

***EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES ORIGINADOS EN POZOS  
PETROLEROS: CON ÉNFASIS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS Y  
SUPERFICIALES***

**PEDRO MATIAS VIRGÜEZ HUERTAS**

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
2018**

***EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES ORIGINADOS EN POZOS  
PETROLEROS: CON ÉNFASIS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS Y  
SUPERFICIALES***

**PEDRO MATIAS VIRGUEZ HUERTAS**

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

**Asesor  
JIMMY EDGARD ALVAREZ DIAZ  
Biólogo Doctor**

**FUNDACION UNIVERSIDAD AMERICA  
FACULTAD DE EDUCACION PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACION EN GESTIÓN AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C  
2018**

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

Firma director especialización

---

Firma Calificador

Bogotá, D.C. \_\_\_\_\_

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Director de la Especialización en Gestión Ambiental

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 documentos. Estos corresponden únicamente al autor.

## DEDICATORIA

A mis padres por ser el apoyo principal de este sueño, ellos siempre me alentaron a vencer a la adversidad

A mis hermanos que siempre me brindaron apoyo y sus consejos y ejemplos me inspiraron para cumplir hoy este objetivo.

A mi tutor Jimmy porque sus asesorías y amistad guiaron este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis papás por ser quienes en mi inspiraron la motivación de ser cada día mejor.

Un agradecimiento profesor Jimmy Álvarez, por su asesoría, tiempo y dedicación durante la elaboración de esta monografía.

A la planta de docentes que durante mi estadía brindaron sus conocimientos y aportaron para mi crecimiento como profesional.

Agradezco especialmente a mis compañeros de estudio Habid Blanco, Felipe Contreras, por ser grandes personas y amigos, por acompañarme en este camino de ser unos mejores profesionales.

## CONTENIDO

## Página

INTRODUCCION	14
OBJETIVOS	15
1. METODOLOGIA	16
1.1 IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	16
1.1.1 Generalidades de los yacimientos	16
1.1.2 contexto internacional y nacional	18
1.1.3 problemáticas asociadas	19
1.1.3.1 Potenciales incidentes	21
1.1.4 Tendencias globales	22
1.1.4.1 la industria	23
1.1.4.2 la sociedad	24
1.1.5 normatividad vigente	24
1.1.5.1 Internacional	24
1.1.5.2 Nacional	25
1.2 Gestión del riesgo	27
2. GESTIÓN DEL RIESGO	29
2.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	29
2.2 VALORACIÓN DE RIESGOS	29
2.3 Identificación de los aspectos ambientales asociados	31
2.3.1 El Agua en la operación	32
2.3.1.1 Captación	34
2.3.1.2 Vertimientos	36
2.4 Determinación de los riesgos	37
3. MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LAS FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA	40
3.1 ANALISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS	40
3.1.1 Metodológica	40
3.1.2 Valoración cualitativa de los riesgos	43
3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN	44
3.2.1 Alternativas de mitigación	46
4. CONCLUSIONES	51
5. RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53



## LISTA DE CUADROS

	<b>Pagina</b>
Cuadro 1: actividades de la industria a evaluar	38
Cuadro 2: Probabilidad de ocurrencia medición cualitativa	41
Cuadro 3: Mediciones cualitativas del impacto	42
Cuadro 4: Mediciones cualitativas del impacto	42
Cuadro 5: Valoración cualitativa de los riesgos	43
Cuadro 6: Amenazas identificadas	45
Cuadro 7: estrategias de la calidad del recurso hídrico	46
Cuadro 8: estrategias del riesgo del recurso hídrico	48

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pagina</b>
Grafico 1: Comparativo de afectaciones de agua superficial y subterránea	40
Grafico 2: Resultados valoración de los riesgos identificados	44

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pagina</b>
Ilustración 1: Potenciales vías de transporte del fluido de retorno	20
Ilustración 2: Relación de impactos medioambientales en la salud asociados al desarrollo de proyectos con deficiencias de extracción de gas no convencional	22
Ilustración 3: Consumo de energía mundial por tipo de combustible 1990 2040	23
Ilustración 4: principales entidades del sector	26
Ilustración 5: evaluación de las consecuencias	30
Ilustración 6: ejemplo de riesgo asociado a rotura de revestimiento	32
Ilustración 7: distribución de los fluidos en un yacimiento típico antes de comenzar la producción o la inyección	33
Ilustración 8: Cambios en la tasa de producción y corte de agua a través del tiempo	34
Ilustración 9: El rol del agua en el proceso de producción de petróleo	35
Ilustración 10: esquema básico de remoción impurezas agua en un campo petrolero	37

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio es la evaluación de los riesgos ambientales originados en las actividades desarrolladas en pozos petroleros, con énfasis en la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. Para lograrlo, se realizó una exhaustiva investigación que permitiera recopilar estudios sobre casos en la industria que permitieran la identificación de riesgos asociados al recurso hídrico. El análisis de riesgo desarrollado muestra que el impacto que genera la industria petrolera sobre los cuerpos hídricos es alto, razón por la cual dentro del presente documento se plantearon las actividades que pueden dar origen a una posible afectación del recurso. Durante la valoración de los riesgos, se tuvieron en cuenta aspectos, como el nivel de probabilidad e intensidad de afectación de cada una de las actividades examinadas; de esta forma se logran obtener aproximaciones muy precisas en relación con la realidad que vive la industria petrolera colombiana. Se determinó que en la mayoría de eventos que suceden en la industria, es indispensable el uso de las estrategias de sostenibilidad que se encaminen hacia la prevención, reducción y mitigación de los riesgos que se pueden materializar afectando el recurso hídrico. Con la aplicación de las alternativas identificadas y el control efectivo de las autoridades, se puede presentar un desarrollo petrolero más amigable con el medio ambiente, evitando en lo posible los malos estudios que afectaron el medio ambiente por el mal sellamiento del pozo de La Lizama de Ecopetrol en Barrancabermeja, que afectó los ecosistemas acuáticos del río Sogamoso. Así que es importante que los entes de control hagan una evaluación más exhaustiva, del manejo de los riesgos, dado que la falta de control está siendo aprovechada por ciertas empresas, para omitir su compromiso con el planeta, generando graves afectaciones.

**Palabras Claves:** industria petrolera, Contaminación de las fuentes hídricas, Evaluación de riesgos.

## GLOSARIO

**ACUÍFERO:** hace referencia a formaciones geológicas que cumplen con ciertas características las cuales permiten el almacenamiento de agua en espacios subterráneos.

**FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO:** tratamiento de estimulación empleado de forma rutinaria en los pozos de petróleo y gas que cumplen con ciertas condiciones como baja permeabilidad, los fluidos son diseñados para ser bombeados a alta presión y un régimen continuo de bombeo esto produce la apertura de una fractura vertical mejorando la permeabilidad del yacimiento.

**PERMEABILIDAD:** Capacidad que tiene una roca de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros interconectados. Se mide normalmente en Darcies o Milidarcies.

**POROSIDAD:** Capacidad que posee la roca de almacenar fluidos, es la medida de espacios vacíos de un material Se define como la fracción (expresada en porcentaje) del volumen total de la roca que corresponde a los espacios capaces de alojar fluidos.

**ROCA GENERADORA/MADRE:** normalmente este tipo de roca son lutitas o calizas, la cantidad de materia orgánica que esta posee puede ser de 1 al 10 % y tiene un contenido de 0,5 % de carbonato de calcio esta roca a temperatura y presiones adecuadas produce petróleo o gas.

**ROCA SELLO:** roca relativamente impermeable esto impide el flujo de los fluidos evitando así que los fluidos migren y formando así un yacimiento.

**TORRE DE PERFORACIÓN:** es una estructura metálica de forma piramidal que permite soportar las cargas verticales e impactos horizontales, la altura de la estructura demuestra la capacidad de esta para soportar las cargas e impactos.

**YACIMIENTOS CONVENCIONALES:** Un yacimiento asociado a cuerpos rocosos arenosos, que por sus características habitualmente permiten que el petróleo o el gas natural fluyan con facilidad hacia el interior de los pozos. Generalmente este tipo de yacimientos no requieren de tratamientos mayores de estimulación lo que permite que sean producidos a tasas económicas de flujo.

**YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES:** Un yacimiento asociado a cuerpos geológicos lutíticos de baja permeabilidad, lo que hace de su extracción un proceso difícil que requiere de nuevos métodos para su explotación. Entre estos tipos de yacimientos se encuentra el Oil Shale y Gas Shale.

## INTRODUCCION

“El agua es crítica para el desarrollo sostenible incluyendo la integridad del medio ambiente y el alivio de la pobreza y el hambre y es indispensable para la salud y el bienestar humanos.”

**Naciones unidas**

El proyecto tiene como propósito dar a conocer los múltiples impactos que genera la actividad de la industria para que a partir de esta se tenga lineamientos para el aprovechamiento sostenible del recurso. De esta forma, las Naciones Unidas (ONU) establecen en el 6 objetivo de desarrollo sostenible, que trata sobre mejorar la calidad y el aumento del uso eficiente del agua, las siguientes dos metas de cumplimiento para el 2030: 1) “De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial; y 2) “De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua”<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> NACIONES UNIDAS. **GARANTIZAR La Disponibilidad De Agua y Su Gestión Sostenible y El Saneamiento Para Todos**. [online]. Internet. 2017. [Consultado el 17/10/20172017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar los riesgos ambientales originados en las actividades desarrolladas en pozos petroleros con énfasis en la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el contexto dentro de los cuales se identifican y gestionan los riesgos ambientales de las actividades desarrolladas en un pozo petrolero.
- Identificar los riesgos ambientales asociados a la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales originados en las actividades desarrolladas en pozos petroleros.
- Cuantificar los riesgos ambientales identificados en las actividades desarrolladas en pozos petroleros
- Proponer medidas de tratamiento para los principales riesgos ambientales identificados en las actividades desarrolladas en pozos petroleros

# 1. METODOLOGIA

## 1.1 IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

### 1.1.1 Generalidades de los yacimientos

Las operaciones desarrolladas en un pozo petrolero tienen como objetivo la extracción de fluidos, como lo menciona Caenn “En la perforación de pozos de petróleo con el método rotativo e hidráulico se realiza la circulación continua de un fluido. El diseño del fluido de perforación posee como objetivos principales: extraer los ripios de roca que la barrena disloca, crear una presión hidrostática que asegure el equilibrio de presiones de formación, enfriar y lubricar las herramientas de perforación y sobre todo, mantener la estabilidad de las paredes del pozo, entre otras funciones”<sup>2</sup>.

Hay que tener en cuenta lo que dice Delgado “En la exploración petrolera los resultados no siempre son positivos. En la mayoría de las veces los pozos resultan secos o productores de agua. En cambio, los costos son elevados, lo que hace de esta actividad una inversión de alto riesgo.”<sup>3</sup> Para este propósito los pozos que se encuentran ubicados en yacimientos plenamente identificados y estudiados, ya que la única forma de saber si realmente el prospecto de los estudios corresponde con la realidad es perforar es necesario conocer algunos términos definidos por Caenn<sup>4</sup>, como:

**Torre de perforación:** Es una estructura metálica piramidal su altura demuestra la capacidad la cual permite soportar las cargas verticales a manejar en pozo, pero también impactos laterales (por viento). En esta se concentra prácticamente todo el trabajo de perforación.

**Motores:** Según Caenn los motores es el conjunto de unidades que imprimen la fuerza motriz que requiere todo el proceso de perforación.

