



**EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS NANOSENSORES PARA SU  
APLICACIÓN EN LA DETECCIÓN DE FUGAS EN LOS OLEODUCTOS**

**FABIAN STIVEN GOMEZ BARVA 1102383322  
LAURA JULIANA MANOSALVA JAIMES 1102383964**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS  
MANEJO DE PETROLEO Y GAS EN SUPERFICIE  
BUCARAMANGA**

**30/10/19**



**Evaluación de las características de los nanosensores para su aplicación en la detección de fugas en los oleoductos**

**Fabián Steven Gómez Barva 1102383322**  
**Laura Juliana Manosalva Jaimes 1102383964**

**Trabajo de grado para optar al título de**  
**Tecnólogo en manejo de petróleo y gas en superficie**

**Director**  
**Ricardo Rosales Acevedo**

**Unidades Tecnológicas de Santander**  
**Facultad de ciencias naturales e ingenierías**  
**Manejo de petróleo y gas en superficie**  
**Bucaramanga**  
**30/10/19**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del jurado

---

Firma del Jurado

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo grado es dedicado principalmente a nuestros padres por la comprensión que nos dieron a cada minuto en el transcurso de la carrera, también a cada persona que puso mano en nuestro proyecto; como nuestro director Ricardo Rosales Acevedo, que creyó en nosotros a pesar de todos los altibajos en el desarrollo del proyecto, gracias al entusiasmo brindado por nuestro director, pudimos sacar esta tesis adelante donde cada palabra que nos decía nos volvía cada vez mejores, y principalmente este trabajo es dedicado Dios, por medio de su fortaleza estamos a punto de recibir el título de “Tecnólogo en Manejo de Petróleo y Gas en Superficie”.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, por guiarnos en este proceso y fortalecernos espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

Así, queremos mostrar nuestra gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, de este sueño que son tan importantes para nuestras vidas, tenemos en cuenta todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Nuestro más sinceros agradecimientos a nuestro director de proyecto, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que se pudiera desarrollar una clave de hechos que fueron imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.

Por último, queremos agradecer a la base de todo, a nuestras familias, en especial a nuestros padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y nuestra constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>111</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>122</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	122
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	133
1.3. OBJETIVOS .....	144
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	144
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	144
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>155</b>
2.1 Marco teórico.....	15
2.1.1 Sensor.....	15
2.1.2 ¿Qué es la nanotecnología?.....	17
2.1.3 Características de la nanotecnología.....	18
2.1.4 El impacto social de las nanotecnologías.....	19
2.1.5 ¿Qué es un nanosensor?.....	19
2.1.6 ¿Qué son Oleoductos?.....	20
2.1.6.1 ¿Cómo funciona un oleoducto?.....	22
2.1.6.2 Una gran obra de ingeniería.....	23
2.1.6.3 Seguridad en el entorno de oleoductos.....	24
2.1.6.4 Identificación de un oleoducto.....	24
2.1.6.5 Operación de los oleoductos.....	25
2.1.6.6 Fugas en los oleoductos.....	25
2.1.6.7 Ubicación de los principales oleoductos en Colombia	26
2.1.6.7.1 Oleoducto Caño Limón	28
2.1.6.7.2 Oleoducto Colombia	28
2.1.6.7.3 Oleoducto de Alto Magdalena	28
2.1.6.7.4 Oleoducto Ocesa	29
2.1.6.7.5 Oleoducto Trasandino	29
2.2 Marco ambiental	29
2.3 Marco legal.	30
2.4 Marco conceptual	34
<b>3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</b>	<b>35</b>
3.1. PASOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO BAJO LA METODOLOGÍA DEL MARCO LÓGICO. ....	35
3.1.1 ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS.....	35
3.1.2 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.....	36

<b>3.1.3</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.4</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.5</b>	<b>MATRIZ DE PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS. ....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.6</b>	<b>CRONOGRAMA.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.7</b>	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>42</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>46</b>

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Sensor .....	15
Ilustración 2: Nanotecnología .....	17
Ilustración 3: Oleoductos en Colombia.....	21
Ilustración 4: Oleoductos .....	26
Ilustración 5: Principales oleoductos .....	27
Ilustración 6: Mapa conceptual .....	33

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Matriz del marco lógico.....	39
Tabla 2: Presupuesto global .....	42
Tabla 3: Presupuesto de talento humano .....	42
Tabla 4: Presupuesto de materiales y equipos .....	43
Tabla 5: Presupuesto de gastos varios .....	43

## RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de grado de modalidad monografía consiste, en el análisis del problema que nace cuando ocurren los derrames de crudo en la superficie terrestre, esta investigación tiene como fin presentar una solución usando los nanosensores es decir, se evalúan como los nanosensores son una fuente detectora de fugas no para prevenir los derrames si no para controlar aquellos derrames de crudo a tiempo, ya que es sabido que los oleoductos tiene varios kilómetros de longitud, es decir que la nanotecnología nos ayudara a determinar en qué punto y sector del oleoducto hay fugas y así detener la fuga evitando un impacto ambiental negativo. La tecnología de los nanosensores es muy completa, así que lo que se quiere es evaluar, como los nanosensores nos pueden ayudar a detectar esas fugas. El presente estudio explorara la ayuda que aporta la nanotecnología en la industria petrolera más específicamente en los oleoductos, la investigación abarca únicamente a las empresas dedicadas a los ductos de crudo y en cuanto sea posible a los de gas natural. El resultado que se espera es llegar a indicar la solución que los nanosensores aportan al área de los oleoductos.

**Palabras claves:** oleoducto, fugas, nano sensores, petróleo crudo.

## INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos son esenciales en Colombia, gracias a que de ellos dependen el mayor consumo del país y se mueve con respecto a sus regalías, por consiguiente la economía gira alrededor de ellos y de su producción, pero recordemos que los hidrocarburos cuentan con varias etapas antes de llegar al lugar deseado, estas etapas son exploración, explotación, producción, transporte y refinación, de tal forma en el transporte de este recurso ha tenido mucha polémica gracias a que las empresas operadoras y de servicio buscan optimizar los gastos de transporte ya sean por tierra o por agua, por tal razón se crearon los oleoductos sistemas de ductos que por dentro de ellos circula el petróleo, pero además de ser un medio de transporte confiable y con más ventajas que desventajas sufre demasiado ataques de grupos armados y problemas que llevan a gastos bastantes altos a la empresa, por consiguiente no existe un medio de contingencia bastante efectivo que nos sirva como indicador cuando se presenten estos problemas.

Los oleoductos son sistemas tan efectivos que es la manera más confiable de transportar oleoductos, pero ante ellos hay diferentes variables que atentan contra su vida útil estos son presión, temperatura, daños por grupos aledaños, ubicación, desgaste. Produciendo grandes impactos negativos al medio ambiente y a los recursos naturales afectándolos de forma directa e indirectamente, cuando se producen estos daños el medio ambiente no vuelve a ser igual y a veces su recuperación es irreversible.

Diferentes procesos se han tratado ejecutar para estos problemas, pero aunque son buenos, no son eficaces que emita un plan de contingencia bastantes amplio a la hora de actuar por ende hoy le hablaremos de los nano sensores son dispositivo que ayudan a vigilar los oleoductos de forma sistematizado que nos indica el comportamiento del flujo a través de él, comprometido a vigilar y mitigar impactos hacia el medio ambiente siendo un sistema de alarma para la empresa.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En el transcurso del tiempo los oleoductos han sido víctimas de diferentes ataques por los grupos al margen de la ley, debido a esto se han venido aumentando los atentados a los diferentes oleoductos del país, por consiguiente cada vez que se presenta un ataque, el medio ambiente sufre un impacto negativo, el cual deteriora la biodiversidad de los ecosistemas y cuencas hidrológicas. existen otros factores creadores de fugas y derrames tales como la cavitación, la cual lleva a la tubería a un proceso de corrosión es decir al desgaste de ella misma a través del paso del tiempo, los investigadores han buscado de una u otra forma un artefacto o sistema que pueda evitar un derrame o avisar rápidamente a la industria, con el objetivo de tomar medidas inmediatas para evitar los daños que causan al medio ambiente, más sin embargo en la actualidad no se han logrado conseguir un sistema eficaz a la hora de detectar las fugas presentes en los oleoductos, así que este trabajo investigativo se encuentra enfocado, de qué modo un nano sensor puede detectar de manera oportuna las fugas en los oleoductos, lo cual busca mitigar de una forma específica los impactos ambientales negativos hacia el ecosistema y también como crear un sistema útil para la empresa.

