

**ANALISIS DE LOS RIESGOS OPERACIONALES Y AMBIENTALES DEL
FRACKING EN LOS ESTADOS UNIDOS**

CÉSAR CAMILO HIGUERA LÓPEZ

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

**ANALISIS DE LOS RIESGOS OPERACIONALES Y AMBIENTALES DEL
FRACKING EN LOS ESTADOS UNIDOS**

CÉSAR CAMILO HIGUERA LÓPEZ

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. Marzo de 2018

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

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García Peña

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

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.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS	11
1. METODOLOGÍA	12
2. FRACTURAMIENTO HIDRAULICO	13
2.1 GENERALIDADES	13
2.1.1 Definición	15
2.1.2 Problemáticas Ambientales	18
2.2 MATRIZ DOFA	18
2.2.1 Metodología	18
2.3 Elaboración de la matriz DOFA	19
2.3.1 Discusión de la Matriz DOFA	20
3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES Y AMBIENTALES	21
3.1 APROXIMACIÓN METODOLÓGICA	21
3.2 RIESGOS OPERACIONALES	21
3.3 RIESGOS AMBIENTALES	22
4. SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS	26
4.1 ANÁLISIS DE RIESGOS	26
4.1.1 Aproximación metodológica	26
4.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS	28
4.3 TRATAMIENTO	33
4.3.1 Riesgos de alta prioridad	33
4.3.2 Riesgos de Moderada Prioridad	34
5. CONCLUSIONES	36
6. RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFIA	38
ANEXOS	42

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Matriz DOFA	19
Cuadro 2. Riesgos Ambientales del Fracking	24
Cuadro 3. Análisis Cualitativo de Riesgos	26
Cuadro 4. Análisis de Riesgos	26
Cuadro 5. Rango de Adaptabilidad	28
Cuadro 6. Evaluacion de prioridad de riesgos	29

RESUMEN

Esta monografía trata sobre el fracturamiento hidráulico, más comúnmente conocido como fracking, que se emplea para extraer hidrocarburos de una forma no convencional. Últimamente, se ha acalorado el debate de las organizaciones sociales que han documentado los graves problemas que esta técnica causa sobre el medio y que repercuten directamente sobre la salud de las personas. Por otra parte, están las compañías petroleras y los gobiernos, que estimulan el uso de esta técnica para aumentar las reservas petroleras que se encuentran diezmadas y que amenazan la economía del país. Por ello, desde las instituciones se intenta demostrar que esta es una técnica segura, ignorando el principio de precaución que debe primar cuando no se tiene certeza sobre los impactos provocados por una técnica que, sin duda, confiere un gran daño por la alta cantidad de químicos que inyectan en las rocas que se fracturan y pueden salir de su contención natural. Es así, como desde un ámbito empresarial, se procede a realizar un análisis DOFA para reconocer las estrategias de crecimiento, mantenimiento y de fuga que se plantean para conocer las ventajas y desventajas de la aplicación de esta técnica. En base a esto, se encuentran las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas identificadas, que proporcionan un mejor entendimiento de las prácticas que se buscan seguir y priorizar en la utilización del fracturamiento hidráulico. Posteriormente a esto, se procede a la identificación de los riesgos ambientales y los riesgos operacionales, derivados de actividades operacionales específicas. Estos riesgos son evaluados cualitativamente de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia y a la gravedad de sus consecuencias; y finalmente, se proponen medidas de mitigación y prevención que atañen ejemplares de riesgo medio y alto.

Palabras claves: Fracturamiento Hidráulico, Gestión Ambiental, recobro Mejorado, riesgos Ambientales, yacimientos no convencionales.

GLOSARIO

FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO: También denominado fracking, hidrofracturación y/o estimulación hidráulica, es una técnica por la cual una formación arcillosa es fracturada mediante la inyección de fluidos a altas presiones con una mezcla de agua, productos químicos y arena, con la finalidad de generar fisuras artificiales en la roca, interconectando los poros con fluido que esta posee, permitiendo un flujo continuo de estos al pozo.

LUTITA –Shale-: Roca sedimentaria de grano fino compuesta principalmente por arcilla o lodo consolidado. Son las formaciones de yacimientos no convencionales, más frecuentemente vistas, conforman la fuente más importante de gas natural atrapado en rocas de baja permeabilidad.

PERMEABILIDAD: Capacidad que tiene una roca de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros interconectados. Se mide normalmente en darcis o Mili-darcis.

POROSIDAD: Porcentaje que define la relación entre los espacios de una formación que están llenos de fluidos y el resto de la misma.

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.

RIESGO: Es el potencial que tiene una situación de generar un accidente. Este potencial se determina por las probabilidades que hay de ocurrencia del accidente y la gravedad de sus consecuencias.

GESTIÓN AMBIENTAL: Proceso por el cual se definen y organizan los riesgos ambientales y se plantean formas de mitigar, corregir y prevenir los mismos como parte de un ciclo constante de mejora continua.

INTRODUCCIÓN

“Así pudiésemos estar en esa línea, debemos tener la capacidad y prepararnos para expedir políticas y hacer gestión ambiental en torno a ese tipo de proyectos porque hoy no la tenemos. Ni siquiera tenemos expertos”

Luis Gilberto Murillo, Ministro de Ambiente. 2016

La presente monografía tiene el propósito de identificar los riesgos que han tenido las operaciones realizadas en la aplicación masiva del fracturamiento hidráulico sobre el medio ambiente, permitiendo establecer las bases de un sistema de gestión de riesgos tomando como fundamento los antecedentes presentados en Estados Unidos, siendo este el mayor exponente de la utilización a gran escala de esta técnica de recobro mejorado. De esta forma las Naciones Unidas establecen dos metas de cumplimiento en el doceavo objetivo que trata sobre la producción y consumo responsables. La primera de estas metas es “Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes”¹, la segunda meta busca e aquí a 2020 “Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente”².

El fracturamiento hidráulico, más comúnmente conocido como Fracking, es una técnica de recobro mejorado, que es particularmente eficiente en la extracción de petróleo y gas proveniente de lutitas. Esta técnica posee una amplia historia definida esencialmente por diferentes políticas y una creciente aplicación del método en Estados Unidos. Sin embargo, no es sino hasta hace unos pocos años que este método de extracción de hidrocarburos no convencional ha saltado significativamente a la atención pública, debido a una serie de accidentes durante la aplicación masiva del fracking. Especialmente en el estado de New York, Estados Unidos, se han presentado inconvenientes a las comunidades aledañas a campos petroleros que utilizan esta técnica.

¹ ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS. –ONU- Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible.2017.[<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>] USA. Sec. Documentos [Consultado el 10/172017].

² ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS. –ONU- Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible.2017.[<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/>] USA. Sec. Documentos [Consultado el 10/172017].

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar los riesgos operacionales y ambientales en las actividades del fracturamiento hidráulico desarrolladas en EEUU para el posterior establecimiento de un sistema de gestión de riesgos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las estrategias de operación, crecimiento, mantenimiento y de fuga de la implementación del fracking en EEUU.
- Identificar los riesgos operacionales y ambientales de la implementación del fracking en EEUU.
- Establecer un sistema de gestión de riesgos para las actividades de operación del fracking identificadas.

1. METODOLOGÍA

De acuerdo con el proceso de gestión del riesgo desarrollado en la NTC 5254:2006 (basada en la norma australiana AS/NZS 4360), que involucra comunicar y consultar con las partes interesadas el establecimiento de un contexto, la identificación de los riesgos, seguida del análisis, la evaluación, el tratamiento y el seguimiento de los riesgos. Se discuten las características especiales de la gestión del riesgo ambiental y los vínculos con las herramientas de gestión ambiental.