**Malacate:** De acuerdo a Caenn los Componente de un taladro de perforación que está encargado de dar potencia y capacidad al taladro.

**Tubería o "sarta" de perforación:** De acuerdo a Caenn son los tubos de acero que se van uniendo a medida que avanza la perforación.

---

<sup>2</sup> CAENN, Ryen; GRAY, George Robert y DARLEY, H. C. H. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. Waltham, MA: Gulf Professional Publishing, 2011. ISBN 9780123838582; 9780123838599

<sup>3</sup> DELGADO CALIN, Ginés y SERIGOT CASTELLET, Juan. Análisis crítico de la viabilidad del fracking. En: DYNA - INGENIERÍA e INDUSTRIA. [Google académico] enero. vol. 91, no. 1 p.32

<sup>4</sup> Ibid 2, p. 34



**Brocas:** según Caenn son las que perforan el subsuelo y permiten la apertura del pozo.

**Sistema de lodos:** De acuerdo a Caenn es una serie de productos que se prepara, almacena, bombea, inyecta y circula permanentemente un lodo de perforación que cumple varios objetivos: lubrica la broca, sostiene las paredes del pozo y saca a la superficie el material sólido que se va perforando”.

Durante las operaciones de perforación se deben tener en cuenta que los tiempos son establecidos acorde al tipo de formaciones la profundidad y dirección además de otros factores como el equipo usado, a lo largo de esta etapa la circulación de fluidos es permanente. Según Caenn “los Lodos de perforación cumplen una función básica que consiste en enfriar y lubricar la sarta de perforación, pero además de esto cumple otras funciones”<sup>5</sup>.

En este tipo de operaciones también se realiza unas operaciones secundarias o secundarias como las describe Delgado.

En perforación también se toman registros eléctricos que ayudan a conocer los tipos de formación y las características físicas de las rocas, tales como densidad, porosidad, contenidos de agua, de petróleo y de gas natural. Igualmente se extraen pequeños bloques de roca a los que se denominan "corazones" y a los que se hacen análisis en laboratorio para obtener un mayor conocimiento de las capas que se están perforando. Para proteger el pozo de derrumbes, filtraciones o cualquier otro problema propio de la perforación, se pegan a las paredes del hueco, por etapas, tubos de revestimiento con un cemento especial que se inyecta a través de la misma tubería y se desplaza en ascenso por el espacio anular, donde se solidifica<sup>6</sup>.

Además de todo esto al final de todo el tramo de producción se ubica un liner como lo dice Delgado “El último tramo de la tubería de revestimiento se llama "liner de producción" y se fija con cemento al fondo del pozo. Al finalizar la perforación el pozo queda literalmente entubado (revestido) desde la superficie hasta el fondo, lo que garantiza su consistencia y facilitará posteriormente la extracción del petróleo en la etapa de producción”<sup>7</sup>.

Una vez terminada la etapa de completamiento de pozo (anteriormente descrita) se inicia la fase de producción para iniciar esta es necesario la instalación de algunos equipos que permitirán una recuperación técnica del hidrocarburo dado que como describe Delgado “El común de la gente tiene la idea de que el petróleo brota a chorros cuando se descubre, como ocurría en los inicios de la industria petrolera. Hoy no es así. Para evitarlo, desde que comienza la perforación se

---

<sup>5</sup> CAENN, Ryen; GRAY, George Robert y DARLEY, H. C. H. Op. Cit 2, p.67

<sup>6</sup> CAENN, Ryen; GRAY, George Robert y DARLEY, H. C. H.Op. Cit 2, p. 75

<sup>7</sup> Ibid 5, p.67

instala en la boca del pozo un conjunto de pesados equipos con diversas válvulas que se denominan preventoras”<sup>8</sup>.

**1.1.2 Contexto internacional y nacional:** Dado que esta causa es una lucha mundial la mayoría de los países poseen leyes que protegen sus recursos naturales renovables y no renovables en los diferentes países a nivel mundial existen ciertas variaciones a estas leyes por obvios motivos, pero para enmarcar uno sería si el país es productor o dependiente.

La política que en general el mundo ha tomado con respecto al tema del agua tiene dos tendencias la primera son aquellos países que poseen grandes recursos hídricos se han visto abocados a la creación de leyes y programas para generar una sustentabilidad del medio ambiente, mientras que la segunda tendencia presenta una subdivisión aquellos países que no poseen gran cantidad de recursos hídricos y no tiene una economía fuerte (reservas de hidrocarburos entre esto) prácticamente sus medidas son pocas casi nulas y dependientes de países con capitales elevados interesados en proteger ciertos ecosistemas por uno u otro interés mientras que por otra parte están aquellos que a pesar de no tener grandes cantidades de agua si poseen grandes cantidades de reservas de hidrocarburos y cuentan con una economía fuerte y en crecimiento estos no toman acciones frente a el tema y se limitan a hacer más rentable sus explotaciones con el fin de lograr más dinero y de esta manera sostener una economía a costas de los ecosistemas.

Dada la multiplicidad de normativas en cada país el Estudio Norte Americano del Desarrollo de Recursos de la CNP (NPC) presenta una perspectiva de cómo esta reglamenta en el norte del estado de Texas, Estados Unidos:

La explotación y producción de petróleo y gas está regulado por un conjunto de leyes estatales estas tratan de abordar la problemática del manejo de residuos que surgen como resultado de las diferentes actividades que dentro de la explotación se desarrollan por ejemplo la perforación. Cada una de estas leyes trata de proteger los recursos y el entorno circundante existe normatividad de ambientes, agua limpia, aire limpio, etc. Estas leyes buscan que las empresas se apersonen de las afectaciones que la industria genera de manera directa e indirecta y sea responsables ante las distintas entidades gubernamentales de control. El incumplimiento por parte de las empresas genera multas y sanciones<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Ibid 5, p.67

<sup>9</sup> DELGADO CALIN, Ginés y SERIGOT CASTELLET, Juan.Op. Cit 3, p.41

**1.1.3 Problemáticas asociadas:** Los potenciales incidentes los describe Delgado Calin y pueden ir desde un derrame hasta fugas inesperadas por cementación o alguna actividad:

Como lo dice Delgado Calin la contaminación del agua puede ser provocada por:

1. Los derrames de lodo de perforación
2. Fugas o accidentes en la superficie
3. Fugas a través de la estructura geológica, ya sea de forma natural o artificial a través de grietas o vías
4. Fugas provocadas por una inadecuada cementación del pozo.<sup>10</sup>

La presencia de crudo en el agua constituye uno de los mayores problemas actuales debido al impacto que este pueda generar ya sea que se presente en la superficie o sea subterránea.

Algunos ejemplos de esta problemática: el 27 de mayo de 2010, tras la explosión de la plataforma petrolífera Deepwater Horizon, de la compañía British Petroleum, que provocó un derrame de petróleo crudo en el Golfo de México según mole Beth “La mayoría de los investigadores estiman que cerca de 5 millones de barriles del petróleo se derramaron del pozo Macondo”<sup>11</sup>.

Otro triste ejemplo es el ocurrido en Colombia el 7 de junio de 2015 en este un atentado terrorista provoco el vertimiento de 410.000 galones de petróleo en los ríos Mira, Rosario y Caunapí, en Tumaco (Nariño) aún no se tiene una cuantía exacta del impacto generado a este ecosistema.

La resiente problemática generada por el campo por el mal sellamiento del pozo de La Lizama de Ecopetrol en Barrancabermeja, que afectó los ecosistemas acuáticos del río Sogamoso. Que genero una un grave conflicto entre de la comunidad y la industria debido a que por parte de la empresa fueron negligentes en cuanto no hicieron un monitoreo adecuado al pozo y por otra parte las entidades de regulación que no prestaron un servicio ante la alerta emitida por parte de un ente estatal en el cual avisaba de las posibles fallas que se presentarían por el inadecuado cerramiento de este pozo y las graves consecuencias que consiguió traería.

Por parte de Ecopetrol empresa responsable del pozo su respuesta ente la emergencia fue lenta y precaria mientras que por parte del ministerio de minias y energía se vio una total desinformación que genero confusión demoras y retrasos frente a las acciones a tomar por parte de ellos y la empresa responsable

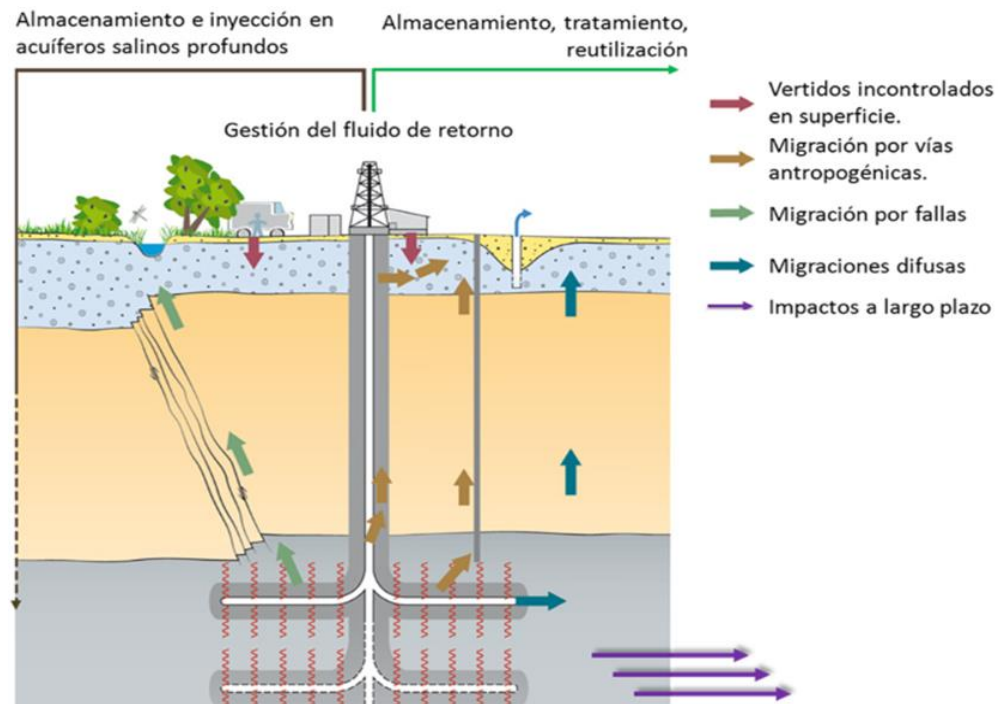
---

<sup>10</sup> CAENN, Ryan; GRAY, George Robert y DARLEY, H. C. H.Op. Cit. 2, p.21

<sup>11</sup> MOLE, Beth. An Oil Spill's Aftermath. En: SCIENCE NEWS. 04/18.vol. 187, no. 8, p. 22.

Las causas de la contaminación deben ser evaluadas para poder tener un plan de contingencia ante cualquier emergencia, los dos ejemplos expuestos son solo una pequeña muestra de mala planificación y secuencia de errores además de actos imprevistos en la figura N<sup>o</sup>7 observamos un esquema el cual presenta diferentes vías de flujo de los fluidos que pueden afectar el medio ambiente sea en superficie o subterráneo.

**Figura 1: Potenciales vías de transporte del fluido de retorno.**



Fuente: MOLE, Beth. An Oil Spill's Aftermath. En: SCIENCE NEWS. 04/18.vol. 187, no. 8, p. 22.

