

**DETERMINACION DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS
POR LA IMPLEMENTACION DE PROYECTOS DE FRACTURAMIENTO
HIDRAULICO**

MARILYN JULIETH GELVEZ JEREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2015

**DETERMINACION DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS
POR LA IMPLEMENTACION DE PROYECTOS DE FRACTURAMIENTO
HIDRAULICO**

MARILYN JULIETH GELVEZ JEREZ

**Trabajo de grado presentada como requisito para optar el titulo de Ingeniero
de Petróleos**

KATHY MARGARITA DAZA BROCHERO

Ingeniera Industrial

Director

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTA DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2015

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y sibudría, por permitirme crecer y realizar mis sueños cada día.

Dedicado especialmente a mis amores: a mi Madre, mi hermoso nonito, mis sobrinos y a mis Hermanas, a mis nonitas, mi pá', mis ti@s, prim@s y a Juan, gracias a su paciencia y amor que han infundido en mi el valor y tenacidad para dar cada paso con firmeza, por su ejemplo y consejos y la formación que me brindan. Los amo.

A mis amigos de la vida, Lala, Jenny, Laurita, Naty, Yeimmy, Guiselle, Nayra y Alexis. Al igual que a mis colegas y compañeros de carrera, que ahora serán de por vida: Jenny, Nico, Aleja C, Jorgito, Jhonba, Aleja O, Soniale, Henrrito, Omi, Potter, Shir, Carlitos, Chan, Andres, Eduardo, Shirley, Jeronimo, Mariana, Helí y las Reinas, gracias por su apoyo y tantos momentos gratos compartidos y los que faltan por llegar.

A mi familia ACEIP, por ser excelente equipo de trabajo, por creer en mi, por su apoyo e invaluable esfuerzo en beneficio de la asociación: Yenyly, Juan D, Daniel, Lina, Marce, Betty, Sergio, Pao, Katy, gracias chicos!

Finalmente, a todos los que no menciono pero llevo en mi corazón.

“Gracias...totales!”

Mary Gélvez Jerez

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Ingeniera KATHY DAZA BROCHERO por darme la oportunidad de realizar este Proyecto, contando con su grata colaboración, orientación profesional y sencillez humana.

A la Ingeniera ANDREA FORERO DÉVIA, Ingeniero OSCAR VANEGAS ANGARITA e Ingeniera PAOLA BOHORQUEZ por sus aportes y valiosa colaboración.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER y la ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS por haber sido el escenario de formación profesional.

A mi familia, amigos y a todas las personas que de alguna forma han contribuido en el desarrollo de este sueño, ser Ingeniera de Petróleos.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	15
1. MARCO DE REFERENCIA.....	16
1.1 CUANDO SE DEBE FRACTURAR.....	19
1.1.1 Pozos marginales:.....	20
1.1.2 Tiempo de rendimiento económico:.....	21
1.1.3 Distanciamiento entre pozos:.....	21
1.2 FLUIDO DE FRACTURAMIENTO.....	21
1.2.1 Características del fluido de fracturamiento.....	22
1.2.2 Material de soporte de la fractura.....	23
1.2.3 Tipo de material de soporte.....	23
1.3 LIMITACIONES DEL FRACTURAMIENTO.....	23
2. MARCO NORMATIVO DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.....	25
2.1 NORMAS Y LEYES AMBIENTALES GENERALES.....	26
2.2 NORMAS Y LEYES AMBIENTALES APLICABLES A YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.....	27
3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....	35
3.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES.....	36
3.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	38
3.2.1 Matriz De Evaluación De Aspectos E Impactos Para Cada Etapa.	46
3.3 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	52
3.3.1 Establecimiento de objetivos y metas ambientales.	59
3.3.2 Programa de gestión ambiental.....	61

3.4	IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA IMPLEMENTACION DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO	70
3.4.1	Emisión involuntaria de hidrocarburos al ambiente	71
3.4.2	Contaminación del agua dulce	71
3.4.3	Afectación de fuentes superficiales	72
3.4.4	Sismicidad inducida.....	73
3.4.5	Emisiones de gases de efecto invernadero (metano y co2).....	74
3.4.6	Riesgo químico.....	75
3.4.7	Otros impactos locales:	75
4.	SITUACIÓN DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO EN OTROS PAÍSES... ..	77
5.	CONCLUSIONES	81
6.	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFIA.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Areas asignadas de hidrocarburos no convencionales en Colombia.....	17
Figura 2 Bombeo de fluido de fractura	18
Figura 3 Material propante ubicado en la formación de Shale gas	18
Figura 5 Degradación del fluido de fractura	19
Figura 6 Matriz de evaluación de riesgos generales.	39
Figura 7 Matriz de evaluación de riesgos ambientales.	42
Figura 8 Diagrama de distribución de impactos según el tipo de riesgo en cada etapa de implementación de fracturamiento hidráulico.....	51
Figura 9 Modelo del sistema de gestión ambiental.	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Normas ambientales generales.	26
Tabla 2 Evaluación de las consecuencias ambientales y efectos al medio ambiente.	40
Tabla 3 Evaluación del riesgo.....	43
Tabla 4 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de captación de agua.....	46
Tabla 5 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de mezcla química.	47
Tabla 6 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de inyección en el pozo.	48
Tabla 7 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de flujo de retorno y agua producida.	49
Tabla 8 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de tratamiento de aguas residuales y disposición o eliminación de residuos.	50
Tabla 9 Ejemplo de establecimiento de objetivos, metas y programas.	61
Tabla 10 Objetivos, metas y programas propuestos aplicables a las etapas de implementación de fracturamiento hidráulico.....	65

GLOSARIO

- **ASPECTO AMBIENTAL.** Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puedan interactuar con el medio ambiente. Un aspecto ambiental significativo es todo aquel que tiene o puede tener un impacto significativo sobre el ambiente.
- **DESEMPEÑO AMBIENTAL.** Resultados medibles del sistema de gestión ambiental, relativos al control de una organización sobre sus aspectos ambientales, en base a su política, sus objetivos y metas ambientales.
- **IMPACTO AMBIENTAL.** Cualquier modificación al medio ambiente, ya sea adversa o benéfica, que resulte total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
- **INCIDENTE.** Acontecimiento no deseado, que puede causar daño a la salud, propiedad o al medio ambiente. Puede ser accidental o casi – accidental.
- **INDICADOR DE DESEMPEÑO AMBIENTAL (IDA).** Relación que se construye en base a los factores críticos de éxito para el logro de una meta propuesta y que permite tanto realizar un seguimiento al desarrollo de la estrategia como observar una situación o tendencia de cambio respecto a los objetivos o metas esperadas, es decir, permite recrear una idea acerca del desempeño ambiental de una organización.
- **MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES.** Herramienta que permite la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos ambientales potenciales, facilitando su valoración y clasificación.