**(Autores, 2017).**

## 1.2. Justificación

La presente investigación inicia en la necesidad de encontrar una solución al problema de la industria petrolera cuando son producidos derramamientos de crudo. Según un reciente informe de la defensoría del pueblo, el petróleo derramado hoy en Colombia es 11 veces más que el que se derramó en 1989 en la tragedia del buque petrolero EXXON VALDEZ, en Alaska, considerada el mayor incidente de contaminación por petróleo en el mundo y cuyo impacto ambiental aún no ha sido superado. Aunque también ha existido derrames accidentales de petróleo en el país, la mayoría corresponden a las voladuras de oleoductos por parte de la guerrilla. En el informe se analiza el impacto de las voladuras entre 1986 y 1996 (636 en total). Según la defensoría del pueblo, en los principales oleoductos del país el mayor número de voladuras son hechas por el ELN, seguido por las FARC, grupos desconocidos y la coordinadora guerrillera Simón Bolívar.

De acuerdo con Marco Tulio Restrepo, coordinador de seguridad de Ecopetrol citado en el informe, de cada 100 barriles de crudo derramado como consecuencia de los atentados solamente se recuperan entre 25 y 30, el restante queda atrapado en las fuentes de agua, plantas y hasta en animales. Solo en el caso del oleoducto caño limón - coveñas hoy hay regados aproximadamente 1.000.000 de barriles que están contaminando terrenos, ríos, ciénagas y humedales. Se observó que en Colombia se conoce poco sobre las consecuencias que esto tiene para la vida del hombre, la fauna y la flora, las cuales son incalculables. Tras apreciar todas esas circunstancias que causan los derrames de crudo se busca a través dispositivos como nano sensores incrustados a lo largo de los principales oleoductos, evaluar un sistema a través de estos que detecte las fugas de manera

inmediata para disminuir las pérdidas de los hidrocarburos, costos grandes económicos e impedir el impacto que esto le cuesta al medio ambiente.

**(El tiempo, 1997).**

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- ✓ Realizar un estudio detallado de los aportes que tienen los nanosensores como un sistema de detección de fugas de crudo para el impedimento de un impacto ambiental severo.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- ✓ Realizar un plan estratégico para la detección de fugas en oleoductos.
- ✓ Realizar un estado del arte del uso de nano sensores en la industria petrolera.
- ✓ Lograr un acercamiento entre los estudiantes y la nanotecnología como herramienta solucionadora de problemas.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Marco teórico

#### 2.1.1 Sensor

Ilustración 1: Sensor



Fuente: Prototipado 1

Un sensor es un objeto capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

### *Características de los sensores*

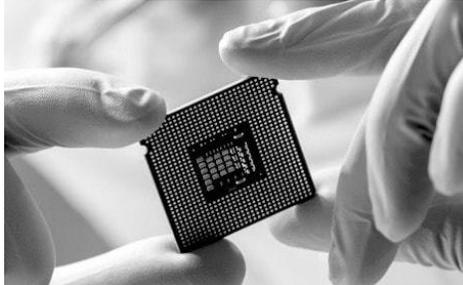
- **Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Precisión:** es el error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset. (Down)
- **Sensibilidad de un sensor:** suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir.
- **Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- **Repetitividad:** error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (e.g. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico al digital, un computador y un visualizador) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

(Acosta, 2016).

### 2.1.2 ¿Qué es la nanotecnología?

Ilustración 2: Nanotecnología



La nanotecnología es la Fuente: Nueva revista ciencia que interviene en el diseño, la producción y el empleo de estructuras y objetos que cuentan con al menos una de sus dimensiones en la escala de 0.1 milésimas de milímetro (100 nanómetros) o menos.

La nanotecnología podría tener repercusiones de gran alcance para la sociedad. En la actualidad ya se utiliza en sectores como el de la información y las comunicaciones. También se emplea en cosméticos, protectores solares, textiles, revestimientos, algunas tecnologías alimentarias y energéticas o en determinados productos sanitarios y fármacos. Además, la nanotecnología podría ayudar a reducir la contaminación ambiental.

Sin embargo, las nanas partículas manufacturadas tienen propiedades y efectos muy diferentes a los de los mismos materiales en tamaños convencionales, lo que puede plantear nuevos riesgos para la salud del hombre y de otras especies. De hecho, es posible que los mecanismos de defensa del hombre no consigan reaccionar adecuadamente ante la presencia de dichas partículas

manufacturadas, que poseen características completamente desconocidas para estos mecanismos de defensa.

Las nanopartículas podrían además propagarse y persistir en el entorno, con el consiguiente impacto para el medio ambiente

A nanotecnología comprende el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nano escala. Cuando se manipula la materia a escala tan minúscula, presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

Nano es un prefijo griego que indica una medida ( $10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$ ), no un objeto; de manera que la nanotecnología se caracteriza por ser un campo esencialmente multidisciplinar, y cohesionado exclusivamente por la escala de la materia con la que trabaja.

**(Public Health, 2017).**

### ***2.1.3 Características de la nanotecnología***

La Nanotecnología es una ciencia multidisciplinar donde se entremezclan los modos de hablar particulares y las técnicas de aproximación para entender la materia inerte o viva. Es cierto que cada disciplina tiene una mayor o menor cercanía con el mundo a escala nanométrica, pero con el devenir del tiempo las temáticas más alejadas de la visión nanométrica se irán acercando a ella a medida que las metodologías emergentes lo permitan.

#### ***2.1.4 El impacto social de las nanotecnologías***

Un ejemplo concreto: el medioambiente. La Nanotecnología tiene mucho que decir en cuanto a temas continuación se citan algunos de los puntos que acercan ambas temáticas:

- En primer lugar, decir que la Nanotecnología va vinculada a procesos productivos donde la cantidad de material que se usará para construir objetos es mínima, debido a que el control nanométrico en las fases de producción permitirá construir con los componentes indispensables. De esta manera se consolidarán métodos de producción de menor impacto medioambiental, donde se ahorren materias primas y recursos energéticos.
- En relación con el medioambiente, los “nanosensores” van a ser piezas clave, ya que permitirán un control en tiempo real de la calidad de las aguas (lagos, ríos, mares) y de la atmósfera. Esta vigilancia se logrará mediante la implantación de extensas redes de sensores de diversos tipos que alertarán sobre vertidos, accidentes químicos, escapes, e incluso incendios, permitiendo acciones de contención rápidas (quizás también basadas en desarrollos nanotecnológicos). Estas redes de sensores también controlarán posibles ataques químicos o biológicos. Las redes de sensores podrán controlar las condiciones medioambientales en edificios, fábricas, etc, aumentando la seguridad laboral o doméstica.

**(Nanotecnología, 2002).**

#### ***2.1.5 ¿Qué es un nanosensor?***

Los nano sensores son cualquier punto sensorial biológico, químico, o físico usado para transportar información acerca de nano partículas al mundo macroscópico. Aunque los seres humanos todavía no han podido sintetizar nano sensores, las predicciones para su uso principalmente incluyen varios propósitos medicinales y como entradas a construir otros nanos productos, tales como chips de computadores que trabajen a nano escala y los manolos. Actualmente, hay propuestas varias maneras para hacer nano sensores, incluyendo la litografía de arriba abajo, ensamblaje de abajo arriba, y auto ensamblado molecular.

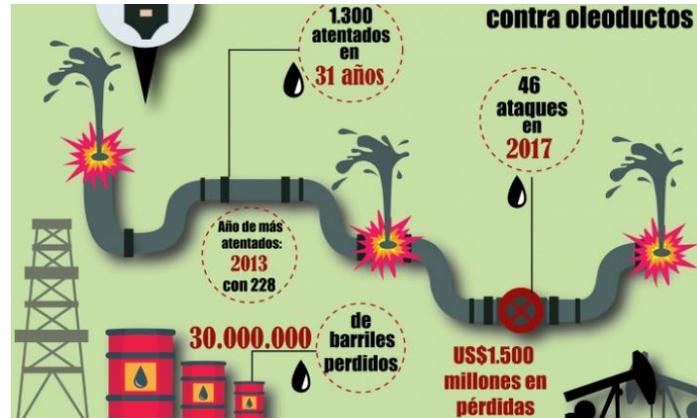
Según análisis que se han realizado por un grupo de investigadores en el país de España los nano sensores se clasifican de la siguiente manera:

- Nano sensores de tipo elástico, que captan deformaciones y las transmiten a un micro sistema óptico.
- Nano sensores de tipo sísmico, para captar golpes y vibraciones.
- Utilización de un sistema micro electrónico para transmitir datos.
- Utilización de nano fibras ópticas para transmitir datos.