Los impactos en los seres humanos debido a este tipo de contaminación pueden ser múltiples como lo dice Silvia Gonzales “muestran que esas poblaciones corren un mayor riesgo de presentar alteraciones cutáneas y complicaciones respiratorias, enfermedades neoplásicas, tumores cerebrales, melanoma y cáncer de pulmón. También han detectado un aumento en la incidencia de nacimientos prematuros, abortos espontáneos y bajo peso al nacer”<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> ALONSO, Silvia González, et al. Contaminación del agua en fuentes cercanas a campos petrolíferos de Bolivia. En: REVISTA PANAMERICANA DE SALUD PÚBLICA. Bolivia .vol. 28, no. 4.

A pesar de que hoy en día existen múltiples tecnologías que buscan el control de esta manera se espera que se mitigue el impacto de los residuos algunas de estas tecnologías las dice rana "Varias nuevas tecnologías se están aplicando al tratamiento de residuos, tales como: **tratamiento biológico** (difusión, compostaje, reactores de tanque en tierra); **métodos de tratamiento térmico** (desorción térmica y la desintoxicación), **métodos químicos** (precipitación, extracción, neutralización); y **métodos físicos** (separación por gravedad, filtración y centrifugación)"<sup>13</sup>.

"Son diversos los procesos asociados con la producción de gas no convencional que demandan el uso de recursos hídricos. Los volúmenes más importantes son los requeridos por la hidrofracturación. Además, están los usos secundarios, la fabricación de lodos de perforación y tareas de limpieza. Finalmente, hay otras necesidades menores, tales como cementación, consumo de personal, etc."<sup>14</sup>.

**1.1.3.1 Potenciales incidentes:** Entre las preocupaciones que se presentan en una operación petrolera encontramos

- Liberación no regulada de las aguas superficiales y las aguas subterráneas.
- Fuga de las balsas de almacenamiento in situ.
- Construcción, mantenimiento y/o desmantelamiento inadecuados de las instalaciones de almacenamiento y tratamiento.
- Tratamiento incompleto.
- Derrames.
- Accidentes en el tratamiento de las aguas residuales

Aunque hay que recordar que la contaminación de recursos hídricos en razón a la estimulación hidráulica puede tener ciertos incidentes como los describe MARIN EDWIN "obedece a diferentes circunstancias y puede darse dentro y fuera del pozo explorado; tales como los derrames de lodo de perforación, flowback y solución salina, fugas o accidentes en la superficie, fugas a través de la estructura geológica o fugas provocadas por una inadecuada cementación del pozo."<sup>15</sup> Existen otros casos como la contaminación por inyección y esta se presenta por

---

<sup>13</sup> Rana, S. Facts and Data on Environmental Risks - Oil and Gas Drilling Operations (SPE 114993). SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibit, [google academico] Perth, Australia, October 20-22 2008.

<sup>14</sup> Rana, S. Op. Cit. 13, p 34.

<sup>15</sup> MARÍN MARÍN, Edwin Horacio. En: fracking en colombia: Un Estudio Sobre Su Constitucionalidad y Legalidad. [Google académico]. Octubre 2015

la apertura de grietas no detectadas a tiempo en la zona geológica que contiene el acuífero.

Las actividades de la industria petrolera dependen en un alto porcentaje del uso del agua hay inicia la cadena de posibles incidentes desde su captación pues se debe hacer de una forma en la que no se vea afectado ningún otro actor ahora la problemática se centra cuando por ciertos motivos (falta de monitoreo, mantenimiento, operación ineficiente) se genera una liberación imprevista. En muchas de las circunstancias estas problemáticas se generan por fallo humano y en menor cuantía por fallo de operación o maquinaria operante.

**Figura 2: Relación de impactos medioambientales en la salud asociados al desarrollo de proyectos con deficiencias de extracción de gas no convencional.**



**Fuente:** CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE -CONAMA- [online]. Madrid. BEZOS, Antonio Hurtado. Seguridad medioambiental para proyectos de Shale Gas. 2014 archivo Pdf.

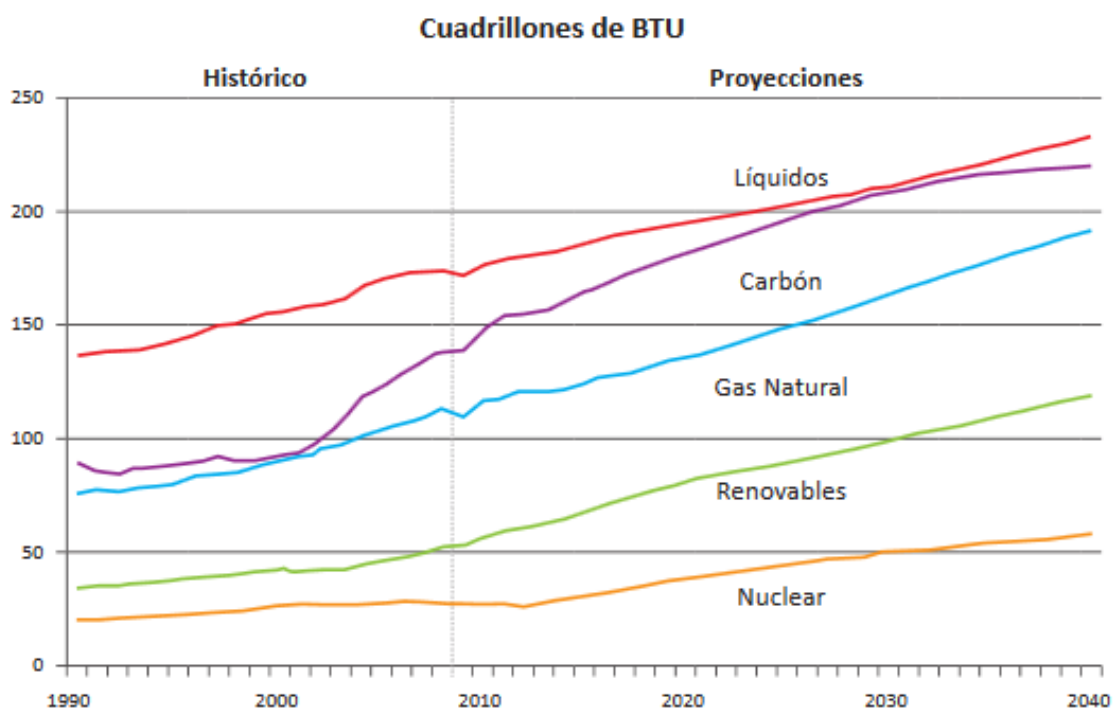
**1.1.4 Tendencias globales:** La industria del petróleo y gas a nivel mundial está en un constante estado de evolución y cambio, así como lo expresan SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany

Viene experimentando cambios significativos hacia nuevas formas de exploración y producción de hidrocarburos en ambientes complejos como aguas profundas y ultra profundas, gas y petróleo asociado a esquistos, zonas ambientalmente sensibles y áreas socialmente complejas. Adicionalmente, el mundo exige cada vez más energía. Las proyecciones de los próximos 30 años estiman un incremento del 50%, siendo las fuentes fósiles como el carbón, petróleo y gas las de mayor demanda, por lo que la industria enfrenta un doble

reto: el suministro de energía y cómo lograrlo responsablemente en las tres dimensiones: económica, social y ambiental<sup>16</sup>.

**1.1.4.1 La industria:** A pesar de los esfuerzos por reducir el consumo de combustibles fósiles nos encontramos frente a un incremento de la demanda “ante el agotamiento de los petróleos encontrados en yacimientos de fácil acceso, los recursos disponibles se concentran en hidrocarburos pesados, extra pesados y yacimientos no convencionales, donde se calculan grandes volúmenes, pero con significativos desafíos tecnológicos y económicos para su producción”<sup>17</sup>.

**Figura 3: Consumo de energía mundial por tipo de combustible 1990 2040**



**Fuente:** U.S. Energy information administration-eia-internacional energy outlook2013. [Sitio web]. Washington DC, julio 2013. P.2 [Consultado 11, julio, 2017]. Archivo pdf [[https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484 \(2013\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484 (2013).pdf)].

<sup>16</sup> SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany. Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. En: REVISTA DE INGENIERÍA. no. 40, p. 50-56

<sup>17</sup>Labastie, After & Holditch, 2009. Citado por SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany. Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. En: REVISTA DE INGENIERÍA. no. 40, p. 50-56

**1.1.4.2 La sociedad:** En cuanto al aspecto social BEZOS ANTONIO dice, “El impacto social sobre las necesidades de agua es amplio y variado y los volúmenes de agua a utilizar son importantes. Sin embargo, no son mayores que los órdenes propios del uso agrícola, los mayores consumidores de recursos hídricos. Tampoco en este punto es posible realizar una evaluación general, porque no se trata tanto volumen de agua consumido como del impacto de la retirada de ese volumen en un área determinada, de especial interés en áreas donde la irregularidad de disponibilidad de este recurso sea la palabra clave. El impacto es función tanto de su disponibilidad como de las demandas con que compita, tanto de las ya asignadas como de las comprometidas, debiéndose tener en cuenta las fluctuaciones, así Como la necesidad de garantizar la conservación de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea”<sup>18</sup>.

Si bien hay un compromiso con la sociedad se debe tener en cuenta que las compañías dan prioridad a las entidades antes que a las comunidades como lo menciona Fernando Saavedra y Yovany Jiménez “En primer lugar, se asegura el cumplimiento de las obligaciones legales sociales comprometidas con la autoridad ambiental, y en segundo lugar se gestionan otros impactos no previstos identificados en el desarrollo de las actividades, que le permitan a la comunidad sentirse más tranquila y segura”<sup>19</sup>.

**1.1.5 Normatividad vigente:** La normatividad aplicada en cada uno de los países tiene ciertas variaciones, esto acorde al tipo de ecosistemas presente en cada uno de los países y su grado de desarrollo, entre otros. La creciente preocupación por los recursos naturales es visible a nivel mundial, aspecto que es sumamente importante debido a que esto ha impulsado a la industria hacia la mejora continua a partir de estudios de distinta índole en busca de la protección de los recursos naturales.

**1.1.5.1 Internacional:** Múltiples son los esfuerzos desarrollados por la industria a nivel mundial por la mejora continua, en lo normativo se ha avanzado significativamente, este ha sido un proceso a lo largo de los años, debido a que la industria siempre ha generado inconvenientes así como lo describe MOZUR, Carolina

Los graves problemas generados por esta situación en las personas y los ecosistemas hicieron que en la década de los años 70 comenzaran a surgir estructuras institucionales encargadas de conservar, defender y mejorar el

---

<sup>18</sup> CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE -CONAMA- [online]. Madrid. BEZOS, Antonio Hurtado. Seguridad medioambiental para proyectos de Shale Gas. 2014 archivo Pdf.

<sup>19</sup> SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany. Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. En: REVISTA DE INGENIERÍA. no. 40, p. 50-56



medio ambiente. Se crearon la Secretaría del Ambiente en Gran Bretaña en 1970, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en los EEUU en 1971, el Ministerio de la Protección de la Naturaleza y del Ambiente en Francia en 1971, y en Polonia, Yugoslavia y Hungría se establecieron organismos interministeriales de coordinación, por sólo citar algunas de las instituciones más conocidas internacionalmente en el campo ambiental. Al comienzo de los 70 existían 10 países con organismos nacionales para el cuidado del ambiente, para 1974 este número se había elevado a 60 y a fines de la década la cifra llegaba al centenar<sup>20</sup>.