Las etapas del proceso genérico de gestión de riesgo son:

- a) **Comunicación y consulta.** Comunicarse con las partes interesadas internas y externas, y consultar con ellas, según sea apropiado, en cada etapa del proceso de gestión del riesgo y acerca del proceso como un todo.
- b) **Establecer el contexto.** Determinar el contexto externo, interno y de gestión del riesgo y establecer la estructura del análisis y los criterios frente a los cuales se evaluará el riesgo. Identificar a las partes interesadas y definir las políticas de comunicación y consulta.
- c) **Identificar los riesgos.** Identificar, como base para un análisis posterior, lo que puede suceder, cuándo, por qué y cómo, incluidos los peligros, los aspectos y los impactos ambientales.
- d) **Analizar los riesgos.** Analizar los riesgos en términos de consecuencias y posibilidad, analizar los controles y la variedad de consecuencias en el contexto de dichos controles. Las consecuencias y la posibilidad se pueden combinar para producir un nivel estimado de riesgo.
- e) **Evaluar los riesgos.** Comparar los niveles estimados de riesgo con los criterios preestablecidos. Después, los riesgos se pueden clasificar para identificar las prioridades para su gestión. Los riesgos identificados con baja prioridad, posiblemente se pueden aceptar sin tratamiento, pero con seguimiento y revisión.
- f) **Tratar los riesgos.** Desarrollar e implementar un plan de gestión que debería incluir consideraciones acerca del capital y otros recursos, así como cronogramas.
- g) **Seguimiento y revisión.** Hacer seguimiento y revisar los riesgos, el desempeño del sistema de gestión del riesgo y los cambios que lo pueden afectar.

2. FRACTURAMIENTO HIDRAULICO

2.1 GENERALIDADES

El fracturamiento hidráulico cuenta con una amplia historia de implementación y una aun mayor utilización dentro de los parámetros actuales de producción de hidrocarburos; como lo mencionan Montgomery y Smith (2010): “Desde que Stanolind Oil introdujo la fracturación hidráulica en 1949, cerca de 2.5 millones de tratamientos de fracturas han sido realizados mundialmente. Algunos creen que cerca del 60% de todos los pozos hoy en día son fracturados.”³

Las cifras expuestas son comprensibles cuando se entiende el gran impacto económico que tiene el fracking en el ambiente financiero mundial; con Estados Unidos como el principal beneficiado actual de la masiva implementación de esta técnica.

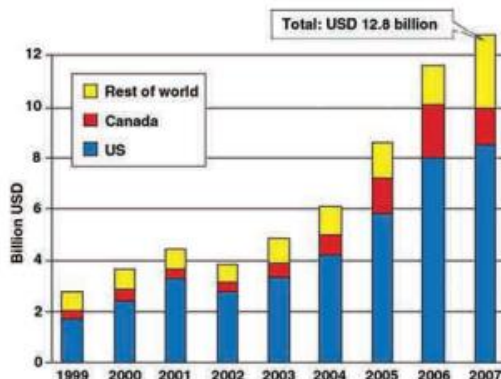
Mientras que las estadísticas precisas sobre la industria de la fracturación hidráulica no se mantienen, no hay duda de que su uso ha crecido vertiginosamente en la última década. A pesar de los bajos precios del gas, la actividad de la fracturación de América del Norte está en su punto más alto, con la competencia entre las empresas de fracturación feroces, escasos márgenes y volúmenes enormes. Con un estimado de 4 millones de HHP de equipos que se construyen en los EE.UU., hay listas de espera para servicios y suministros, y los retrasos de hasta 9 meses son comunes. China e India están investigando el potencial de los recursos de gas no convencional que exigen el uso de la fractura hidráulica para producir a velocidades de flujo comerciales, y también están aumentando las inversiones en América del Norte y la superficie de esquisto de Australia. Países europeos como Hungría, Polonia, Alemania y Francia-interesado en aliviar la dependencia de la energía rusa-están también tratando de explotar sus recursos reducidos⁴.

La figura 1 describe el crecimiento del mercado de crudo con la introducción masiva de operaciones de fracking.

³ MONTGOMERY, Carl T. y SMITH, Michael B. Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology. Journal of Petroleum Technology. Volumen 62. Número 12. 2010. p. 27

⁴ BECKWITH, Robin. Hydraulic Fracturing: The Fuss, The Facts, The Future. Journal of Petroleum Technology. Volumen 62. Número 12. 2010. p. 34

Figura 1. Tamaño aproximado del mercado de fracking desde 1999.



Fuente: BECKWITH, Robin. Hydraulic Fracturing: The Fuss, The Facts, The Future. Journal of Petroleum Technology. Volumen 62. Número 12. 2010. p. 35
Montgomery y Smith (2010)

En ella se otorga una gran claridad respecto a la historia de la fracturación hidráulica; cuyos orígenes se manifiestan desde los 1860s, cuando nitroglicerina líquida y eventualmente solidificada, era utilizada para estimular pozos en rocas duras superficiales en Pennsylvania, New York, Kentucky y West Virginia; procedimiento que, si bien era usualmente ilegal y altamente contaminante, fue exitoso a la hora de aumentar el flujo inicial y producción general del pozo. Para los 1930s se reconoce el fenómeno de “partición por presión”, el cual fue comprobado como la generación de una fractura artificial la cual no se cerraría, al ser generada en procesos de acidificación e incluso operaciones de inyección de agua y de cementación secundaria (squeeze). El fenómeno de “rompimiento de formación”, fue finalmente comprendido gracias a los estudios de Floyd Farris de la Stanolind Oil and Gas Corporation (Amoco), los cuales establecieron una relación entre la producción del pozo y los tratamientos a presión. Fue a partir de estos estudios que el mismo Farris concibió la idea de fracturación hidráulica.

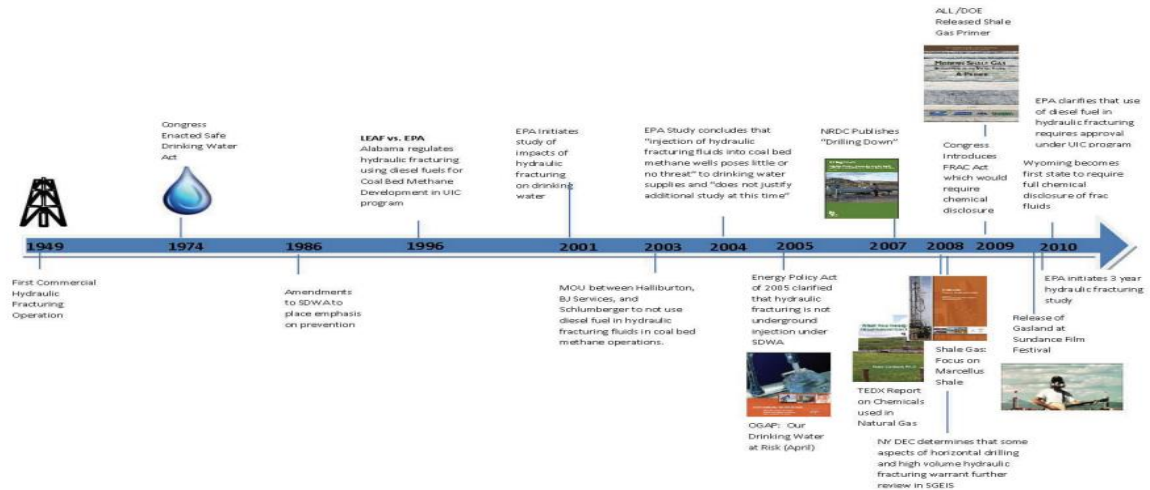
La primera operación experimental para “hidrofracturar” un pozo fue realizado en el campo de gas Hugoton en Grant County, Kansas, por la compañía Stanolind Oil en 1947; fueron inyectados un total de 1000 galones de napalm para estimular una roca caliza productora de gas a 2400 pies de profundidad. La producción del pozo no incremento significativamente. En 1948 el proceso de Hydrofrac fue introducido más abiertamente en la industria petrolera gracias a un artículo escrito por J.B Clark de la Stanolind Oil. Para 1949 la Halliburton Oil Well Cementing Company (Howco) había obtenido la patente con una licencia espacial para realizar el nuevo procedimiento de Hydrofrac⁵.

