión. Controlar el deterioro de las tuberías por corrosión ahorra dinero, preserva el ambiente, protege la integridad de las instalaciones y de las vidas humanas.⁹¹

- Sistema de drenaje:

Las zanjas dentro de las cuales encuentran enterrados los ductos pueden tener grandes pendientes y longitudes formando a lo largo de ellas corrientes internas de agua, las cuales pueden adquirir velocidades muy grandes y producir cárcavas internas de erosión, las cuales pueden afectar la estabilidad del ducto.

Para controlar la erosión se utilizan barreras internas para bloquear la corriente y disminuir la velocidad del agua y subdrenes colectores para sacar el agua interna hacia la superficie del terreno.

11.3.1.2 Características medio ambientales

Inundaciones: las inundaciones son los eventos naturales de mayor ocurrencia en el municipio de Arauquita. Se producen por lluvias persistentes y generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas.

⁹⁰ SOTO, Jose Luis. Determinacion de la vida util de un oleoducto en servicio. En: CIENCIA y SOCIEDAD. vol. 38, no. 2, p. 405-428

⁹¹ RENDON, Jose Gregorio. Proteccion contra la corrosion en tuberias. p. 1-5

Causas de las inundaciones

- El desborde natural del río por el aumento del nivel del caudal en época de lluvias.
- Las inundaciones que se producen por efectos de los represamientos en los lugares donde se han acumulado sedimentos, residuos sólidos y empalizadas conocidos como caramas
- Inundaciones provocadas por los encharcamientos en zonas bajas por acumulación de aguas lluvias

Amenaza natural sísmica:

De acuerdo a la zonificación de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones predominantes en el municipio de Arauquita, se establece que en el mismo se encuentran en las zonas de amenaza sísmica Media y Baja.

Amenaza natural de sequía:

La amenaza de sequía es actualmente uno de los fenómenos más importantes a tener en cuenta en el municipio de Arauca con miras a prevenir y/o mitigar los efectos que pueda causar a corto, mediano y largo plazo. La sequía es clasificada como uno de los fenómenos potencialmente peligrosos al igual que las inundaciones, incendios forestales, sismos y otros fenómenos.⁹²

Incendios forestales

La susceptibilidad de la vegetación presente en el área urbana del municipio de Arauca a ser afectada por incendios forestales se analiza en función de: La susceptibilidad de la cobertura vegetal.

La cobertura vegetal predominante en el área urbana del municipio corresponde a bosque fragmentado con vegetación secundaria, bosque de galería y herbazal. La inflamabilidad por cobertura del casco urbano y las áreas circundantes de las hierbas es alta mientras que de los arbustos y árboles resulta media y baja respectivamente.

11.3.1.2 Amenazas antrópicas:

- Atentados terroristas:

En el caso del municipio de Arauca se ha identificado la confrontación armada como un determinante de dicha amenaza, en consecuencia de un histórico conflicto en donde los grupos al margen de la ley, frecuentemente utilizan mecanismos de

⁹² Alcaldía de Arauca. Estudio Básico De Amenazas Pbot Arauca. [Print(0)]:Arauca: 2014. 1-127

artefactos explosivos para realizar ataques a la institucionalidad del municipio que repercuten tanto en la población como en la infraestructura municipal.

Dentro del área rural se identifican algunos hechos relacionados de sabotaje, cuyo objetivo central ha sido el oleoducto Caño Limón - Coveñas así como las instalaciones petroleras y a maquinaria de las empresas contratistas y subcontratistas. Este tipo de acciones se han convertido en un mecanismo de presión para exigir o plantear el pago de extorsiones, comisiones o contratación o subcontratación

- Hurto:

Evidencia de esto pueden ser noticias como la del 3 de noviembre del 2015 en la cual se daba información de una válvula ilegal encontrada en el kilómetro 7 del oleoducto, en la vereda la pesquera, dicha válvula se utilizaba con el fin de hurtar el hidrocarburo, siendo manejada por la comisión Camilo cien fuegos del frente Domingo Laín Sáenz del ELN

11.3.2 Análisis de las Características del crudo transportado

A través del Oleoducto caño limón- coveñas se transporta intermedio con un API de 29.1° y 0.5% S Teniendo en cuenta la hoja de seguridad del crudo transportado por el tramo a evaluar, se toma en consideración que el crudo transportado es una sustancia inflamable, toxica, de Riesgo mutágeno, cancerígeno o para la reproducción y peligroso para un medio acuático. En la imagen 3 se puede observar la hoja de seguridad del petróleo crudo.

Imagen 3. Hoja de seguridad de petróleo crudo

Pictograma de peligro	:    
Palabra de advertencia	: Peligro
Indicaciones de peligro	: H224 - Líquido y vapores extremadamente inflamables. H304 - Puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias. H319 - Provoca irritación ocular grave. H336 - Puede provocar somnolencia o vértigo. H350 - Puede provocar cáncer. H373 - Puede provocar daños en los órganos tras exposiciones prolongadas o repetidas.
Consejos de prudencia	: H411 - Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos. P201 - Pedir instrucciones especiales antes del uso. P210 - Mantener alejado del calor, de superficies calientes, de chispas, de llamas abiertas y de cualquier otra fuente de ignición. No fumar. P273 - Evitar su liberación al medio ambiente. P280 - Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección. P301+P310 - EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA/médico/. P331 - NO provocar el vómito.
Frases adicionales	: EUH066 - La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

Fuente: Tomado de ECOPETROL

Corrosión:

- Acidez:

Este parámetro clasifica los crudos en agrios y dulces en función del contenido de azufre. Los crudos que poseen contenidos de azufre superiores al 1%, son llamados agrios (son corrosivos), mientras que los que se encuentran por debajo de dicho valor, dulces. Como ya se había mencionado anterior mente el crudo de caño limón es un crudo con contenido de azufres de 0.5% es decir dulce y poco corrosivo.

- Contenido de sal:

Según el manual del transportador se permite máximo 20 PTB, Ya que de exceder este parámetro se favorecerían las condiciones corrosivas del crudo

- Temperatura:

Para el transporte del hidrocarburo se exige que este no se encuentre a más de 120 °F. La temperatura afecta la capacidad del oleoducto de manera directa e indirecta alterando el estado de los líquidos.

- Presión de vapor:

El manual del transportador recomienda no exceder las 11lb/ pulgadas cuadradas. La presión de vapor resulta ser un criterio especialmente importante al manejar líquidos con compuestos volátiles, además debe ser lo suficientemente alta como para mantener el hidrocarburo en estado líquido y evitar aumentos de presión que pongan en riesgo de explosión al oleoducto.⁹³

- Gravedad API:

El transporte de crudo resulta más sencillo mientras más liviano es, de esta manera el oleoducto caño limón Coveñas fue diseñado para transportar un crudo de condiciones medianas. Por lo tanto se recomienda que la gravedad API se encuentre entre los 18 y 50 °F.

- Punto de Fluidez:

Según el manual del transportador de CENIT para el crudo caño limón , se recomienda que el punto de fluidez no sea mayor a 12 °F, ya que de lo contrario sería necesaria más energía para permitir la bombeabilidad del crudo.

11.3.2 Análisis del riesgo mediante el método “What- if?”

Según Ernesto Castañeda, la técnica de análisis “what if”, es una metodología de análisis de lluvia de ideas, mediante el cual se familiariza con el proceso en cuenta realizando preguntas acerca de algunos eventos indeseables. ⁹⁴ En el cuadro 5 se puede observar un ejemplo de la aplicación de la metodología “what if” para la tubería del tramo del oleoducto seleccionado para el caso de estudio.

⁹³ REYES, Rosero. Desarrollo De Un Algoritmo y Programa En Matlab Para Sistematizar y Automatizar Un Modelo Digital Hidrodinámico En Estado Estable De Un Oleoducto Para Transporte De Crudo Liviano. Escuela politecnica nacional, 2012.

⁹⁴ CASTAÑEDA, Ernesto. Evaluación De Riesgos De Proceso En Instalaciones Industriales. 2001. 1-48

Cuadro 5. Metodología “what- if” aplicada a el tramo del oleoducto

What if?/ ¿Qué pasa si?	Consecuencia/Riesgo para el medio ambiente
Durante el proceso existen presiones mayores a 65000 PSI	Deformaciones permanentes en la tubería
Durante el proceso de transporte se supera la presión de 71000 PSI	Rotura de la tubería- derrame de crudo
Existe un recubrimiento inadecuado que proteja el oleoducto del entorno en el que se encuentra enterrado	Corrosión externa de la tubería
Se interrumpe la operación en el sistema de drenaje	Erosión de la tubería
Ocurren inundaciones	Colapso del sistema de drenaje- Erosión de tubería- ruptura de tubería por corrientes de agua
Ocurre un sismo	Desplazamiento de las tuberías- posibles deformaciones
Ocurre un incendio forestal	explosión- derrame
Atentado terrorista	explosión - derrame
Hurto	Derrame- pérdidas de presión
Existen contenidos de azufre superiores al 1%	Corrosión interna de la tubería
Existe un contenido de sal mayor a 20 PTB	Corrosión interna de la tubería
Hay temperaturas del crudo mayores a 120°F	Alteración del estado de los líquidos- liberación de vapores- aumento de presión- explosión y derrame
Presión de vapor del crudo mayor 11 lb/pul	Liberación de vapores que aumentan la presión dentro de las tuberías ocasionando explosiones y posteriores derrames
punto de fluidez mayor a 12°F	Mayor uso de energía para transportar el crudo

Fuente: Autor

11.3.2.1 Análisis en la estación de bombeo

La Estación de bombeo PS-1 funciona en Paralelo con la Estación de Bombeo Samoré, se construyó con la función de impulsar el crudo proveniente del campo Caño Limón hacia la Estación Samoré o Banadia según el flujo con el que se esté operando. Otras funciones y facilidades con que cuenta la Estación PS1 se describen a continuación:

Unidades Principales:

La Estación PS-1 fue diseñada y construida para operar con cinco (05) unidades de bombeo compuestas por un motor, un incrementador y una bomba. Estas unidades están dispuestas en paralelo para obtener un flujo máximo.

Además de las unidades principales se cuenta con los siguientes equipos auxiliares, que operan de manera similar a las demás estaciones de bombeo que componen el sistema Caño limón Coveñas:

- 5 bombas booster eléctricas

Imagen 4. Bombas booster en la estación de bombeo PS1 de Caño limón



Fuente: RINCON, Carlos. Creación y Desarrollo De La Base De Datos Para El Monitoreo De La Inyección De Agua En El Campo Caño Limón- Arauca. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2005. p. 43-185

- 1 tanque de relevo de 5.000 Bls
- Sistema Contraincendios
- Sistemas de tratamiento para aguas lluvia, aceitosas y domesticas
- Bombas de transferencia de crudo

Según Yuly Galvis, las bombas de transferencia del oleoducto son bombas GOULDS que operan con motores eléctricos de 300 HP y se utilizan para transferir el petróleo producido a la estación de bombeo PS1.⁹⁵ Dichas bombas se utilizan para incrementar la presión en la línea de crudo, o extraer la misma de los tanques de almacenamiento y presurizar el sistema. Dichas bombas deben poder proveer el flujo deseado sin problemas de cavitación.⁹⁶

⁹⁵ GALVIS, Yuly. Estudio De Los Procesos De Deshidratación De Crudo y Tratamiento De Aguas De Producción En La Estación PF2 Del Campo Caño Limón. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2007. p. 1-151.

⁹⁶ LOZANO, Roberto. Aplicación Del Metodo De Supervision, Control y Adquisición De Datos (Scada) En Los Controladores Del Sistema De Reinyección Para Disposición De Agua Salada En La Selva Norte Del Peru. Lima, Peru.: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. p. 100.

- **Tanque de relevo**

Los tanques de almacenamiento se utilizan como depósitos para contener la reserva suficiente de crudo para su posterior transporte, comercialización o uso. El eventual uso del tanque de relevo se presentara en casos de limpieza o de necesidad.

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos ya que según Milton Mayorga :

- Actúa como un pulmón/resorte entre producción y transporte para absorber las variaciones del consumo.
- Permite la sedimentación de agua y barros del crudo antes de despacharlo por el oleoducto o a destilación.
- Brindan flexibilidad operativa a las refinerías.
-
- Actúan como punto de referencia en la medición de despachos de producto⁹⁷

- **Sistema contra incendios**

Este aspecto es considerado como uno de los más importantes dentro del campo, incluyendo la estación de bombeo PS-1. Existen bombas de agua y espuma, bombas y skids que alimentan las redes de protección contra incendios de las facilidades y la estación de bombeo, estos equipos actúan automáticamente por sistemas de control que detectan humo o chispas y que operan las válvulas que permiten el paso de los fluidos al sitio donde se está generando el incendio.⁹⁸

- **Manejo de aguas lluvias**

Para el manejo de lluvias la estación cuenta con canales perimetrales alrededor de las áreas y vía internas, construidas en concreto, parte de estas aguas evacuan hacia la piscina por medio de un canal en concreto, en un segundo punto igualmente

⁹⁷MAYORGA ,Milton. Inspeccion Fisica y Analisis Estructural Para Determinar La Operatividad De Un Tanque Cilindricovertical Para Almacenamiento De Fuel Oilde Acuerdo a La Norma API 653 LUEGO DE UN SINIESTRO. Guayaquil, Ecuador.: Escuela superior politécnica del Litoral, 2013. p. 1-232.