El compromiso por parte de la industria y los estados es cada vez más creciente en parte incentivado por la creciente presión de las diferentes comunidades es por esto que la industria realiza reuniones de retro alimentación como lo describe MOZUR, Carolina “Recientemente tuvo lugar en Johannesburgo, entre el 26 agosto y el 4 septiembre 2002, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible. El objetivo de esta reunión fue revisar los avances logrados desde la Cumbre de Río de 1992. Los principales temas analizados en Johannesburgo fueron: agua y sanidad, energía, pobreza, calentamiento global, comercio, y recursos naturales y biodiversidad”<sup>21</sup>.

**1.1.5.2 Nacional:** En Colombia la problemática del cuidado de las fuentes hídricas cada vez toma más relevancia, factores como el que es un recurso natural no renovable preocupan pero el debate crece al ser Colombia uno de los países con mayor riqueza hídrica Según la FAO –organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Colombia es el séptimo país con más recursos hídricos, después de países como Brasil, Rusia y China.

“El manejo efectivo y justo de estas disparidades constituye uno de los grandes imperativos de gobernabilidad que hoy enfrentamos. Pero es un imperativo que se complica más aún por otros hechos de importancia. El agua es un recurso renovable, en el sentido en que el ciclo hidrológico global no tiene fin, por medio de la dinámica de la evaporación, condensación y escorrentía. De todas maneras, en la práctica, la cantidad de agua dulce disponible para uso humano es constante mientras que la demanda humana está creciendo continuamente. En algunas partes el suministro es insuficiente y está en declinación día a día”<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup> (Martínez y Lima, 2000; Perry Johnson, 1996). Citado por GUÉDEZ MOZUR, Carolina, et al. Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. En: INTERCIENCIA. vol. 28, no. 9, P 31.

<sup>21</sup> GUÉDEZ MOZUR, Carolina, et al. Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. En: INTERCIENCIA. vol. 28, no. 9, P 40.

<sup>22</sup> BROOKS, David B. y INTERNATIONAL DEVELOPMENT, Research Centre. Agua: Manejo a Nivel Local. Bogotá: International Development Research Centre, 2004. ISBN 9781552501467

En Colombia la seguridad y control ambiental tiene una larga cronología de evolución, pese a que durante muchos años han existido diferentes normatividades que pretenden proteger el medio ambiente y los recursos naturales se evidencia que durante el surgimiento de las normatividades ambientales e incluso hoy en día algunas de estas no se aplican a cabalidad y son pasadas por alto.

Figura 4: principales entidades del sector.



**Fuente:** LÓPEZ, Enrique, et al. La economía petrolera en Colombia (Parte I). En: MARCO legal–contractual y PRINCIPALES ESLABONES DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN (1920–2010), BORRADORES DE ECONOMÍA.

El desarrollo colombiano de la seguridad y control ambiental surge a mediados de la década de 1980 como lo menciona Cusarúa, Alfonso<sup>23</sup> el también hace notar que “durante varios años se ha venido trabajando el tema de seguridad industrial relacionado estrecha mente con el control ambiental. Dinamiza do por la industria petrolera se crea el Consejo Colombiano de Seguridad, para atender y asesorar los aspectos relacionados con la seguridad y el control ambiental en la industria”<sup>24</sup>.

Empresas como Occidental de Colombia desde 1985 crearon gerencias para atender estos aspectos y otras los desarrollaron por los siguientes diez años hasta

<sup>23</sup> CUSARÍA, Alfonso Avellaneda. Petróleo, seguridad ambiental y exploración petrolera marina en Colombia. En: ÍCONOS.REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES. 01.no. 21, p. 11-17

<sup>24</sup> Ibid 12, P 8.

establecerse como departamentos independientes. En el caso de Ecopetrol, la empresa ha mantenido diferenciado el control ambiental de la seguridad industrial. Para los años 1993-1996 el Inderena (Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura), el Ministerio de Salud, el Ministerio de Medio Ambiente, en asocio con Ecopetrol, promovieron dentro de la industria petrolera los estudios y mapas de riesgos para todas las fases de esta actividad, así como los Planes de Manejo Ambiental y Contingencia que ya se venían diseñando y cumpliendo parcialmente desde 1986<sup>25</sup>.

## 1.2 GESTIÓN DEL RIESGO

Para hablar de gestión del riesgo debemos dar una definición clara de riesgo está la encontramos en la Guía Técnica Colombiana GTC 104 “el riesgo se define como la posibilidad de que suceda algo que tendrá un impacto y es medido en términos de consecuencias y su posibilidad. Cuando se estudia el riesgo en un contexto ambiental, se debe considerar las consecuencias ambientales de una gravedad determinada y la posibilidad de que se presente esa consecuencia particular”<sup>26</sup>.

La gestión del riesgo da un apoyo en la organización y toma de decisiones como lo menciona BEZOS, Antonio “La gestión de riesgos proporciona el marco organizativo que facilita la toma de decisiones a través de la identificación, el análisis, la evaluación y el control de riesgos propios del desarrollo actual caracterizado principalmente por un significativo nivel de incertidumbre”<sup>27</sup>.

La gestión de riesgos, necesariamente, implica una evaluación de circunstancias y acontecimientos inherentemente inciertos. Ello requiere de una estimación de los dos componentes del riesgo. Por un lado, de la estimación de que ocurra el evento o condición de riesgo. Esta es la componente de incertidumbre de todo riesgo. Por otro lado, es necesario determinar el efecto que podría producir la materialización del hecho. Toda estimación de riesgo implica necesariamente la estimación de estas dos componentes. Al contrario que con los impactos, el estudio y determinación de las probabilidades no pueden ser desarrollados dentro de la asunción de un marco determinista. Por tanto, la estimación del riesgo se reduce,

---

<sup>25</sup> Ibid 18, p 11.

<sup>26</sup> Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [Electrónica (1)]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86

<sup>27</sup> CONGRESO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE -CONAMA- [online]. Madrid. BEZOS, Antonio Hurtado. Seguridad medioambiental para proyectos de Shale Gas. 2014 archivo Pdf.

en esencia, a un ejercicio de acotación de la incertidumbre, cuya importancia relativa variará en función del tipo de proyecto y fase de desarrollo del mismo<sup>28</sup>.

---

<sup>28</sup> Ibid 35, p.

## 2. GESTIÓN DEL RIESGO

### 2.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

La identificación del riesgo dentro de las actividades industriales está enmarcada en la guía técnica colombiana 104 o (GTC104) al igual que en la norma técnica colombiana 5254 o (GTC5254) a partir de estas se realizará una revisión de identificación de los riesgos asociados a la actividad petrolera en Colombia estos datos serán incorporarán a una matriz con el fin de determinar el grado de incidencia de cada uno de estos.

El riesgo es definido en la NTC104 como “la probabilidad de que suceda algo”<sup>29</sup> una vez identificados los riesgos se procede a realizar un análisis de estos seguido de una valoración de los mismos de esta manera obtendremos la forma de desarrollar una estrategia para el tratamiento, prevención y seguimientos de estos.

La identificación de los riesgos es un proceso en el cual se valora primordialmente las probabilidades que un evento ocurra o en caso de que este suceda cuales serían las potenciales consecuencias esto determina el grado de incidencia que el riesgo tiene dentro de la actividad desarrollada. La identificación de riesgo surge a partir de tres preguntas como lo indica la NTC 104<sup>30</sup>.

1. ¿Qué puede suceder?
2. ¿Dónde y cuándo?
3. ¿Cómo y por qué?

### 2.2 VALORACIÓN DE RIESGOS

Este comprende una valoración el cual nos llevara a observar o determinar las prioridades categorizando de mayor importancia a menor este proceso nos llevara a la toma de decisiones para el tratamiento de los riesgos.

**2.2.1 Evaluación de consecuencias:** Esta etapa comprende múltiples aspectos como lo especifica la NTC 104 “La etapa de evaluación comprende decisiones y acción es que se deben tomar. Con frecuencia, los costos y los beneficios son

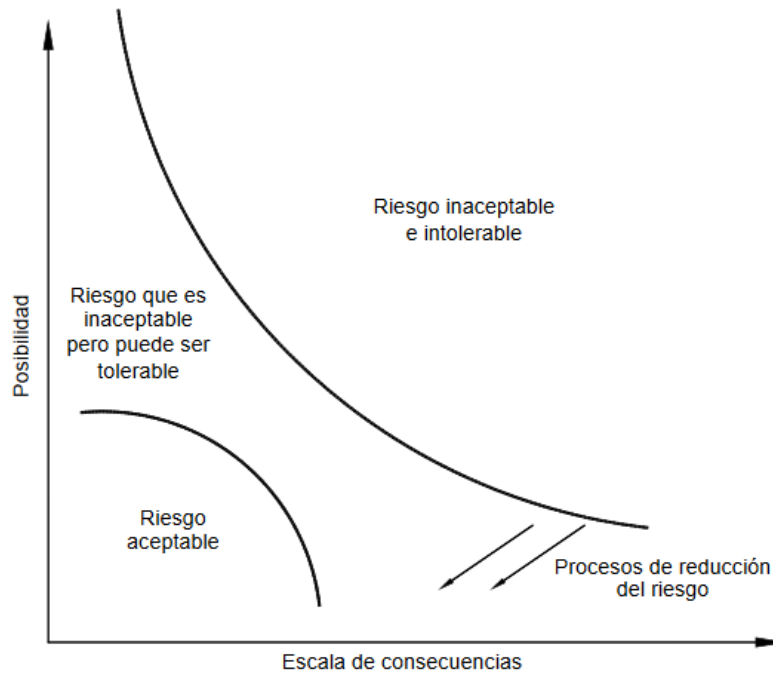
---

<sup>29</sup> Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [Electronic (1)]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86

<sup>30</sup> *Ibíd.*, p. 28

diferentes para diversos grupos de partes interesadas, y se necesita esta información como entrada para el proceso de toma de decisiones”<sup>31</sup>.

**Figura 5: evaluación de las consecuencias.**



**Fuente:** Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [Sitio web]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 36

**2.2.2 Probabilidad de ocurrencia:** En la Tabla **N0**, basada en la matriz de Ecopetrol la probabilidad de ocurrencia está enmarcada de la siguiente manera, “el eje horizontal representa la medición de probabilidad de la ocurrencia del evento, con la consecuencia identificada. La escala del eje horizontal se define como:

- A – No ha ocurrido en la industria.
- B – Ha ocurrido en la industria.
- C – Ha ocurrido en la organización.
- D – Sucede varias veces por año en la organización.
- E – Sucede varias veces por año en la Unidad, Superintendencia o Departamento.

<sup>31</sup> *Ibíd.*, p. 28

Donde A representa una probabilidad extremadamente baja de que ocurra un evento de esta magnitud y E representa una altísima probabilidad de que se presente dado que su ocurrencia se genera por la sumatoria de eventualidades cotidianas que están al orden del día.

De acuerdo con Ecopetrol S.A. debe tenerse en cuenta que no debe confundirse con la probabilidad de que se produzca el peligro: se trata de la probabilidad de que se produzcan las consecuencias potenciales o reales estimadas, según sea el caso”<sup>32</sup>.

**2.2.3 Clasificación:** La evaluación y clasificación de los riesgos debe hacerse teniendo en cuenta los siguientes tres elementos:

- El primero es la categoría de consecuencia con la cual está relacionada la evaluación: Personas (PE), Económica (EC), Ambiental (MA), Cliente (CL) e Imagen (IM).
- El segundo corresponde a la gravedad de las consecuencias: 0-5.
- El tercero corresponde al nivel de probabilidad del suceso: A-E. <sup>33</sup>

### **2.3 Identificación de los aspectos ambientales asociados**

Las actividades desarrolladas por parte de la industria petrolera dependen en un alto grado del recurso hídrico, ya sea captando o para las él vertiendo esto debido a las salidas del proceso, Cualquiera de estas condiciones implican una afectación ambiental si el aprovechamiento del recurso es indebido generando afectaciones que a corto o largo plazo generaran repercusiones en los cuerpos hídricos y con el tiempo estos no serán aprovechables por sus altos contenidos de metales pesados entre otras sustancias que generan afectación al ser humano a las especies animales y la vegetación.