- **MEDIO AMBIENTE.** Entorno circundante al sitio donde una organización opera, incluyendo el aire, el agua, suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.
- **ORGANIZACIÓN.** Compañía, corporación, firma, empresa, autoridad o institución, parte o combinación de ellas, ya sea sociedad o no, publica o privada, que tiene sus propias funciones y administración.
- **POLÍTICA AMBIENTAL.** Declaración de la organización, que expone sus intenciones y principios respecto a su desempeño ambiental, que provee la base para definir objetivos y metas.
- **RIESGO AMBIENTAL.** Probabilidad de que ocurra una consecuencia ambiental que puede potencialmente producir alguna perturbación o impacto a la salud y el medio ambiente.
- **SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL (SGA).** Parte del sistema de gestión total de una organización que incluye la estructura organizacional, la planificación de actividades, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos, y los recursos para desarrollar e implementar su política ambiental y gestionar sus aspectos ambientales.

RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO*

AUTORES Marilyn Julieth Gélvez Jerez**

PALABRAS CLAVES Aspecto ambiental, Impacto ambiental, Fracturamiento hidráulico, Evaluación de aspectos e impactos ambientales, matriz de evaluación (RAM).

DESCRIPCION

La industria de los hidrocarburos presenta grandes progresos hacia nuevas formas de exploración y explotación de petróleo y gas en ambientes geológicos complejos y zonas socio-ambientalmente sensibles, al mismo tiempo que el mundo exige cada vez más energía limpia para sostener su crecimiento, por lo que la industria enfrenta el doble reto de reinventarse para satisfacer la demanda y hacerlo de una forma ambientalmente amigable, mediante el fomento de la responsabilidad social y ambiental de sus operaciones.

Este proyecto plantea la necesidad de determinar los diferentes aspectos e impactos ambientales, generados por la implementación de fracturamiento hidráulico teniendo en cuenta que estos procedimientos aportan un incremento significativo de las reservas y aumento en la producción de hidrocarburos del país.

El propósito de este trabajo de investigación es realizar un estudio y evaluación de los impactos al ambiente, generados por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico, partiendo de las generalidades de estos proyectos, se presenta un estudio de los impactos ocasionados durante las etapas que conforman éste procedimiento, al igual que alternativas para mejorarlo, buscando la mitigación de estos impactos ambientales, con el fin de generar un sentido de preservación y cuidado del ambiental en las operaciones realizadas, teniendo como base la protección de nuestros recursos naturales.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-químicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos, Katy Margarita Daza Brochero.

SUMMARY

TITLE: DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL AND EMPACT AND ASPECT GENERATED BY BY THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS HYDRAULIC FRACTURING*

AUTHORS: Marilyn Julieth Gélvez Jerez**

KEYWORDS: Environmental aspect, Environmental impact, Hydraulic fracturing, Evaluation of the environmental aspects and impacts, Risk Assessment Matrix RAM.

DESCRIPTION

Petroleum industry shows great progress to new ways of exploration and development of oil and gas reservoirs in high complex geological areas and in socio-environmentally sensitive zones. At the same time, the world requires high levels of clean energy to sustain its development, because of this, the industry faces the double challenge of reinventing itself to satisfy with the energetic demand and to do it in an environmentally friendly way.

This project pose the necessity to establish several environmental aspect and impacts, caused by implementation of hydro fracking, bearing in mind that these procedures allow to substantially increase reserves and to boost the production of hydrocarbon in the country.

The target of this dissertation is to study and evaluate of the impacts caused by the implementation of the hydrofracturing projects to the environment. Starting with an overview of these projects, a study of the impacts caused during the stages comprising presents this procedure, as well as, the possible solutions to improve it, looking for the mitigation of the negative environment impacts. In order to generate a sense of preservation and care of the environment in operations based on the protection of our natural resources.

* Degree work.

**Faculty of physics-chemistry engineering, School of Petroleum Engineering, Katy Margarita Daza Brochero.

INTRODUCCION

Los yacimientos que tienen altas permeabilidades en el mundo se encuentran en la etapa final de descenso, y debido a esto, los hidrocarburos que abastecerán a las diferentes economías provendrán de yacimientos con permeabilidades bajas. Estos yacimientos hacen parte de los yacimientos no convencionales (YNC) y poseen formaciones que requieren de tratamientos de estimulación por fracturamiento hidráulico, el cual consiste en generar en la roca reservorio una fractura, mediante la inyección a alta presión de un fluido viscoso ó fluido fracturante. Este fluido se introduce por los poros y canales, permitiendo que estos se separen aumentando entre sí el espacio disponible y manteniendo abiertos estos canales con un agente, una vez que se haya liberado la presión de inyección.

Actualmente el tratamiento de fracturamiento hidráulico es una de las técnicas de estimulación con mejores resultados, tanto para yacimientos convencionales o no convencionales, y su éxito se basa en la implementación de una metodología que utilice modelos geológicos, petrofísicos, de producción y pruebas de fluido-fluido y fluido-roca entre otros. El objetivo para hacer un tratamiento de fractura hidráulica será estimular la conexión natural del yacimiento y el pozo, que tendría como resultado una mejor productividad del mismo. El procedimiento para llevar a cabo el fracturamiento hidráulico puede presentar complicaciones operacionales al igual que riesgos que, de no ser considerados apropiadamente, pueden convertirse en impactos adversos para el ambiente y las comunidades.