⁵ MONTGOMERY, Carl T. y SMITH, Michael B. Hydraulic Fracturing: History of an Enduring Technology. Journal of Petroleum Technology. Volumen 62. Número 12. 2010. p. 27

“Howco completo los dos primeros tratamientos de fracturación comercial, con un costo de USD 900, en el condado de Stephens, Oklahoma, y el otro, con un costo de USD 1.000, en el condado de Archer, Texas el 17 de marzo de 1949, mediante petróleo crudo o una mezcla de crudo y la gasolina, y de 100 a 150 lbm de arena. En el primer año, 332 pozos fueron tratados, con un aumento de la producción media del 75%. Aplicaciones del proceso de fracturación crecieron rápidamente y aumento la oferta de petróleo en los Estados Unidos más allá de lo previsto. Los tratamientos alcanzaron más de 3.000 pozos al mes por tramos a mediados de la década de 1950. El primer trabajo de fracturación de medio millón de libras en el mundo libre se llevó a cabo en octubre de 1968, por Pan American Petroleum Corporation (más tarde Amoco, ahora BP) en el condado de Stephens, Oklahoma. En 2008, más de 50.000 etapas de frac se completaron en todo el mundo a un costo de entre USD 10.000 y USD 6 millones. Ahora es común tener de ocho a un máximo de 40 etapas de fractura en un solo pozo. Algunos estiman que la fracturación hidráulica ha aumentado las reservas recuperables de petróleo de EE.UU. al menos un 30% y de gas en un 90%”⁶.

En la Figura 2, se puede observar una serie de antecedentes resumidos, que son claves para entender los diferentes cambios que se han dado con respecto a la implementación de esta tecnología de recobro mejorado, y su constante implicación en las normatividades regulatorias ambientales.

Figura 2. La historia del fracturamiento hidráulico



Fuente: ARTHUR, James Daniel; HOCHHEISER, H. W. y COUGHLIN, Bobbi Jo. State and Federal Regulation of Hydraulic Fracturing: A Comparative Analysis. Society of Petroleum Engineers, 2011. P8

2.1.1 Definición. El fracturamiento hidráulico es una técnica de recobro mejorado, que esencialmente emplea la inyección de un fluido viscoso a altas presiones en

⁶ MONTGOMERY, Carl T. y SMITH, Michael B. Hydraulic Fracturing: History Of An Enduring Technology. Journal of Petroleum Technology. Volumen 62. Número 12. 2010. p. 27

yacimientos poco permeables, con la intención de generar fracturas artificiales que permitan la extracción del crudo y el gas en la formación.

De acuerdo con El Instituto Geológico y Minero de España, el procedimiento que se realiza para la extracción de hidrocarburos en yacimientos no convencionales se realiza de la siguiente forma:

El proceso para extraer el gas natural no convencional consiste, a muy grandes rasgos, en la perforación vertical del pozo hasta llegar a la formación de interés (lutitas que contienen el gas) para, a continuación, llevar a cabo la perforación horizontal a lo largo de dicha formación para crear la máxima superficie de contacto posible, pudiendo llegar hasta longitudes de algo más de tres kilómetros.

El siguiente paso es el de la fracturación hidráulica de la roca (fracking), que consiste en la inyección en el pozo de una mezcla de agua, arena y productos químicos a alta presión. Este proceso provoca que la roca se fracture (microfracturas) y permite que el gas fluya hacia la superficie. La mezcla mencionada contiene partículas de arena, cerámica sintética (llamadas propanes), muy resistentes a la profundidad y a la presión con que se inyecta la mezcla, que funcionan como material de soporte y, además, mantienen los canales abiertos, permitiendo que fluya el gas.

Cuando la mezcla ha terminado su trabajo, se extrae del pozo para que sea tratada y pueda volver a usarse, ya que esta mezcla de agua, arena y productos químicos es contaminante, y no debe mezclarse con el agua dulce. El volumen del agua de retorno ("flowback") recuperado puede variar entre el 25% y el 75% del agua inyectada el agua de retorno se trata en superficie para: ser reutilizada en nuevas fracturaciones hidráulicas, inyectarla en acuíferos salados profundos, evaporarla para obtener un residuo sólido, o ser vertida, siempre y cuando cumpla las especificaciones requeridas.⁷

Las tecnologías implementadas en el fracturamiento hidráulico están en un proceso de avance, que se centra principalmente en la reducción de consumo de agua durante la operación mediante un diseño operacional más eficiente, así mismo se busca reducir la contaminación realizada por los aditivos, recurriendo a nuevas composiciones químicas de la mezcla, menos dañinas para el medio ambiente.

⁷ INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Recomendaciones Ambientales En Relación Con Las Medidas Preventivas Y Correctoras A Considerar En Proyectos Relacionados Con La Exploración Y Explotación De Hidrocarburos Mediante Técnicas De Fractura Hidráulica. p.23.

En cuanto a las composiciones exactas de las mezclas de fluido fracturante, lo cual es una preocupación mayor de orden público en Estados Unidos, es tal cual como lo menciona el El Instituto Geológico y Minero de España.

Dado el secretismo que las operadoras de fracturación en Estados Unidos sobre la composición y concentraciones de los aditivos químicos utilizados, lo cual no hacía sino incentivar la preocupación ciudadana, el Gobierno Federal de EE.UU a través de Bureau of Land Management propuso, con fecha de febrero de 2012, una Ley para hacer público los productos químicos utilizados en la fracturación hidráulica en terrenos o territorios federales e indios pero solo si se determina que la información no está protegida por la ley Federal.

Actualmente, se ha puesto en marcha el registro de sustancias FracFocus Chemical Disclosure Registry gestionada por Ground Water Protection Council and Interstate Oil and Gas Compactation Commission donde se puede consultar las sustancias utilizadas por las operadoras pozo por pozo, así como la ficha de seguridad CAS de cada una de estas sustancias; este registro es voluntario. Con un objetivo distinto, pero con el fin de dar transparencia a los productos químicos fabricados, en Europa se dispone de un reglamento conocido como "REACH" que es un sistema integrado de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos, siendo la información contenida de carácter público; el Reglamento, exige a aquellas empresas de productos químicos con producciones superiores a una tonelada/año, entre otros, los siguientes requisitos a efectos de identificación de la sustancia:

- Nombre u otro identificador de la sustancia;
- Nombre o nombres que figuran en la nomenclatura de la IUPAC u otro nombre o nombres químicos internacionales;
- Otros nombres (nombre común, nombre comercial, abreviatura);
- Número EINECS o ELINCS (cuando exista y proceda);
- Nombre CAS y número CAS (cuando exista);
- Otro código de identidad (cuando exista);
- Información relacionada con la fórmula molecular y estructural de la sustancia;
- Fórmula molecular y estructural (incluida la notación Smiles, cuando exista);
- Información sobre actividad óptica y la proporción típica de isómeros (cuando exista y proceda);
- Peso molecular o rango de pesos moleculares;
- Composición de la sustancia;
- Grado de pureza (%);

- Naturaleza de las impurezas, incluidos los isómeros y subproductos;
- Porcentaje de las principales impurezas (significativas);
- Naturaleza y orden de magnitud (... ppm, ... %) de los aditivos (por ejemplo, agentes 26 estabilizantes o inhibidores);
- Datos espectrales (ultravioleta, infrarrojo, resonancia magnética nuclear o espectro de masa)⁸.

2.1.2 Problemáticas Ambientales. El fracturamiento hidráulico tiene como principales preocupaciones medio ambientales la contaminación de fuentes de agua potable, especialmente acuíferos superficiales por la migración de metano o fluido de fracturación y el impacto en suelos, especialmente lo relacionado con actividad sísmica inducida.