A lo largo de las múltiples investigaciones se ha encontrado diversos contaminantes presentes en el crudo que afecta con mayor notoriedad en caso de un derrame tal como lo describe ENGLER “Estos componentes de Operaciones de producción contienen agua y otros fluidos que generalmente tienen un alto contenido niveles de Cloruros, y también pueden contener trazas de hidrocarburos y otros contaminantes. Independientemente de la fuente, el manejo del agua producida implica cierto nivel de riesgo y da como resultado un Costo no

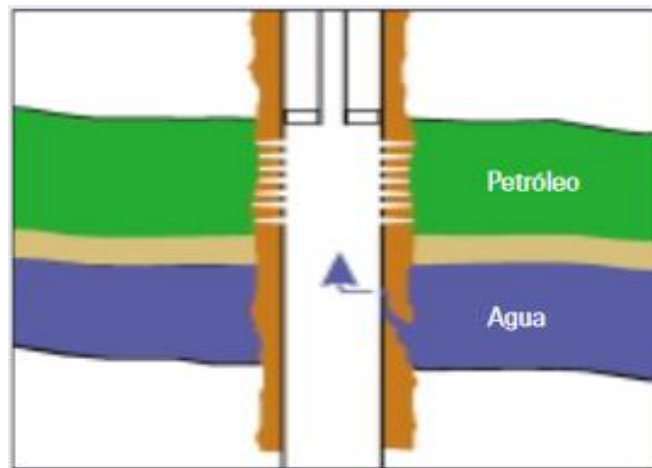
---

<sup>32</sup> ECOPETROL S.A. DIRECCIÓN DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL, ECP. Matriz de Valoración de riesgos – RAM. ECP-DRI-I-007. Uso de la Matriz de Valoración de riesgos 31, marzo, 2008. p. 1-13.

<sup>33</sup> Ibid., p. 1-13.

despreciable para el operador”<sup>34</sup> estos componentes tienen diversas afectaciones sobre el entorno, es por esto que es importante buscar un balance en todo proceso de la industria en pro de conseguir resultados ambientalmente sostenibles haciendo que la operación sea más amigable con el medio ambiente y disminuyendo los costos de producción.

**Figura 6: ejemplo de riesgo asociado a rotura de revestimiento.**



**Fuente:** Arnold, R., Burnett, D., Elphick, J., Feeley, T., Galbrun, M., Jiang, Z., Verbeek, P. [Marzo 2004]. Manejo de la producción de agua: De residuo a recurso. *Oilfield Review*, 16, 30-45.

**2.3.1 El Agua en la operación:** Las aguas de operación o aguas de producción son aguas que son usadas dentro del proceso productivo de extracción como explica YURIVILCA “Las aguas de producción se componen de aguas de formación, que son aquellas que provienen de las formaciones geológicas y que se obtienen normalmente durante la extracción del petróleo, y aguas que se contaminan al inyectarlas a un yacimiento petrolero”<sup>35</sup>.

---

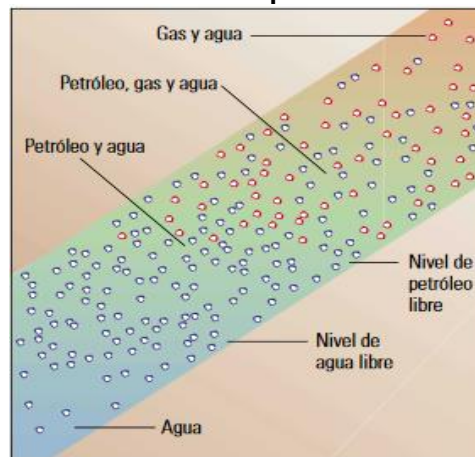
<sup>34</sup> ENGLER, Royce A., et al. Environmental Remediation using Advanced Microbial Techniques. En: SPE Health, Safety, Security, Environment, & Social Responsibility Conference-North America. Society of Petroleum Engineers, [google academico] 2017, archive pdf.

<sup>35</sup> Repositorio Nacional Universidad Nacional De Ingenierias- YURIVILCA, Espejo y IVÁN, Ronald. Selección de tecnologías para la prevención y mitigación de impactos ambientales en la industria petrolera peruana. [sitio web]. Lima Perú. sec. 2015. P 22 [consultado 25, octubre, 2017]. Archivo pdf. Disponible [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3371/1/espejo\\_yr.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3371/1/espejo_yr.pdf).



Se debe tener en cuenta que en la producción de hidrocarburos también se produce agua como un subproducto, si bien en la mayoría de los casos es indeseado esta producción se debe tener en cuenta que hay aguas que presentan una característica mejor que otra según Bailey<sup>36</sup> “la producción de hidrocarburos con lleva a que una compañía petrolera produce un promedio de tres barriles de agua por cada barril de petróleo que se extrae, esto es en yacimientos agotados.” Los costos adicionales que se genera en la operación son de miles de millones de dólares, el proceso de tratamiento de agua dependerá en gran medida de las características físico químicas que posea esta y de los parámetros mínimos exigidos por la entidad ambiental que vigile la operación en el caso colombiano esta función será ejercida por el ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible.

**Figura 7: distribución de los fluidos en un yacimiento típico antes de comenzar la producción o la inyección.**



**Fuente:** Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. [Octubre 2000]. Control Del agua. *Oilfield Review*, 32

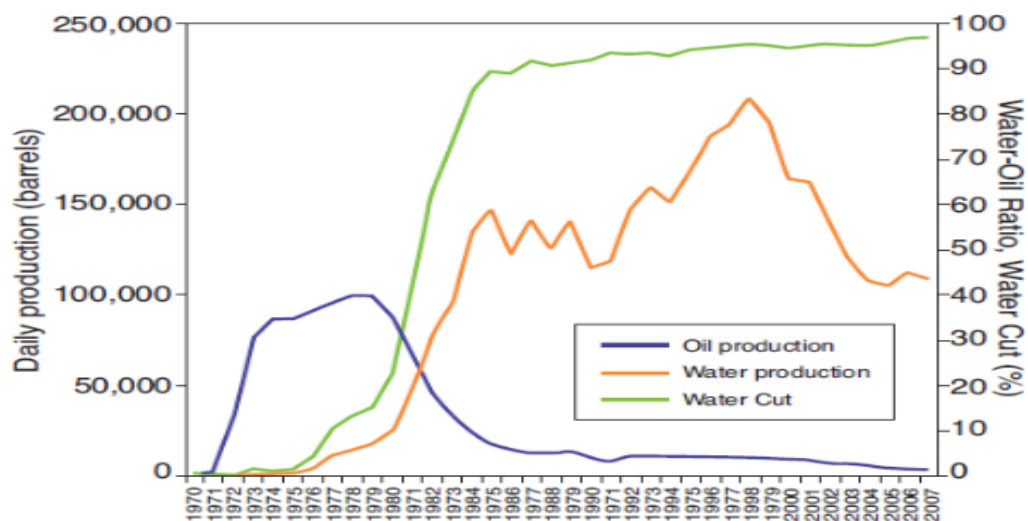
A lo largo de las operaciones desarrolladas por parte de la industria petrolera el agua comprende parte vital en un alto porcentaje, se debe tener en cuenta que durante el proceso hay captación, utilización, inyección, vertimiento esta cadena de uso debe ser controlada para obtener un buen aprovechamiento del recurso minimizando su uso.

Un ejemplo del uso del agua en las operaciones de la industria son los fluidos de perforación el cual como describe FERNÁNDEZ son “su principal función es facilitar la perforación de un agujero dentro de un reservorio con el mínimo daño a

<sup>36</sup> Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. (Octubre 2000). Control Del agua. *Oilfield Review*, 32

los instrumentos de perforación y a la formación rocosa. El fluido se inyecta a través de una tubería desde la superficie y se expulsa por el trépano (la mecha de perforación que va cortando las formaciones rocosas); así, este fluido circula desde el fondo de la perforación hacia la superficie.”<sup>37</sup>, una vez que el fluido sale a superficie este puede pasar por un proceso de reacondicionamiento para nuevamente someterlo a un nuevo proceso de inyección, en todo caso se debe recordar que es muy difícil y casi que nunca se logra la recuperación de todo el fluido presente.

**Figura 8: Cambios en la tasa de producción y corte de agua a través del tiempo**



**Fuente:** NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. En: IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011

**2.3.1.1 Captación:** Los procesos de Captación de agua se emplean para poder desarrollar actividades como preparación de fluidos estas etapas esta sujetas a el caudal que establezca las autoridades ambientales las cuales se determinan basados en parámetros como cercanía a cuerpos de agua caudal de estos cuerpos entre otros, Arnedo y Yunes<sup>38</sup> dice que la alta demanda de recurso hídrico en las operaciones de la industria petrolera pueden generar un conflicto con las comunidades debido a que el suministro del cual estos se abastecen entrara en

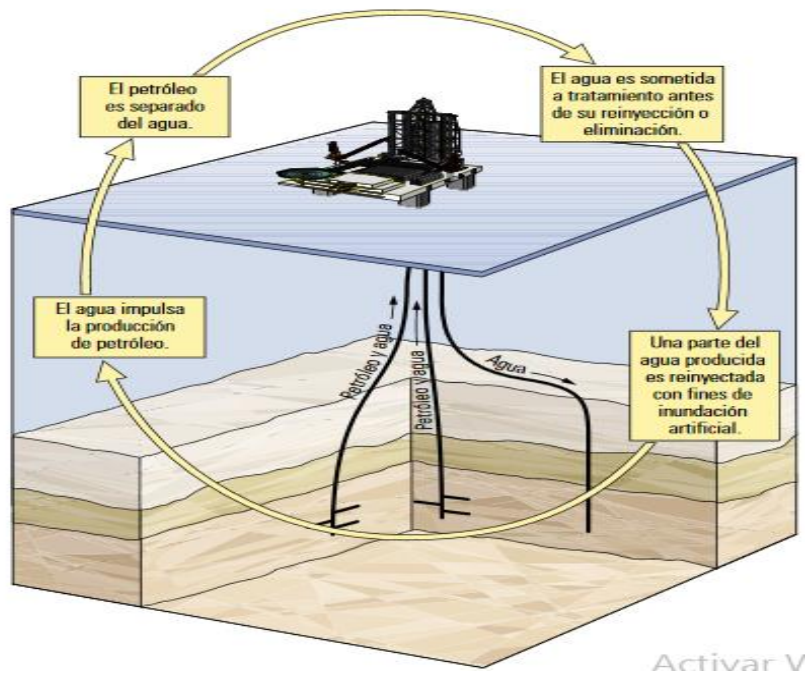
<sup>37</sup> FERNÁNDEZ, I. Polímeros en solución y aplicación de los polímeros en la industria petrolera. En: REVISTA IBEROAMERICANA DE POLÍMEROS s.f. vol 2. p. 1-14

<sup>38</sup> ARNEADO, Ana Ercilia y YUNES, Karla María. Fracking: Extracción De Gas Y Petróleo no Convencional, Y Su Impacto Ambiental. [sitio web]: Ingenierias, 2015. p. 3-26

una competencia, y si el caudal no es lo suficiente generara disminución del suministro o intermitencia algo que las personas generando inconvenientes en las acciones de la vida cotidiana e industrial que se desarrollen en la zona.