**(Foster, 2006).**

### ***2.1.6 ¿Qué son Oleoductos?***

### Ilustración 3: Oleoductos en Colombia



Fuente: Nuevo siglo

Un oleoducto es el conjunto de instalaciones que sirve de transporte por tubería de los productos petrolíferos líquidos, en bruto o refinados. El término oleoducto comprende no sólo la tubería en sí misma, sino también las instalaciones necesarias para su explotación: depósitos de almacenamiento, estaciones de bombeo, red de transmisiones, conexiones y distribuidores, equipos de limpieza, control medioambiental, etc. El diámetro de la tubería de un oleoducto oscila entre 10 centímetros y un metro. Los oleoductos de petróleo crudo comunican los depósitos de almacenamiento de los campos de extracción con los depósitos costeros o, directamente, con los depósitos de las refinerías. En los países que se suministran de crudos por vía marítima, el oleoducto asegura el enlace entre los depósitos portuarios de recepción y las refinerías del interior. En la actualidad hay en el mundo más de 1.500.000 kilómetros de tubería destinados al transporte de crudos y de productos terminados, de los cuales el 70 por ciento se utilizan para gas natural, el 20 por ciento para crudos y el 10 por ciento restante para productos terminados (carburantes). Los Estados Unidos tienen la red de oleoductos más densa del mundo. En Europa existen cinco grandes líneas de transporte de crudo que, partiendo de los terminales marítimos de Trieste, Génova,

Lavera, Rotterdam y Wilhelmshaven, llevan el petróleo a las refinerías del interior. Esta red es de 3.700 kilómetros, una extensión que se queda pequeña si se compara con los 5.500 kilómetros del oleoducto del Comecón o de la Amistad, que parte de la cuenca del Volga-Urales (600 kilómetros al este de Moscú) y que suministra crudo a Polonia, Alemania, Hungría y otros países centro europeos. Recopilado de la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos.

**(AEOPP, 2002).**

Oleoductos es un concepto que procede de dos vocablos latinos: óleum (que puede traducirse como “aceites”) (cuyo significado es “conducción”). Un oleoducto es un cañón, equipado con diversos mecanismos y maquinas, permite el traslado y la conducción de petróleo y de otras sustancias derivadas a través de superficies extensas

Los primeros oleoductos fueron creados cerca del final del siglo XIX. Formados por tubos que pueden construirse con plástico o metal, los oleoductos pueden desarrollarse sobre superficies, bajo la tierra o incluso de manera subacuática (aunque, debido a la elevada inversión requerida, los oleoductos submarinos son poco frecuentes

**(Pérez. Merino, 2012).**

### ***2.1.6.1 ¿Cómo funciona un oleoducto?***

El petróleo circula por el interior de la conducción gracias al impulso que proporcionan las estaciones de bombeo, cuyo número y potencia están en función del volumen a transportar, de la viscosidad del producto, del diámetro de la tubería, de la resistencia mecánica y de los obstáculos

geográficos a sortear. En condiciones normales, las estaciones de bombeo se encuentran situadas a 50 kilómetros unas de otras. El crudo parte de los depósitos de almacenamiento, donde por medio de una red de canalizaciones y un sistema de válvulas se pone en marcha la corriente o flujo del producto. Desde un puesto central de control se dirigen las operaciones y los controles situados a lo largo de toda la línea de conducción. El cierre y apertura de válvulas y el funcionamiento de las bombas se regulan por mando a distancia.

**(Del petróleo, 2007).**

#### ***2.1.6.2 Una gran obra de ingeniería***

La construcción de un oleoducto supone una gran obra de ingeniería y por ello, en muchos casos, es realizada conjuntamente por varias empresas. También requiere de complicados estudios económicos, técnicos y financieros con el fin garantizar su operatividad y el menor impacto posible en el medio ambiente. El trazado debe ser recto en la medida de lo posible y, normalmente, la tubería es enterrada en el subsuelo para evitar los efectos de la dilatación. Los conjuntos de tubos se protegen contra la corrosión exterior antes de ser enterrados. Las tuberías se cubren con tierra y el terreno, tras el acondicionamiento pertinente, recupera su aspecto anterior.

**(AEOPP, 2002).**

Los oleoductos son la manera más económica de transportar grandes cantidades de petróleo en tierra. Comparados con los ferrocarriles, tienen un coste menor por unidad y también mayor capacidad. A pesar de que se pueden construir oleoductos bajo el mar, el proceso es altamente demandante tanto tecnológica como económicamente; en consecuencia, la mayoría

del transporte marítimo se hace por medio de buques petroleros. Los oleoductos se hacen de tubos de acero o plástico con un diámetro interno de entre 30 y 120 centímetros. Donde sea posible, se construyen sobre la superficie. Sin embargo, en áreas que sean más desarrolladas, urbanas o con flora sensible, se entierran a una profundidad típica de 1 metro.

### ***2.1.6.3 Seguridad en el entorno de oleoductos***

Los oleoductos son el medio más seguro y eficiente de transporte de productos petrolíferos. Las especiales características de los materiales con los que están contruidos, su diseño y medidas de protección y seguridad los convierte en unas instalaciones muy seguras y fiables, que permiten el abastecimiento de productos petrolíferos a cualquier parte de nuestro país.

Los accidentes en los oleoductos son excepcionales, sin embargo, sí pueden resultar dañados por acciones externas derivadas de trabajos realizados en su entorno. Para prevenir cualquier tipo de incidente, es necesario conocer la ubicación de la canalización y mantener unas sencillas normas de seguridad a la hora de trabajar en las inmediaciones de estas conducciones.

### ***2.1.6.4 Identificación de un oleoducto***

El oleoducto discurre enterrado a lo largo de todo su trazado, utilizándose para su localización aproximada hitos o postes de señalización en la superficie del terreno. Estos postes se encuentran en los cruces de caminos, carreteras, ferrocarril y muchos otros puntos a lo largo de su recorrido. Los postes de señalización llevan una referencia de longitud con las siglas P.K. (punto kilométrico) y un teléfono de contacto 24 horas con el centro de Control de CLH. Estos postes no indican la

profundidad o el número de tuberías que discurren en la zona ni la posición exacta de las mismas.

El oleoducto no tiene por qué seguir necesariamente un trazado recto entre dos hitos.

**(Considine, 1977).**

#### ***2.1.6.5 Operación de los oleoductos***

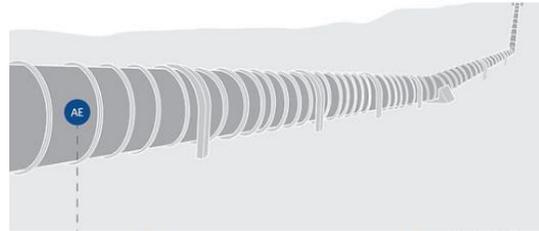
El petróleo se mantiene en movimiento por medio de un sistema de estaciones de bombeo construidas a lo largo del oleoducto y normalmente fluye a una velocidad de entre 1 y 6 m/s. En ocasiones se utiliza el oleoducto para transportar dos productos distintos o más, sin hacer ninguna separación física entre los productos. Esto crea una mezcla en donde los productos se unen llamada la interfaz. Esta interfaz debe retirarse en las estaciones de recepción de los productos para evitar contaminarlos.

El petróleo crudo contiene cantidades variables de cera o parafina la cual se puede acumular dentro de la tubería. Para limpiarla, suele enviarse periódicamente indicadores de inspección mecánicos a lo largo de la tubería, también conocidos como pigs por su nombre en inglés, que se introducen por los extremos de la tubería y en las estaciones de bombeo, en los programas de mantenimiento del oleoducto.

Pueden transportar diferentes tipos de petróleo, pesado, ligero y de diferente calidad, en las estaciones de transferencia y refinerías, se conectan con tubos más pequeños llamados poliductos, que transportan el combustible refinado del petróleo, diésel y gasolina a diferentes lugares del país.