⁹⁸ MEJIA,Carlos. Evaluacion De Los Problemas En Operaciones De Wellservice, Workover,Perforacion e Incorporacion De Nuevas Tecnologias a Las Condiciones Operativas Del Campo Caño-Limon. Bucaramanga.: Universidad industrial de santander, 2004. p. 129.

a través de canales, el agua es evacuada por un canal que se intercepta con el primer canal para luego drenar hacia el terreno aledaño al costado oriental.

- **Manejo de aguas aceitosas**

Para el manejo de aguas aceitosas y derrames de los equipos como generadores, bombas contra incendio bombas de alimentación, bombas principales, talleres y para el almacenamiento de combustibles se instalaron sobre plataformas de concreto alrededor de las cuales se encuentra una red de canales y cárcamos para drenar las aguas aceitosas. Los tanques de almacenamiento de crudo y combustible cuentan con diques y patio en concreto con capacidad mayor al 110% del volumen total de los tanques de almacenamiento, cunetas perimetrales y trampa grasas y un sistema de bay pass que permite segregar las aguas lluvias de las aguas aceitosas y conducir las de acuerdo a sus características al tanque sumidero donde luego es transferido al separador API que se encuentra cubierto, el crudo es bombeado al tanque de relevo para ser incorporado al sistema de transporte, el agua pasa a la piscina de sedimentación después del medidor de flujo, luego drena hacia el terreno por un canal que se conecta al canal de aguas lluvias⁹⁹

- **Manejo de aguas residuales**

Para el manejo de aguas residuales se cuenta con una red de tuberías, trampa de grasa y tanque homogeneizador, planta de lodos activados, bombas, tanques y lecho de secado.

- **Automatización y control**

La sala de máquinas donde se encuentran las unidades de bombeo posee un sistema neumático que se maneja desde la sala de control de la estación, además existen señales electrónicas que se encargan de activar las alarmas en caso de presentarse una falla en la operación de las unidades. Las señales llegan a un panel de instrumentación en donde un operador vigila el desempeño de las unidades, en donde principalmente se maneja la presión de bombeo. Según Jairo Usaquén, El encendido y apagado de motores y bombas es manual lo cual hace necesaria la presencia de un operario que vigile el comportamiento de las unidades de bombeo. Posterior a la estación de bombeo no existe ningún dispositivo de control, instrumentación o señalización.¹⁰⁰

- **Variables de proceso**

⁹⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. AUTO. no. 0803: "Por el cual se ordena la apertura de una investigación ambiental". 2011. 1-16

¹⁰⁰ USAQUEN LOPEZ, Jairo Ernesto. Principales Problemas Operacionales Para El Transporte De Crudo Pesado a Travez Del Oleoducto Velasquez Galan y Recomendaciones Para Sus Posibles Soluciones. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2004. p. 1-122.

El control y la supervisión de la estación implica el análisis y lectura de variables de proceso en campo, las cuales pueden ser de tipo análogo (Presión, temperatura, flujo y porcentaje de apertura) o digital (Estado de válvulas, switch de flujo, switch de presión y switch de vibración).

La presión mínima de succión para el sistema de bombeo esta alrededor de 3.2 PSI, con un caudal de 1143 BPH. Como se mencionó anteriormente la temperatura debe ser menor a los 120 °F y para esto la estación de bombeo cuenta con ventiladores eléctricos de 25 Hp encargados de refrigerar el aceite lubricante que circula por los rodamientos de la unidad de bombeo.

Si se activa alguna alarma de alta temperatura es decir 110 °F en el aceite lubricante se procede a encender los ventiladores disponibles hasta que esta temperatura disminuya.¹⁰¹

11.3.2.2 Análisis en la estación de bombeo:

A la estación de bombeo PS1 se le realizo el mismo análisis que al trayecto estudiado, de esta manera fue posible identificar los posibles eventos que podrían representar una amenaza directa para la operación de transporte. Enel cuadro 6 se puede observar la metodología “what if” aplicada a los posibles eventos de laestacion.

¹⁰¹ RODRIGUEZ,Manuel. Actualizacion Del Sistema De Control De La Estacion Vasconia-CIB Del Sistema De Poliductos De Ecopetrol Basandose En El Sistema ABB Industrial IT 800X4. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2011. p. 73.

Cuadro 6. Metodología "What- if " aplicada a la estación de bombeo PS1

UNIDAD	What if? / Que pasa si	Consecuencia
Sistema de bombeo	Fallas en los sellos	fugas
	Cavitación en las bombas booster	picadura , fatiga o rotura de las bombas
	Alta presión	Daño en malla del medio filtrante
	Perdida de eficiencia del filtro por pérdida del medio	Remoción ineficiente de sólidos o impurezas
	interrupción de la operación de bombeo	Disminución de la tasa de bombeo
Tanque de relevo	Alto nivel en el tanque de relevo	Rebosamiento
		Contaminación
Sistema contra incendio	Incendio	Daño de las unidades de bombeo y transporte
		Contaminación atmosférica
		Explosiones
	Temperatura superior a 110 °F	Lubricantes con temperaturas altas generando posibles incendios
Manejo de aguas lluvias, aceitosas y domésticas	Deterioro en el canal	Encharcamiento
	Agrietamiento de diques de los tanques	En caso de presentarse derrame no se garantiza aislamiento del suelo y de las aguas subterráneas
	Capa de floculación en el tanque de sedimentación	Disminución de la calidad del agua

Fuente: Autor

11.3.2.3 Analisis en San jose de la pesquera

Como se mencionó anteriormente y según el plan de ordenamiento territorial, San José de la pesquera es una vereda pequeña con un área total de 112.6 km cuadrados, lo cual representa el 5% del territorio municipal de Arauquita. Este territorio se divide en casco urbano y casco rural con 139 y 159 viviendas respectivamente. Además se conoció que aproximadamente 20 viviendas quedan cercanas a el paso del oleoducto.

- Centros de salud:

En el municipio no se ha descentralizado la salud, pues esta se encuentra a cargo de IDESA que es una entidad de orden departamental de donde dependen los dos hospitales de primer nivel SAN LORENZO y SAN RICARDO PAMPURI; ubicados en la cabecera municipal y en la inspección de la Esmeralda respectivamente, que atienden la población del municipio, así como los centros de salud situados en las diferentes inspecciones con personal pagado por la institución y el municipio.

- Centros de Salud con Cama:

Se cuenta con dos C.S.C. ubicados en Panamá de Arauca y brisas del Caranal que tienen médico rural, sin embargo es importante destacar la falta de dotación para la prestación de un mejor servicio.

A continuación se puede observar la tabla 9 con datos obtenidos del POT de Arauquita, en la cual se puede observar que si bien existen solo 20 viviendas junto al oleoducto, hay otras 268 viviendas expuestas a cualquier riesgo representado en el oleoducto. Lo que resulta preocupante es la falta de centros médicos capacitados para atender emergencias, lo cual significa una mayor amenaza para la comunidad.

Tabla 9. Viviendas y centros de salud cercanos al oleoducto

INFORMACION	TOTAL	JUNTO AL OLEODUCTO	
		SI	NO
VIVIENDA URBANA	139		X
VIVIENDA RURAL	159	X (20)	
HOSPITALES DE PRIMER NIVEL	2 (Nivel municipal)		X
CENTROS DE SALUD CON CAMA	2 (Nivel municipal)		X

Fuente: Autor

- Sistema de acueducto

El municipio de Arauquita cuenta con 14 Acueductos a nivel suburbano, entre los cuales está el acueducto de La pesquera. Dicho acueducto no cuenta con planta de tratamiento y la captación se hace por un sistema de puntillos, tampoco cuenta con torres de aireación. Tiene 2 tanques, uno subterráneo y otro aéreo.¹⁰² La falta de infraestructura y tratamiento hace de este un factor vulnerable por contaminación de las fuentes hídricas en caso de derrames de crudo.

Mediante el análisis “what if”, también es posible analizar los eventos que podrían traer consecuencias potenciales para la comunidad.

¹⁰² MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Social. Plan Basico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Arauquita. En: [Anónimo] Arauquita, Colombia: 2000. 447-733 p

- **Institución educativa San José de la pesquera**

La institución técnica de la pesquera, es una institución de tipo mixta que brinda educación a los niños desde preescolar hasta el grado once. Se encuentra ubicada en el centro poblado de San José de la pesquera con una especial cercanía al oleoducto caño limón- Coveñas.

En el cuadro 7 se puede observar la metodología "what if" aplicada a los posibles eventos de la estación de san José de la pesquera.

Cuadro 7. Metodología "what if" Aplicada a la población de San Jose de la Pesquera

What- if?/¿Qué pasa si?	Consecuencia
Contaminación de las fuentes hídricas	Se afecta actividad económica de la región (Pesca)
Contaminación de Suelos	Se afecta actividad económica de la región (ganadería y agricultura)
Contaminación atmosférica	Intoxicación
Explosión	Pérdida de vidas humanas
	habitantes de la comunidad heridos o intoxicados

Fuente: Autor

11.3.3 Análisis de las causas a los eventos de los tres puntos principales del caso de estudio

Posterior a la identificación de los eventos que pueden representar una amenaza, es importante identificar las causas y las consecuencias de dicho evento. De esta manera se permite analizar qué es lo que representa cada amenaza y cuál es la causa verdadera del riesgo

En la práctica empresarial y como se ha repetido en varias ocasiones, el análisis de riesgo debe realizarse por expertos con experiencia suficiente en el proceso que se pretende evaluar, Sin embargo y para este caso, se realizará un análisis cualitativo basado en algunas evidencias de casos o en la información recopilada a lo largo de este trabajo.

En los cuadros 8, 9 y 10 se podrá observar el analisis a las posibles causas y consecuencias de cada uno de los eventos encontrados en la metodología " what if", para el tramo del oleoducto, la estación de bombeo y la comunidad.

Cuadro 8. Causas y consecuencias de los eventos asociados al riesgo en el tramo evaluado

CAUSAS \ PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ALTA	MEDI	BAJA	EVENTO	CONSECUENCIA \ PROBABILIDAD DE OCURR	ALTA	MEDIA	BAJA
Registro inadecuado en la estacion de bombeo		x		Durante el proceso existen presiones mayores a 65000 PSI	Deformaciones permanentes en la tubería	x		
Aumento de la temperatura del crudo			x					
Bombeo inadecuado desde la planta		x						
Registro inadecuado en la estacion de bombeo		x		Durante el proceso de transporte se supera la presión de 71000 PSI	Rotura de la tubería- derrame de crudo	x		
Aumento de la temperatura del crudo			x		Derrame de crudo	x		
Bombeo inadecuado desde la planta		x						
Error de proveedores			x	Existe un recubrimiento inadecuado que proteja el oleoducto del entorno en el que se encuentra enterrado	Corrosion externa			
Selección inadecuada del recubrimiento			x					
Sabotaje	x			Se interrumpe la operación en el sistema de drenaje	Erosion de la tubería	x		
Inundacion	x				Ruptura de la tubería			
Clima extremo	x			Ocurren inundaciones	Erosion en la tubería			
Drenaje ineficiente		x			Ruptura en la tubería			
Condiciones naturales			x	Ocurre un sismo	Ruptura de la tubería			x
Sequia	x			Ocurre un incendio forestal	Explosion	x		
Piromanos			x			x		
Atentados	x					x		
Desorden publico	x			Atentado terrorista	Explosion	x		
Falta de oportunidades laborales en la region		x		Hurto de crudo	Derrame de crudo			
Actos del ELN	x						x	
Errores en el proceso de medicion			x	Existen contenidos de azufre superiores al 1%	Ruptura de tubería			
					Corrosion interna	x		
Errores en el proceso de medicion		x		Existe un contenido de sal mayor a 20 PTB	ruptura de tubería	x		
					Corrosion interna	x		
Falla en los sistemas de control de la temperatura		x		Hay temperaturas del crudo mayores a 120°F	Aumento de presión	x		
					Abolladuras	x		
					Explosion			x
Falla en los sistemas de medicion		x		Presión de vapor del crudo mayor 11 lb/pul	Explosion			x
					Abolladuras	x		
Error en medidas de laboratorio			x	punto de fluidez mayor a 12°F	mayor demanda energetica hacia la planta de bombeo	x		

Fuente: Autor

Cuadro 9. Análisis a las causas y consecuencias de los eventos en la estación de bombeo

UNIDAD	ALTA	MEDIA	BAJA	Evento	Consecuencia	ALTA	MEDIA	BAJA
Sistema de bombeo	x			Fallas en los sellos	fugas	x		
			x	Cavitación en las bombas booster	picadura , fatiga o rotura de las bombas	x		
		x		Alta presión	Daño en malla del medio filtrante	x		
			x	Perdida de eficiencia del filtro por perdida del medio	Remoción ineficiente de solidos o impurezas	x		
			x	interrupción de la operación de bombeo	Disminución de la tasa de bombeo			
Tanque de relevo		x		Alto nivel en el tanque de relevo	Rebosamiento	x		
		x			Contaminación	x		
			x	Alta presión en el tanque	Daño de integridad del Tanque		x	
		x						
Sistema contra incendio		x		Incendio	Daño de las unidades de bombeo y transporte	x		
		x			Contaminación atmosférica	x		
					Explosiones	x		
					Afectación a la salud humana	x		
	x			Temperatura superior a 110 °F	Lubricantes contemperaturas altas generando posibles incendios	x		
			x				x	
Manejo de aguas lluvias, aceitosas y domesticas	x			Deterioro en el canal	Encharcamiento	x		
	x			Agrietamiento de diques de los tanques	En caso de presentarse derrame no se garantiza aislamiento del suelo y de las aguas subterráneas			
	x						x	
	x			Capa de floculas en el tanque de sedimentación	Disminución de la calidad del agua	x		