Este documento tiene como finalidad realizar un estudio y evaluación de los aspectos e impactos ambientales generados por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico en los YNC bajo un estudio regulatorio, técnico y ambiental actualizado para el desarrollo de actividades de exploración y explotación en yacimientos no convencionales, teniendo en cuenta la legislación ambiental existente, tomando de norma base la NTC-ISO 14001:2004.

1. MARCO DE REFERENCIA

El fracturamiento hidráulico ha tenido una significativa contribución a la industria del petróleo y gas como un método primario para incrementar la producción de los pozos.

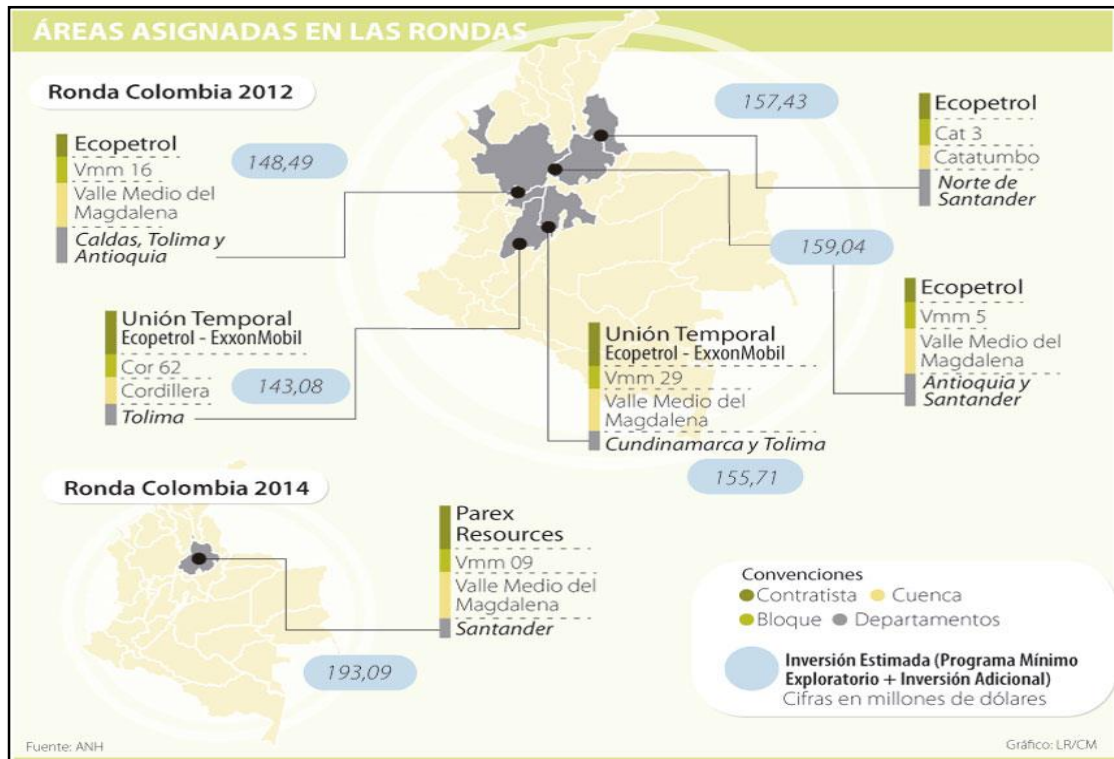
Actualmente el tratamiento de fracturamiento hidráulico es una de las técnicas de estimulación con mejores resultados, a la cual se le deben evaluar los altos costos para analizar su justificada inversión. Hay quienes estiman que el fracturamiento hidráulico ha incrementado las reservas recuperables de los Estados Unidos al menos en un 30% para aceite y en un 90% para gas. Aunque se puede realizar desde el completamiento del pozo para iniciar con una muy buena productividad recobrando la inversión.

En Colombia la estimulación hidráulica se viene utilizando desde hace varias décadas, habiendo sido implementado en cerca de 400 pozos en aproximadamente 16 campos petroleros a lo largo del país, en cuencas geológicas como: el Piedemonte Llanero, Llanos, Valle Superior del Magdalena, Putumayo, Valle Medio del Magdalena, Catatumbo, Guajira y Cordillera (ver Figura 1).

Actualmente, esta tecnología es de gran importancia a nivel mundial y ha generado gran controversia debido al impacto ambiental que ocasiona principalmente en los recursos hídrico y atmosférico.

El fracturamiento hidráulico tiene como objetivo aumentar la producción de los pozos que contienen crudo y/o gas, mejorando las propiedades de permeabilidad y porosidad de la formación. Consiste en aplicar presión hidráulica a una roca reservorio hasta producir la falla o fractura de la misma, con el fin de crear canales de flujo que conecten fracturas naturales o producir nuevas fracturas que generan una gran área de flujo.

Figura 1 Áreas asignadas de hidrocarburos no convencionales en Colombia.



Fuente: www.anh.com

Es un proceso que, en forma general, se compone de varias etapas.

- En la etapa inicial una carga de un fluido de aspecto gelatinoso, denominado Fluido de fractura (Slick Water), es bombeado a grandes presiones, desde la superficie hasta la formación, como fluido colchón o “pad”, con el fin de contactar las zonas productivas y empezar a crear una fractura, la cual se extiende o propaga por si sola.
- En la segunda etapa es bombeada una nueva carga, mayor que la anterior, del fluido de fractura (Lineal Gel), ahora mezclado con el propante, el cual evitará que la fractura creada se cierre, quedando finalmente ubicado en ella. Después de inyectados el propante y el fluido de fractura, la presión hidráulica disminuye y la operación de bombeo en superficie finaliza. Así, se crean los canales que

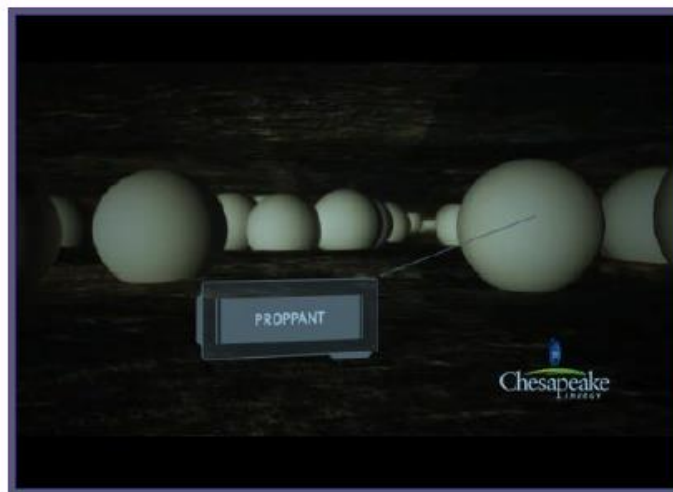
permiten el flujo de los fluidos que tiene la formación desde las zonas más alejadas hacia el pozo perforado.