#### ***2.1.6.6 Fugas en los oleoductos***

Ilustración 4: Oleoductos



Fuente: Emerson

Las fugas en los oleoductos es un problema muy común en la industria petrolera ya que este puede ser producido por numerosas variables una de ellas es el mal estado de la tubería por el cual se transporta este flujo de esta manera también está la cavitación ya que esta es la que conlleva a mal estado de la tubería, Pero uno de los problemas más comunes por lo cual ocurre derramamientos de petróleo es aquel que es ocasionado por los grupos marginados de la ley, este es un problema que se ha presentado a lo largo del tiempo ya que actualmente no existe un sistema eficaz que pueda conllevar a advertir de una forma rápida y concisa a la empresa operadora para que esta pueda actuar con el fin de evitar daños permanentes al medio ambiente fauna y flora.

### ***2.1.6.7 Ubicación de los principales oleoductos en Colombia***

Ilustración 5: Principales oleoductos



Colombia tiene una Fuente: Inteligencia petrolera importante y dispersa industria petrolera que justifica la existencia de diversos oleoductos para sacar el crudo a los puertos para su exportación. Los más importantes son los de Caño Limón – Coveñas, de 770 kilómetros, el Vasconia – Coveñas, de 481 kilómetros, el Cuisiana- Coveñas, de 790 kilómetros y los oleoductos: Central de los Llanos, el del Alto Magdalena y el Orito – Tumaco. En total, unos 3.500 kilómetros de oleoductos, para transportar el crudo a los puertos caribeños de Coveñas y Cartagena de Indias o al de Tumaco, en el Océano Pacífico.

(Inteligencia petrolera, 2015).

### ***2.1.6.7.1 Oleoducto Caño Limón***

Fue construido en 1985

1. **Ruta:** Conecta el campo caño limón con el terminal Coveñas en la costa caribe
2. **Capacidad:** Capacidad de bombeo 220.000 barriles por día (bpd) de petróleo crudo
3. **Propietarios:** Operación compartida entre Ecopetrol y occidental. Sin embargo en el 2011 las dos empresas llegaron a un acuerdo que le concedió a Ecopetrol 100% del control del oleoducto mientras que occidental permanece a cargo del campo caño limón.

### ***2.1.6.7.2 Oleoducto Colombia***

Fue construido en 1990

1. **Ruta:** Estación vasconia localizada en el municipio de puerto Boyacá con la terminal Coveñas. Es alimentado por sendas tuberías provenientes de los llanos orientales del valle superior al rio magdalena, respectivamente.
2. **Capacidad:** Transporta unos 210.000 barriles por día (kbpd)
3. **Propietarios:** Ecopetrol tiene el 42.5% de la participación el restante entre hocol, Petrobras, perenco.

### ***2.1.6.7.3 Oleoducto de Alto Magdalena***

Finalizado en 1990

1. **Ruta:** Transporta petróleo crudo del valle de magdalena de los campo dina, palagua en el suroeste de Colombia.

2. **Propietarios:** Fue construido por las empresas Hocol y Shell actualmente, Ecopetrol participa en un 49%

#### **2.1.6.7.4 Oleoducto Ocesa**

Construido el 14 de diciembre de 1994

1. **Ruta:** (cusiana-cupiagua)- (Casanare). Terminal marítimo Coveñas. El sistema de transporte de ocesa consta de siete estaciones (cusiana, cupiagua, porvenir, Miraflores, la belleza, vasconia y Coveñas)
2. **Capacidad:** Tubería de 36", 837 kilómetros de longitud.

#### **2.1.6.7.5 Oleoducto Trasandino**

1. **Ruta:** El transporte de crudo desde Orito, Putumayo, hasta el Terminal Marítimo de Tumaco.
2. **Capacidad:** 305 kilómetros de longitud y 85.000 (kbpd)

**(Ecopetrol S.A)**

## **2.2 Marco ambiental**

El Decreto Ley 2190 del 14 de diciembre de 1995 creó las condiciones adecuadas para poner en marcha el plan de contingencia como un mecanismo para la prevención, respuesta y atención de desastres por contaminación, señala un documento oficial. Con esta ley se pretende reglamentar las normas que regulan y establecen compromisos del país en el ámbito internacional para evitar y combatir los derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas al medio ambiente.

También se busca reglamentar las leyes aprobatorias en los convenios regionales en lo que respecta a las obligaciones de los Estados contratantes de adoptar y promover planes de contingencia para controlar derrames de hidrocarburos.

El PNC es un documento técnico operativo que determina, delimita e identifica las zonas vulnerables a la contaminación y provee información básica del área afectada y los recursos susceptibles de ser dañados por el fenómeno contaminante, aseguró un vocero de Dimar. **(Escobar, 1996).**

### **2.3 Marco legal.**

La realización de la presente tesis, se halla enmarcada en la constitución política de la república de Colombia en:

Artículo 360 (acto legislativo 5 del 2011): La explotación de un recurso natural no renovable causará, a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte. La ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales no renovables. Artículo 361. (acto legislativo 5 del 2011): Los ingresos del Sistema General de Regalías se destinarán al financiamiento de proyectos para el desarrollo social, económico y ambiental de las entidades territoriales; al ahorro para su pasivo pensional; para inversiones físicas en educación, para inversiones en ciencia, tecnología e innovación; para la generación de ahorro público; para la fiscalización de la exploración y explotación de los yacimientos y conocimiento y cartografía geológica del subsuelo; y para

aumentar la competitividad general de la economía buscando mejorar las condiciones sociales de la población. Los departamentos, municipios y distritos en cuyo territorio se adelanten explotaciones de recursos naturales no renovables, así como los municipios y distritos con puertos marítimos y fluviales por donde se transporten dichos recursos o productos derivados de los mismos, tendrán derecho a participar en las regalías y compensaciones, así como a ejecutar directamente estos recursos. Para efectos de cumplir con los objetivos y fines del Sistema General de Regalías, créanse los Fondos de Ciencia, Tecnología e Innovación; de Desarrollo Regional; de Compensación Regional; y de Ahorro y Estabilización.

Los ingresos del Sistema General de Regalías se distribuirán así: un porcentaje equivalente al 10% para el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación; un 10% para ahorro pensional territorial, y hasta un 30% para el Fondo de Ahorro y Estabilización. Los recursos restantes se distribuirán en un porcentaje equivalente al 20% para las asignaciones directas de que trata el inciso 2o del presente artículo, y un 80% para los Fondos de Compensación Regional, y de Desarrollo Regional. Del total de los recursos destinados a estos dos últimos Fondos, se destinará un porcentaje equivalente al 60% para el Fondo de Compensación Regional y un 40% para el Fondo de Desarrollo Regional.

La diferencia entre el total de los ingresos del Sistema General de Regalías y los recursos destinados al ahorro pensional territorial, al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación, al Fondo de Desarrollo Regional, al Fondo de Compensación Regional, así como a los que se refiere el inciso 2o del presente artículo se destinará al Fondo de Ahorro y Estabilización.

Los Fondos de Ciencia, Tecnología e Innovación y de Desarrollo Regional tendrán como finalidad la financiación de proyectos regionales acordados entre las entidades territoriales y el Gobierno Nacional.

Los recursos del Fondo de Compensación Regional se destinarán a la financiación de proyectos de impacto regional o local de desarrollo en las entidades territoriales más pobres del país, de acuerdo con criterios de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), población y desempleo, y con prioridad en las zonas costeras, fronterizas y de periferia. La duración del Fondo de Compensación Regional será de treinta (30) años, contados a partir de la entrada en vigencia de la ley a la que se refiere el inciso 2o del artículo anterior. Transcurrido este período, estos recursos se destinarán al Fondo de Desarrollo Regional.

Los recursos del Fondo de Ahorro y Estabilización, así como sus rendimientos, serán administrados por el Banco de la República en los términos que establezca el Gobierno Nacional. En los períodos de desahorro, la distribución de estos recursos entre los demás componentes del Sistema se regirá por los criterios que defina la ley a la que se refiere el inciso 2o del artículo anterior.

Artículo 333. La actividad económica y la iniciativa privada son libres, dentro de los límites del bien común. Para su ejercicio, nadie podrá exigir permisos previos ni requisitos, sin autorización de la ley. La libre competencia económica es un derecho de todos que supone responsabilidades.