Fuente: Autor

Cuadro 10. Análisis de las causas y efectos en la población

CAUSAS \ PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	ALTA	MEDIA	BAJA	evento	Consecuencia	ALTA	MEDIA	BAJA
Error del operario en la supervisión de la presión de operación en el panel de control		x		Deformación en la tubería	Derrame y posterior contaminación de fuentes hídricas y suelos		x	
Presiones superiores a 71000 PSI por deficiencia en el sistema de alarmas en el sistema de control	x			Ruptura de la tubería	Derrame, líquido inflamable liberado al medio ambiente (fuente de incendio)	x		
Corrosión por falta de mantenimiento en la tubería		x			Explosión y pérdida de vidas humanas			x
Hurto de crudo mediante válvulas ilegales	x				Contaminación de suelos, fuentes hídricas y pérdidas de vidas humanas	x		
Conflicto armado en el país	x			Atentado terrorista - sabotaje cercano a la población	Derrame	x		
Extorsiones	x				intoxicación por emisiones atmosféricas	x		
					pérdida de vidas humanas	x		
Casos de piromanía en la región		x		Incendios cercanos a el oleoducto y la población	explosiones, pérdidas de vidas humanas		x	
Condición de llanura inundable en la región	x			Inundación cercana a la población	Ruptura de la tubería	x		
Condiciones climáticas de la región		x		Sismo	Movimiento leve de las tuberías			
Institución educativa San José de la pesquera queda cerca a el tramo del oleoducto	x			Menores de edad cercanos a el oleoducto	Afectación a la salud de menores de edad vulnerables ante casos de derrames o explosiones	x		

Fuente: Autor

11.3.4 Selección de los riesgos a evaluar

Para el proceso de evaluación del riesgo se tomará el riesgo con mayor probabilidad de ocurrencia en cada uno de los tres puntos analizados (Estación de bombeo, tramo y población). De esta manera se describirá el proceso de evaluación en los riesgos ambientales, sin embargo, cabe aclarar que una evaluación correcta de los riesgos se debe realizar para cada uno de las amenazas encontradas durante los métodos de análisis de los mismos.

- Tramo del oleoducto entre PS-1 y San José de la Pesquera:

Ruptura de tubería por corrosión:

Los efectos de la corrosión sobre instalaciones y equipos industriales produce anualmente pérdidas que llegan a cifras muy importantes: en los países industrializados se ha valorado en el 3-4% del PBI. Este porcentaje puede tomarse sobre la valoración equivalente de la industria petrolera y del gas para llegar a una cuantificación aproximada de sus efectos económicos. De todas las fallas que ocurren en las operaciones de la industria del gas y del petróleo la más importante es la corrosión con el 33%¹⁰³

El análisis de la corrosión requiere que se comprendan los elementos que causan y contribuyen a este fenómeno. Como se puede observar en la gráfica 3 existen varios tipos de corrosión que afectan la industria del petróleo y el gas, sin embargo, los tipos más comunes son por la exposición al Dióxido de Carbono (CO₂, Corrosión Dulce) y la exposición al ácido sulfhídrico (H₂S, Corrosión ácida)¹⁰⁴

Si el Dióxido de carbono entra en contacto con el Agua durante una operación de transporte de petróleo y gas, las áreas afectadas serán las partes internas de la tubería. El ácido sulfhídrico se encuentra por lo general en los fluidos producidos o como resultado de la corrosión. Si bien este ácido no es corrosivo, se vuelve corrosivo con la presencia del agua y puede afectar cualquier parte del sistema de producción.

Se han reportado casos de derrames de hidrocarburos por falta de mantenimiento en Colombia y el mundo tal es el caso del derrame de crudo en el golfo de Morrosquillo donde se evidenció que ocurrieron cuatro derrames terrestres el 20 de agosto de 2014 debido a corrosión exterior del oleoducto Ayacucho-Coveñas (tramo de caño limón –Coveñas. Los derrames se presentaron en tierra y en áreas

¹⁰³ GIL, Linda. Corrosion interna en la industria de petróleo y gas. En: FOURTH INTERNATIONAL MEETING FOR RESEARCHERS IN MATERIALS AND PLASMA TECHNOLOGY.

¹⁰⁴ NUSHA, Bruce, et al. La corrosión: La lucha más extensa. Oilfield review. vol. 28, no. 2, p. 16

marítimas.¹⁰⁵ La Contraloría no encontró ninguna evidencia de que los planes de contingencia del Oleoducto Ayacucho-Coveñas y la Terminal Coveñas hayan sido actualizados o revisados anualmente, a pesar de haberse realizado simulacros. Se constató que el Plan de Contingencia vigente para la Terminal Coveñas es del año 2006 y para el caso del Oleoducto Ayacucho-Coveñas es del año 2001, lo cual indica que este instrumento no se ha actualizado hace 9 años para el Terminal y hace 16 para este oleoducto.¹⁰⁶

Además de Colombia existen varias evidencias de derrames ocasionados por corrosión de las tuberías. En países cercanos como Ecuador, fuentes noticiosas aseguran que el 28% de los derrames ocurridos entre el año 2000 y 2010 fueron causados por corrosión. Igualmente en las Costas de Santa Barbara en Estados Unidos se reportó para el año 2015 un derrame ocasionado por la corrosión externa de la tubería:

“El oleoducto de 10.6 millas tenía “amplia” corrosión externa, y el espesor del área de la pared de la tubería que se rompió se había degradado a un estimado de un dieciseisavo de pulgada, dijo la agencia de la tubería.”¹⁰⁷

Se sabe además que esta tubería transporta petróleo crudo de los tanques de almacenamiento de ExxonMobil localizados en la instalación de Las Flores Canyon a una estación de bombeo en Gaviota y opera a hasta 120 grados Fahrenheit.

- Estación de bombeo PS-1

Incendios:

Desde sus inicios, la industria del petróleo ha sido un sector que ha presentado un alto riesgo de ocurrencia de incendios. En la actualidad son mayores los volúmenes de combustibles que se manejan en el mundo y si bien los avances en la ciencia y la técnica han estado encaminados a crear sistemas cada vez más seguros, los riesgos en la ocurrencia de incendio aún persisten. Por lo general cuando ocurren incendios en sectores de la industria hidrocarburífera, las afectaciones son

¹⁰⁵ Caracol Radio. Falta De Prevencion Ocasiona Derrames De Crudo En El Golfo De Morrosquillo. [Electronic(1)]. 28 de mayo. [Consultado el abril2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2015/05/28/regional/1432822380_782426.html

¹⁰⁶ Radio Montería. Los Derrames De Crudo De El Golfo De Morosquillo Se Pudieron Prevenir. [Electronic(1)]. 28 de mayo. [Consultado el abril2017]. Disponible en: <http://monteriaradio38grados.com/web/los-derrames-de-crudo-en-el-golfo-de-morrosquillo-se-pudieron-prevenir-contraloria-general/>

¹⁰⁷ PANZAR, Javier. Corrosion Fue La Causa d La Ruptura De La Tuberia Que Provoco Derrame De Petroleo. Los Angeles, Estados Unidos. junio 5. [Consultado el Abril2017]. Disponible en: <http://www.hoylosangeles.com/latimesespanol/hoyla-lat-corrosin-fue-la-causa-de-la-ruptura-de-la-tuberia-que-provoco-derrame-petrolero-20150605-story.html>

cuantiosas, desde el punto de vista económico, medioambiental e incluso para la vida de las personas.¹⁰⁸

Para el caso de la primera estación de bombeo del oleoducto caño- limón ya existen evidencias de incendios ocasionados por problemas de operación. Según las noticias de EL TIEMPO Un incendio en la estación de bombeo del campo Caño Limón, obligó el 5 de mayo de 1994 a suspender el envío de crudo por el oleoducto a Coveñas. La conflagración se inició a las 3:48 de la tarde, y fue controlada por el personal de bomberos del campo petrolero a las 4:20. Afortunadamente las llamas no afectaron otras áreas.

Así como en caño limón existen otras evidencias de incendios ocasionados principalmente por perdidas de petróleo como es el caso del incendio en la estación de bombeo Allen de la empresa Oleoductos del Valle en Argentina para el año 2005 como se puede observar en la imagen 5.¹⁰⁹ También existen casos más recientes como el ocurrido en la estación de bombeo de Campo Rubiales en puerto Gaitán en el año 2016.

Imagen 5. Incendio en la estación de Allen Argentina



Fuente: Rio Negro S.A. Dantesco Incendio Paralizó El Bombeo De Crudo De La Región. Argentina. 8 de agosto. 2017]. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/arch200508/08/v08j60.php>

Un factor importante a considerar en la pérdida de petróleo es la presión, un ejemplo de esto es la disminución de la presión en los tanques de almacenamiento, produciendo un escape de vapores que representa una pérdida de acuerdo a la

¹⁰⁸ CABRERA, Estupiñam y ALOMA, Alejandro. Sistema contra incendios para industria petrolera. En: RIHA. 10 abril de 2015. vol. 36, no. 3,

¹⁰⁹ Rio Negro S.A. Dantesco Incendio Paralizó El Bombeo De Crudo De La Región. Argentina. 8 de agosto. 2017]. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/arch200508/08/v08j60.php>

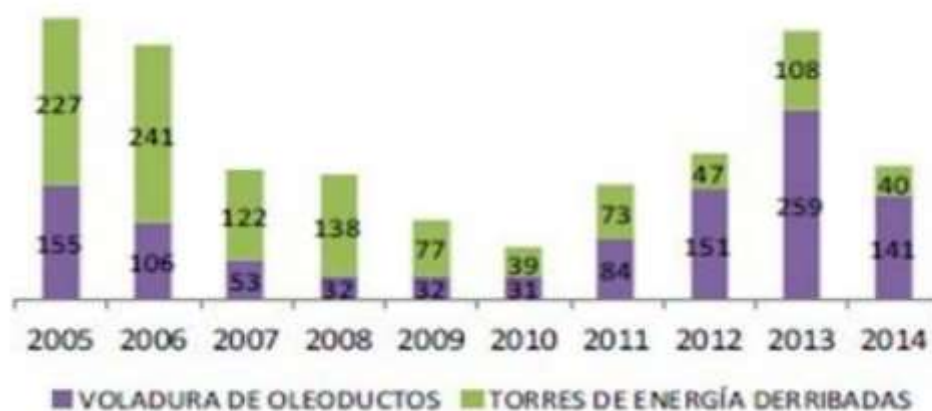
capacidad del tanque. Dichos vapores al tener contacto con fuentes de calor son una amenaza potencial para la generación de incendios.¹¹⁰

- Comunidad San Jose de la pesquera

Atentados terroristas, acciones ilegales y sabotaje:

Los grupos armados ilegales son la principal amenaza a la infraestructura minero energética del país, el primer registro de afectación a oleoductos en Colombia lo ejecutó la guerrilla del ELN en el año de 1985, cuando realizó la primera voladura del oleoducto Caño Limón Coveñas y luego las FARC continuaron efectuando múltiples atentados terroristas contra los demás oleoductos: Trasandino (OTA), Mansoyá – Orito (OMO), San Miguel – Orito (OSO), Churuyaco – Orito (OCHO), Caño Limón Coveñas y Bicentenario.

Gráfica 2. Atentados entre el año 2005 y 2014



Fuente: Ministerio de defensa nacional 2015

Las acciones ilegales como las perforaciones ilícitas para hurtar el crudo son otra de las causas a las que ECOPETROL ha atribuido el derrame de crudo en algunas zonas del oleoducto, tal es el caso del derrame de crudo en ciénaga de tamaleque en donde hubo evidencia de dos perforaciones ilegales en el sur del departamento del Cesar.¹¹¹ De igual forma como se evidencio en el desarrollo de este documento

¹¹⁰ ALDANA, Nestor. Perdidas y Normas De Seguridad En Tanques De Petroleo. [Print(0)]. [Consultado el abril2017]. Disponible en: <http://trabajos23/perdidas-petroleo/perdidas-petroleo.shtml>

¹¹¹ BARRIOS, Miguel. Emergencia Por Derrame De Crudo En Ciénaga De Tamalameque. [Electronic(1)]. 11 abril. [Consultado el abril 20172017]. Disponible en: <https://www.pressreader.com/colombia/el-heraldo-colombia/20170411/281569470590149>

que en el año 2015 se encontró una válvula ilegal cerca a la vereda san José de la pesquera destinada al hurto del crudo transportado.

Casos recientes de atentados terroristas como el ocurrido el 27 de abril del presente año, evidencian la vulnerabilidad de la población ante derrames causados por voladuras de oleoductos. El petróleo derramado contaminó las fuentes de agua del corregimiento de guamalito contaminando a la vez el acueducto que surte a los habitantes de esta zona del país, por otro lado se registraron 16 estudiantes intoxicados. En cuanto al medio ambiente los expertos aseguran que la vegetación que se afectó y las fuentes contaminadas tardaran aproximadamente medio siglo en recuperarse.¹¹²

Según datos de ECOPETROL Al menos 167 muertos y 584 heridos dejaron los atentados perpetrados por la guerrilla del ELN entre 2000 y 2017 contra el oleoducto Caño Limón¹¹³, convirtiendo a este en el peor escenario de los riesgos identificados al oleoducto.