Figura 2 Bombeo de fluido de fractura



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=180jX8cs9SE>

Figura 3 Material propante ubicado en la formación de Shale gas



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=180jX8cs9SE>

- La tercera y última etapa de esta técnica consiste en la degradación del fluido de fractura, el cual disminuye su viscosidad a través del tiempo, por efectos de la

temperatura del pozo y del Shear rate, con el fin de ser removido por flowback (limpieza de fractura).

Figura 4 Degradación del fluido de fractura



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=180jX8cs9SE>

1.1 CUANDO SE DEBE FRACTURAR

Para obtener los mayores beneficios a la hora de realizar un trabajo de estimulación como fracturamiento hidráulico, se hace indispensable conocer el momento en el cual se debe fracturar.

En cuanto la producción del pozo no decline por debajo de los valores aceptables, las fracturas creadas hidráulicamente no ayudaran al operador a recuperar la inversión realizada. Hay que tener en cuenta, que sí el operador espera más tiempo del necesario para fracturar después de que la producción de un pozo ha declinado, mayor será el tiempo no rentable del tratamiento. Fracturar cuando comienza el declive de la producción de un pozo tiene mayor resultado en la producción de hidrocarburos antes de llegar al límite económico.

1.1.1 Pozos marginales: Para determinadas condiciones, el fracturamiento de pozos marginales puede llegar a ser provechoso. Las estadísticas señalan que responden a la estimulación en un 50 a un 75% de las veces. Si el pozo está produciendo cantidades considerables de agua, se debe examinar cuidadosamente los costos de la fractura. Mientras que la fractura pueda incrementar la producción de petróleo, el agua extra producida va a alargar el tiempo de recuperación económica. Generalmente, los pozos marginales con formaciones de baja permeabilidad, responden mejor a los tratamientos de fracturas. Comúnmente se encuentra cierta presión en la formación, y aunque los niveles más permeables puedan estar agotados, las fracturas pueden incrementar la producción apreciablemente, abriendo las secciones anteriormente cerradas.

1.1.2 Tiempo de rendimiento económico: El tiempo de rendimiento económico depende de la producción del pozo al momento de fracturar y del tamaño de la fractura. La experiencia ha mostrado que los trabajos más exitosos generalmente se pagan entre 3 y 6 meses ó algunos en pocas semanas. El costo del tratamiento es relativamente pequeño en relación al de perforar pozos más profundos ó comparados con el ingreso derivado de un incremento de producción, el periodo de rendimiento económico puede no ser la consideración primordial de la fractura. Mientras que un tratamiento grande incrementa los costos de estimulación y el tiempo de rendimiento económico, también puede recuperarse más petróleo y mayor ganancia en esta carrera final. Finalmente, conociendo la historia del yacimiento y de algunos de los pozos, se puede establecer las causas de la baja productividad.

1.1.3 Distanciamiento entre pozos: El espaciamiento entre los pozos influye en la cantidad de hidrocarburo que puede ser producido por un solo pozo. Cuando tenemos arreglos de pozos en el que están muy cerca los unos de los otros, el tratamiento aumenta los costos y disminuye el rendimiento de la recuperación. Las fracturas pueden ser muy productivas en áreas donde los pozos fueron perforados siguiendo arreglos irregulares. En estos yacimientos, el factor de drenaje no es uniforme y las fracturas pueden ayudar a producir en áreas relativamente no drenadas.

1.2 FLUIDO DE FRACTURAMIENTO

El fluido de fracturamiento es un fluido que tiene como funciones principales: crear la fractura, extenderla hasta la longitud deseada y transportar el agente de soporte de la fractura para colocarlo efectivamente dentro de la fisura generada.

Slick Water: también conocido como agua de fracturamiento y está compuesta en un 99.5% por agua, arena y el restante por otros aditivos. Entre los que se encuentran ácidos, reductores de fricción, surfactantes, agente gelificante, agente de ajuste de pH, rompedor, controlador de sólidos, inhibidor de corrosión, agente antibacteriano, estabilizador de arcilla.

Lineal Gel: consiste en combinar el agua de fractura con un gel a baja concentración de propante, con la finalidad de ser transportado hacia la formación de Shale.

X-Linked: usan un porcentaje de gas en volumen del fluido superior al 50%, los gases usados en las espumas son N₂ y CO₂ y tiene como finalidad limpiar las fracturas después de colocado el material propante.

1.2.1 Características del fluido de fracturamiento: Tan pronto el gel lineal base es mezclado, este se mezcla con el activador inmediatamente antes de comenzar su viaje hacia la formación, es decir, en primera instancia el gel lineal se convierte en gel activado o fluido crosslinkado.

El tiempo de activación es normalmente el 75% del tiempo de viaje, el cual es conseguido durante el bombeo a alta tasa y presión, permitiendo al fluido abrir una fractura en la formación; creando una alta área conductiva que mejora el flujo de fluidos a la superficie. El fluido debe romper después de haber transportado el agente de soporte y después de estar dentro de la formación. Posteriormente el fluido debe retornar a la superficie una vez el agente de soporte se encuentre en su lugar evitando el cierre de la fractura.

1.2.2 Material de soporte de la fractura: La principal función del material de soporte es resistir los esfuerzos de cierre de la formación manteniendo abierta la fractura hidráulica inducida una vez es liberada la presión hidráulica.

1.2.3 Tipo de material de soporte: Las arenas utilizadas en los fracturamientos hidráulico se pueden clasificar de acuerdo al esfuerzo que esté en capacidad de resistir.