Otra de las posibles afecciones de tipo hidrogeológico provocadas por los procesos de fracturación hidráulica es el consumo de agua necesario para realizar la fracturación. Como es citado por Instituto Geológico y minero de España:

Los valores de consumo de agua necesarios son muy variables y, dependiendo de las características de cada pozo, están comprendidos normalmente entre 8.000 m³ y 16.000 m³. No obstante, se pueden llegar a necesitar volúmenes entre 30.000 m³ o 45.000 m³ por fracturación y pozo. Estas cifras ponen de manifiesto el considerable volumen de agua necesario para realizar el proceso de fracturación. Es decir, en la fase de explotación, si la densidad de pozos es 56 de 1 por cada 2,5 km², una superficie de explotación de unos 25 km² necesitaría volúmenes de agua comprendidos entre 80.000 y 350.000 m³⁹.

2.2 MATRIZ DOFA

2.2.1 Metodología. El análisis DOFA consiste una matriz de análisis empresarial o desarrollo estratégico, que permite conocer las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas presentes actualmente en una empresa con el objetivo de plantear métodos que contribuyan al crecimiento y mejora constante de la misma mediante la toma de acciones correctivas, preventivas o mitigatorias de acuerdo a la información recolectada.

La matriz se presenta en cuatro cuadrantes donde se plantean estrategias de

⁸ INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Recomendaciones Ambientales En Relación Con Las Medidas Preventivas Y Correctoras A Considerar En Proyectos Relacionados Con La Exploración Y Explotación De Hidrocarburos Mediante Técnicas De Fractura Hidráulica. p.25.

⁹ INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Recomendaciones Ambientales En Relación Con Las Medidas Preventivas Y Correctoras A Considerar En Proyectos Relacionados Con La Exploración Y Explotación De Hidrocarburos Mediante Técnicas De Fractura Hidráulica. p.40.

acuerdo a los factores internos (fortalezas y debilidades) y los factores externos (oportunidades y amenazas) reconocidos. Estas estrategias son definidas de crecimiento para aquellas que toman en cuenta las fortalezas oportunidades de la empresa, de mantenimiento para las que unifican debilidades y oportunidades así como fortalezas y amenazas, y finalmente las de fuga que son determinadas por las presentes debilidades y amenazas.

2.3 Elaboración de la matriz DOFA

Cuadro 1. Matriz DOFA

	FORTALEZAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Maximiza producción de crudo y gas. 2. Permite producción de yacimientos no convencionales. 3. Alto rendimiento Costo Beneficio. 4. Abundancia de información práctica e investigativa. 5. Mejora Económica a un nivel nacional. 	DEBILIDADES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Costoso 2. Requiere de un alto nivel de conocimiento, cuidado y prevención. 3. Abundante gasto de Agua 4. Posible producción de Microsismos 5. Estigmatización social - ambiental
OPORTUNIDADES: <ol style="list-style-type: none"> 1. Altos Precios 2. Políticas 3. Generación de trabajo 4. Mejora Económica Nacional. 5. Alto potencial de adaptabilidad operacional. 	CRECIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> 1. Exploración de yacimientos no convencionales 2. Maximizar producción 3. Investigación de tecnologías nuevas y métodos operacionales 	MANTENIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> 1. Eficiencia en el manejo de recursos 2. Información para las comunidades en el área de influencia 3. Capacitación adecuada del personal.
AMENAZAS: <ol style="list-style-type: none"> 1. Bajos precios 2. Malas prácticas operacionales. 3. Rechazo de comunidades en el área de influencia. 4. Pobre regulación de impactos ambientales. 5. Legislaciones. 	MANTENIMIENTO <ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción de costos productivos 2. Gestión ambiental competente y constante 3. Contención y corrección de deficiencias operacionales 	DE FUGA <ol style="list-style-type: none"> 1. Paro de la producción 2. Compensación a las comunidades en el área de influencia 3. Mecanismos de acción emergentes eficientes.

2.3.1 Discusión de la Matriz DOFA. La anterior matriz presenta las estrategias que deben funcionar como base generalizada de planificación y ejecución de sistema integrado de gestión en una operación de fracking; dado que presenta las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que influyen en la aplicación de esta técnica de recobro mejorado en cualquier contexto.

En el caso de las estrategias de crecimiento, son útiles para explotar el potencial económico del fracking. Por ende, se buscan más oportunidades para realizarlo y se maximiza producción de los ya existentes, con lo cual a su vez se puede financiar y dar un espacio a proyectos investigativos que permitan en un futuro mejorar las prácticas operacionales bien sea para reducir impactos socio-ambientales o para mejorar eficiencias económicas

Las estrategias de mantenimiento son probablemente las más recurrentes y constantemente aplicadas, teniendo en cuenta la fluctuación de precios en el mercado internacional petrolero y la gran oposición social que recibe la industria y en especial esta técnica de recobro. Debido a lo cual es fundamental centrarse en una ética y correcta forma de operar, para evitar y corregir cualquier tipo de impacto y mantener unas condiciones estables positivas.

Finalmente, las estrategias de fuga son las que se busca no tener que utilizar pero que muy probablemente se deberán acceder en un momento u otro. Por supuesto el paro de producción es una opción de no solamente puede prevenir daños socio ambientales, sino en muchas ocasiones económicos si consideramos una caída de los precios muy grande, Las compensaciones a las comunidades deben ser un recursos secundario a asegurarles un impacto asegurar un impacto mínimo, pero incluso así tienen=den a ser la mejor forma de concesionar un acuerdo y finalmente se deben siempre tener mecanismo que permitan una respuesta clara y rápida ante cualquier emergencia que permita reducir impactos.

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES Y AMBIENTALES

3.1 APROXIMACIÓN METODOLÓGICA

La identificación de los riesgos se presenta como la posibilidad de un impacto bien sea ambiental u operacional de ocurrir, se realiza de acuerdo a lo presentado en el primer capítulo, y se identifican tanto riesgos operacionales como ambientales, debido a que los primeros son muchas veces los precursores de graves impactos ambientales, pero al no ser reconocidos como riesgos operacionales, estos son usualmente descartados en el plan de gestión de riesgo.

3.2 RIESGOS OPERACIONALES

Como lo expone Adams en su presentación¹⁰ erróneamente se piensa que la contaminación de fuentes de agua es por ocasionado directamente por las fracturas generadas en la utilización del fracking, sin embargo como lo exponen varios estudios, la mayor cantidad de contaminación de fuentes acuíferas son provenientes de fallos secundarios operacionales.

- Fisuras en el casing y el cemento posterior a su instalación en el pozo: Este grave problema puede generar conexión entre acuíferos de agua potable y el pozo contaminando la fuente de agua y también generando posibles daños a la formación. Tal como lo expone John Robinson:

Las mejores prácticas actuales de la industria, como la instalación de una carcasa protectora telescópica que aísla el pozo de gas de los acuíferos de suministro de agua, pueden reducir en gran medida los riesgos reales asociados con la fracturación hidráulica. En general, se acepta en la industria que la fracturación hidráulica en el fondo del pozo no es, en sí misma, una amenaza para el agua potable, suponiendo que la carcasa protectora esté instalada correctamente¹¹.

- Patadas de pozo: Si bien son ocurrencias no tan comunes, son un riesgo que aumenta con el uso de mayor presión el cual tiene varios antecedentes recientes en Pensilvania, una patada de pozo puede fácilmente generar contaminación en el área de influencia no solamente con crudo y gas sino

¹⁰ ADAMS, Julia. Shale fracking – what are the risks. Sedgwick Houston. 2012.

¹¹ Robinson John. REDUCING ENVIRONMENTAL RISK ASSOCIATED WITH MARCELLUS SHALE GAS FRACTURING. Oil & Gas Journal. 2012.

además con el mismo líquido que se utiliza para las operaciones de fracking, el cual tiene grandes cantidades de químicos como se ve en el Anexo 1.