11.4 EVALUACION DEL RIESGO

La evaluación de los riesgos tiene como objetivo establecer prioridades para las decisiones acerca de los riesgos. Su propósito se resume en comparar el nivel del riesgo encontrado durante el proceso de análisis contra criterios establecidos que permitan determinar si se procede o se continúa una actividad, si se requiere un tratamiento para el riesgo y para finalmente priorizar los riesgos.¹¹⁴

La evaluación de los riesgos corresponde al proceso de determinar la probabilidad de que ocurran eventos específicos y la magnitud de sus consecuencias, mediante el uso sistemático de la información disponible.¹¹⁵

¹¹² RCN Noticias. Grave Daño Ambiental y Menores Intoxicados Dejó Ataque Del ELN a Oleoducto Caño Limon. Colombia. abril 28. [Consultado el mayo2017]. Disponible en: <http://www.noticiasrcn.com/nacional-regiones-orientegrave-dano-ambiental-y-menores-intoxicados-dejo-ataque-del-eln-oleoducto>

¹¹³ Agencia EFE. Ataques a Caño Limon- Coveñas Dejan 167 Muertes Desde El 2000. [Electronic(1)]. marzo 23. [Consultado el mayo2017]. Disponible en: <http://www.elpais.com.co/colombia/ataques-del-eln-a-cano-limon-covenas-dejan-167-muertes-desde-el-2000.html>

¹¹⁴ Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC. Gestion del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogota. D.C: El instituto,2009.86

¹¹⁵ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. BOGOTA DC.:El instituto,2010.38p

Para ello se utilizara un cuadro de equivalencia y nivel de deficiencia adaptada por la GTC 104 de la NFPA 704 (National fire protection Assosiation).

El crudo transportado por el tramo del oleoducto caño limón- Coveñas es un crudo intermedio, con una gravedad de 29 °API, además según datos de la occidental de Colombia tiene un punto de inflamabilidad de 45°F y es capaz de detonar fácilmente a condiciones normales de temperatura por otro lado con exposiciones muy cortas puede causar la muerte o daños permanentes en la salud de los operarios o de los habitantes de la comunidad de San José de la pesquera. Mediante esta información ya es posible clasificar el nivel de deficiencia como MUY ALTO como se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Determinacion de el nivel de deficiencia del riesgo basado en la GTC 45

Nivel de Deficiencia (Tabla 2. Determinación Nivel de Deficiencia)	Nivel de peligrosidad	Salud	Inflamabilidad	Reactividad
MUY ALTO	4	Sustancias o Mezclas que con una muy corta exposición puedan causar la muerte o daño permanente aún en caso de atención médica inmediata. Ej. Ácido Fluorhídrico.	Sustancias o Mezclas que se vaporizan rápido o completamente a la temperatura a presión atmosférica ambiental, o que se dispersan y se quemem fácilmente en el aire, como el propano. Tienen un punto de inflamabilidad por debajo de 23 °C (73 °F).	Fácilmente capaz de detonar o descomponerse explosivamente en condiciones de temperatura y presión normales Ej. Nitroglicerina, RDX.
ALTO	3	Sustancias o Mezclas que bajo una corta Exposición, pueden causar daños temporales o permanentes aunque se dé pronta atención médica. Ej. Hidróxido de potasio.	Líquidos y sólidos que pueden encenderse en casi todas las condiciones de temperatura ambiental, como la gasolina. Tienen un punto de inflamabilidad entre 23 °C (73 °F) y 38 °C (100 °F).	Capaz de detonar o descomponerse explosivamente pero requiere una fuente de ignición, debe ser calentado bajo confinamiento antes de la ignición, reacciona explosivamente con agua o detonará si recibe una descarga eléctrica fuerte Ej. Flúor.
MEDIO	2	Sustancias o Mezclas que bajo su exposición intensa o continua puede causar incapacidad temporal o posibles daños permanentes, a menos que se de tratamiento médico rápido. Ej. Trietanolamina.	Sustancias o Mezclas que deben calentarse moderadamente o exponerse a temperaturas altas antes de que ocurra la ignición, como el petrodiesel. Su punto de inflamabilidad oscila entre 38°C (100 °F) y 93 °C (200 °F).	Experimenta cambio químico violento en condiciones de temperatura y presión elevadas, reacciona violentamente con agua o puede formar mezclas explosivas con agua Ej. Fósforo, compuestos del potasio, compuestos del sodio.
BAJO	1	Sustancias o Mezclas que bajo su exposición causan irritación pero sólo daños residuales menores aún en ausencia de tratamiento médico. Ej. Glicerina.	Sustancias o Mezclas que deben precalentarse antes de que ocurra la ignición, cuyo punto de inflamabilidad es superior a 93 °C (200 °F).	Normalmente estable, pero puede llegar a ser inestable en condiciones de temperatura y presión elevadas (Ej. Acetileno).
	0	Sustancias o Mezclas que bajo su exposición en condiciones de incendio no ofrecen otro peligro que el de material combustible ordinario. Ej. Hidrógeno.	Sustancias o Mezclas que no se queman, como el agua, expuestos a una temperatura de 815.5 °C (1500 ° F) por más de 5 min.	Normalmente estable, incluso bajo exposición al fuego y no es reactivo con agua Ej. Helio

Fuente: Guía técnica Colombiana GTC 45

Para asignar un valor de deficiencia la GTC 45 brinda las siguientes equivalencias: Para un nivel de deficiencia MUY ALTO (MA) se le asignara un valor de 10, para un nivel ALTO (A) se le asignara un valor de 6, para un nivel MEDIO (M) se le asignara un valor de 2 y para un nivel BAJO (B) no se le asignara ningún valor. Es decir, **el valor del nivel de deficiencia para este caso es de 10.**

- DETERMINACION DE EL NIVEL DE EXPOSICION:

El nivel de exposición como se mencionó en el cuadro, es la exposición que se tiene a ese peligro durante la jornada laboral, para esto la guía brinda una tabla que permite determinar el valor del mismo. En la tabla 10 se puede observar el nivel de exposición.

Tabla 10. Nivel de exposicion del riesgo basado en la GTC 45

Nivel de exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Fuente: Guía técnica Colombiana GTC 45

Una vez se ha presentado rotura de la tubería por corrosión se requiere presencia de ingenieros y operarios que controlen en el menor tiempo el incidente. Razón por la cual la exposición a la sustancia se presenta sin interrupción o con tiempo prolongado durante el tiempo que dure la jornada laboral. De esta manera se le asigna al **nivel de exposición un valor de 4.**

- DETERMINACION DE EL NIVEL DE PROBABILIDAD:

- Una vez se ha determinado el valor para el nivel de deficiencia y para el nivel de exposición se puede proceder a determinar el nivel de probabilidad, el cual no es más que la intersección dada en una tabla por los valores de exposición y deficiencia y se puede calcularde la siguiente manera en la tabla 11:

Tabla 11. Determinación del nivel de probabilidad

Niveles de probabilidad		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA - 40	MA - 30	A - 20	A - 10
	6	MA - 24	A - 18	A - 12	M - 6
	2	M - 8	M - 6	B - 4	B - 2

Fuente: Guía técnica Colombiana GTC 45

Una vez interceptados los dos valores, se obtiene un **nivel de probabilidad Muy Alto entre 40 y 20**, por lo cual se puede interpretar que la rotura de la tubería por corrosión es una situación deficiente con exposición continua y la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.

DETERMINACION DE EL NIVEL DE CONSECUENCIA:

Para evaluar el nivel de consecuencia es necesario tener en cuenta la consecuencia directa más grave que se pueda presentar en la actividad valorada. En este caso es la fatalidad, En la tabla 12 se puede observar la determinación del nivel de consecuencia.

Tabla 12. .Determinación del nivel de consecuencia

Nivel de Consecuencias	NC	Significado
		Daños personales
Fatal o Catastrófico (M)	100	Muerte (s)
Muy grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (Incapacidad permanente parcial o invalidez).
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT).
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad.

Fuente: Guía técnica Colombiana GTC 45

- DETERMINACION DE EL NIVEL DEL RIESGO

Después de hallar el nivel de probabilidad y el nivel de consecuencia es posible determinar el nivel de riesgo combinando los niveles en la tabla de determinación del riesgo dada por la guía de la siguiente forma en la tabla 13.

Tabla 13. Determinación del nivel de riesgo

Nivel de riesgo y de intervención NR = NP x NC		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1000	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500 – 250	II 200-150	III 100- 50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Fuente: Guía técnica Colombiana GTC 45

La determinación del nivel del riesgo será pieza clave para determinar la aceptabilidad del mismo más adelante, ya que para la guía cada nivel tiene un significado correspondiendo así a un rango de aceptabilidad.

De esta manera se puede concluir que la rotura de la tubería por corrosión, tiene un nivel de riesgo I convirtiéndolo en una situación crítica y a la vez no aceptable que requiere con urgencia intervención.

Esta metodología deberá realizarse para cada uno de los eventos encontrados durante la etapa de análisis del riesgo, para garantizar que exista una gestión adecuada para cada uno de los riesgos presentes en el proyecto.

Una evaluación adecuada de los riesgos desde el ámbito de seguridad y salud ocupacional que permita darle un posterior tratamiento a los mismos puede disminuir el nivel de los riesgos desde un ámbito económico, medio ambiental, de afectación a los clientes y de imagen de la empresa. Para analizar dichos riesgos existen otro tipo de metodologías como la matriz RAM.

11.4.2 Matriz RAM

Para la evaluación de los riesgos seleccionados durante el análisis de riesgos, se utilizara la metodología RAM (Risk Assessment Matrix). La metodología de la matriz de valoración de riesgos (RAM) se debe utilizar como herramienta de decisión para el manejo de riesgos que impliquen consecuencias para las personas, el ambiente, los clientes, los bienes y la imagen de ECOPETROL S.A.

La matriz RAM es una herramienta sencilla y fácil de usar, la cual se basa en la experiencia de quienes la aplican en la realización de la actividad que se valora: la matriz de valoración de riesgos RAM. ¹¹⁶

¹¹⁶ ECOPETROL S.A. Uso De La Matriz De Valoración De Riesgos - Ram. [Electronic(1)]:2008. 13

La matriz RAM se divide en 6 niveles de gravedad que se clasifican de acuerdo a la categoría que se quiere evaluar, dichas categorías son: los daños a las personas, la consecuencia económica, los efectos en el medio ambiente, la afectación al cliente y el impacto en la imagen de la empresa.

A continuación se puede observar en la tabla 14 el análisis de los efectos en el medio ambiente y la manera metodológica de utilizarlo.

Tabla 14. Efectos en el medio ambiente según la matriz RAM

No.	DESCRIPCIÓN
0	Sin efectos: Sin afectación ambiental. Sin modificaciones en el medio ambiente.
1	Efectos Leves: Emisiones o descargas con afectación ambiental leve y temporal, y dentro de las instalaciones. Acciones de remediación en el inmediato plazo. No existe contaminación
2	Efectos menores: Emisiones o descargas menores, con afectación al medio ambiente dentro de las instalaciones, sin efectos duraderos, ó que requieren medidas de recuperación en el corto plazo, ó una única violación a los límites legales ó actos administrativos ó una única queja registrada (call center o escrita) ante organismos gubernamentales. No existe contaminación
3	Contaminaciones localizadas: Emisiones o descargas limitadas con contaminación ambiental localizada en predios vecinos y/o el entorno, ó que requiere medidas de recuperación en el mediano plazo, ó repetidas violaciones de los límites legales ó actos administrativos ó varias quejas registradas (call center o escrita) ante organismos gubernamentales.
4	Contaminaciones mayores: Emisiones o descargas que causan contaminación ambiental dispersa o grave ó que requiere medidas de recuperación en el largo plazo, ó violaciones prolongadas a los límites legales o actos administrativos, ó molestia generalizada de la comunidad, registrada (call center o escrita) ante organismos gubernamentales.
5	Contaminaciones irreparables: Emisiones o descargas que causan un daño ambiental irreparable en un área extensa o en áreas de uso recreativo o de preservación de la naturaleza; ó constante violación de los límites legales o actos administrativos. Requiere medidas de compensación por daños irreparables.

Fuente: Ecopetrol

Como se observó durante el análisis de los riesgos la corrosión Externa, ha ocurrido en la empresa por falta de mantenimiento específicamente en la estación de Morrosquillo y además ha ocurrido a nivel mundial en la industria como es el caso de la costa de Santa Bárbara en Estados Unidos.

La causa con mayor evidencia de ocurrencia es la corrosión por CO₂, ya que se detectó desprendimiento del recubrimiento de polietileno en la sección afectada, permitiendo el ingreso de agua e invalidando la protección catódica, dejando que se desarrollara la corrosión. La cual a su vez es causa principal de la rotura de tuberías que generan derrames.

Una vez ocurre un derrame los hidrocarburos pueden afectar el medio ambiente a través de varios mecanismos por ejemplo: Asfixia con efectos en las funciones fisiológicas, toxicidad química que genere efectos letales o subletales provocando

el deterioro de funciones celulares de cualquier especie, generando cambios ecológicos destacando la pérdida de organismos clave en una comunidad y la conquista de hábitat por parte de especies oportunistas y efectos indirectos como la pérdida de hábitat o refugio dando como resultado la eliminación de especies con pérdidas ecológicas. De esta manera se puede concluir que ha ocurrido en la empresa y además ha ocurrido en varias veces en el departamento o industria para este caso, sin embargo para el análisis se selecciona la característica con mayor nivel de riesgo. Por otro lado la contaminación se clasifica como un nivel de riesgo 5 con nivel irreparable, teniendo en cuenta la información brindada y el análisis que nos da la tabla 15 para la afectación del medio ambiente.