Hay operaciones como el fracturamiento hidráulico en el cual se requieren altas cantidades de agua según el Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas<sup>39</sup>, se tiene una estima que por cada etapa de estimulación para el proceso de fracturamiento se requiere un estimado de entre 1.000 y 2.000 m<sup>3</sup> de agua debido a esto esta estimulación se clasifica como media/alta, estos proceso de fracturamiento son procesos que requieren grandes cantidades de agua para poder lograr la suficiente estimulación de los fluidos presentes en yacimientos y de esta manera sacarlos a superficie.

**Figura 9: El rol del agua en el proceso de producción de petróleo.**



**Fuente:** Arnold, R., Burnett, D., Elphick, J., Feeley, T., Galbrun, M., Jiang, Z. . Verbeek, P. (2004). Manejo de la producción de agua: De residuo a recurso. *Oilfield Review*, 16, 30-45.

<sup>39</sup> Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, 2013 citado por SEGURA PALAU, Paula. Análisis De Posibles Riesgos Ambientales En El Subsuelo Del Maestrazgo Vinculados a Proyectos De Extracción De Gas no Convencional Mediante Fracturación Hidráulica. [sitio web]: Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2015. p. 2-23

Hoy en día existen nuevas técnicas de aprovechamiento del agua procesada haciendo que la cantidad de agua que se va a captar disminuya esto en gran medida al avance frente a los procesos de recuperación del agua ya se por medio mecánico o químico lo cual representa un avance para las operaciones y se traduce en menores costos no necesariamente de entrada, pero si a futuros.

Para la determinación de los riesgos ambientales, en primer lugar, se seguirá el marco teórico asumido en este trabajo para su definición. El riesgo ambiental se mide en términos de consecuencias, su ocurrencia y su posible manifestación como impacto ambiental. En este sentido, el riesgo asume una posición intermedia entre las actividades del fracturamiento hidráulico y los aspectos ambientales que puedan ser impactados, y su manifestación se traduce en un impacto ambiental al que se le realizará un plan de mitigación según sea su grado de amenaza.

**2.3.1.2 Vertimientos:** Los vertimientos de la industria petrolera son producto de las aguas que pasaron por el proceso algunas de estas son tratadas dependiendo de sus características y forma de disposición, algunas son vertidas, pero deben cumplir cierta cantidad de parámetros y caudal para no generar una afectación al entorno natural a su disposición final.

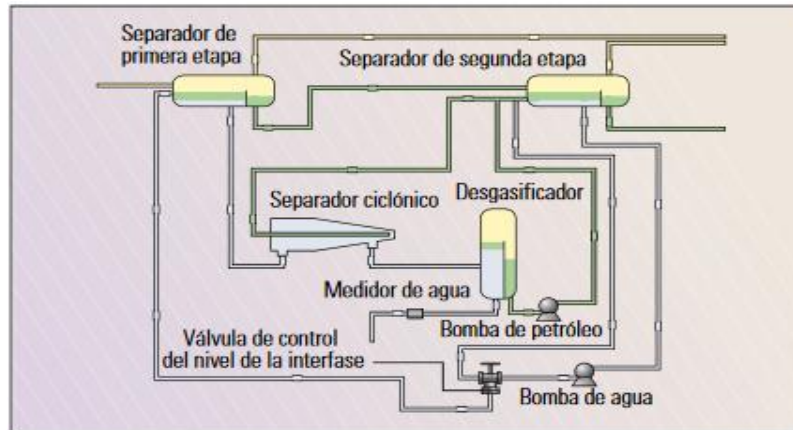
Los vertimientos son controlados y regulados por las distintas entidades estatales las cuales se encargan de verificar que los vertimientos se realicen acorde a las especificaciones técnicas permitidas entre estas especificaciones se encuentra partes por millón de determinados componentes según corresponda, volumen o capacidad permitida de vertimiento, volumen de agua tratada de acuerdo al volumen total a vertimiento entre otros que permiten controlar y prevenir posibles impactos directos de consecuencias inmediatas sobre el medio ambiente, las entidades encargadas de estas actividades son el ministerio de medio ambiente el de minas y energía entre otros.

Para llegar al proceso de vertimiento final del agua no solamente debe haber cumplido el ciclo dentro del proceso, sino que esta debe pasar por un acondicionamiento en el cual se busca que el agua que será vertido a cuerpos de agua cumpla con ciertos parámetros físico químicos esto para que el entorno no se vea afectado por contaminantes que no estén presentes en estos cuerpos de agua como lo describe Bailey y Crabtree<sup>40</sup>, Las instalaciones de superficie separan el agua del petróleo de esta manera se busca el procesar los fluidos hasta una especificación aceptable ya sea para desechar al medio ambiente o para reintroducir a la operación como por ejemplo en una reinyección.

---

<sup>40</sup> Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. (2000). Control del agua. Oilfield Review, P 32.

**Figura 10: esquema básico de remoción impurezas agua en un campo petrolero.**



**Fuente:** Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. (2000). Control Del agua. *Oilfield Review*, 32

## 2.4 DETERMINACIÓN DE LOS RIESGOS

Lo primero a tener en cuenta dentro de la identificación de los riesgos ambientales será el marco teórico de este trabajo, debido a que los riesgos ambientales dependen de términos peligros, aspectos ambientales e incidentes potenciales que pueden suceder como lo muestra la guía técnica colombiana 104 o NTC104, dependiendo del grado de amenaza más adelante se identificarán estrategias para el tratamiento de estas.

De acuerdo a las fuentes bibliográficas consultadas se identificará las potencialidades de causas y el grado de amenaza esto enmarcado en todas las actividades que comprendan un potencial peligro hacia las fuentes hídricas como se muestra den la cuadro N<sup>o</sup>1 la cual recopila las actividades y cada uno de los riesgos de esta.

Los riesgos ambientales se identificaron partiendo de las actividades que implican el manejo o uso del agua, se identificaron las fuentes hídricas afectadas de acuerdo a la actividad que se desarrollan, de acuerdo a las actividades el manejo y disposición se identificaron los riesgos, más delante de acuerdo a los riesgos y tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia y grado de afectación se determinara estrategias por riesgo.

**Cuadro 1: actividades de la industria a evaluar**

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>ASPECTO</b>	<b>FUENTE DE AFECTACION</b>	<b>RIESGO</b>
instalación de equipos y producción	Agua	Captación	superficial	afectación al entorno circundante a la operación
				cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación
				cambio uso del suelo
Manejo de residuos líquidos	Agua	Vertimientos	superficial	filtración de fluidos
				fallas en los procesos de reinyección
				fallas en los procesos de tratamiento
Circulación de fluidos	Agua	uso excesivo del agua	superficial/subterráneo	cambión en la oferta y demanda del recurso
				cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación
proceso de inyección y reinyección de fluidos	Agua		subterránea	posible contaminación por migración de fluidos
				cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación
Fracturamiento Hidráulico	Agua		superficial/subterráneo	disminución del caudal
				cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación
Atentado a la infraestructura	Agua	Derrame	superficial	cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación

**Cuadro 2. [Continuación]**

				afectación ambiental a la flora y fauna de la zona de influencia
				cambio uso del suelo

**Fuente:** el autor

Como se muestra en el cuadro N<sup>o</sup>1, se identificaron 6 riesgos ambientales, para efectos del estudio se dividirán las actividades en afectaciones a fuentes superficiales del componente y fuentes subterráneas.

- Afectación a fuentes superficial: (3) riesgos equivalentes al 42.85%.
- Afectación a fuentes subterráneas: (4) riesgos equivalentes al 57.14%.

**Grafico 1: Comparativo de afectaciones de agua superficial y subterránea.**



Fuente: El autor.

### 3. MITIGACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LAS FUENTES DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRÁNEA

#### 3.1 ANALISIS Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

**3.1.1 Metodológica:** Acorde a la guía técnica colombiana 104 (GTC104) <sup>41</sup>, Después de identificados los riesgos en el apartado 2.3, se procede a realizar el análisis y la evaluación de estos. El análisis de los riesgos consiste en desarrollar el entendimiento del riesgo, esto permite determinar si el riesgo debe ser tratado, y de ser así cuales son las estrategias de tratamiento.

Partir de los riesgos se procede a hacer un abanico de posibilidades tomando en cuenta ocurrencia y consecuencias esto nos lleva a determinar el grado de amenaza de cada uno de los riesgos valorados, se debe tener en cuenta que

<sup>41</sup> Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [sitio web]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86



según la guía técnica colombiana GTC104 la identificación de los riesgos puede ser de diferente índole cualitativo, cuantitativo, semi-cuantitativo, pero generalmente los riesgos ambientales son de carácter cualitativo.

Hay que tener presente que usualmente los estudios sobre riesgos ambientales son de carácter cualitativo este usa una categorización para la evaluación de los impactos que se originan en cada una de las actividades desarrolladas de igual forma una categorización para la posibilidad de ocurrencia, dicha categorización será expresada en palabras o descripción de la situación que se considere.

En el cuadro N°2 se presenta la escala en medida cualitativa que fue asignada en la cual se valorara la posibilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados previamente, esta tabla es una modificación de la encontrada en la norma técnica colombiana 104 o NTC104.

**Cuadro 3: Probabilidad de ocurrencia medición cualitativa**

<b>Nivel de probabilidad</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Descripción</b>
Muy alto	Casi seguro	Se puede inferir que es muy alta la posibilidad
Alto	Probable	Puede ocurrir en la mayoría de circunstancias
Medio	Posible	Podría ocurrir
Bajo	Improbable	Es inhabitual que se presente
Poco probable	Extraño	Ocurre bajo circunstancias excepcionales

**Fuente:** El autor

En el cuadro N°3 se presenta la escala con que se valorara el grado de intensidad de cada uno de los riesgos previamente identificados, la cuadro N°3 es una variación de la expuesta en la norma técnica colombiana 104 o NTC104.

**Cuadro 4: Mediciones cualitativas del impacto**

<b>intensidad</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Descripción detallada</b>
<b>I</b>	Catastrófico	Contaminación de los entornos alejados, afectación a comunidades, muerte, afectaciones financieras
<b>II</b>	Importante	Afectación a entornos, cierre de operaciones, afectaciones a la salud, afectación financiera.
<b>III</b>	Moderado	Contaminación de entorno en áreas puntuales, afectación financiera,
<b>IV</b>	Insignificante	Los impactos de contaminación son muy bajos, la salud y la vida no se afectada, costos monetarios bajos.

Fuente: Modificado de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [Sitio web]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86

Nota: EL presente cuadro presenta modificaciones respecto al original.

Una vez clara la categorización que se empleara para medir los riesgos, se establece una matriz en la cual interactúan la posibilidad y el riesgo generados por cada una de las actividades que se evaluarán esta matriz será ilustrada en el cuadro N<sup>o</sup>4 que contara con una escala de clasificación del riesgo, Alto, Medio y Bajo según sea el caso de cada una de las actividades a evaluar.

**Cuadro 5: Mediciones cualitativas del impacto.**

<b>Posibilidad</b>	<b>Consecuencia</b>			
	<b>Catastrofico</b>	<b>Importante</b>	<b>Moderada</b>	<b>Insignificante</b>
Casi seguro	Alto	Alto	Alto	Medio
Probable	Alto	Alto	Medio	Medio
Posible	Alto	Medio	Medio	Bajo
Improbable	Medio	Medio	Bajo	Bajo
Extraño	Medio	Bajo	Bajo	Bajo

Fuente: Modificado de Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [Sitio web]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86

Nota: EL presente cuadro presenta modificaciones respecto al original.