- Arenas de ocurrencia natural: Arenas usadas en aplicaciones donde se requieren de bajos esfuerzos de formación, generalmente en pozos de hasta 8000 ft de profundidad. Dentro de este grupo podemos mencionar arenas (Ottawa y brady) y resinadas.
- Material de Soporte, fabricados de Bauxita o Cerámicos: Usadas en formaciones más profundas y de mayor esfuerzo o en formaciones de alta permeabilidad a cualquier profundidad donde una alta conductividad es esencial. Dentro de este grupo se destaca la Bauxita de alto esfuerzo y la Bauxita de esfuerzo medio.

1.3 LIMITACIONES DEL FRACTURAMIENTO

Existen diversas razones por las cuales el fracturamiento hidráulico deja de ser viable en su aplicación a un Campo, las cuales son:

- ✓ Tratamiento mecánicamente exitoso pero con resultados de producción pobres. Dicha situación se puede presentar por diversos factores dentro de los que se pueden resaltar:

- La fractura está en la zona productora, pero la mayor parte de ella creció por fuera de esta zona.
- Inadecuada conductividad de fractura, debido a pobre suspensión del agente de soporte, pobre limpieza del gel, trituración / incrustación del agente de soporte.
- Se pueden presentar múltiples fracturas paralelas separadas en diferentes zonas.
- Que hayan sido contactadas zonas de agua.

2. MARCO NORMATIVO DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN EN YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

Desde hace algunos años el Gobierno Nacional viene constituyendo unas políticas y lineamientos que regulan la exploración y explotación de reservas de hidrocarburos en yacimientos no convencionales, con lo cual se busca un incremento en las reservas de petróleo del país, satisfacer la demanda interna y externa de esta clase de recursos y la producción de esta clase de yacimientos.

En la Constitución Política de Colombia de 1991 se contempló el medio ambiente en el capítulo 3 denominado DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE¹, y más específicamente en los siguientes artículos, que dan prioridad a los principios relacionados con los derechos y deberes del estado y los particulares en relación con la conservación ambiental:

- Artículo 8: “Es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación”.
- Artículo 79: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.
- Artículo 80: “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores

¹ CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA, 1991.

de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

- Artículo 95, Numeral 8: “Son deberes de la persona y el ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”.
- Artículo 330, Numeral 1: “Velar por la aplicación de las normas legales sobre usos del suelo y poblamiento de sus territorios”.

2.1 NORMAS Y LEYES AMBIENTALES GENERALES

De igual manera, encontramos normas específicas para el sector de hidrocarburos en Colombia. Cabe resaltar que las normas ambientales generales ambientales son igualmente aplicables en todos los sectores.

Tabla 1 Normas ambientales generales.

NORMA	OBJETIVO DE LA NORMA
CÓDIGO DE RECURSOS NATURALES (D. 2811/74)	Utilización de recursos naturales renovables y del medio ambiente.
LEY 99/93	Organización del SINA; Política Ambiental; Licenciamiento ambiental de proyectos.
DEC. 1753/94; DEC. 1421/96(DEROGADO); RES. 655/96, DECRETO 1220 DE 21 DE ABRIL DE 2005. DECRETO 500 DE 2006	Gestión Ambiental de proyectos; Licencias Ambientales.
LEY 09/79 – CÓDIGO SANITARIO NACIONAL	Legislación Sanitaria (gestión ambiental de residuos).
DECRETO 1594/84	Vertimientos líquidos.
DECRETO 1541/78	Concesión aguas.
LEY 23 DE 1973	Prevenir la contaminación del medio ambiente.
DECRETO 948/95	Emisiones atmosféricas y ruido

2.2 NORMAS Y LEYES AMBIENTALES APLICABLES A YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES

La legislación ambiental que regula los yacimientos no convencionales en Colombia se define a través de los siguientes instrumentos jurídicos: el Conpes 3517, el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014, la Resolución 181495 de 2009 del Ministerio de Minas y Energía (“Minminas”), según fuera modificada, el Decreto 3004 de 2013, la Resolución 0421 de 2014 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (“MADS”), el Acuerdo 03 de 2014 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (“ANH”), la Resolución 90341 de 2014 del Minminas, que modifica la Resolución 180742 de 2012, el Decreto 1616 de 2014 y el Decreto 1076 de 2015.

- En el año 2008 fue expedido el Conpes 3517. En él se establecieron lineamientos de política pública para la asignación de los derechos de exploración y explotación de Gas Metano en Depósitos de Carbón (GMDC) y el desarrollo de las normas técnicas para su explotación. El CONPES fue dictado tomando en consideración la potencial coexistencia geográfica y temporal de operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos con operaciones de minería de carbón en razón de las especiales características de los yacimientos de GMDC.
- Posteriormente, en el año 2010 fue expedida la Ley 1450 de 2011 que contiene el Plan Nacional de Desarrollo, el cual contiene y desarrolla las estrategias y políticas del Estado, así como los planes de acción para los diversos sectores de la economía nacional que el Gobierno Nacional quería impulsar. En este sentido, el plan definió al sector minero-energético como uno de los grandes impulsores de la economía nacional, estableciendo como meta el incremento de las reservas y de la producción a través del impulso de las actividades de exploración y explotación de los yacimientos petroleros no convencionales.

- Posterior a esta, en el marco de lo previsto en el Plan Nacional de Desarrollo, el Minminas expidió el Decreto 3004 del 26 de diciembre de 2013 por el cual se establecen los criterios y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales (el “Decreto 3004”).

Esta norma dispuso que:

1. A partir de su publicación, Minminas tendría 6 meses para expedir las normas y procedimientos técnicos para desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales, exceptuando las arenas bituminosas e hidratos de metano.
2. Minminas debía revisar y ajustar las normas que establecen el procedimiento y los términos y las condiciones que deberán cumplir los titulares mineros y los contratistas de hidrocarburos para celebrar acuerdos operacionales cuando exista la superposición parcial o total entre las actividades de exploración y explotación de recursos no renovables de manera concurrente.

En el año anterior, la normativa para el desarrollo de la exploración y explotación de yacimientos no convencionales se consolidó un poco más en materia técnico-ambiental, contractual y procedimental. Las normas más destacadas en este ámbito son la Resolución 0421 de 2014 del MADS, el Acuerdo 03 de 2014 de la ANH y la Resolución 90341 de 2014 de Minminas.