Combinando los dos valores se obtiene la intersección observada en la tabla 15.

Tabla 15. Matriz RAM de ECOPETROL asociada al riesgo ambiental

Ecopetrol		DIRECCIÓN DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL					ECP-DRI-F-045				
		MATRIZ DE VALORACIÓN DE RIESGOS - RAM					ACT. 2 1/1				
							31 de Marzo de 2008				
Para mayor información sobre el uso y manejo de este formato consulte instructivo ECP-DRI-1-007											
CONSECUENCIAS						PROBABILIDAD					
Personas	Economicas	Ambiental	Clientes	Imagen de la Empresa		A	B	C	D	E	
						No ha ocurrido en la industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Unidad, Subentendimiento o Departamento	
Una o mas fatalidades	Catastrófica > \$10M	Contaminación Irreparable	Veto como proveedor	Internacional	5	M	M	H	H	X	
Incapacidad permanente (parcial o total)	Grave \$1M a \$10M	Contaminación Mayor	Pérdida de participación en el mercado	Nacional	4	L	M	M	H	H	
Incapacidad temporal (>1 día)	Severo \$100k a \$1M	Contaminación Localizada	Pérdida de clientes y/o desabastecimiento	Regional	3	N	L	M	M	H	
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10k a \$100k	Efecto Menor	Cuejas y/o reclamos	Local	2	N	N	L	L	M	
Lesión leve (primeros auxilios)	Marginal <\$10k	Efecto Leve	Incumplir especificaciones	Interna	1	N	N	N	L	L	
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N	

Fuente: ECOPETROL -Editado por el autor

Así se obtiene un nivel de riesgo intolerable, que sugiere buscar alternativas. La matriz RAM también cuenta con tablas de clasificación de acuerdo a los niveles de riesgo obtenidos Mediante la aplicación del cuadro 13.

Cuadro 13. Nivel de riesgo según la matriz RAM

COLOR	RIESGO	TOMANDO DECISIONES	PARA EJECUTAR TRABAJOS
VH	Muy Alto	Intolerable.	Buscar alternativas. Si se decide hacer el trabajo, la alta dirección (Vicepresidente o Director) define el equipo para la elaboración del ATS y lo aprueba.
H	Alto	Deben buscarse alternativas que presenten menor riesgo. Si se decide realizar la actividad se requiere demostrar cómo se controla el riesgo y los cargos de niveles iguales o superiores a Gerente, Gerente General, Gerente de Negocio o Jefe de Unidad deben participar y aprobar la decisión.	Buscar alternativas. Si se decide hacer el trabajo, el Gerente, Gerente General, Gerente de Negocio, Jefe de Unidad o Jefe de Departamento del área involucrada nombra el equipo para elaborar ATS y lo aprueba.
M	Medio	No son suficientes los sistemas de control establecidos; se deben tomar medidas que controlen mejor el riesgo.	El coordinador nombra el equipo para elaborar ATS y lo aprueba.
L	Bajo	Se deben gestionar mejoras a los sistemas de control establecidos (procedimientos, listas de chequeo, responsabilidades, protocolos, etc.).	Efectuar Tres Ques: <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué puede salir mal o fallar? • ¿Qué puede causar que algo salga mal o falle? • ¿Qué podemos hacer para evitar que algo salga mal o falle?
N	Ninguno	Riesgo muy bajo, usar los sistemas de control y calidad establecidos (procedimientos, listas de chequeo, responsabilidades, protocolos, etc.)	

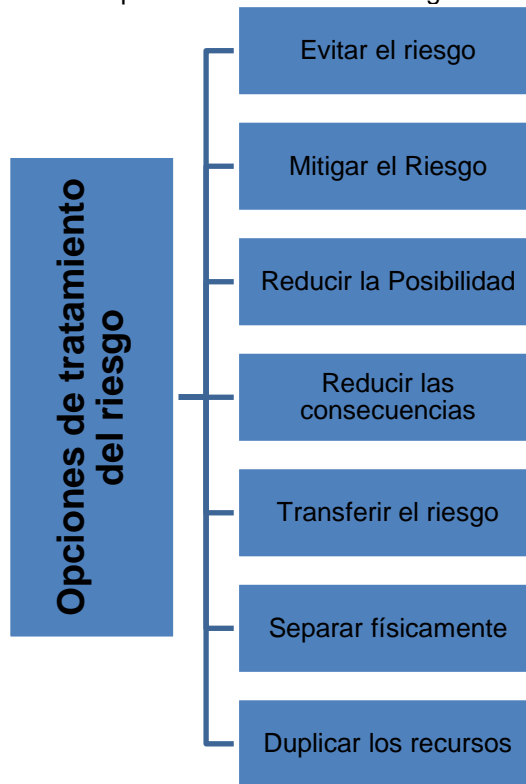
Fuente: ECOPELROL

Según las indicaciones de la matriz RAM el riesgo global de un incidente se debe clasificar de acuerdo la categoría de consecuencia más crítica, para este caso sería el ámbito ambiental.

11.5 TRATAMIENTO DEL RIESGO

El tratamiento de los riesgos se debe realizar cuando los riesgos no son tolerables permitiendo identificar el rango de opciones para minimizar los efectos adversos en el ambiente. Las opciones de tratamiento dadas por la guía GTC 104 se pueden ver resumidas en el cuadro 14.

Cuadro 14. Opciones de tratamiento según GTC 104



Fuente: Autor

11.5.1 Opciones de tratamiento para la corrosión en tuberías:

Evitar el riesgo:

Al evitar el riesgo se pretende evitar la exposición al peligro, lo cual sugiere adoptar procesos o materiales alternativos. Las soluciones metalúrgicas pueden ser elementos efectivos para combatir la corrosión sin embargo sus costos suelen superar los límites económicos de los proyectos. Un ejemplo de esto es el Iridio, el cual es el elemento más resistente a la corrosión, sin embargo la fabricación de las tuberías y demás estructuras en este material resultaría insostenible¹¹⁷

Mitigar el riesgo:

- Una línea de defensa contra la corrosión son los inhibidores de corrosión los cuales existen en diversidad de tipos y aplicaciones y su principal objetivo es interrumpir el proceso electroquímico por el cual se forma la celda de corrosión entre el metal y los líquidos presentes en la tubería.

¹¹⁷ NUSHA ,Bruce, et al. La corrosión: La lucha mas extensa. Oilfield review.vol. 28, no. 2, p. 16

- Formadores de películas: su acción consiste en crear una capa continua entre el metal y los fluidos reactivos, reduciendo el ataque de los elementos corrosivos. Son eficaces para reducir la corrosión por CO₂ Y H₂S
- Protección catódica: La cual se basa en el movimiento de los electrones desde un ánodo externo hasta el material que se pretende proteger de la corrosión.

Reducir la posibilidad:

Las acciones para reducir la posibilidad de corrosión deben incluir un diseño de procesos y controles, el seguimiento continuo de su cumplimiento del cumplimiento, el mantenimiento preventivo, la capacitación, la supervisión, las auditorías y las revisiones.

Reducir las consecuencias:

Planificar y preparar respuestas ante contingencias y emergencias. Según fuentes informativas los planes de contingencia de las empresas concesionadas se encuentran desactualizados y el país no cuenta realmente con una estrategia institucional para la prevención de derrames.

Transferir el riesgo:

De esta manera la organización puede solicitar soporte o compartir el riesgo. Un ejemplo de esto puede ser la compra de pólizas de seguros por corrosión exclusivamente ya que en caso de generarse un derrame el daño ambiental quedara en manos de la organización por generar la contaminación.

Retener el riesgo:

Los riesgos que no se puedan transferir, deberán ser retenidos, como es el caso del derrame. Por lo cual será necesario incluir planes ante emergencias y desastres así como planeación de estrategias de recuperación.

Separar físicamente:

La separación del medio ambiente de la fuente de peligro mediante barreras físicas o zonas de amortiguación. Desde un punto de vista químico y mecánico los revestimientos de las superficies pueden brindar la resistencia necesaria para evitar la corrosión. También pueden aplicarse cerámicas inorgánicas para proteger las superficies y aislarlas del medio que las rodea.

Duplicar recursos:

Para preservar algunas especies vegetales o animales que se puedan ver afectadas por la contaminación por derrames podría resultar conveniente introducir poblaciones de las mismas.

11.5.2 Valoración de las opciones para el tratamiento del riesgo:

Una vez se tienen las opciones de tratamiento para el riesgo es necesario valorar las mismas, esto se debe hacer teniendo en cuenta sus beneficios potenciales, su eficacia y el costo de implementación y la introducción de nuevos riesgos o problemas. Las opciones elegidas deben optimizar la reducción de impacto ambiental y los costos del mismo.

Es importante tener en cuenta que las medidas de tratamiento reducen riesgos de fuentes identificadas, pero desafortunadamente la implementación de una medida de tratamiento puede introducir nuevos riesgos ambientales.

11.6 Comunicación y consulta del riesgo

La comunicación y consulta será parte de cada etapa del proceso de gestión del riesgo. Es por esto que debe existir un plan de comunicación y consulta para cada una de las etapas mencionadas anteriormente. El proceso de comunicación y consulta según la guía GTC 104 hace énfasis en la importancia de comunicar el riesgo de corrosión, para ello es necesario comunicarse con las partes internas y externas y consultar con ellas según sea apropiado.

Un plan adecuado de comunicación debe incluir:

- El Por qué se requiere la comunicación y la consulta
- Si la comunicación será interna, externa o de ambos tipos
- Quienes están involucrados
- La manera en que se llevara a cabo el proceso de gestión del riesgo

11.7 Monitoreo y revisión

El proceso de monitoreo y revisión tiene como objetivo dar revisión al proceso de gestión de riesgos ambientales: para ello se pueden implementar varios métodos como:

- Monitoreo del ambiente
- Seguimiento y registro de perdidas e incidentes por corrosión
- Seguimiento de cada etapa del proceso
- Seguimiento del plan de tratamiento
- Uso de auditorías internas

12. ANALISIS DEL TRATAMIENTO DE RIESGOS AMBIENTALES EN OLEODUCTOS PARA COLOMBIA

La industria petrolera en Colombia ha reconocido la existencia de riesgos en todos los procesos y operaciones, incluyendo el transporte de hidrocarburos por oleoductos. Según EOPETROL, dichos riesgos pueden desviar a las compañías en el cumplimiento de sus objetivos operacionales y de protección al medio ambiente. De esta manera las empresas dedicadas al transporte de hidrocarburos en Colombia aplican una gestión sistemática de riesgos basado en 6 etapas: Planeación, Identificación, Evaluación, Tratamiento, Monitoreo y Comunicación.¹¹⁸

ECOPETROL identifica de manera global 3 tipos de riesgos y los clasifica como riesgos estratégicos, riesgos del entorno y riesgos operacionales, los cuales a su vez cuentan con estrategias de tratamiento y monitoreo sistemático que le permiten a la organización detectar el cumplimiento de los objetivos y así poder tomar decisiones oportunas.¹¹⁹

Si bien en Colombia han existido derrames por causas accidentales, la mayoría de estos se atribuyen a atentados terroristas o actos ilegales como el robo del crudo en tramos de los oleoductos. Por este motivo cada uno de las empresas cargadas de operar los oleoductos cuenta con su departamento de gestión del riesgo basado en los principales riesgos asociados a su contexto y entorno inmediato.

12.1 PROGRAMA DE GESTION DEL RIESGO PARA LOS PRINCIPALES OLEODUCTOS DE COLOMBIA

- Programa de gestión de integridad oleoducto central ocensa:

Dicho programa se aplica en las áreas clave que componen al oleoducto es decir plantas ductos y terminal. Allí se abarca los aspectos más importantes para el tratamiento del riesgo orientado a mitigar los riesgos en la operación y la integridad del sistema del transporte de Ocensa. Es así como para el año 2015, el oleoducto reportó continuidad del servicio de transporte sin reportes de afectaciones a las personas o al medio ambiente gracias a este programa, además la compañía se convirtió en pionera en Latinoamérica por la implementación de tecnologías nuevas para la valoración de la integridad.¹²⁰

¹¹⁸ ECOPETROL S.A. Reporte Integrado De Gestion Sostenible. [Electronic(1)]:Bogotá, Colombia.: 2011.

¹¹⁹ ECOPETROL. Gestion De Riesgos De ECOPETROL. [Electronic(1)]. 29 de junio. [Consultado el abril2017]. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/gestion-de-riesgos-en-ecopetrol>

¹²⁰ OCENSA. Informe De Sostenibilidad OCENSA. Colombia. Disponible en: https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2017/358931/original/INFORME_DE_SOSTENIBILIDAD_OCENSA__2015.pdf?1486178344

- Planes de contingencia y emergencia del oleoducto alto magdalena:

En el plan de contingencia y emergencia elaborado por la empresa Hocol (operadores del oleoducto), se destacan los riesgos por derrame del hidrocarburo, riesgos por incendios y riesgos por explosiones.