- Filtraciones y derrames: este es un riesgo que se asume en cualquier línea de transporte de gas o petróleo, pero dada la masiva cantidad que se genera por el fracking, su ocurrencia aumenta y el impacto al ambiente se vuelve más significativo.

3.3 RIESGOS AMBIENTALES

Para los riesgos ambientales se han utilizado los identificados por la ingeniera Laura Margarita Romero Fuentes en su monografía “Análisis De Los Riesgos Ambientales Asociados A La Explotación De Yacimientos No Convencionales Desde Un Contexto Internacional Y Su Aplicación En Colombia”.

- Cambio del uso del suelo: La construcción de plataformas petroleras para establecer campos, cuya producción dura varios años, causa un impacto severo en el suelo, el cual corre el riesgo de no volver a ser utilizado como lo era en sus condiciones originales.
- Afectación Paisajística: Los campos petroleros siempre están em riesgo de afectar paisajes naturales de forma permanente, en especial si requieren de rutas poco adecuadas para transporte
- Movimientos en masa: El fracking puede causar microsismos cuando es utilizado en muchas perforaciones simultáneas.
- Activación de fallas geológicas: Es la causa de los microsismos que pueden llegar a causarse.
- Contaminación por derrames y filtraciones de fluidos: El transporte de hidrocarburos por cualquier método que se realice siempre corre con el riesgo de ser derramado debido a fallas comunes de infraestructura o descuido humano, así como consecuencia de grandes accidentes en plataforma.
- Acotamiento y cambio en la demanda-oferta anual del agua: La cantidad de agua que se requiere varía dependiendo de la profundidad a la cual se requiere realizar la operación de fracking, por ende, el caudal necesario puede aumentar significativamente entre más operaciones se realizan.
- Fallas en reinyección, tratamiento o en la disposición parcial: Es posible que el procedimiento para disponer de recursos hídricos presente fallas o accidentes,

llevando a una contaminación mayor al no ser dispuestos en las locaciones correctas.

- Contaminación por migración de fluidos: Los fluidos en el subsuelo pueden migrar de una formación a otra, cosa que ha probado ser más propensa a suceder en locaciones donde se realizan grandes cantidades de operaciones de fracking.
- Afectación por disminución del caudal (cambio en los patrones de drenaje): Dada la posible afectación a acuíferos y otras fuentes hídricas, los patrones de drenaje se pueden ver alterados bien sea por el la cantidad de agua que se utiliza u otras causas indirectas sobre el recurso.
- Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas): El proceso de perforación y producción genera contaminación inevitable sobre la locación en la cual se realiza, si el impacto es lo suficientemente grande puede llevar a cambios en las características físicas, químicas y microbiológicas del ecosistema en el área de influencia.
- Emisión de gases efecto invernadero: Las Emisiones de gases de efecto invernadero son inevitables durante el proceso, bien sea por la quema de combustible o gas, sin embargo deben ser supervisados bajo parámetros legislativos.
- Disminución de la calidad de los ecosistemas: Los ecosistemas pueden verse afectados en su flora y fauna de manera permanente debido a las operaciones petroleras del sitio, modificando significativamente su estado original en la locación.
- Contaminación Acústica: Cualquier tipo de operación petrolera conlleva un aumento en el ruido, desde el transporte hasta la perforación y el funcionamiento de toda la maquinaria, este es un riesgo que puede afectar poblaciones cercanas.
- Riesgos Laborales: Las plataformas petroleras manejan constantemente presiones y temperaturas muy altas, esto lleva a catastróficas consecuencias con el más mínimo de los fallos o descuidos, tanto para la vida de las personas cercanas como para el medio ambiente. Afortunadamente se tienen varios mecanismos de seguridad, de manera que no llegan a ser tan frecuentes.
- Desplazamiento de población activa y ocupada: Las poblaciones son muchas veces reubicadas o desplazadas debido a las afecciones que trae el tener actividades de la industria petrolera en la locación.

- Encarecimiento del costo de vida: La presencia de la industria petrolera en un sector poblacional puede tener efectos en el mercado local, que al verse con la oportunidad de una mayor demanda, puede elevar los precios.
- Afectación a patrimonio arqueológico: Es probable que las operaciones petroleras sean realizadas sobre locaciones de desconocido patrimonio arqueológico, el cual se vería afectado con los procedimientos de la industria.
- Modificaciones culturales: La presencia de la industria petrolera puede muchas veces tomar locaciones con significado cultural para poblaciones cercanas, las cuales no están protegidas por el gobierno.

Cuadro 2. Riesgos Ambientales del Fracking

ACTIVIDAD	COMPONENTE	ASPECTO	RIESGO
Etapas de instalación, producción y post-abandono	Suelo	Ocupación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del uso del suelo • Afectación paisajística
Fracturamiento Hidráulico		Estabilidad del terreno	<ul style="list-style-type: none"> • Movimientos en masa • Activación de fallas geológicas • Sismicidad
Transporte, almacenamiento o disposición de productos químicos		Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por derrames y filtraciones de fluidos
Sistema de circulación del fluido	Agua	Uso excesivo del agua	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento y cambio en la demanda – oferta anual del recurso (caudal ecológico mínimo)
Manejo de residuos líquidos		Disposición de vertimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Fallas en reinyección, tratamiento o en la disposición parcial
Inyección y reinyección de fluidos		Fuentes subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por migración de fluidos
Fracturamiento Hidráulico		Fuentes superficiales	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación por disminución del caudal (cambio en los patrones de drenaje) • Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas)
Perforación, procesamiento y de transporte	Aire	Huella de carbono y metano	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de gases efecto invernadero

Cuadro 2. (Continuación)

Fracturamiento hidráulico		Emisión de contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la calidad de los ecosistemas • Detrimiento de la salud de las personas
Etapas de instalación, producción y post-abandono		Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación acústica (deterioro de la calidad de vida y salud de las personas)
Etapas de instalación, producción y post-abandono	Socio-Económico	Riesgos Laborales	<ul style="list-style-type: none"> • Explosiones • Reventones • Incendios • Accidentes
Etapas de instalación, producción y post-abandono		Dimensión demográfica	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de población activa y ocupada • Afectación del nivel de empleo
Etapas de instalación, producción y post-abandono		Dimensión espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación al acceso de los servicios públicos
Etapas de instalación, producción y post-abandono		Dimensión económica	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en las formas de tenencia de la tierra • Encarecimiento del costo de vida • Falta de mano de obra.
Etapas de instalación		Dimensión cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación a patrimonio arqueológico • Modificaciones culturales

Fuente: Laura Margarita Romero Fuentes. Análisis De Los Riesgos Ambientales Asociados A La Explotación De Yacimientos No Convencionales Desde Un Contexto Internacional Y Su Aplicación En Colombia. P39. 2016

4.SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS

4.1 ANALISIS DE RIESGOS

4.1.1 Aproximación metodológica

Los riesgos se analizan combinando sus posibles consecuencias y la posibilidad de su ocurrencia para determinar el grado de amenaza de cada riesgo. Los métodos para determinar los grados del riesgo, generalmente, se clasifican en análisis cualitativo, análisis semicuantitativo y análisis cuantitativo.