**3.1.2 Valoración cualitativa de los riesgos:** Se identificaron 6 actividades y 10 posibles riesgos de acuerdo a cada actividad de afectación a las fuentes hídricas tanto subterráneas como superficiales en el cuadro N°5 se mostrará la valoración cualitativa de los riesgos en los cuales se determinó que en gran medida los riesgos son de carácter alto por lo que implican unas estrategias que abarquen casi por completo las actividades.

**Cuadro 6: Valoración cualitativa de los riesgos**

Riesgo	Probabilidad	Componente afectado	Intensidad del impacto	Nivel de Amenaza detectado
afectación al entorno	Probable	Agua	Catastrófico	Alto
cambio uso del suelo	Probable		importante	Alto
filtración de fluidos	posible		importante	Medio
fallas en los procesos de reinyección	improbable		moderado	Bajo
fallas en los procesos de tratamiento	improbable		moderado	Bajo
cambió en la oferta y demanda del recurso	Probable		impórtante	Alto
posible contaminación por migración de fluidos	posible		importante	Medio
alteracion de el cuerpo de agua	Probable		importante	Alto
cambios en las características físico químicas del recurso por contaminación	casi seguro		importante	Alto
afectacion ambiental a la flora y fauna de la zona de influencia	Probable		catastrofico	Alto

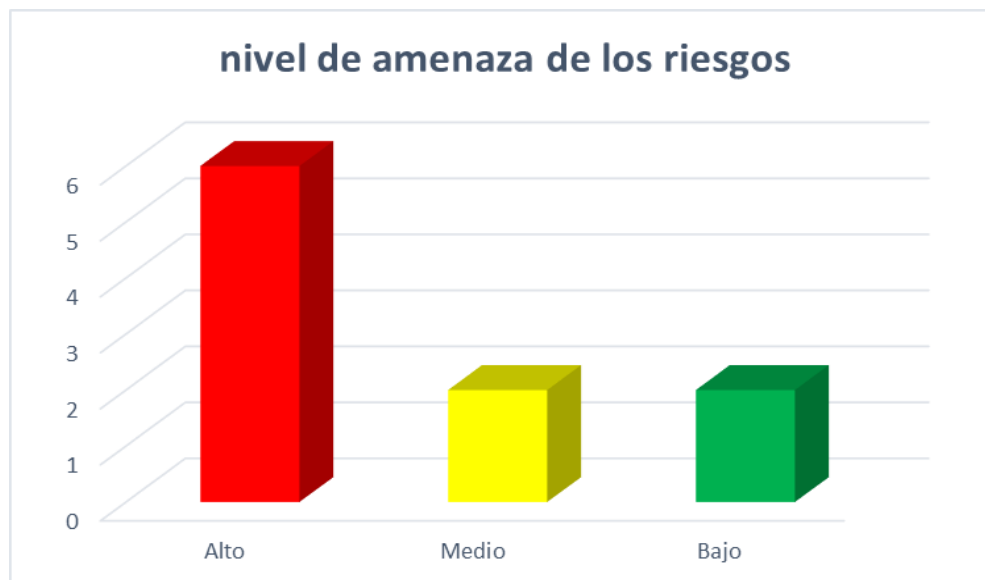
**Fuente:** Autor.

De acuerdo al cuadro N°5 se encontró que de los 10 posibles riesgos 6 de estos involucran una alta probabilidad y ocurrencia por lo cual su valoración es de alto, 2 de estos se encuentran en la categoría de medio y los dos restantes están valorados como bajo, de esta manera podemos observar como las tres quintas partes de la valoración implica un riesgo alto, y las dos quintas partes restantes esta en valoración de medio y bajo.

La anterior valoración presenta un nivel de amenaza alto en gran medida debido a que las operaciones de la industria petrolera dependen del recurso evaluado cabe recordar que Las actividades desarrolladas por parte de la industria petrolera dependen en un alto grado del recurso hídrico, que adicional a esto los cambios físico químicos puede generar unas afectaciones desde el agua hasta el entorno por el cual circunda o circundaran estos cuerpos de agua.

En el grafico N°2 se presenta la tabla comparativa de los niveles de amenaza que se detectaron después de haber valorado cada una de las actividades en las que se identificó el uso de agua, en ella se ve claramente como los riesgos valorado como altos son los que predominan, la estrecha relación que tiene este con las crecientes preocupaciones de las comunidades es un reflejo del alto impacto de la industria.

**Grafico 2: Resultados valoración de los riesgos identificados**



**Fuente:** Autor.

Las fuentes hídricas de las cuales se capta el agua debe ser protegida como primer paso hacia la sostenibilidad y adicional a esto se debe aprovechar al máximo las nuevas tecnologías las cuales proporcionan un mayor aprovechamiento del recurso y permite una disposición final que este más acorde con los parámetros físico químicos que están presentes naturalmente en el entorno.

Hay ciertas actividades que se desarrollan dentro de la industria que aumenta notablemente el consumo de agua es por esto que se debe ser consiente que debe ser una de las ultimas opciones a tomar y en el caso de ser indispensable para poder lograr la explotación del yacimiento se debe realizar la optimización de los equipos para que el consumo sea racional y consientes con las circunstancias del planeta.

### **3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MITIGACIÓN**

Una vez valorados los riesgos se procede al tratamiento de los riesgos esto acorde a lo expresado en la guía técnica colombiana NTC104 la cual parte de la premisa en la cual el tratamiento de riesgos es una valoración en la cual se identifican diferentes opciones para el tratamiento adicional a esto se llevan a cabo acciones en las cuales se preparan e implementan planes de tratamiento, las actividades de mitigación propuestas en este documento evalúan no solamente la política nacional para la gestión del recurso hídrico sino que además se soportan en las más recientes técnicas de aprovechamiento del mismo.

En el cuadro 6 se presenta amenazas identificadas a partir del estudio desarrollado en esta los dos escenarios que se presentan tienen que ver con la creciente preocupación que genera la industria extractiva de los hidrocarburos.

**Cuadro 7: Amenazas identificadas.**

<b>Escenario</b>	<b>Riesgo</b>
Contaminación del recurso hídrico	Contaminación del recurso hídrico por filtraciones
	Contaminación de suelo por derrames (atentados a la infraestructura)
	contaminación del suelo por filtración de los fluidos de perforación
	alteración del agua (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas)
Agotamiento del recurso hídrico	Disminución del caudal hídrico
	desbalance en la oferta y demanda del recurso hídrico
	afectación a el entorno medio ambiental circundante a la explotación

**Fuente:** Autor.

La política nacional para la gestión integral del recurso hídrico propone unos lineamientos de acción, las amenazas identificadas dejan ver dos lineamientos claros que se deben prevenir y mitigar, la calidad y el riesgo están ligados fuertemente a esta industria y hacen parte de estos lineamientos que se pretenden prevenir y mitigar, si bien esta industria depende del uso de este recurso se puede lograr la optimización del mismo, las nuevas tecnologías y el constante desarrollo de la industria permite que esto sea posible, claro que la innovación también ha tocado con gran profundidad la mitigación tal es el caso de los tratamientos de agua para las disposiciones finales o la reutilización.

**3.2.1 Alternativas de mitigación:** Para los escenarios descritos en el cuadro 5 se proponen unas alternativas de mitigación, para la elaboración de los planes y alternativas de mitigación se tuvo en cuenta la guía técnica colombiana 104 y el plan nacional para la gestión del recurso hídrico.

Según la guía técnica colombiana 104 la elaboración de alternativas de mitigación depende de la categorización de los riesgos cuyos niveles serán evaluados con nivel tolerable e intolerable los riesgos que presenten un nivel intolerable deben ser tratados con prontitud mientras que los niveles tolerable se podrán ejecutar planes de manejo para obtener una optimización de estos es indispensable tener en cuenta tres aspectos (1) Evitar el riesgo mediante la disminución de la exposición a la fuente de éste; (2) Mitigar el riesgo partiendo del cumplimiento riguroso de la normatividad establecida y; (3) Reducir la posibilidad de la ocurrencia de los eventos mediante la planificación acertada de todos los procesos y actividades a ejecutarse.

La política para la gestión del recurso hídrico presenta unas estrategias estas estrategias parte de la política nacional y un diagnóstico de las fuentes hídricas en los cuales se hace un balance y como resultado se obtuvieron lineamientos para la mitigación y el aprovechamiento racional del recurso hídrico en el territorio nacional.

Los principios sobre los cuales se planearon las estrategias plasmadas en la política para la gestión del recurso hídrico son bien públicos, uso prioritario, factor de desarrollo, ahorro, uso eficiente entre otros.

**Cuadro 8: estrategias de la calidad del recurso hídrico**

ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN
Ordenamiento y reglamentación de usos del recurso:	<p>Esta estrategia se orienta a la implementación de la ordenación de las cuencas hidrográficas, entendida como la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna; incluye, además, el registro de usuarios y la reglamentación de las aguas, entendida como su mejor distribución en cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades futuras de los usuarios. Para tal fin se prevé la siguiente línea de acción estratégica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y aplicar la ordenación, reglamentación y el registro de usuarios en las cuencas priorizadas en el Plan Hídrico Nacional, y hacer seguimiento a sus Obligaciones.</li> </ul>

**Cuadro 9. [Continuación]**

<p>Reducción de la contaminación del recurso hídrico</p>	<p>Esta estrategia se orienta a combatir las principales causas y fuentes de contaminación del recurso hídrico</p> <p>Mediante acciones preventivas y correctivas, priorizando acciones sobre los diferentes tipos de contaminación de acuerdo con las particularidades del problema en cada región del país. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir en los cuerpos de agua priorizados en el Plan Hídrico Nacional, los aportes de contaminación puntual y difusa implementando, en su orden, acciones de reducción en la fuente, producción limpia y tratamiento de aguas residuales, para reducir además de la contaminación por materia orgánica y sólidos en suspensión, patógenos, nutrientes y sustancias de interés sanitario.</li> <li>• Eliminar la disposición de los residuos sólidos a los cuerpos de agua, en el marco de lo establecido en los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS).</li> </ul>
<p>Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua</p>	<p>Esta estrategia se orienta a mejorar las prácticas y herramientas de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, como medio para realizar una gestión eficiente del agua y medir el logro de los objetivos y metas de la Política Nacional para la GIRH. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular e implementar el programa nacional de monitoreo del recurso hídrico.</li> <li>• Optimizar, complementar y mantener en operación Permanente la red de monitoreo de calidad y cantidad del agua en las 42 cuencas objeto de instrumentación y monitoreo a nivel nacional, que corresponden a las zonas hidrográficas definidas por el IDEAM, así como de las aguas marinas con base en la REDCAM.</li> <li>• Continuar con el programa de acreditación y certificación de los laboratorios ambientales que desarrolla el IDEAM.</li> <li>• Articular y optimizar las redes y los programas de monitoreo regional del recurso hídrico superficial, subterráneo y marino costero, mediante acciones como la integración de redes de monitoreo, el establecimiento de reglamentos y protocolos de monitoreo de la calidad del recurso hídrico, entre otras.</li> <li>• Incrementar y/o mejorar los sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de los vertimientos, de tal forma que permitan conocer periódicamente su evolución, así como, la calidad y el estado de los cuerpos de agua receptores priorizados en el Plan Hídrico Nacional.</li> </ul>

Fuente: Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.124 p.