Dichos riesgos han sido socializados por la entidad a las autoridades, organismos de socorro y las comunidades de los 17 municipios por donde atraviesa el oleoducto en el Tolima. Así, la empresa cuenta con obras de mantenimiento preventivo y correctivo, mantenimiento de líneas, sistemas de control y medición, capacitación y entrenamiento y sistemas de divulgación¹²¹

- Política de gestión de riesgos del oleoducto de Colombia

Oleoducto de Colombia S.A. es una empresa subsidiaria de Ecopetrol, y cuenta con cinco actividades que forman el ciclo de gestión de riesgos (identificar, evaluar, tratar, monitorear y comunicar). Para hacer un correcto tratamiento de los riesgos la empresa considera la probabilidad y el impacto de los riesgos definiéndolos en la matriz RAM, la cual es diseñada y valorada por el Líder de Gestión de Riesgos¹²²

- Sistema de gestión integral de riesgos oleoducto de los llanos orientales:

Para el año 2010 la sucursal de Colombia de ODL S.A. introdujo el sistema integral de gestión del riesgo buscando establecer una cultura que incorpore el manejo de eventos o situaciones no previstas y generando lineamientos de gestión integral que faciliten la toma de decisiones informadas, evaluando diferentes escenarios para garantizar sus buenos resultados y minimizar los impactos negativos. Al igual que las demás compañías ODL incorpora una metodología basada en la identificación, evaluación, tratamiento y comunicación de los riesgos ¹²³

- Bicentenario

El enfoque del tratamiento de los riesgos del oleoducto bicentenario se caracteriza por: prevenir y mitigar oportunidades de riesgos, identificar oportunidades de mejora de procesos, establecer una estructura organizacional encargada de administrar los

¹²¹ Gobernacion del Tolima. Hocol Presento Plan De Contingencia y Emergencia Del Oleoducto Del Alto Magdalena. [Electronic(1)]. 2017]. Disponible en: <http://tolima.gov.co/publicaciones/2381/hocol-presento-plan-de-contingencia-y-emergencia-del-oleoducto-del-alto-magdalena>

¹²² Oleoducto de Colombia S.A. Política De Gestión De Riesgos. [Electronic(1)]. Disponible en: <https://www.oleoductodecolombia.com/Documents/ODC-Politica-de-Gestion-de-Riesgos-25.01.2017.pdf>

¹²³ Oleoducto de los Llanos Orientales S.A. Informe De Gestión. [Print(0)]. Disponible en: https://www.odl.com.co/odl/images/rse/pdf_files/INFORME_2010/INFORME-ODL-2010.pdf

riesgos, asegurar procesos y reducir riesgos que puedan afectar el cumplimiento de los objetivos y motivar una cultura de la prevención entre los colaboradores.¹²⁴

- Caño limón- Coveñas y oleoducto trasandino:

Al igual que en los demás oleoductos Caño Limón –Coveñas y Trasandino, realizan una gestión de riesgos sistemático, basada en identificar, evaluar tratar, monitorear y comunicar los riesgos. Sin embargo allí se suma un factor de riesgo muy alto relacionado con la ocurrencia de atentados terroristas, secuestros, homicidios, extorsiones y bloqueos de vías por protestas sociales.

Los riesgos mencionados anteriormente se encuentran relacionados con actividades humanas que pueden resultar impredecibles y pueden tornar más compleja la situación en el momento de tratarlos ya que a esto se le debe sumar factores de tiempo, topografía, condiciones climáticas, condiciones sociales y la sorpresa del acontecimiento.¹²⁵ Por tal motivo el tratamiento del riesgo requiere de una estrategia que mitigue el impacto de los atentados a la infraestructura, basándose a su vez e cambios de opinión y concepciones culturales por parte de los pobladores y el gobierno nacional que muestren la explotación de hidrocarburos como un espacio propio donde la afectación es compartida y no es una problemática exclusiva de la industria petrolera.¹²⁶

12.2 TECNICAS DE TRATAMIENTO DEL RIESGO POR ECOPETROL

Los sistemas de tratamiento para los riesgos aplicados en la actualidad a nivel mundial, incluyendo a Colombia se centran en la implementación de técnicas de prevención y predicción las cuales deben ser complementadas con técnicas de análisis, evaluación y descripción. ECOPETROL maneja una cultura de mantenimiento encaminada principalmente a las fases de predicción y corrección

¹²⁴Oleoducto bicentenario. Informe De Sostenibilidad. [Electronic(1)]. 2015. Disponible en: http://www.bicentenario.com.co/images/rse/pdf_files/informe_2015/flipbook/html5forpc.html?page=9&bbv=1&pcode=

¹²⁵ CARVAJAL, Luis y JARA, Fredy. Aspectos Técnicos Sobre Derrames De Crudo. Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de santander, 2005. p. 435.

¹²⁶ TRIVIÑO, Jose. Medidas De Seguridad Física En Prevencion y Acciones De Reparacion De Los Atentados Terroristas Al Oleoducto En La Region Sarare-Arauca (Colombia). Bogota- Colombia.: Universidad Militar Nueva Granada, 2013.

- **TÉCNICAS EMPLEADAS:**

Las técnicas que actualmente emplean ECOPETROL y las empresas filiales encargadas del tratamiento de hidrocarburos en Colombia realizan las siguientes técnicas de mantenimiento:

- **El monitoreo con probetas y cupones (mantenimiento predictivo):**
Se basa en el empleo de muestras de un material de composición similar al de los oleoductos, siendo así una técnica de monitoreo que permite medir la pérdida de material por corrosión interna en el oleoducto.
- **Inspección con herramienta inteligente(Mantenimiento preventivo):**
Permite la inspección interna y externa de grandes extensiones de tubería, sin importar si esta se encuentra enterrada o revestida. Dicha inspección se realiza introduciendo pistones de movimiento libre que pueden detectar defectos de corrosión y se utiliza en ductos donde las condiciones adversas de medio ambiente y tiempo no permiten inspeccionar directamente.
- **SCAN (Mantenimiento preventivo):**
Utiliza equipos exteriores con palpadores y sensores que recolectan información permiten la detección de corrosión generalizada y daño por soldaduras

Como complemento a estas técnicas de mantenimiento ECOPETROL emplea otras técnicas que en conjunto permiten constituir un procedimiento completo de evaluación, inspección y mantenimiento:

- **Inspección visual:** Permite detectar defectos en la superficie exterior del ducto siempre y cuando este no se encuentre enterrado.
- **Líquidos penetrantes:** Permite analizar discontinuidades superficiales en conexiones de accesorios y juntas soldadas de tuberías.
- **Partículas magnéticas:** Detecta discontinuidades superficiales y sub-superficiales en los oleoductos.
- **Ultrasonido:** Detecta y dimensiona discontinuidades internas y permite medir el espesor de la pared en el componente.
- **Radiografía:** Permite identificar claramente la existencia de fallas aprovechando la facilidad con que los rayos x penetran materiales opacos.
- **Emisión acústica:** Detecta la actividad de un defecto bajo la acción de una carga, presión o esfuerzo.

Las técnicas anteriormente expuestas reflejan el enfoque encaminado principalmente a la fase de predicción y corrección que emplea ECOPETROL, dichas fases emplean técnicas de monitoreo, inspección, reparación y cambio de equipos e infraestructura, pero no se da un verdadero enfoque al mejoramiento

continuo que podría ser clave para disminuir los costos asociados a estas actividades.¹²⁷

12.3 PROYECTO DE CONSERVACION DE INFRAESTRUCTURAS:

En Colombia se presenta un especial cuidado en el mantenimiento de equipos y estructuras que hacen parte de la infraestructura de transporte, resaltando las estaciones de bombeo que son subutilizadas o se encuentran en periodos de bajo uso, que si llegasen a ser marginadas por completo de operación pueden afectar su integridad técnica haciendo necesaria la inversión en nuevos equipos para reutilizarla, demandando más recursos de reposición.

El instituto Colombiano de Petróleo ICP ha diseñado mejores prácticas para el mantenimiento de equipos, creando un procedimiento de preservación para cada equipo de forma individual. Un ejemplo de esto son las bombas centrifugas, los motores y las turbinas, los cuales son susceptibles a deteriorarse con gran rapidez si no se le realiza una práctica periódica y sencilla de preservación.¹²⁸

12.4 PLANES DE CONTINGENCIA EN COLOMBIA

Un plan de contingencia es una herramienta de coordinación interinstitucional entre las instancias de prevención y atención de desastres, las autoridades ambientales y el sector hidrocarburifera, que permite optimizar y fortalecer las acciones de prevención y atención de derrames.

A nivel de Colombia, los planes de contingencia para contrarrestar los impactos económicos y ambientales generados por un derrame, se encuentran plasmados en el Plan Nacional de Contingencia Contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en Aguas Marinas, Fluviales y Lacustres, establecido por el Decreto N° 321 del 17 de febrero de 1999¹²⁹

Técnicas de respuesta a derrames de crudo

Independientemente de si el crudo es derramado en tierra o en agua existen diferentes técnicas para hacerle frente a un derrame. Si se da el caso en que las operaciones de recolección de crudo expongan la vida de los operarios la seguridad del grupo encargado de solucionar el derrame debe prevalecer sobre cualquier otra

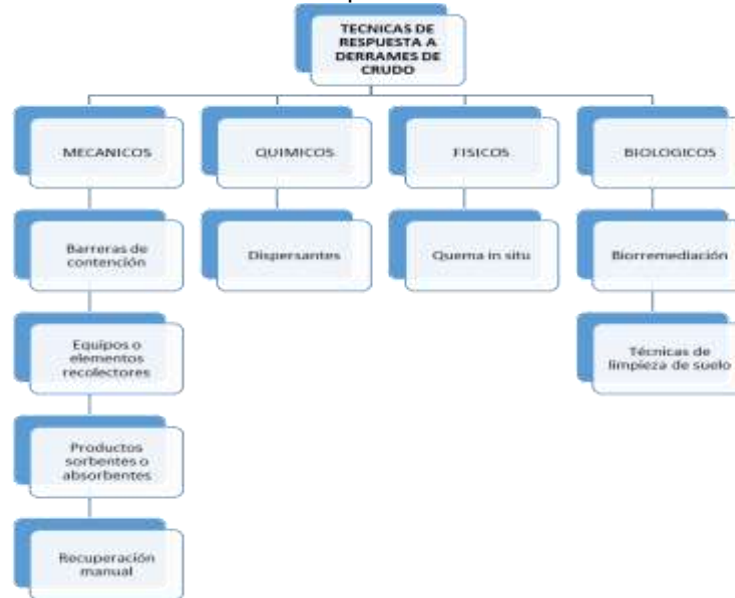
¹²⁷ LOPEZ,Ludwin. Estudio Del Sistema De Mantenimiento De La Infraestructura De Transporte De La Empresa Clombiada De Petroleos ECOPETROL S.A. Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de santander, 2005.

¹²⁸ LOPEZ,Ludwin. Estudio Del Sistema De Mantenimiento De La Infraestructura De Transporte De La Empresa Clombiada De Petroleos ECOPETROL S.A. Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de santander, 2005.

¹²⁹ CARVAJAL,Luis y JARA,Fredy. Aspectos Técnicos Sobre Derrames De Crudo. Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de santander, 2005. p. 435.

consideración. Las técnicas de respuesta pueden ser de tipo mecánico, químico, físico o biológico como se puede observar en el gráfico 15.

Cuadro 15. Técnicas de respuesta a derrames de crudo



Fuente: autor

Control de derrames en tierra:

Para controlar un derrame en tierra es necesario detener el esparcimiento del crudo mediante barreras de contención y confinar el mismo en un lugar adecuado para poder recolectarlo posteriormente.

Los equipos que se utilizan con esta finalidad son: maquinaria pesada para remoción de tierras, Materiales para ser usados como represas, bombas, tanques de almacenamiento y materiales sorbentes naturales y artificiales.

12.5 TRATAMIENTO DE RIESGOS ASOCIADOS A CONFLICTO ARMADO Y ACTIVIDADES ILEGALES

En el año 2012 la junta directiva de ECOPETROL tomó la decisión de separar el negocio del transporte del hidrocarburo de las demás etapas de la cadena productiva, con la idea de fortalecer los aspectos relacionados con el transporte, la logística y el almacenamiento de los hidrocarburos. Así se creó una nueva empresa filial especializada concebida como CENIT TRANSPORTE Y LOGISTICA DE HIDROCARBUROS.

- Válvulas ilícitas en Colombia:

La instalación de válvulas ilícitas es un procedimiento de alto riesgo relacionado a las altas presiones de bombeo del crudo y la acumulación de gases al interior del oleoducto capaz de ocasionar una explosión.

Para las compañías petroleras es muy difícil detectar dichas válvulas pues los delincuentes extraen crudo en pequeñas cantidades que no generan alertas de porcentajes de pérdidas de crudo y pasan desapercibidas para el personal de producción. Es así como las compañías contratan personal de seguridad que recorre las líneas de los oleoductos para monitorearlos permanentemente y poder detectar válvulas ilícitas mediante la observación e identificación de elementos extraños en el entorno como mangueras, tubos galvanizados, excavaciones, olores considerables a crudo y trazas de crudo en las fuentes hídricas y el terreno cercano.¹³⁰

- Atentados terroristas a la infraestructura Colombiana:

Los atentados a la infraestructura de transporte de crudo en COLOMBIA realizada por grupos al margen de la ley como el ELN Y las FARC afectan directamente las cifras de producción y metas del país. Debido a todos los atentados acontecidos históricamente las empresas han adoptado medidas para lograr mantener la producción y metas propuestas. De allí surgió la idea de crear zonas donde se asienten los complejos petroleros con protección de la fuerza pública y la creación de los Batallones Especiales Energeticos y Viales (BAEEV) La misión de los BAEEV tiene como misión contribuir a la seguridad de la infraestructura económica del país y desarrollar operaciones de combate irregular para la seguridad y la defensa de la fuerza y la infraestructura no solo de hidrocarburos, sino también de energética, minera y vial. De los 20 BEEV existentes en Colombia 14 se encargan del sector de los hidrocarburos exclusivamente.¹³¹

¹³⁰PINZON AREVALO, Otoniel. Seguridad Física En El Transporte De Hidrocarburos. Bogota.: Universidad militar nueva granada, 2015. p. 21.