- En materia ambiental, a través de la Resolución 0421 del MADS del 20 de marzo de 2014 se adoptaron los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para los proyectos de perforación exploratoria de hidrocarburos (la “Resolución 0421”). Es importante recordar

que los términos de referencia son lineamientos generales y constituyen una herramienta que pretende facilitar el proceso de elaboración del EIA y una guía general, no exclusiva, para la elaboración del mismo; por lo tanto, la publicación de los términos de referencia no limita la facultad que tiene la autoridad ambiental de solicitar al interesado la información adicional específica que se considere indispensable para evaluar y decidir sobre la viabilidad del proyecto.

- Por otro lado, la reglamentación en materia contractual para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales está prevista en el Acuerdo 03 de la ANH de fecha 26 de marzo de 2014. Esta norma incorporó al Reglamento de Contratación para la exploración y explotación de Hidrocarburos los parámetros y normas aplicables al desarrollo de Yacimientos No Convencionales. Los aspectos más relevantes del Acuerdo son los siguientes:
 1. Se incorporan definiciones adicionales al Acuerdo 4 de 2012, complementándolas a fin de permitir el desarrollo de los yacimientos no convencionales. Entre estas, se incorpora la definición de los “contratos adicionales”, entendidos estos como un acuerdo de voluntades modificatorio de un TEA o un contrato E&P sobre yacimientos convencionales, a fin de incluir disposiciones especiales que permitan el desarrollo de actividades de exploración y explotaciones en yacimientos no convencionales.
 2. El período de exploración de yacimientos no convencionales se incrementó de 6 años hasta 9 años, dividido en un máximo de 3 fases las cuales tienen una duración de 36 meses por cada una, y el período de producción para yacimientos no convencionales se extendió de 24 años a 30 años.

3. Los titulares de contratos firmados con anterioridad a la Ronda Colombia 2012 y que tengan interés en desarrollar yacimientos no convencionales podrán allegar ante la ANH una propuesta para explorar y producir los hidrocarburos que provengan de estos yacimientos, que, en el caso de ser aceptada conllevará la suscripción de un contrato adicional en cumplimiento de los extremos previstos en el Acuerdo 3.
4. En el evento en que sea suscrito el contrato adicional para explorar y producir yacimientos no convencionales, el titular está obligado a mantener o cumplir con las condiciones económico-financieras, técnico-operacionales, jurídicas, medioambientales y de responsabilidad social empresarial. En caso de que el suscriptor no reúna las condiciones exigidas por la ANH, se podrá asociar con un nuevo operador que cumpla con todas las condiciones.
5. En caso de que el contratista no presente propuesta o no se suscriba el referido contrato adicional, la ANH podrá adelantar los estudios para obtener información técnica adicional sobre el área, o asignarla a un tercero para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales exclusivamente.
6. El Acuerdo 3 establece condiciones de capacidad económica financiera, de capacidad técnico operacional, capacidad medioambiental y acreditaciones en materia de responsabilidad social empresarial específicas para el desarrollo de actividades en yacimientos no convencionales. Establece asimismo excepciones particulares para los titulares de contratos celebrados en desarrollo de la Ronda Colombia 2010 que hubieren obtenido habilitación para desarrollar actividades en área tipo 2 y 3.

7. Se establecen términos económicos especiales para la ejecución de actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales.
 8. El desarrollo de actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales por parte de Ecopetrol bajo los convenios celebrados con la ANH quedará sujeto a los términos y condiciones que se pacten en convenios adicionales ejecutados en concordancia con este Acuerdo 3.
 9. No obstante, es de destacar que los requisitos de capacidad económica financiera, de capacidad técnico operacional, capacidad medioambiental y acreditaciones en materia de responsabilidad social empresarial, las condiciones de contratación y los términos económicos, incluyendo el seguro de responsabilidad civil extracontractual para contratos nuevos, serán fijados en los términos de referencia del proceso de selección correspondiente (por ejemplo, como en el caso de los términos de referencia de la Ronda Colombia 2014) o a través de un nuevo acuerdo del Consejo Directivo de la ANH en caso de asignación directa de áreas.
- La Resolución 90341 del 27 de marzo de 2014 que reglamentó lo concerniente a los requerimientos y procedimientos técnicos para la exploración y explotación de yacimientos no convencionales, modificó la Resolución 180742 del 16 de mayo de 2012 sobre el mismo tema. Están exceptuados de la aplicación de esta norma las arenas bituminosas e hidratos de metanos. Los aspectos relevantes de esta Resolución son los siguientes:
 1. Se introduce regulación técnica específica para desarrollar la explotación de yacimientos no convencionales, incluyendo una prueba inicial de

producción que requerirá visto bueno previo de Minminas, y una prueba piloto de pozos en caso que el pozo perforado resulte ser en un pozo productor, también sujeto al visto bueno del Minminas a través de un programa de prueba piloto.

2. Se establecen los lineamientos para el registro y muestreo de pozos exploratorios y de pozos estratigráficos en yacimientos no convencionales.
3. Se establecen requerimientos técnicos para la cementación de pozos exploratorios y de desarrollo de yacimientos no convencionales.
4. Se introduce el concepto de estimulación hidráulica, entendida esta como el tratamiento a la formación de interés o productora de un pozo a través del uso de un fluido de estimulación con el objetivo de mejorar su productividad. Esta estimulación se realiza a través del bombeo de un fluido compuesto por agua, químicos y propante a una alta presión por el hueco del pozo, con el fin de inducir fracturas en la roca para aumentar su permeabilidad. Asimismo, se introducen definiciones relacionadas tales como propante, pozo horizontal, residuos NORM (Materiales Radiactivos de Origen Natural, por sus siglas en Ingles) y sismicidad desencadenada.
5. De esta manera se establece una regulación de los requisitos técnicos y procedimientos desarrollados para la estimulación hidráulica de yacimientos no convencionales en detalle, que contempla la ejecución previa de pruebas de presión a los revestimientos expuestos a la estimulación hidráulica, determina el alcance del radio de estimulación hidráulica, requiere un informe de trabajo detallado previo a la ejecución de la estimulación, entre otros. Asimismo se determinan los casos en que

la actividad debe suspenderse, incluyendo, entre otros casos, la ocurrencia de un evento sísmico de ciertas características.