La empresa, como base del desarrollo, tiene una función social que implica obligaciones. El Estado

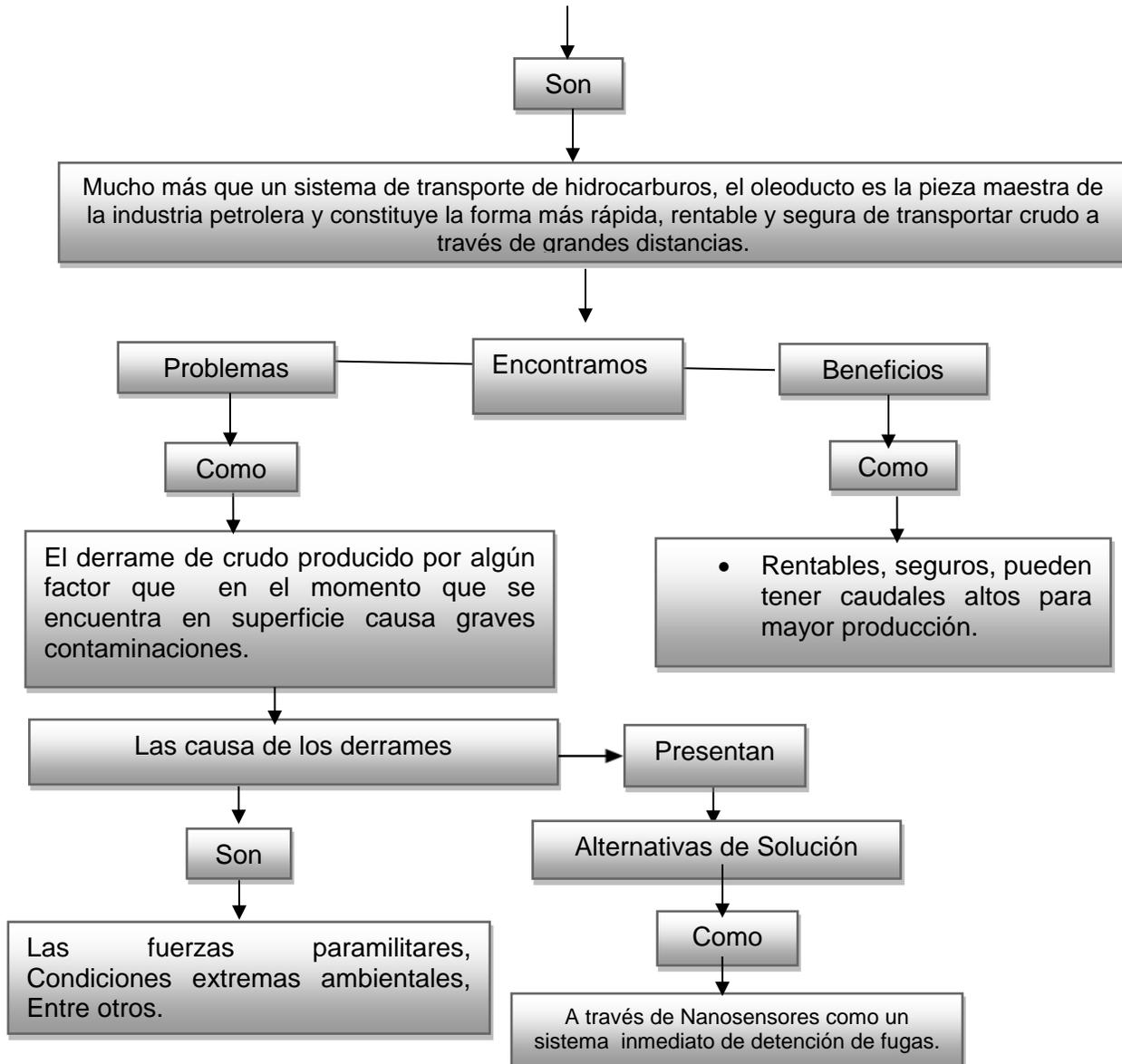
fortalecerá las organizaciones solidarias y estimulará el desarrollo empresarial. El Estado, por mandato de la ley, impedirá que se obstruya o se restrinja la libertad económica y evitará o controlará cualquier abuso que personas o empresas hagan de su posición dominante en el mercado nacional. La ley delimitará el alcance de la libertad económica cuando así lo exijan el interés social, el ambiente y el patrimonio cultural de la Nación.

**(Asamblea Nacional Constituyente, 1991).**

## 2.4 Marco conceptual

Ilustración 6: Mapa conceptual





Fuente: Autores

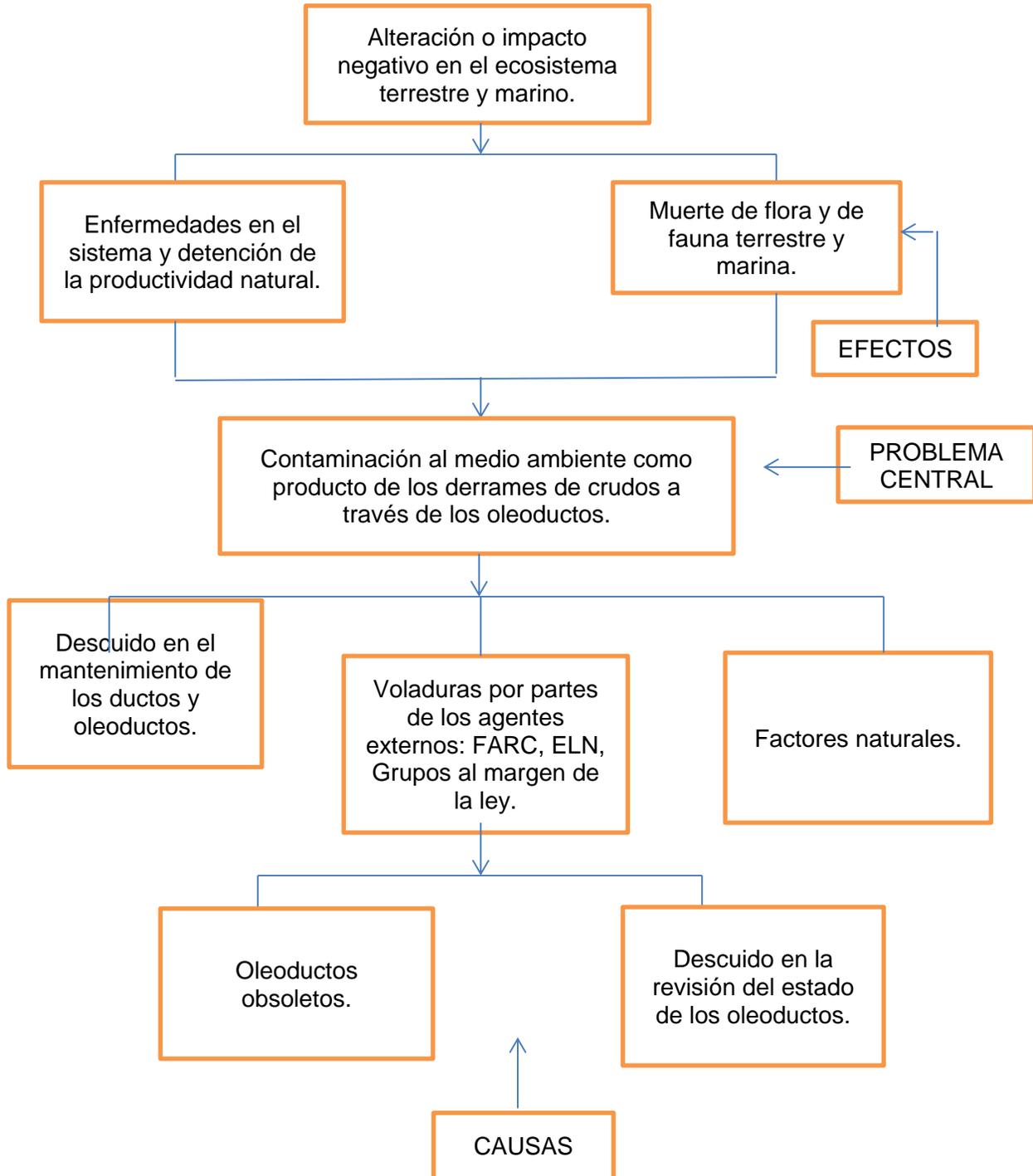
### **3 DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO**