¹³¹ISSA TEJEDA, Luis Fernando. Efectos Del Terrorismo En Los Oleoductos De Colombia. Bogota, Colombia.: Universidad militar nueva granada, 2015.

CONCLUSIONES

- Un factor primordial durante la gestión de riesgos en cualquier proyecto es el riesgo ambiental. La gestión del riesgo ambiental es un proceso sistematizado mediante el cual se identifica, analiza, evalúa y trata los diferentes riesgos de un proyecto que puedan afectar al medio ambiente además se encuentra ligada al análisis de los demás riesgos de la organización, ya sean operacionales, estratégicos o del entorno, ya que un tratamiento adecuado de cualquier tipo de riesgos puede llevar a disminuir la probabilidad de ocurrencia de un evento que amenace al medio ambiente.
- La gestión del riesgo ambiental busca mediante un conjunto de acciones controlar y prevenir eventos negativos relacionados con los ecosistemas, los bienes y los seres humanos que interactúan con la organización. Los esfuerzos realizados siempre serán enfocados a proteger el medio ambiente, los recursos y principalmente la vida humana.
- Los 8.500 kilómetros de redes de oleoductos que transportan el petróleo crudo a las terminales de Coveñas, Santa Marta, Buenaventura Y Tumaco, se ven enfrentadas en su recorrido a acciones de sabotaje, atentados terroristas y acciones ilegales. Es por esto que Ecopetrol y las entidades que operan cada oleoducto dirigen gran parte de su trabajo a la seguridad y la protección de los oleoductos, para garantizar el transporte del hidrocarburo desde su lugar de origen hasta el destino final.
- Colombia es un país con gran variabilidad climática, es por esto que en un mismo tramo del oleoducto, se potencializan amenazas naturales diferentes según sea la época del año, tales como inundaciones, sequías, deslizamientos, las cuales pueden ocasionar rotura de la tubería y o desestabilización de la misma.
- El principal riesgo ambiental al que se ven expuestos los oleoductos en Colombia, es el deterioro ambiental de áreas vulnerables afectadas por la presencia del hidrocarburo, dañando ecosistemas, biodiversidad, aguas de acueductos veredales etc. Los derrames de hidrocarburos son causados en su mayoría por acciones al margen de la ley, la principal causa proviene de los atentados terroristas y los intentos de hurto mediante la instalación de válvulas ilegales, como resultado de esto se han ocasionado 167 fatalidades desde el año 2000 hasta la fecha.
- La segunda causa de derrames de crudo por rotura de oleoductos en Colombia es la corrosión de las tuberías.

- Los incendios y las explosiones son las consecuencias más grave asociadas a la liberación accidental u ocasionada del hidrocarburo, así como la muerte de seres humanos por las mismas. Seguido a esto se encuentra la saturación del suelo y la contaminación de cuerpos de agua, la muerte de animales por intoxicación y las pérdidas económicas debido a la afectación de la pesca, ganadería y agricultura en las regiones cercanas a los oleoductos
- Las empresas en Colombia realizan la gestión de riesgos basándose en el ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar) Tal es el caso de ECOPETROL y las compañías encargadas de operar los oleoductos. La metodología aplicada por cada empresa para analizar los riesgos suele incluir un método de lluvias de ideas, análisis causa y efecto o “what-if?” y siempre es realizado por un comité de expertos en el tema.
- El proceso de evaluación de riesgo debe incluir seguridad y salud ocupacional, para garantizar la vida humana, esto es primordial en la planificación para la adecuada gestión de los riegos. Una gestión correcta de riesgos de seguridad puede ayudar a disminuir la amenaza no solo de riesgos ambientales sino también de riesgos operacionales y estratégicos.
- Todas las etapas de la gestión del riesgos son igual de importantes. Determinar el contexto, analizar el riesgo, evaluar el riesgo, darle un tratamiento y finalmente monitorear, todo esto debe realizarse continuamente. Las guías como la GTC 104 Y LA GTC 45, son de gran apoyo para realizar la evaluación de los riesgos, sin embargo es necesario complementar la teoría con algunos conceptos de expertos o normas técnicas.
- El tratamiento de los riesgos ambientales para oleoductos en Colombia, debe ser un tratamiento integral donde se involucre a la comunidad y a la sociedad en general, ya que la incertidumbre de la probabilidad de ocurrencia del riesgo aumenta cuando las posibles amenazas son causadas por actividades humanas.

RECOMENDACIONES

La gestión de riesgos ambientales es un punto clave y primordial en la gestión ambiental, es por eso que se recomienda a nivel académico incluir un curso de gestión de riesgos en las asignaturas de la especialización brindada por la universidad.

Para quien desee continuar este trabajo o darle una profundización a la gestión de riesgos ambientales en oleoductos de Colombia, se brindan las siguientes recomendaciones:

- Investigar a nivel económico y jurídico la importancia de la implementación de un plan de gestión de riesgos ambientales, sus ventajas y sus desventajas.
- El riesgo de corrosión en tuberías suele ser a nivel mundial la principal causa de rotura en tuberías, se recomienda realizar un análisis profundo acerca de la gestión del riesgo exclusivamente para la corrosión.
- Las consecuencias de la materialización de un riesgo por derrame, pueden ser variadas y diferentes según se presenten en zonas costeras, marítimas o terrestres, sin embargo debería profundizarse en los impactos generados por derrame de crudo en zonas terrestres.

BIBLIOGRAFIA

ALDANA, Néstor. Pérdidas y Normas De Seguridad En Tanques De Petróleo. [Print (0)]. [Consultado el abril2017]. Disponible en: <http://trabajos23/perdidas-petroleo/perdidas-petroleo.shtml>

AGENCIA EFE. Ataques a Caño Limón- Coveñas Dejan 167 Muertes Desde El 2000. [Electrónica (1)]. Marzo 23. [Consultado el mayo2017]. Disponible en: <http://www.elpais.com.co/colombia/ataques-del-eln-a-cano-limon-covenas-dejan-167-muertes-desde-el-2000.html>

AGUILAR OTERO, José; TORRES ARCIQUE, Roció y MAGAÑA JIMENEZ, Diana. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Vol. 25, p. 12

ALAN CHAPMAN. Análisis DOFA y análisis PEST

ALCALDIA DE ARAUCA. Estudio Básico De Amenazas Pbot Arauca. Arauca: 2014. 1-127

ANGELES AGUILA, Juan Carlos. Análisis de esfuerzos en ductos enterrados. Veracruz: Universidad Veracruzana. 2010. 84p

ARIAS ORTIZ, Angélica. Análisis del conflicto armado en cesar. Corporación nuevo arcoíris. Bogotá. 2007. 77p

ASOCIACION ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma UNE150008:2008.: El instituto.2009

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES-ANLA. Resolución 822 Del 16 De Agosto De 2013. POR LA CUAL SE ESTABLECE UN PLAN DE MANEJO

AMBIENTAL Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES. COLOMBIA: 2013. 1-72

AVELLANEDA, Alfonso. Petróleo e impacto ambiental en Colombia. En: ASOCIACION DE PROFESIONALES AL SERVICIO DEL ESTADO EN LA GESTION AMBIENTAL. p. 8

ÁVILA, Ariel Fernando. La frontera caliente entre Colombia y Venezuela. Corporación Nueva Arco Iris. Abril de 2012.

BAEZ, Yolanda, et al. Factores que Influyen en el Error Humano de los Trabajadores en Líneas de Montaje Manual. Julio 11.vol. 24, no. 6, p. 12

BARRIOS, Miguel. Emergencia Por Derrame De Crudo En Ciénaga De Tamalameque. [Electrónica (1)]. 11 abril. [Consultado el abril 20172017]. Disponible en: <https://www.pressreader.com/colombia/el-heraldo-colombia/20170411/281569470590149>

BENAVIDES GAIBOR, Luis. Ggestión, liderazgo y valores en la administración. Guayaquil. 2011.136p

BICENTENARIO PETROLEO POR COLOMBIA. Manual del transportador de oleoducto bicentenario de Colombia S.A.S. 2014. 55 P

CABEZA, Erika. Análisis del comportamiento geotécnico de oleoductos y gasoductos en deslizamientos de tierra.

CABRERA, Estupiñan y ALOMA, Alejandro. Sistema contra incendios para industria petrolera. En: RIHA. 10 abril de 2015.vol. 36, no. 3,

CALAO, Jorge. Caracterización Ambiental de la industria petrolera: Tecnologías disponibles para la prevención y mitigación de impactos ambientales.

CAMACHO GARCIA, Moredy y RANGEL PEDRAZA, Luz Mary. Análisis De Los Efectos Social, Económico y Ambiental Del Programa Familias Guardabosques En El Municipio De Arauquita Entre 2004 y 2008. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2008. p. 18-99.

CARACOL RADIO. Falta De Prevención Ocasiona Derrames De Crudo En El Golfo De Morisquillo. [Electrónica (1)]. 28 de mayo. [Consultado el abril2017]. Disponible en: http://caracol.com.co/radio/2015/05/28/regional/1432822380_782426.html

CARVAJAL ORTIZ, Luis; JARA GUTIERREZ, Freddy. Aspectos técnicos sobre derrames de crudo. Bucaramanga. 2005. 435 p
Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de Santander, 2005. p. 435.

CASTAÑEDA, Ernesto. Evaluación De Riesgos De Proceso En Instalaciones Industriales. 2001. 1-48

CASTELLANOS VARGAS, Alejandro. Estudio de la corrosión en estado transitorio en oleoductos mediante el uso de simulaciones basadas en elementos finitos. Bogotá: Universidad de los Andes. 2014. 49p

CHAPMAN, Chris. Stephen Ward. Project risk management. Segunda edición. Londres. 2003

COMUNIDAD DE MADRID. Análisis De Riesgos. [Madrid, España. 2016]. Disponible

en: [http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/2GestioneRiesgos\(AR\)_es.pdf](http://www.madrid.org/cs/StaticFiles/Emprendedores/Analisis_Riesgos/pages/pdf/metodologia/2GestioneRiesgos(AR)_es.pdf)

Cruz de castro, Francisco Jesús. Métodos Cuantitativos Para El Análisis De Riesgos. 1994. 127 p.

Cuba Educa. Petróleo Crudo. Cuba. [Consultado el febrero2017]. Disponible en: <http://educaciones.cubaeduca.cu/medias/pdf/2428.pdf>

DAZA LEGUIZAMON, Omar; SANABRIA MARIN, rigaud; VERA LOPEZ, Enrique. Áreas de alta consecuencia en la gestión de integridad de oleoductos. Revista facultad de ingeniería UPTC .2010¹ RENDON, José Gregorio. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN EN TUBERÍAS. 13 de febrero. 1-5

ECOPETROL S.A. Reporte Integrado De Gestión Sostenible. [Electrónica (1)];Bogotá, Colombia.: 2011.

ECOPETROL S.A. Uso De La Matriz De Valoración De Riesgos - RAM. [Electrónica (1)];2008. 13

ECOPETROL. Gestión De Riesgos De ECOPETROL. [Electrónica (1)]. 29 de junio. [Consultado el abril2017]. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/acerca-de-ecopetrol/gestion-de-riesgos-en-ecopetrol>

EFE. Indígenas no Permiten Reparar El Oleoducto Caño Limón Coveñas. [Electrónica (1)]. 23 de abril de 2014. [Consultado el 20 marzo2017]. Disponible en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/indigenas-no-permiten-reparar-oleoducto-cano-limon-cove-articulo-489113>

GALVIS, Yuli. Estudio De Los Procesos De Deshidratación De Crudo y Tratamiento De Aguas De Producción En La Estación PF2 Del Campo Caño Limón. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2007. p. 1-151.

GIL, Linda. Corrosión interna en la industria de petróleo y gas. En: FOURTH INTERNATIONAL MEETING FOR RESEARCHERS IN MATERIALS AND PLASMA TECHNOLOGY.

GOBERNACIÓN DE ARAUCA. Generalidades. [Print (0)]. Colombia. 20 diciembre. [Consultado el Febrero2017]. Disponible en: <https://www.arauca.gov.co/gobernacion/departamentos/generalidades>

GOBERNACION DEL TOLIMA. Hocol Presento Plan De Contingencia y Emergencia Del Oleoducto Del Alto Magdalena. [Electrónica (1)]. 2017]. Disponible en: <http://tolima.gov.co/publicaciones/2381/hocol-presento-plan-de-contingencia-y-emergencia-del-oleoducto-del-alto-magdalena>

GOMEZ GORDO, Esteban. Análisis de flexibilidad en sistema de tuberías. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. AÑO. 150P

GONZALEZ POSSO, Camilo. Petróleo y transformación de conflictos. INDEPAZ. Bogotá D.C. 2011. 60p

GONZALEZ, Hugo. Sistemas Integrados De Gestión. 13 DE NOVIEMBRE. [Consultado el Enero2017]. Disponible en: <https://calidadgestion.wordpress.com/tag/iso-14000-2/>

HOCOL. Manual del transportador Oleoducto Alto Magdalena. Sistema DAM. Bogotá. 2011. 68p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. BOGOTA DC.: El instituto, 2010.38p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Gestión del riesgo. Vocabularios. GTC 137. BOGOTA DC.: El instituto, 2011.8p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional. NTC OHSAS 18001. BOGOTA DC.: El instituto, 2007. 40p

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Gestión del riesgo ambiental, principios y procesos. GTC 104. Bogotá. D.C: El instituto, 2009.86

ISSA TEJEDA, Luis Fernando. Efectos Del Terrorismo En Los Oleoductos De Colombia. Universidad militar nueva granada, 2015. 21

ITOPF. Efectos de la contaminación por hidrocarburos en el medio ambiente.