6. Esta norma derogó la Resolución 180742 de 2012, salvo en los artículos que disponen la posibilidad de establecer acuerdos operacionales. Es necesario mencionar que los acuerdos operacionales deben celebrarse entre el contratista que quiere desarrollar actividades de exploración y explotación de yacimientos no convencionales y los poseedores de títulos mineros en áreas donde se encuentren yacimientos no convencionales. A falta de acuerdo entre las partes, el Minminas aplicará el procedimiento previsto en el artículo 19 de la Resolución 180742 para resolver la controversia.
 7. Los procedimientos para exploración y explotación de yacimientos no convencionales que no estén reglamentados en esta Resolución 90341 se regirán entonces por la Resolución 181495 del 2 de septiembre de 2009 de Minminas. De todas maneras, es importante señalar que la Resolución 181495 será objeto de modificación. En las próximas semanas estaremos informando acerca de las modificaciones que sufra esta norma.
- En el presente año se incorporó el Decreto Único Reglamentario 1076 de 26 de mayo de 2015, del sector ambiente y desarrollo sostenible que introduce en el mismo, normas del sector del medio ambiente las cuales:
 1. Recopila normas del Decreto 2041 de 2014 referentes a la licencia ambiental y las autoridades ambientales competentes.

2. Reglamenta lo referente a la prevención de la generación de residuos y desechos peligrosos, y el manejo de esos residuos con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.
3. Incluye los criterios generales que deben tener las autoridades ambientales para imponer las sanciones consagradas en la Ley 133 de 2009, la cual establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.

En cuanto a la reglamentación para la expedición de licencias ambientales que son requeridas para exploración y explotación de hidrocarburos el Decreto 2041 del 2014 introduce una disposición con respecto a la estimulación hidráulica, contenida en el párrafo 5° del artículo 24, que está referido a la solicitud de licencia ambiental. Conforme a esta disposición, quien pretenda realizar estimulación hidráulica de pozos deberá adjuntar un concepto de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) que haga constar que dicha actividad se va a ejecutar en un yacimiento convencional y/o en un yacimiento no convencional.²

² Boza, Marianna. Umaña, Carlos. (2015). Bogotá, Colombia. Boletín legal. Obtenido de: bu.com.co

3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

La identificación de los aspectos ambientales y los impactos asociados a ellos es elemental para el establecimiento de un sistema de gestión ambiental, debido a que los impactos ambientales significativos son la base para la implementación del sistema, dado que a partir de estos se plantean objetivos y metas ambientales y el respectivo programa de gestión ambiental, los procedimientos de control operacional, los monitoreos y las mediciones de desempeño ambiental de la organización.

Un sistema de gestión ambiental eficaz comienza con el entendimiento de cómo una organización puede interactuar con el medio ambiente. Los elementos de las actividades, productos, y servicios de una organización que pueden interactuar con el medio ambiente se denominan aspectos ambientales. Los ejemplos incluyen el vertimiento, emisión, consumo o reutilización de un material, o la generación de ruido. En la implementación de un sistema de gestión ambiental se deben identificar los aspectos ambientales que puede controlar y aquellos sobre los que pueda influir las actividades y propósitos de estas.

Los cambios en el medio ambiente, ya sean adversos o beneficiosos, que son el resultado total o parcial de aspectos ambientales, se denominan impactos ambientales. Como ejemplos de impactos adversos se incluyen la contaminación del aire y el agotamiento de los recursos naturales. Los ejemplos de impactos beneficiosos incluyen la mejora de la calidad del agua o del suelo y la generación de empleo en la comunidad donde se realiza el proyecto. La relación entre los aspectos ambientales y los impactos asociados es de causa y efecto. Una organización debería tener una buena comprensión de aquellos aspectos que tienen o pueden tener impactos significativos sobre el medio

ambiente (es decir, aspectos ambientales significativos).

Dado que una organización puede tener muchos aspectos ambientales e impactos asociados, debería establecer criterios y un método para determinar aquellos que considerara significativos. Cuando se establecen criterios tales como características ambientales, información sobre los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba, se deberían considerar varios factores, y las inquietudes de las partes interesadas (internas y externas).

Algunos de estos criterios se pueden aplicar directamente a los aspectos ambientales de una organización y a algunos de sus impactos ambientales asociados.

La identificación de los aspectos ambientales significativos e impactos asociados es necesaria para determinar cuándo se necesita control o mejora y para establecer prioridades para acciones de gestión. La política, objetivos y metas, formación, comunicaciones, controles operacionales y programas de seguimiento de una organización se deberían basar principalmente en el conocimiento de sus aspectos ambientales significativos, aunque temas tales como los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba, y las opiniones de las partes interesadas, también tendrán que tenerse en cuenta. Cada organización debería escoger un enfoque que sea apropiado a su alcance, naturaleza y dimensión, y que cumpla sus necesidades en términos de detalle, complejidad, tiempo, costo y disponibilidad de datos fiables.

3.1 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

La EPA, Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos (por sus siglas en Inglés Environmental Protection Agency) presenta una evaluación que proporciona una revisión la cual sintetiza los posibles impactos de fracturamiento hidráulico para el petróleo y el gas en recursos de agua potable en los Estados Unidos, identificando los aspectos y sus impactos ambientales, del cual se derivan otros impactos relacionados a estos procesos.

El alcance de esta evaluación se define por el ciclo del agua para fracturamiento hidráulico, el cual que incluye cinco actividades principales (aspectos), sobre las cuales se basó la evaluación de aspectos e impactos en cada una de las etapas mencionadas a continuación:

- a) Adquisición de agua: la captación de aguas subterránea o superficial necesaria para el fluido de fracturamiento hidráulico
- b) Mezcla química: la mezcla de agua, productos químicos, y agente de sostén en superficie para crear el fluido de fracturamiento hidráulico;
- c) Inyección en el pozo: la inyección de fluidos de fracturamiento hidráulico en el pozo para fracturar la formación geológica;
- d) Retorno de Flujo y agua Producida: el retorno de fluido inyectado y el agua producida a partir de la formación a la superficie, y el posterior transporte para su reutilización, tratamiento o disposición; y
- e) Tratamiento de aguas residuales y eliminación de residuos: la reutilización, tratamiento y disposición, o la eliminación de las aguas residuales generadas en superficie, así, como el agua producida.