En el cuadro N7 se presentan tres estrategias que hacen parte de la política para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia en este escenario se proponen

estrategias para abordar la calidad del agua se plantean tres alternativas que son progresivas acorde a la etapa de los procesos industriales se debe observar la importancia de que es una cadena que se retro alimenta permitiendo observar posibles fallas dentro del proceso y permitiendo así un mejoramiento continuo.

Lo primero que propone es hacer una localización de cuáles podrían ser las fuentes hídricas afectadas una vez identificadas se procede a hacer un uso eficiente del recurso para que de esta manera se consuma una menor cantidad y por ende la cantidad que debe ser tratada disminuya y por ultimo propone un monitoreo constante en el cual se revisen los parámetros fisicoquímicos con el fin de encontrar ciertas alteraciones ya sea de orden imprevisto o repetitivos, con esta identificación se podrán crear patrones que permiten un mejor uso y disposición del agua.

**Cuadro 10: estrategias del riesgo del recurso hídrico**

<b>ESTRATEGIA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<p>Generación y divulgación de información y conocimiento sobre riesgos que afecten la oferta y disponibilidad hídrica</p>	<p>Esta estrategia se orienta a mejorar el conocimiento acerca de las causas y efectos de los principales riesgos que afectan la oferta y disponibilidad del Recurso hídrico para los diferentes usos, así como, a brindar información a los usuarios del agua acerca de cómo prevenirlos, manejarlos y restablecer las condiciones normales. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar y aplicar la ordenación, reglamentación y el registro de usuarios en las cuencas priorizadas en el Plan Hídrico Nacional, y hacer seguimiento a sus obligaciones.</li> </ul>
<p>Reducción de la contaminación del recurso hídrico</p>	<p>Esta estrategia se orienta a combatir las principales causas y fuentes de contaminación del recurso hídrico mediante acciones preventivas y correctivas, priorizando acciones sobre los diferentes tipos de contaminación de acuerdo con las particularidades del problema en cada región del país. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir en los cuerpos de agua priorizados en el Plan Hídrico Nacional, los aportes de contaminación puntual y difusa implementando, en su orden, acciones de reducción en la fuente, producción limpia y tratamiento de aguas residuales, para reducir además de la contaminación por materia orgánica y sólidos en suspensión, patógenos, nutrientes y sustancias de interés sanitario.</li> <li>• Eliminar la disposición de los residuos sólidos a los cuerpos de agua, en el marco de lo establecido en los planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)</li> </ul>



**Cuadro 11. [Continuación]**

<p>Monitoreo, seguimiento y evaluación de la calidad del agua</p>	<p>Esta estrategia se orienta a mejorar las prácticas y herramientas de monitoreo y seguimiento del Recurso hídrico, como medio para realizar una gestión eficiente del agua y medir el logro de los objetivos y metas de la Política Nacional para la GIRH. Para tal fin se prevén las siguientes líneas de acción estratégicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular e implementar el programa nacional de monitoreo del recurso hídrico.</li> <li>• Optimizar, complementar y mantener en operación permanente la red de monitoreo de calidad y cantidad del agua en las 41 cuencas objeto de instrumentación y monitoreo a nivel nacional, que corresponden a las zonas hidrográficas definidas por el IDEAM, así como de las aguas marinas con base en la REDCAM.</li> <li>• Continuar con el programa de acreditación y certificación de los laboratorios ambientales que desarrolla el IDEAM.</li> <li>• Articular y optimizar las redes y los programas de monitoreo regional del recurso hídrico superficial, subterráneo y marino costero, mediante acciones como la integración de redes de monitoreo, el establecimiento de reglamentos y protocolos de monitoreo de la calidad del recurso hídrico, entre otras.</li> <li>• Incrementar y/o mejorar los sistemas de monitoreo, seguimiento y evaluación de los vertimientos, de tal forma que permitan conocer periódicamente su evolución, así como, la calidad y el</li> </ul>
---	--

Fuente: Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.124 p.

En el cuadro N8 se presentan tres estrategias que hacen parte de la política para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia en este escenario se proponen estrategias para abordar el riesgo del recurso hídrico que al igual que las anteriores estrategias presenta tres alternativas que son progresivas acorde a la etapa de los procesos industriales se debe observar la importancia de que es una

cadena que se retro alimenta permitiendo observar posibles fallas dentro del proceso y permitiendo así un mejoramiento continuo.

La política del país está encaminada a la preservación de un recurso tan vital como este pero pese a ello se encuentra que mucha de esta normatividad no está siendo regulada por parte de las entidades estatales, algunas empresas del sector al percatarse de este fallo han pretendido beneficiarse disminuyendo costos generando una problemática social con las comunidades circundantes y hoy en día casi que con la opinión pública, esta estrategia de evitar ciertas pautas de prevención y control han permitido que la comunidad en general cree una resistencia a el desarrollo de la industria pues son percibidos como unos destructores de los espacios en los q ellos coexisten con la naturaleza.

## CONCLUSIONES

- El análisis de riesgo y la evaluación de estos fueron realizados basados en los conceptos de la guía técnica colombiana 104 (GTC104) y la política para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia se identificó que la proporción de afectación al recurso hídrico se da en mayor medida al cuerpo de agua subterránea con un 57.14%.
- La identificación del riesgo realizada muestra que las áreas donde se desarrolla la explotación de los yacimientos ya sean convencionales o no convencionales siempre tendrán una repercusión directa o indirecta en los cuerpos de agua circundantes ya sean superficiales o subterráneos es por esto que es de suma importancia tomar medidas de prevención para minimizar los impactos.
- Las estrategias plasmadas en la política para la gestión integral del recurso hídrico en Colombia muestran lo importante que son los planes de prevención para evitar una afectación mayor a los cuerpos hídricos y a su vez plantean estrategias que permiten el desarrollo de esta industria de una forma más amigable con el medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

- Para el aprovechamiento del recurso hídrico dentro de las explotaciones de hidrocarburos es indispensable la optimización de este y la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan que la aguas que ingresen a los procesos por una parte sean menos y por otra se vean menos afectadas por ciertos componentes adicionados para que su tratamiento no sea costoso además de que su vertimiento no genere afectación.
- Se recomienda profundizar en las estrategias planteadas debido a que estas tienden a ser generalizadas y cada campo o explotación posee sus particularidades.

## BIBLIOGRAFIA

- ALONSO, Silvia González, et al. Contaminación del agua en fuentes cercanas a campos petrolíferos de Bolivia. En: REVISTA PANAMERICANA DE SALUD PUBLICA. 10.vol. 28, no. 4.
- ARNEDO, Ana Ercilia y YUNES, Karla María. Fracking: Extracción De Gas Y Petróleo no Convencional, Y Su Impacto Ambiental. [Electronic(1)]: Ingenierias, 2015. p. 3-26
- Arnold, R., Burnett, D., Elphick, J., Feeley, T., Galbrun, M., Jiang, Z., . . . Verbeek, P. (2004). Manejo de la producción de agua: De residuo a recurso. *Oilfield Review*, 16, 30-45.
- Bailey, B., Crabtree, M., Tyrie, J., Elphick, J., Kuchuk, F., Romano, C., & Roodhart, L. (2000). Control del agua. *Oilfield Review*, 32
- BEZOS, Antonio Hurtado. Seguridad medioambiental para proyectos de Shale Gas.
- BROOKS, David B. y INTERNATIONAL DEVELOPMENT, Research Centre. Agua: Manejo a Nivel Local. Bogotá: International Development Research Centre, 2004. ISBN 9781552501467; 9781552502020
- Colombia. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C.: Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 124 p.
- CAENN, Ryen; GRAY, George Robert y DARLEY, H. C. H. Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids. Waltham, MA: Gulf Professional Publishing, 2011. ISBN 9780123838582; 9780123838599
- Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, 2013 citado por SEGURA PALAU, Paula. Análisis De Posibles Riesgos Ambientales En El Subsuelo Del Maestrazgo Vinculados a Proyectos De Extracción De Gas no Convencional Mediante Fracturación Hidráulica. [Electronic(1)]: Zaragoza: Universidad de Zaragoza, 2015. p. 2-23
- CUSARÍA, Alfonso Avellaneda. Petróleo, seguridad ambiental y exploración petrolera marina en Colombia. En: ÍCONOS.REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES. 01.no. 21, p. 11-17.
- DELGADO CALIN, Ginés y SERIGOT CASTELLET, Juan. Análisis crítico de la viabilidad del fracking. En: DYNA - INGENIERÍA e INDUSTRIA. ene. vol. 91, no. 1

- **ECOPETROL S.A. DIRECCIÓN DE RESPONSABILIDAD INTEGRAL, ECP.** Matriz de Valoración de riesgos – RAM. ECP-DRI-I-007. Uso de la Matriz de Valoración de riesgos 31, marzo, 2008. p. 1-13.
- ENGLER, Royce A., et al. Environmental Remediation using Advanced Microbial Techniques. En: SPE Health, Safety, Security, Environment, & Social Responsibility Conference-North America. Society of Petroleum Engineers, 2017.
- FERNÁNDEZ, I. Polímeros en solución y aplicación de los polímeros en la industria petrolera. En: REVISTA IBEROAMERICANA DE POLÍMEROS. p. 1-14
- GUÉDEZ MOZUR, Carolina, et al. Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. En: INTERCIENCIA. vol. 28, no. 9,
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC. Guía Técnica colombiana GTC 104. [sitio web]: Gestión del Riesgo Ambiental. Principios y Procesos. 1 ed. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2009. p. 1-86
- Labastie, After & Holditch, 2009). Citado por SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany. Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. En: REVISTA DE INGENIERÍA. no. 40, p. 50-56
- MARÍN MARÍN, Edwin Horacio. En: FRACKING EN COLOMBIA: UN ESTUDIO SOBRE SU CONSTITUCIONALIDAD y LEGALIDAD.
- Martínez y Lima, 2000; Perry Johnson, 1996). Citado por GUÉDEZ MOZUR, Carolina, et al. Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. En: INTERCIENCIA. vol. 28, no. 9,
- MOLE, Beth. An Oil Spill's Aftermath. En: SCIENCE NEWS. 04/18. vol. 187, no. 8, p. 22.
- Naciones Unidas. Garantizar La Disponibilidad De Agua y Su Gestión Sostenible y El Saneamiento Para Todos. [online]. Internet. 2017. [Consultado el 17/10/20172017]. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- NABZAR, Lahcen y DUPLAN, Jean-Luc. Water in fuel production, oil production and refining. En: IFP, Energies nouvelles, Panorama. Francia, 2011
- (Rana, S. (2008) Facts and Data on Environmental Risks - Oil and Gas Drilling Operations (SPE 114993). SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibit, Perth, Australia, October 20-22, 2008. ROIG, Diego Pérez. Los hidrocarburos no convencionales en el escenario energético argentino. En: REVISTA THEOMAI
- SAAVEDRA TRUJILLO, Néstor Fernando y JIMÉNEZ INOCENCIO, Favio Yovany. Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. En: REVISTA DE INGENIERÍA. no. 40, p. 50-56
- U.S. Energy information administration-eia-internacional energy outlook2013. [Sitio web]. Washington DC, julio 2013. P.2 [Consultado 11,

julio, 2017]. Archivo PDF [[https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484\(2013\).pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/0484(2013).pdf)].

- YURIVILCA, Espejo y IVÁN, Ronald. Selección de tecnologías para la prevención y mitigación de impactos ambientales en la industria petrolera peruana