Para este caso se realizara un análisis cualitativo basado en los valores presentes en la siguiente tabla:

Cuadro 3. Análisis Cualitativo de Riesgos

Probabilidad de Ocurrencia	Consecuencias			
	Insignificante (1)	Meoderado (2)	Mayor (3)	Catastrofico (4)
A (Casi seguro)	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO
B (Muy Probable)	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
C (Posible)	BAJO	MEDIO	MEDIO	ALTO
D (improbable)	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

Fuente: Modificado de Ingesoft. 2017

Cuadro 4. Análisis de Riesgos

RIESGO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CONSECUENCIAS	INDICADOR DE RIESGO
Cambio del uso del suelo	B	1	Medio
Afectación paisajística	C	2	Medio
Movimientos en masa	D	3	Medio
Activación de fallas geológicas	D	3	Medio
Sismicidad	D	3	Medio
Agotamiento y cambio en la demanda – oferta anual del recurso (caudal ecológico mínimo)	B	3	Alto

Cuadro 4. (Continuación)

Fallas en reinyección, tratamiento o en la disposición parcial	E		2	Bajo
Contaminación por migración de fluidos	D		3	Medio
Afectación por disminución del caudal (cambio en los patrones de drenaje)	B		3	Alto
Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas)	B		4	Alto
Emisión de gases efecto invernadero	B		3	Alto
Disminución de la calidad de los ecosistemas	B		3	Alto
Detrimento de la salud de las personas	E		1	Bajo
Contaminación acústica (deterioro de la calidad de vida y salud de las personas)	E		1	Bajo
Explosiones	E		4	Medio
Reventones	E		2	Bajo
Incendios	E		3	Medio
Accidentes Laborales	E		2	Bajo
Desplazamiento de población activa y ocupada	B		2	Alto
Afectación del nivel de empleo	C		2	Medio
Afectación al acceso de los servicios públicos	C		3	Alto
Cambios en las formas de tenencia de la tierra	E		2	Bajo
Encarecimiento del costo de vida	B		2	Alto

Cuadro 4. (Continuación)

Falta de mano de obra	C	2	Medio
Afectación a patrimonio arqueológico	D	2	Medio
Modificaciones culturales	D	2	Medio
Fracturación de Casing y cemento	B	4	Alto
Filtraciones en líneas de transporte	B	3	Alto

Fuente: Modificado de Laura Margarita Romero Fuentes. Análisis De Los Riesgos Ambientales Asociados A La Explotación De Yacimientos No Convencionales Desde Un Contexto Internacional Y Su Aplicación En Colombia. P 43.

4.2 EVALUACIÓN DE RIESGOS

De acuerdo con los índices de riesgo establecidos, y teniendo en cuenta las estrategias que se plantearon en el análisis DOFA como base de gestión en las operaciones de fracking, se busca establecer una priorización en cuanto a los riesgos de media y alta cualificación, buscando dar un tratamiento a aquellos que son más críticos y requieren de no convencionales ya utilizadas para una eficaz disminución de su impacto o su prevención total.

Para la evaluación de los riesgos se tomara en cuenta un factor de adaptabilidad, es decir, que tan probable es cambiar lo que se hace actualmente en EEUU al respecto del riesgo presente, el cual se define de la siguiente manera:

Cuadro 5. Rango de Adaptabilidad

	ADAPTABILIDAD
1	Nula
2	Posible
3	Prioritaria

Una vez puesta la evaluación actual y el factor de adaptabilidad, podemos determinar los riesgos a tratar como se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Evaluación de prioridad de riesgos

RIESGO	INDICADOR DE RIESGO	EVALUACION	ADAPTABILIDAD	PRIORIDAD
Fracturación de Casing y cemento	Alto	Es la razón más común para la migración de fluidos contaminantes desde el pozo hasta acuíferos cercanos	3	ALTA
Filtraciones	Alto	Es la causa de contaminación más común, pero debido a su esparcimiento y gradual ocurrencia, no es usualmente calculado con precisión.	3	ALTA
Afectación al acceso de los servicios públicos	Alto	Compensación monetaria e investigación de la fuente de afectación	3	ALTA
Sismicidad	Medio	Se realizan actividades informativas a las comunidades aledañas acerca de posibles efectos sísmicos en la zona	2	MODERADA
Contaminación por migración de fluidos	Medio	Son estudiados y en muchas ocasiones atribuidos a fuentes externas a la operación de fracking	2	MODERADA

Cuadro 6. (Continuación)

Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas)	Alto	Es Frecuente pero se atribuye como contaminación general aceptable bajo los parámetros legislativos aplicados a cualquier otra industria	2	MODERADA
Activación de fallas geológicas	Medio	Se realizan actividades informativas a las comunidades aledañas acerca de posibles efectos sísmicos en la zona	1	INSIGNIFICANTE
Modificaciones culturales	Medio	Reservas de Nativos Indígenas deben luchar por el mantenimiento de sus regiones culturales, sin embargo las Políticas del gobierno Estado Unidense no garantizan su protección	1	INSIGNIFICANTE
Cambio del uso del suelo	Medio	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operación petrolera	1	INSIGNIFICANTE

Cuadro 6. (Continuación)

Afectación paisajística	Medio	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operacion petrolera	1	INSIGNIFICANTE
Movimientos en masa	Medio	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operacion petrolera	1	INSIGNIFICANTE
Agotamiento y cambio en la demanda – oferta anual del recurso (caudal ecológico mínimo)	Alto	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operacion petrolera	1	INSIGNIFICANTE
Afectación por disminución del caudal (cambio en los patrones de drenaje)	Alto	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operacion petrolera	1	INSIGNIFICANTE
Emisión de gases efecto invernadero	Alto	Es Frecuente pero se atribuye como contaminacion general aceptable bao los parametros legislativos aplicados a cualquier otra industria	1	INSIGNIFICANTE

Cuadro 6. (Continuación)

Disminución de la calidad de los ecosistemas	Alto	Es Frecuente pero se atribuye como contaminación general aceptable bajo los parámetros legislativos aplicados a cualquier otra industria	1	INSIGNIFICANTE
Explosiones	Medio	Se tienen mecanismos de prevención en el mismo pozo los cuales disminuyen grandemente las posibilidades de ocurrencia	1	INSIGNIFICANTE
Incendios	Medio	Se tienen mecanismos de prevención en el mismo pozo los cuales disminuyen grandemente las posibilidades de ocurrencia	1	INSIGNIFICANTE
Desplazamiento de población activa y ocupada	Alto	Se compensa monetariamente a la población afectada	1	INSIGNIFICANTE
Encarecimiento del costo de vida	Alto	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operación petrolera	1	INSIGNIFICANTE

Cuadro 6. (Continuación)

Falta de mano de obra	Medio	Se acepta en EEUU como consecuencia de cualquier operacion petrolera	1	INSIGNIFICANTE
Afectación a patrimonio arqueológico	Medio	Los sitios arqueologicos son protegidos con anterioridad, cualquier daño a patrimonio arqueologico no previamente registrado se asume como un accidente aceptable	1	INSIGNIFICANTE

4.3 TRATAMIENTO

4.3.1 Riesgos de alta prioridad

- Fracturación de casing y cemento: Dada la rara ocurrencia de este fenómeno en operaciones ordinarias de extracción de petróleo, incluyendo las que utilizan otros tipos de recobro mejorado, y a que esta no influye un cambio significativo en los caudales de producción, es de difícil diagnosis, normalmente solo detectándose posterior a un grave impacto ambiental cometido. Por lo tanto el tratamiento debe ser preventivo.

Para este caso la propuesta más sensata es la inspección constante de casing y cementación por medio de registros eléctricos. Normalmente estas herramientas dejan de ser utilizadas después de empezada la producción y únicamente puestas en uso de nuevo si se sospecha de una falla estructural en el pozo, pero en el caso del Fracking en EEUU esto no a probado ser suficiente, dado que las fallas estructurales no son tan evidentes y si causan un gran impacto. Por ende la mejor medida preventiva es el diagnosis mediante lecturas de densidad y resistencia en el pozo, deteniendo al menos mensualmente la producción en orden de realizar este tipo de inspecciones preventivas, las cuales permitirán corregir el problema mediante operaciones de cementación secundaria, antes de que puedan causar un impacto verdadero al medio ambiente.