#### **3.1 Pasos para el desarrollo del proyecto bajo la Metodología del Marco lógico.**

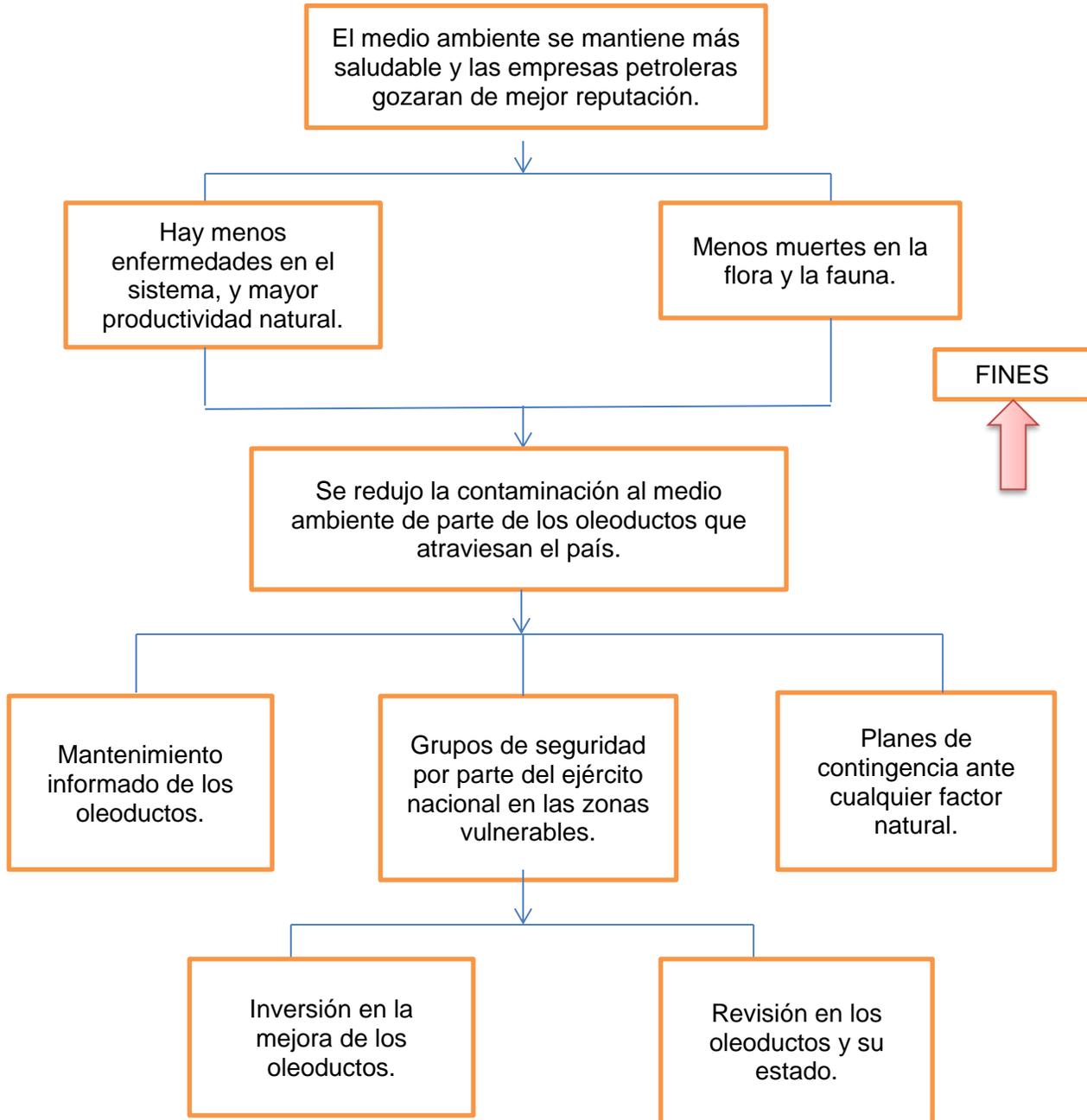
##### **3.1.1 Matriz de Involucrados.**

En la problemática del presente proyecto grado se determinó que las siguientes empresas están involucradas directa o indirectamente en la solución o en la problemática, tales como: Ecopetrol, Meta Petroleum Limited, Occidental de Colombia, Mansarrovar Energy, Equion Energía, Caracol Energy, y entre las empresas de transporte se encuentran: Cañolimon-coveñas, Andina, Caribe, Magdalena, Occidente, oleoducto alto de Magdalena, oleoducto Colombia, oleoducto trasandino, entre otros.

### 3.1.2 Árbol de problemas.



### 3.1.3 *Árbol de objetivos.*



### 3.1.4 *Alternativas de solución.*

Finalmente, se posicionará un Nanosensor cada cinco metros de distancia uno respecto al otro, el tipo de nanosensor que se ubicará en la longitud del oleoducto será Electroquímico.

Al ocurrir un derrame de crudo (producto de cualquier factor interno o más comúnmente externo), el aire de la zona se ve afectado por la impregnación de los contaminantes químicos que salen del crudo, es decir, de las emisiones gaseosas como por ejemplo: monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno, por eso típicamente el derrame puede llegar a ser un problema inflamable o explosivo, por lo tanto la función de dichos nanosensores es detectar los contaminantes químicos del aire producto de los derrames esto ocurrirá en tiempo real.

Los nanosensores a utilizar son:

Nanosensor de Nariz electrónica: discrimina los compuestos volátiles producidos por las emisiones de crudo.

Biosensor de micro arreglos: detectan los contaminantes del aire.

Para esto se propone colocar un nanosensor a lo largo de los oleoductos con una distancia de 5 metros uno con respecto del otro con el fin de que ellos informen sobre algún contaminante que pertenezca al compuesto del petróleo donde los mismos van conectados entre si para transportar información de manera inalámbrica al sistema SCADA acerca de nano partículas en el aire.

Cuando hay fugas en los oleoductos estos se activan dando información en tiempo real por medio de un sistema SCADA en un tiempo determinado donde las empresas ya sean operadoras de

servicio realicen las respectivas medidas correctivas hacia el problema por ende nuestro proyecto se basa en la percepción DE COMPUESTOS QUIMICOS DE FUGAS EN LO OLEODUCTOS. Los diseños de las instalaciones de almacenamiento y transferencia deben incluir medios para contener los derrames dispuestos a ser utilizados apenas se active la información. Algunos de estos medios son equipos de alarmas y válvulas de cierre automáticas, a fin de permitir una respuesta rápida a las roturas.

### 3.1.5 Matriz de marco lógico.

Tabla 1: Matriz del marco lógico

<b>Nivel</b>	<b>Resumen Narrativo de Objetivos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Supuestos</b>
<b>Fin</b>	Que el medio ambiente este en un estado más saludable.	1. Mayor productividad en el medio ambiente.  2. Ecosistema más saludable.	Resultados de la inspección diseñada para tal fin.	Los entes financiadores continúan apoyando con recursos el programa para su continuidad.

<b>Propósito</b>	Obtener una solución eficiente para la detención de fugas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trabajo eficiente de los nanosensores.</li> <li>2. Medios necesarios para la detención de fugas.</li> </ol>	Registros consecutivos, seguimiento y monitoreo de los oleoductos.	Acuden regularmente a la revisión del plan para llevar acabo la detección.
<b>Componentes</b>	Investigaciones y determinación de soluciones óptimas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nano sensores.</li> <li>2. Tecnología.</li> <li>3. Computadores.</li> </ol>	Documentos de cada investigación necesaria	Los estudiantes, maestros y personas interesadas tienen disposición a participar en las solución a través de sensores
<b>Actividades</b>	Investigaciones profundas.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Saber cuáles son los nanos sensores</li> </ol>	Supervisores revisando cada activad en los	El recursos que nosotros como

		indicados para la detención.	sectores del país correspondientes.	estudiaste invertimos fue la investigación en fuente bibliográficas más.
--	--	------------------------------	-------------------------------------	--

Fuente: Ortegón

### 3.1.6 Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES	SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO							
	SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANA				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Realizar un plan estratégico para la detección de fugas en los oleductos	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																				
realizar un estado del arte del uso de los nanosensores en la industria petrolera													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█								
lograr un acercamiento entre los estudiantes y la nanotecnología como herramienta solucionadora de problemas																					█	█	█	█	█	█	█	█				

ELABORADO POR:  
Oficina de Investigaciones

REVISADO POR:  
Soporte al sistema integrado de gestión

APROBADO POR : Asesor de planeación  
FECHA APROBACIÓN:

### 3.1.7 Presupuesto.

Tabla 2: Presupuesto global

<b>Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de pesos Colombianos).</b>			
<b>Rubros</b>	<b>Fuentes</b>		<b>Total</b>
	<b>U.T.S *</b>	<b>Contrapartida **</b>	
Talento humano	10.000	15.000	25.000
Materiales y equipos	5.000	30.000	35.000
Varios		15.000	15.000
<b>TOTAL</b>	15.000	60.000	75.000

Tabla 3: Presupuesto de talento humano

<b>Descripción de los gastos de talento humano (en miles de pesos)</b>				
<b>Investigador /auxiliar</b>	<b>Formación</b>	<b>Función</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Total</b>
Ricardo Rosales		Director	16 horas	15.0000
Laura Manosalva		Investigador	13 horas semanales	50.000
Fabian Gómez		Investigador	13 horas semanales	50.000
<b>TOTAL</b>				250.000

Tabla 4: Presupuesto de materiales y equipos

<b>Descripción de los materiales y equipos que se planean adquirir (en miles de pesos)</b>				
<b>Material / equipo</b>	<b>Justificación</b>	<b>Recursos</b>		<b>Total</b>
		<b>U.T.S *</b>	<b>Contrapartida**</b>	
Fotocopiadora		2.000	10.000	12.000
Computadores			20.000	20.000
<b>TOTAL</b>		2.000	30.000	32.000

Tabla 5: Presupuesto de gastos varios

<b>Descripción de los gastos varios (en miles de pesos)</b>				
<b>Varios</b>	<b>Justificación</b>	<b>Recursos</b>		<b>Total</b>
		<b>U.T.S *</b>	<b>Contrapartida**</b>	
Transporte	Fue necesario para movilizarnos en la ciudad con el objetivo de cumplir con todos los encuentros programados.		20.000	20.000
internet	Se adquirió para la investigación sobre sensoria como informes, blogs, informes de grado para la elaboración de esta monografía.		8.000	8.000

<b>TOTAL</b>			28.000
--------------	--	--	--------

#### 4 CONCLUSIONES

- ✓ El trabajo presentado ha sido de ayuda para aclarar la función de los nanosensores en la industria del petróleo, porque ellos se convierten en un sistema efectivo para disminuir daños ambientales.
- ✓ En los estudios de la implementación de nanosensores en otros países y procesos distintos a los de la industria petrolera se puede concluir que esta implementación en los oleoductos colombianos es eficiente para las empresas petroleras siendo los nanosensores un sistema de emergencia multipropósito ya que este nos indicaría sobre el caudal, escapes y problemas de cavitación en tiempo real.
- ✓ Los nanosensores electroquímicas muestran ser una gran propuesta para detectar sustancias químicas características del petróleo, las cuales están presentes en el aire de un espacio geográfico determinado.

## 5 RECOMENDACIONES

- ✓ Los nanosensores son dispositivos que se les deben realizar constantes chequeos para observar de su correcto funcionamiento.
- ✓ Para implementar el sistema indicado en esta investigación los nanosensores deben estar ubicados a una distancia de cinco metros uno respecto al otro sobre la longitudes más vulnerables de los oleoductos en Colombia.
- ✓ Hay la necesidad de buscar un apoyo empresarial o centro de investigaciones universitario donde esté ligada industria con un grupo investigador ya que en la actualidad los avances logrados son de empresas particulares y es muy difícil tener acceso a ellos.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALAS, OROZCO, J, (2009). La nanotecnología y sus Aplicaciones. Recuperado de:**  
<http://www.ugto.mx/revistaenjambre/gamers/372-la-nanotecnologia-y-sus-aplicaciones>
2. **Almario, G, (1984). Historia de los trabajadores petroleros, Bogotá. Recuperado de:**  
<http://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-151/la-industria-petrolera-en-colombia>
3. **Andando por Bogotá, (2015). Las Voladuras de Oleoductos en Colombia, Recuperado el 06 de marzo de 2016 de** <http://andandoporbogota.blogspot.com/2015/02/las-voladuras-de-oleoductos-en-colombia.html>
4. **Andando por Bogotá, (2015). Voladuras de oleoductos. Recuperado de:**  
<http://andandoporbogota.blogspot.com/2015/02/las-voladuras-de-oleoductos-en-colombia.html>
5. **Avellaneda cusarúa, A, (1998). Petróleo, colonización y medio ambiente en Colombia. De la Tora a Cusiana, Santafé de Bogotá, Eco Ediciones. Recuperado el 09 de agosto de 1999, file:///D:/USUARIO/Downloads/PETRLEO.pdf**
6. **Avendaño, T, (2002). “En Mompox reina la impunidad ambiental petrolera. El lamento de las gaitas”, en Ruiría, el grito del petróleo. Bogotá, Censat, Agua Viva. Recuperado de** <file:///D:/USUARIO/Downloads/Dialnet-ElLamentoDeLasGaitas-1255887.pdf>
7. **CCRSERI (2006). Nanotecnologías. public ealth. Recuperado de** [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/nanotecnologias/index.htm](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/nanotecnologias/index.htm)
8. **Comunidad del Petróleo, (2008). Aplicaciones de la nanotecnología en la industria del petróleo y gas. Recuperado de:**  
<https://www.lacomunidadpetrolera.com/2008/02/aplicaciones-de-la-nanotecnologia-en-la.html>

9. **Correa Calle, O, (2003). Modelo diatomico para la calificación de la amenaza pluvial y evaluación de la posibilidad de erosión en la secorizacion geotécnica de oleoductos y su aplicación en la planeación y toma de decisiones. Recuperado de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=1a8cvSZRZgwC&oi=fnd&pg=PA2&dq=oleoductos&ots=ixqho2atfC&sig=snghv3ssWtlxhqMwVXrOBh8N5AE#v=onepage&q=oleoductos&f=false>**
10. **Cruz, J. F, (2015). Nanotecnología en la Industria Petrolera. Recuperado de: <http://oilproduction.net/files/Nanotecnologia%20en%20la%20industria%20del%20petroleo-UNAM.pdf>**
11. **Ecodiario, (2017). Diseño de un nanosensor en México. Recuperado de <https://ecodiario.economista.es/nacional-eAm-mx/noticias/8575061/08/17/Mexicanos-disenan-nanosensor-que-ayudara-nuevos-avances-tecnologicos-.html>**
12. **EFE, (2014). Derrame del Exxon Valdez sigue siendo toxico 25 años después, EL TIEMPO, Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13696142>**
13. **Escobar, A, (1996). Nace plan contra los derrames de petróleo, EL TIEMPO, Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-386416>**
14. **ESCOBAR, J.J. (2013). Bioensayos y pruebas de toxicidad para evaluar el efecto de la contaminación acuática en los organismos hidrobiológicos y los efectos tóxicos de los derrames de hidrocarburos. 4o Curso Teórico Práctico sobre Control de Derrames de Hidrocarburos, Ecopetrol/ Inderena, Barrancabermeja, Recuperado de 2013, <http://www.scielo.org.co/pdf/biosa/v12n2/v12n2a03.pdf>**
15. **Euroresidentes (2016). Nanotecnología. Recuperado de [https://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia\\_que\\_es.htm](https://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_que_es.htm)**
16. **Fontaine, G. (2003). El precio del petróleo. Conflictos socioambientales y gobernabilidad en la región amazónica, Quito, Flacso, Ecuador. Recuperado de: <https://www.flacso.edu.ec/portal/publicaciones/detalle/el-precio-del-petroleo-conflictos-socio-ambientales-y-gobernabilidad-en-la-region-amazonica.3287>**
17. **Foster (2006), Nanosensores, Información acerca de las nanopartículas al mundo microscópico. Recuperado de: <https://es.wikipedia.org/wiki/nanosensor>**