KIEFNER, Jon y TRENCH, Cheryl. Oil Pipeline Characteristics and Risk Factors: Illustrations from the Decade of Construction. New York: American Petroleum Institute, 2001, 59p

LOPEZ CARREÑO, Ludwig Alfonso. Estudio Del Sistema De Mantenimiento De La Infraestructura De Transporte De La Empresa Colombiana De Petróleos

ECOPETROL S.A. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2005. p. 15-200.

LOPEZ, Ludwig. Estudio Del Sistema De Mantenimiento De La Infraestructura De Transporte De La Empresa Colombiana De Petróleos ECOPETROL S.A. Bucaramanga, Colombia.: Universidad industrial de Santander, 2005.

LOZANO, Roberto. Aplicación Del Método De Supervisión, Control y Adquisición De Datos (Scada) En Los Controladores Del Sistema De Reinyección Para Disposición De Agua Salada En La Selva Norte Del Perú. Lima, Perú.: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011. p. 100.

M.O. Lawal. Historical development of the pipeline as a mode of transportation. Apapa-lagos: Departamento de y planeación de la facultad de ciencias sociales. AÑO. 9p

MAIER, Riana. Microorganims and organic pollutants. In Environmental Microbiology. Segunda edición, Canadá.2000. 400p

MANJARES, Yeins y ZABALA, Leonardo. San José De La Pesquera. Con Ambiente De Progreso y Vías Pavimentadas. [Electrónica(1)]. [Consultado el 30 marzo2017]. Disponible en: <http://donpetroenlare.com/san-jose-de-la-pesquera-con-ambiente-de-progreso-y-vias-pavimentadas>

MATOS, José, et al. DESGASTE POR ABRASIÓN DEL ACERO API 5L X65 REVESTIDO CON NIOBIO POR ASPERSIÓN TÉRMICA A PLASMA Y CON INCONEL 625 POR SOLDADURA. En: DYNA. p. 97-103

MAYORGA, Milton. Inspección Física y Análisis Estructural Para Determinar La Operatividad De Un Tanque Cilíndrico vertical Para Almacenamiento De Fuel Oilde Acuerdo a La Norma API 653 LUEGO DE UN SINIESTRO. Guayaquil, Ecuador.: Escuela superior politécnica del Litoral, 2013. p. 1-232.

MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Económico. En: Plan Básico De Ordenamiento Territorial Municipio De Arauquita. 2000. 149-209 p.

MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Plan Básico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Arauquita. En: [Anónimo] Arauquita, Colombia: 2000. 447-733 p

MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Administrativo. En: [Anónimo] Plan De Ordenamiento Territorial Municipio De Arauquita. Arauquita, Colombia: 2000. 30-148 p.

MEJIA BERNAL, Ricardo Albeiro. Sistema Social. Plan Básico De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Arauquita. En: [Anónimo] Arauquita, Colombia: 2000. 447-733 p

MEJIA, Carlos. Evaluación De Los Problemas En Operaciones De Wellservice, Workover, Perforacion e Incorporacion De Nuevas Tecnologías a Las Condiciones Operativas Del Campo Caño-Limón. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2004. p. 129.

MIGUEL ANGEL. Válvula Ilegal En El Oleoducto Caño Limón Coveñas Halló El Ejército En Arauca. [Electrónica (1)]. [Consultado el 30 de marzo 2017]. Disponible en: <http://prensalibrecasanare.com/arauca/18245-vblvula-ilegal-en-el-oleoducto-caso-limun-covesas-hallu-el-ejycito-en-arauca.html>

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. AUTO. no. 0803: "Por el cual se ordena la apertura de una investigación ambiental". 2011. 1-16

MINISTERIO DE CULTURA. U'wa gente inteligente que sabe hablar. Colombia

MINISTERIO DE CULTURA. Zenu. La gente de Palabra. Colombia

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Cadena del petróleo. Unidad de planeación minero energética. Bogota. 2013. 207 p

MIRANDA, Darío y RICARDO, Rodríguez. Los Derrames de Petróleo en Ecosistemas Tropicales, Un Atentado Contra el Futuro. En: INNOVACION y CIENCIA. Vol. 10

MOLANO CAMPUZANO, Joaquín. Territorios Naturales ARAUCA. Colombia: sociedad geográfica de Colombia, 1968.

MUHLBAUER, Kent. Pipeline Risk Management Manual. Tercera ed. Estados Unidos: Elsevier, 2004. 422 p. ISBN 0-7506-7579-9

MURADAS SABELA. Matriz probabilidad de impacto. 2009

NUSHA, Bruce, et al. La corrosión: La lucha más extensa. Oilfield review. Vol. 28, no. 2, p. 16

OBSERVATORIO DEL PROGRAMA PRESIDENCIAL DE DERCHOS HUMANOS. Diagnostico Departamental Norte De Santander. Colombia: 2006. 19

OBSERVATORIO DEL PROGRAMA PRESIDENCIAL DE DERCHOS HUMANOS. Diagnostico Departamental Magdalena. Colombia: 2006. 19

OCCIDENTAL DE COLOMBIA. Plan De Manejo Ambiental Para La Operación, Mantenimiento y Optimización Del Oleoducto Caño Limón Coveñas: 2011.

OCENSA. Informe De Sostenibilidad OCENSA. Colombia. Disponible en: https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2017/358931/original/INFORME_DE_SOSTENIBILIDAD_OCENSA__2015.pdf?1486178344

OLEODUCTO BICENTENARIO. Informe De Sostenibilidad. [Electrónica (1)]. 2015. Disponible

en: http://www.bicentenario.com.co/images/rse/pdf_files/informe_2015/flipbook/html5forpc.html?page=9&bbv=1&pcode=

Oleoducto de Colombia S.A. Política De Gestión De Riesgos. [Electrónica (1)]. Disponible en: <https://www.oleoductodecolombia.com/Documents/ODC-Politica-de-Gestion-de-Riesgos-25.01.2017.pdf>

Oleoducto de los Llanos Orientales S.A. Informe De Gestión. [Print (0)]. Disponible en: https://www.odl.com.co/odl/images/rse/pdf_files/INFORME_2010/INFORME-ODL-2010.pdf

OLEODUCTO DE LOS LLANOS ORIENTALES S.A. Informe de sostenibilidad 2014.

P HOPKINS. PIPELINES: Past, present and future. Sidney: The 5th Asian Pacific IIW International Congress.2007.28p

PACHECO PACHECO, Manuel. Diseño, construcción y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos.Mexico: Comité de normalización de petróleos mexicanos y organismos subsidiarios. 2002. 119p

PANZAR, Javier. Corrosión Fue La Causa d La Ruptura De La Tubería Que Provoco Derrame De Petróleo. Los Ángeles, Estados Unidos. Junio 5. [Consultado el Abril2017]. Disponible en: <http://www.hoylosangeles.com/latimesespanol/hoyla-lat-corrosin-fue-la-causa-de-la-ruptura-de-la-tubera-que-provoco-derrame-petrolero-20150605-story.html>

PEREZ, Gerson. BOLIVAR: Industrial, agropecuario y turístico. Cartagena.2005. 130 p

PINZON AREVALO, Otoniel. Seguridad Física En El Transporte De Hidrocarburos. Bogotá.: Universidad militar nueva granada, 2015. p. 21.

PMBOK. Gestión De Los Riesgos Del Proyecto. [Print (0)]. 2017]. Disponible en: <http://uacm123.weebly.com/8-gestioacuten-de-los-riesgos-del-proyecto.html>

PONCE TALANCON, Humberto. La matriz toda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. 2007

POZA, Pedro. Mecanismos De Deformación y Rotura De Materiales Compuestos De Matriz Metálica. Madrid.: Universidad Complutense de Madrid, 1996. p. 1-191.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD. CESAR: Análisis de conflictividades y construcción de paz. Alianzas territoriales para la paz.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guía De Los Fundamentos Para La Dirección De Proyectos. Quinta ed. Pensilvania. Estados Unidos: 978-1-62825-009-1, 2013. 568 p. ISBN 978-1-62825-009-1

RADIO MONTERIA. Los Derrames De Crudo De El Golfo De Morosquillo Se Pudieron Prevenir. [Electrónica (1)]. 28 de mayo. [Consultado el abril 2017]. Disponible en: <http://monteriaradio38grados.com/web/los-derrames-de-crudo-en-el-golfo-de-morosquillo-se-pudieron-prevenir-contraloria-general/>

RCN Noticias. Grave Daño Ambiental y Menores Intoxicados Dejó Ataque Del ELN a Oleoducto Caño Limón. Colombia. Abril 28. [Consultado el mayo 2017]. Disponible en: <http://www.noticiarscn.com/nacional-regiones-oriente/grave-dano-ambiental-y-menores-intoxicados-dejo-ataque-del-eln-oleoducto>

RENDON, Jose Gregorio. Protección contra la corrosión en tuberías. p. 1-5

REYES, Rosero. Desarrollo De Un Algoritmo y Programa En Matlab Para Sistematizar y Automatizar Un Modelo Digital Hidrodinámico En Estado Estable De Un Oleoducto Para Transporte De Crudo Liviano. Escuela politécnica nacional, 2012.

RIO NEGRO S.A. Dantesco Incendio Paralizó El Bombeo De Crudo De La Región. Argentina. 8 de agosto. 2017]. Disponible en: <http://www1.rionegro.com.ar/arch200508/08/v08j60.php>

RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Sara. Diseño de metodología para minimizar el riesgo operativo en plantas pertenecientes al departamento de operaciones y mantenimiento sur. 2011. 277p

RODRIGUEZ, Manuel. Actualización Del Sistema De Control De La Estación Vascona-CIB Del Sistema De Poliductos De Ecopetrol Basándose En El Sistema ABB Industrial IT 800X4. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2011. p. 73.

ROJAS, Leonora; Ice Irina y Zuk Miriam. Introducción Al Análisis De Riesgos Ambientales. Segunda ed. México: secretaria de medio ambiente y recursos naturales, 2010. 220 p. ISBN 978-607-7908-26-5

ROSETO REYES, Pablo. Desarrollo de un algoritmo y programa en Matlab para sistematizar y automatizar un modelo digital hidrodinámico en estado estable de un oleoducto para transporte de crudo liviano. Quito: Escuela politécnica nacional. 2012. 131 p

RUMICHE, Francisco y INDACOCHEA, Ernesto. Estudios de Caso de Fallas y Accidentes en Gasoductos y Oleoductos. En: JOINING SCIENCE & ADVANCED MATERIALS RESEARCH LABORATORY. p. 10

S. Rana. Environmental risks - oil & gas operations Reducing compliance cost using smarter technologies. En: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS SPE. 4 de agosto.p. 11

S. Rana. Facts and data on environmental risk - oil gas drilling operations. En: SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS SPE. 22 de octubre.p. 21
SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Introducción al análisis de riesgos ambientales. Primera edición. México. 2003

SECRETARIA DE SALUD DE BOYACA. Análisis de situación de salud (ASIS) Fronterizo. Dirección técnica de salud pública. Cubara. 2011. 65p

SOLDANO, Álvaro. Conceptos sobre riesgo. Argentina, 2008, 5p.

SOTO, José Luis. Determinación de la vida útil de un oleoducto en servicio. En: CIENCIA y SOCIEDAD. Vol. 38, no. 2, p. 405-428

SPIG SISTEMA DE INFORMACION DE PETROLEO Y GAS COLOMBIANO. Atentados Oleoducto Caño Limón- Coveñas. [Electronic(1)]. 2016]. Disponible en: <http://www.sipg.gov.co/Inicio/SectorHidrocarburos/EstadisticasdePetroleo/Transporte/tabid/72/language/es-ES/Default.aspx>

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO. La Promoción De La Competencia En El Acceso a Oleoductos. [Consultado Octubre2016]. Disponible en: http://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Estudio%20Transporte%20por%20oleoducto.pdf

TRIVIÑO, José. Medidas De Seguridad Física En Prevención y Acciones De Reparación De Los Atentados Terroristas Al Oleoducto En La Región Sarare-Arauca (Colombia). Bogotá- Colombia.: Universidad Militar Nueva Granada, 2013.

U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Country Analysis brief: Colombia. 2016. 12p

USAQUEN LOPEZ, Jairo Ernesto. Principales Problemas Operacionales Para El Transporte De Crudo Pesado a Través Del Oleoducto Velásquez Galán y Recomendaciones Para Sus Posibles Soluciones. Bucaramanga.: Universidad industrial de Santander, 2004. p. 1-122.

VILORA DE LA HOZ, Joaquín. RIQUEZA Y DESPILFARRO: La paradoja de las regalías en Barrancas y Tolú. Cartagena. 2002. 94p

ZANDEJAS MORALES, Cecilia. Evaluación del Comportamiento no lineal de pérdidas de metal en tuberías de pared delgada bajo presión interna. MEXICO D.f.: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. 2008. 178p