- Filtraciones: de acuerdo a lo reportado por la revista Popular Science, la EPA (Environmental Protection Agency) encontró 457 filtraciones a lo largo de 8 estados entre 2006 y 2012 centrándose exclusivamente en aquellos que pasaron durante operaciones de fracturamiento hidráulico¹². Esto genera una contaminación inminente de suelo y agua, a los cuales este fenómeno les es atribuido una mayoritaria parte.

Las filtraciones pueden ser causadas por varios factores en una línea de transporte, la principal es la alta presión que se genera por el caudal y la acumulación de material transportado que poco a poco disminuye el diámetro interno de la tubería por el cual puede fluir eficientemente lo producido.

Dado que una disminución del caudal es algo poco probable puesto que se debe cumplir una cuota diaria, la respuesta más directa es la inspección de tuberías mediante rayos beta, este permite establecer el grosor de la tubería y lo que se encuentra adentro permitiendo detectar zonas donde se esté acumulando más presión de lo común y realizar un tratamiento preventivo a la tubería, además si esta inspección se realiza periódicamente se pueden detectar con mayor precisión y las filtraciones que se presentan en un periodo de tiempo determinado para cada línea de transporte, permitiendo generar análisis estadísticos que pueden ser utilizados para establecer patrones estadísticos.

- Afectación al acceso de los servicios públicos: Este es un problema que se presentó a lo largo del estado de New York y el cual requiere de un protocolo de tratamiento tanto preventivo como correctivo.

Lo primero en prevenir por supuesto está ligado a los puntos anteriores, una vez se presenta migración de fluidos o filtraciones, no se puede hacer mucho para contrarrestarlos, si estos afectan los servicios públicos que consume la gente (el agua en particular) el daño puede ser irreparable. Una vez eso claro, la empresa debe hacerse responsable de una inspección constante de los niveles de metano, dióxido carbono y demás contaminantes que pueda haber en las fuentes de agua potable y el suelo aledaño a las comunidades, e informarles de cualquier anomalía inmediatamente. Adicionalmente se debe realizar discusiones comunitarias que permitan estar consiente de todos los riesgos posibles y los cuidados que se deben tener para prevenirlos o identificarlos a tiempo.

4.3.2 Riesgos de Moderada Prioridad

- Sismicidad: el aumento en la sismicidad de la zona de influencia, es un riesgo que produce incomodidades a las comunidades aledañas más no un impacto

¹² Pierre-Louis, Kendra. Fracking fluid is leaking more often than we thought. Popular Science. 2017

contaminante significativo. Dada la pequeña magnitud de los sismos, la mejor medida mitigatoria es la locación, la operación debe ser realizada lo más alejado posible de cualquier vivienda, adicionalmente se pueden realizar compensaciones monetarias a las personas que se ven afectadas en sus bienes y por supuesto debe informarse con claridad a las comunidades de la presencia de estos fenómenos.

- Contaminación por migración de Fluidos: En la mayoría de ocasiones estas contaminaciones presentan un problema social, debido a que se atribuyen a las operaciones de fracking, pero tienden a ser una contaminación menor proveniente de fuentes cercanas a los cuerpos de agua. Se deben realizar investigaciones claras de las fuentes y cantidades de migración de fluidos que se están presentando, en caso de que estas puedan ser atribuidas a la operación de fracking se debe realizar una compensación por daños a la comunidad y cerrar el flujo de la fuente, pero dada su poca contaminación y presencia esporádica, no es necesario mantener medidas preventivas de inspección constante.
- Contaminación (cambio en características físicas, químicas y microbiológicas): Dado que la contaminación es algo inevitable en cualquier medio industrial, siempre y cuando se estén cumpliendo las mediciones legisladas, no es considerado como un impacto mayor al medio ambiente, sin embargo el fracking tiene varias alternativas que sean presentado como resultado de investigaciones e innovaciones en la técnica, permitiéndole bajar sus impactos contaminantes mediante el uso de fluidos menos cargados con químicos aromáticos, o de utilizar fuentes de energía eléctrica en lugar de bombas potenciadas con combustibles. Estas alternativas son excelentes medidas mitigatorias que no afectan la eficiencia del proceso

4. CONCLUSIONES

- Las estrategias de Crecimiento mantenimiento y fuga son esenciales para la correcta practica del fracking están diseñadas para maximizar potencial económico, pero requieren de una mayor profundización a nivel medio ambiental que permita un mejor entendimiento de los beneficios de la practica al nivel social
- Los riesgos de implementar el fracking son muchos y una cantidad considerable de ellos son de alto y mediano riesgo, las medidas actuales requieren de un mayor enfoque y emprendimiento que no necesariamente recurra a parar el fracking como actividad productiva, pero que si lo regule con más eficacia mediante legislaciones y estándares más estrictos
- El sistema de gestión de riesgos puede funcionar pero requiere de información práctica aplicable como financiamiento y rendimiento económico entre otros.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un sistema de gestión integrado en el cual se pueda incluir la gestión de riesgos presentada como parte de un conjunto en una empresa.
- Realizar el seguimiento de una implementación del sistema de gestión de riesgos con condiciones económico-financieras reales

BIBLIOGRAFIA

AL-GHAZAL, Mohammed; AL-DRIWEESH, Saad y AL-SHAMMARI, Fowzi. First Successful Application of an Environment Friendly Fracturing Fluid during on-the-Fly Proppant Fracturing. International Petroleum Technology Conference, 2013. ISBN 978-1-61399-218-0.

ARTHUR, James Daniel, *et al.* Evaluating the Environmental Implications of Hydraulic Fracturing in Shale Gas Reservoirs. Society of Petroleum Engineers, 2009. ISBN 978-1-55563-216-8.

ARTHUR, James Daniel; HOCHHEISER, H. W. y COUGHLIN, Bobbi Jo. State and Federal Regulation of Hydraulic Fracturing: A Comparative Analysis. Society of Petroleum Engineers, 2011. ISBN 978-1-55563-321-9.

BARLOW, Christine G. Fracking and Earthquakes: What's Covered? En: CLAIMS. 06. vol. 63, no. 6, p. 14-16

BECKWITH, Robin. Hydraulic Fracturing: The Fuss, The Facts, The Future. /12/1/.

CAMPIN, David. Is there Scientific Evidence to Support the Selection of Hydraulic Fracturing Rules? Society of Petroleum Engineers, 2016. ISBN 978-1-61399-443-6.

CARPENTER, D. O. Hydraulic fracturing for natural gas: Impact on health and environment. En: REVIEWS ON ENVIRONMENTAL HEALTH. Vol. 31, no. 1, p. 47-51

CENTNER, Terence J. Reducing pollution at five critical points of shale gas production: Strategies and institutional responses. En: ENERGY POLICY. 7. vol. 94, p. 40-46

CENTNER, Terence J. y KOSTANDINI, Genti. Local governments want authority to address problems: The case of horizontal drilling and hydraulic fracturing in the United States. En: LAND USE POLICY. 12. vol. 49, p. 227-235

CENTNER, Terence J. y O'CONNELL, Laura Kathryn. Unfinished business in the regulation of shale gas production in the United States. En: SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT. 4/1.vol. 476–477, p. 359-367

CHAM, S. T. y STONE, P. How can Understanding Community Concerns about Hydraulic Fracturing Help to address them International Society for Rock Mechanics, 2013.

CHAO, Kevin; PRIETO, German A. y DU, Jing. Source Parameters of Repeating Microseismic Events during Hydraulic Fracturing Operations. Society of Petroleum Engineers, 2016. ISBN 978-1-61399-463-4.

DINSKEM, Carsten; ROTHERT, Elmar y SHAPIRO, Serge. Interpretation of Microseismicity Induced by Hydraulic Fracturing. Society of Exploration Geophysicists, 2006.

DONNELLY, John. Comments: Fracturing Threat. /8/1/.

DONNELLY, John. Comments: EPA Examines Hydraulic Fracturing. /7/1/.