- 18. Galiano, F. (2010). Evaluación de los residuos de detergentes no biodegradables en Colombia. Parte experimental, Fase II. Recuperado de:**  
<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/economia/tesis290.pdf>
- 19. Galiano, F. N, Sánchez, A, Sánchez & L. D, (2017). Investigación sobre fosfatos y alquil benceno sulfonado (abs) en aguas de ríos colombianos. Recuperado de:**  
[file:///D:/USUARIO/Downloads/art%C3%ADculo\\_redalyc\\_43238076003.pdf](file:///D:/USUARIO/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_43238076003.pdf)
- 20. González Posso, C, (2012). Petróleo y transformación de conflictos, Bogotá: INDEPAZ, 2012. Recuperado de:** [http://ediciones.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2012/02/petroleo\\_Revista1.pdf](http://ediciones.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2012/02/petroleo_Revista1.pdf)
- 21. Greenfacts, (2007). Nanotecnologías, Comunidades virtuales, base de datos CCRSeri (2006), Recuperado de:**  
[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/es/nanotecnologias/index.htm](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/es/nanotecnologias/index.htm)
- 22. Ingeniería Química, (2016). Nanotecnología Aplicada a la Industria Petrolera. Recuperado de** <https://iquimica.com.ar/nanotecnologia-aplicada-a-la-industria-petrolera/>
- 23. Jiménez, G, (2011). “El Dorado de las bandas criminales”, en El Colombiano. Recuperado de:**  
[https://www.elcolombiano.com/historico/el\\_dorado\\_de\\_las\\_bandas\\_criminales-IEEC\\_106619](https://www.elcolombiano.com/historico/el_dorado_de_las_bandas_criminales-IEEC_106619)
- 24. La Republica, (2018). Seis compañías postulan para explorar 21 áreas petroleras en Colombia. Recuperado de:** <https://www.larepublica.co/economia/seis-companias-postulan-para-explorar-21-areas-petroleras-en-colombia-2765641>
- 25. Lárez C, (2015). Nanopartículas: Fundamentos y aplicación. Recuperado de:**  
[https://www.researchgate.net/profile/Jean-Louis\\_Salager/publication/283139380\\_Aplicaciones\\_de\\_las\\_micro-y\\_nanotecnologias\\_en\\_la\\_exploracion\\_y\\_produccion\\_de\\_Petroleo\\_y\\_Gas/links/577bd1fa08aec3b743366951.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jean-Louis_Salager/publication/283139380_Aplicaciones_de_las_micro-y_nanotecnologias_en_la_exploracion_y_produccion_de_Petroleo_y_Gas/links/577bd1fa08aec3b743366951.pdf)
- 26. MASSÉ, CAMARGO, F, J. (2012). Actores Armados Ilegales y Sector Extractivo en Colombia. Recuperado de:** <https://www.business-humanrights.org/sites/default/files/media/documents/actores-armados-ilegales-y-sector-extractivo-2012.pdf>

- 27. MIRANDA, RESTREPO, D, R. (2005). Los derrames de petróleo en ecosistemas tropicales – impactos, consecuencias y prevención. la experiencia de Colombia. Recuperado de: <https://ioscproceedings.org/doi/abs/10.7901/2169-3358-2005-1-571>**
- 28. Monterrosa, H, (2018). Seguridad el reto del sistema de transporte de petróleo en Colombia, La Republica. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/economia/seguridad-el-reto-del-sistema-de-transporte-de-petroleo-en-colombia-2790210>**
- 29. NanoDyF, (2014). Enseñanza de la Nanotecnología en Educación Secundaria, recuperado de: [https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO\\_GUIA\\_DIDACTICA.pdf](https://www.icmm.csic.es/es/divulgacion/documentos/LIBRO_GUIA_DIDACTICA.pdf)**
- 30. Nanova. (2019). Historia de la Nanotecnología. Recuperado de: <https://nanova.org/que-es-la-nanotecnologia/>**
- 31. Naukas, (2018). Límites de la nanotecnología. Recuperado de: <https://naukas.com/2018/08/03/avances-limites-y-problemas-de-la-nanotecnologia/>**
- 32. Oil Production, (2017). Nanotecnología Aplicada en la Industria Petrolera. Recuperado de: <http://oilproduction.net/produccion/artificial-lift-systems/optimizacion-de-sistemas/item/2557-nanotecnologia>**
- 33. Oilfield Review, (2015). Objetos Grandes en Paquetes Pequeños. Recuperado de: [https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield\\_review/spanish10/aut10/04\\_package.pdf](https://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish10/aut10/04_package.pdf)**
- 34. Ortega, A. D, Dinero (2019). oleoductos. Recuperado de <https://www.dinero.com/pais/articulo/consecuencias-de-atentados-terroristas-a-oleoductos-en-colombia/267099>**
- 35. PALLAS, ARENY, R. (2003). Sensores y acondicionadores de seña. España. Recuperado de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=Eevyk28\\_fVkC&oi=fnd&pg=PR11&dq=sensores&ots=JXhN23Cugh&sig=3UODRrFkkQNgJEf3EDDdtR0RjM4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr&id=Eevyk28_fVkC&oi=fnd&pg=PR11&dq=sensores&ots=JXhN23Cugh&sig=3UODRrFkkQNgJEf3EDDdtR0RjM4#v=onepage&q&f=false)**
- 36. PERRY RUBIO, G. (1992). Política petrolera: economía y medio ambiente, EL TIEMPO, Santafé de Bogotá. FESCOL-CEREC, Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-137010>**

- 37. Poole, C. & Owens, F. (2003). Introducción a la nanotecnología. Recuperado de:**  
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=xmWImflMcAAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=nanotecnolog%C3%ADa&ots=TSJvmEpGwS&sig=XLO7q4z0TuOA-oNd-IIN2BXYIAU#v=onepage&q=nanotecnolog%C3%ADa&f=false>
- 38. QUEVEDO, N. (2012). La petrolera Perenco y los 'paras'. Recuperado de:**  
<https://www.elespectador.com/noticias/investigacion/articulo-320929-petrolera-perenco-y-los-paras>
- 39. RAMÍREZ, A. (1988). Lineamientos y estadísticas para estudios biológicos de impacto ambiental. Inderena/Infotec Ltda. Bogotá D. C. Recuperado de:**  
[http://portal.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia\\_presentacion\\_ea.pdf](http://portal.anla.gov.co/documentos/normativa/metodologia_presentacion_ea.pdf)
- 40. RINCÓN, ARCHE, A. R, (2010). Sistemas de nanosensores para materiales inteligentes, SCIELO. Recuperado de:**  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052010000300001](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052010000300001)
- 41. Scherr, R. (1991). "Impacto de la Enmienda de la Ley de Aire Limpio en la Planificación y Construcción de Refinerías". Recuperado de:**  
<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/urban-air-toxics-brochure-esp-1999.pdf>
- 42. SERENA, DOMINGO, P. A, (2002). Nanociencia y nanotecnologías: aspectos generales, Instituto de ciencias de materiales de Madrid Consejo Superior de Investigaciones Científicas U.A.M. Recuperado de:**  
<http://encuentros-multidisciplinarios.org/Revistan%C2%BA12/Pedro%20Amalio%Serena%20.php>
- 43. Silvia Mantilla Valbuena. Economía y conflicto armado en Colombia: los efectos de la globalización en la transformación de la guerra. Recuperado el 05 de diciembre de 2012,**  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-85742012000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-85742012000200003)
- 44. SISCODE (SISTEMA DE CODIFICACIONES S.A), SISCODE.COM, Recuperado 20 de junio de 2007 de**  
<http://siscode.com/>
- 45. UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA, (2001). Lecturas sobre Derecho del Medio Ambiente, Bogotá D.C. Ed. Universidad Externado, Recuperado de:**  
<https://medioambiente.uexternado.edu.co/publicaciones/coleccion-lecturas-sobre-derecho-del-medio-ambiente/>

**46. UNRC, (2012). Nanociencia y nanotecnología para el desarrollo. Recuperado de:**

<https://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-212-5.pdf>

**47. VICTORIA GASTEIZ, (2016). Recursos naturales, conflicto y resolución de conflictos: descubriendo los mecanismos. Recuperado de:**

<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-50196/documentos/Gu%C3%ADa%20duIN.pdf>

**48. VILLEGAS VALLEJO, S. (2016). Diseño de un sistema de control de gestión**

**orientado al mejoramiento del desempeño ambiental en la operación y mantenimiento**

**de oleoductos. Recuperado de:**

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21144/VillegasVallejoSergio2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**49. Web Del Petróleo, (2007). Tipos de Transportes. Recuperado de:**

<https://petróleo.blogia.com/2007/030506-tipos-de-transporte.php>

**50. Wpadmin, (2014). Relaciones con inversionistas- información general- Mapas, Ecopetrol. Recuperado de:**

[https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/relacion-inversionistas/informacion-general/donde-estamos!/ut/p/z0/04\\_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DcxdjA0cjRwNvdzcTY0Mzcz0C7IdFQHR-YEn/](https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/relacion-inversionistas/informacion-general/donde-estamos!/ut/p/z0/04_Sj9CPykyssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziLQIMHd09DQy9DcxdjA0cjRwNvdzcTY0Mzcz0C7IdFQHR-YEn/)