HERTZLER, PATRICIA CARROLL. Regulation of hydraulic fracturing operations at the federal and state levels. En: JOURNAL: AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 11. vol. 106, no. 11, p. 58-65

HUANG, Guo-chinc Dino; ZHOU ,Rongmao y BELLINO, Nicole. Hydraulic Fracturing Triggers Postglacial Rebound Related Strain Release. Society of Exploration Geophysicists, 2013.

JABBARI, Nima; ASHAYERI, Cyrus y MESHKATI, Najmedin. Leading Safety, Health, and Environmental Indicators in Hydraulic Fracturing. Society of Petroleum Engineers, 2015. ISBN 978-1-61399-404-7.

JACKSON, Robert B., et al. The Environmental Costs and Benefits of Fracking. En: ANNUAL REVIEW OF ENVIRONMENT AND RESOURCES. 10/17; 2016/11.vol. 39, no. 1, p. 327-362

JIMENEZ, M.; ROJAS, C. y VALDERRAMA, Y. Initial Analysis of Hidrocarbon Potential in the Tablazo Formation; Center and Northern Areas of Middle Magdalena Valley, -MMV- Colombia. En: Society of Petroleum Engineers - Unconventional Resources Technology Conference, URTEC 2015.2015.

LEMONS GONZALEZ, María Del Rosario y PEDRAZA RODRÍGUEZ, Mónica, María. LA AUTORIZACIÓN DEL FRACKING EN COLOMBIA, ¿UNA DECISIÓN APRESURADA? En: Revista De Derecho Público. jul.no. 35, p. 1-41

LODER, Thomas. Spaces of consent and the making of fracking subjects in North Dakota: A view from two corporate community forums. En: THE EXTRACTIVE INDUSTRIES AND SOCIETY. 7. vol. 3, no. 3, p. 736-743

MAXWELL, S. C., et al. Fault Activation during Hydraulic Fracturing. Society of Exploration Geophysicists, 2009.

Osborn, Stephen G.; Vengosh, Avner; Warner, Nathaniel R.; Jackson, Robert B. Methane Contamination of Drinking Water Accompanying Gas-Well Drilling and Hydraulic Fracturing. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS / National Academy of Sciences.

2011MONTGOMERY, Carl. Fracturing Fluids. International Society for Rock Mechanics, 2013.

MONTGOMERY, Carl T. y SMITH, Michael B. Hydraulic Fracturing: History Of An Enduring Technology. /12/1/.

MURPHY, Adam R. Hydraulic Fracturing: Legal Issues and Relevant Laws. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2013. ISBN 9781629480824; 9781629480831

OEHRING, J. M. Electric Powered Hydraulic Fracturing. Society of Petroleum Engineers, 2015. ISBN 978-1-61399-418-4.

OEHRING, J. M. Environmental Benefits of Electric Powered Hydraulic Fracturing. Society of Petroleum Engineers, 2015. ISBN 978-1-61399-425-2.

PARKER, Mark A. y SANCHEZ, Patricio Willie. New Proppant for Hydraulic Fracturing Improves Well Performance and Decreases Environmental Impact of Hydraulic Fracturing Operations. Society of Petroleum Engineers, 2012. ISBN 978-1-61399-246-3.

PINTI, Daniele L., et al. Anthropogenic and natural methane emissions from a shale gas exploration area of Quebec, Canada. En: SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT. 10/1.vol. 566–567, p. 1329-1338

PIRAYEHGAR, A. y DUSSEAULT, M. B. Numerical Investigation of Seismic Events Associated with Hydraulic Fracturing. International Society for Rock Mechanics, 2015. ISBN 978-1-926872-25-4.

RIVARD, Christine, et al. An overview of Canadian shale gas production and environmental concerns. En: INTERNATIONAL JOURNAL OF COAL GEOLOGY. 6/1.vol. 126, p. 64-76

SAMUEL, Mathew, *et al.* Polymer-Free Fluid for Hydraulic Fracturing. Society of Petroleum Engineers, 1997. ISBN 978-1-55563-399-8.

SCHWARTZ, Megan; TORMEY, Daniel R. y MIDDGAUGH, Molly. Fracking Or Hydraulic Fracturing: How Media Shapes Public Perception and Regulatory Process. Society of Petroleum Engineers, 2015. ISBN 978-1-61399-404-7.

SMARY, E. E. y TURRELL, F. J. H. Hydraulic fracturing: Growth, regulation, and challenges in the United States. En: ENVIRONMENTAL LAW AND MANAGEMENT. Vol. 26, no. 3-4, p. 92-99

STEPHENSON, M. Shale: No great shakes? En: PLANET EARTH. No. SPRING, p. 20-21

TODD, Bridget M., *et al.* Hydraulic Fracturing-Safe, Environmentally Responsible Energy Development. Society of Petroleum Engineers, 2015. ISBN 978-1-61399-356-9.

TWOMEY, Daniel F., *et al.* FRACKING: BLASTING THE BEDROCK OF BUSINESS. En: JOURNAL OF COMPETITIVENESS STUDIES. 07. vol. 24, no. 3, p. 107-127

VEIL, John. Techbits: SPE Summit Addresses Hydraulic Fracturing Issues. /5/1/.

WATSON, Blake A. FRACKING AND CRACKING: STRICT LIABILITY FOR EARTHQUAKE DAMAGE DUE TO WASTEWATER INJECTION AND HYDRAULIC FRACTURING. En: TEXAS JOURNAL OF OIL, GAS & ENERGY LAW. 01. vol. 11, no. 1, p. 1-29

WESTAWAY, R. The importance of characterizing uncertainty in controversial geoscience applications: Induced seismicity associated with hydraulic fracturing for shale gas in northwest England. En: PROCEEDINGS OF THE GEOLOGISTS' ASSOCIATION. Vol. 127, no. 1, p. 1-17

¹Pierre-Louis, Kendra. Fracking fluid is leaking more often than we thought. Popular Science. 2017

Laura Margarita Romero Fuentes. Análisis De Los Riesgos Ambientales Asociados A La Explotación De Yacimientos No Convencionales Desde Un Contexto Internacional Y Su Aplicación En Colombia.

ADAMS, JULIA. Shale fracking – what are the risks. Sedgwick Houston. 2012.

¹ Robinson John. REDUCING ENVIRONMENTAL RISK ASSOCIATED WITH MARCELLUS SHALE GAS FRACTURING. Oil & Gas Journal. 2012.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. Recomendaciones Ambientales En Relación Con Las Medidas Preventivas Y Correctoras A Considerar En Proyectos Relacionados Con La Exploración Y Explotación De Hidrocarburos Mediante Técnicas De Fractura Hidráulica.

ANEXOS

Anexo A. Principales aditivos utilizados en la fracturación hidráulica

ADITIVOS	COMPONENTE PRINCIPAL	USO MÁS COMÚN
Ácidos	Ácido clorhídrico	Químicos de piscina y limpieza química e industrial
Bactericidas	Glutaraldehído	Desinfectante de equipos médicos y odontológicos
Estabilizador de arcillas	Cloruro de colina	Alimentación animal saludable
Inhibidor corrosión	N,N-Dimetilformamida	Disolvente de polímeros
Inhibidores	Etilenglicol	Anticongelante y refrigeración en automoción
Anti-oxidante	Bisulfito de amonio	Cosméticos y en el proceso de vinificación
Gelificantes	Goma arábica (E-414) e hidroxiacetilcelulosa	Espesante utilizado en cosméticos, salsas y aderezos de ensalada
Salmueras	Cloruro Ca o Na	Conservante alimentario y condimento
Reductores fricción	Destilados del petróleo. Poliacrilamida	Cosméticos de peluquería, maquillaje. Acondicionador de suelos no tóxico
Control del ión Fe	Ácido cítrico	Conservante y antioxidante en la industria alimentaria

Fuente: (SÁENZ DE SANTA MARÍA BENEDET, J.A, GUTIERREZ CLAVERO 2013)