Dado que la norma NTC-ISO 14001:2004 no establece una metodología específica para realizar la evaluación de aspectos e impactos ambientales, en la realización de esta investigación se implementó la Matriz de evaluación de riesgos RAM, con la cual se evalúan los impactos para las etapas de implementación de fracturamiento hidráulico mencionadas anteriormente.

3.2 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

La valoración de los impactos ambientales establece el primer paso para una gestión ambiental segura y limpia. Existen diversos métodos para evaluar riesgos/impactos ambientales, entre los cuales se encuentra la matriz de valoración RAM, llamada así por sus siglas en Ingles (Risk Assessment Matriz). Esta es una herramienta de evaluación cualitativa de riesgos la cual brinda los criterios para identificar un curso de acción adecuado para controlarlos.

a. Área de aplicación: matriz RAM incluye una serie de procesos, entre los cuales se hallan:

- ✓ Evaluar criticidad de acciones operativas y mantenimiento.
- ✓ Priorización de inversiones, reposiciones, programas.
- ✓ Evaluar procedimiento de HSE.
- ✓ Investigación y clasificación de incidentes.
- ✓ Selección de estándares o procedimientos.
- ✓ Decisiones de ingeniería.
- ✓ Comparar escenarios.
- ✓ Otros.

b. El riesgo: El riesgo es el producto de multiplicar dos variables: la consecuencia por la probabilidad. Los ejes de la matriz RAM son consecuencia y probabilidad. La gravedad de las consecuencias se basa en una estimación de lo que podría suceder (análisis de situaciones creíbles también conocidas como potenciales). Luego se estima la probabilidad de que dicha consecuencia se manifieste, sobre la base de la experiencia y/o evidencia de un determinado resultado que se ha producido con anterioridad.

c. **Descripción de la matriz RAM:** La matriz de evaluación de riesgos generales (figura 6), establece una herramienta que estandariza la evaluación cualitativa de los riesgos y facilita la clasificación de todas las amenazas a la salud, seguridad, medio ambiente, bienes e imagen de la Empresa.

Figura 5 Matriz de evaluación de riesgos generales.

CONSECUENCIAS					PROBABILIDAD			
					A	B	C	D
Personas	Económicas	Ambientales	Imagen de la empresa		No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico	Sucede varias veces por año en proyectos de fracturamiento hidráulico
Una o más fatalidades	Catastrófica > \$10M	Masivo	Internacional	5	M	M	H	VH
Incapacidad permanente	Grave \$1M a \$10M	Mayor	Nacional	4	L	M	M	H
Incapacidad temporal > 1 día	Severo \$100K a \$1.0M	Localizado	Regional	3	N	L	M	M
Lesión menor (sin incapacidad)	Importante \$10K a \$100K	Menor	Local	2	N	N	L	M
Lesión leve (1 ^{ros} auxilios)	Marginal < \$10K	Leve	Interna	1	N	N	N	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	0	N	N	N	N

Para indicar el nivel de gravedad, se utiliza una escala de consecuencias de “0” a “5”. Se define consecuencia como la que puede producirse a raíz de un peligro y dentro de una situación hipotética. Se utilizan las consecuencias potenciales en lugar de las reales. Estas pueden ser consideradas como las consecuencias que podrían ocasionarse o pueden originarse a raíz de la ocurrencia de un peligro si las condiciones hubiesen sido menos favorables.

Luego de evaluar el suceso potencial, se calcula la probabilidad de que la

consecuencia determinada ocurra, en el eje horizontal basándose en la experiencia o evidencia histórica en que las consecuencias identificadas se han materializado dentro de la industria. No debe confundirse con la probabilidad de que se produzca el peligro; se trata de la probabilidad de que se desencadenen las consecuencias potenciales estimadas.

La estimación de la consecuencia se basa en escenarios de “qué pudo ocurrir” y la estimación de la probabilidad se basa en información histórica de que dicho escenario ocurrió en similares condiciones, sabiendo que las circunstancias nunca son exactamente las mismas.

Las consecuencias de la ocurrencia de un peligro se identifican con cuatro categorías:

- ✓ Lesiones a personas (PE).
- ✓ Económicas (EC).
- ✓ Medio ambiente (MA).
- ✓ Imagen de la empresa (IM).

La gravedad de las consecuencias anteriores se selecciona en el eje vertical de la matriz.

Para fin de este estudio, se clasifican las consecuencias al Medio ambiente (MA), en adelante solo se mencionará y estudiará específicamente este tipo de consecuencias, para lo cual, se define a continuación (tabla 2) la forma como evalúan las consecuencias que indican el nivel de gravedad de un impacto ambiental (Efectos al medio ambiente) al igual que la probabilidad de que ocurran las consecuencias potenciales estimadas.

Tabla 2 Evaluación de las consecuencias ambientales y efectos al medio

ambiente.

No.	GRAVEDAD DEL INCIDENTE.
0	Sin efectos - Sin daño ambiental. Sin modificaciones en el medio ambiente. No requiere remediación.
1	Efectos leves - Daño ambiental leve. Dentro de las instalaciones, acciones de remediación insignificantes.
2	Efectos menores - Contaminación o descarga suficientemente importante para dañar el medio ambiente, pero con efectos duraderos. Una única violación a los límites legales o prescritos, ó una única queja.
3	Efectos localizados - Descarga limitada afectando el vecindario y dañando el medio ambiente, repetidas violaciones de los límites legales o prescritos, o varias quejas.
4	Efectos mayores - Daños ambientales graves. Se exige al ente directivo del Proyecto en curso que tome medidas importantes para aproximar el medio ambiente contaminado a su estado original. Violaciones prolongadas a los límites legales o prescritos, molestia expandida.
5	Efectos masivos – Persistentes daños ambientales graves o serias molestias que afectan un área extensa, áreas de uso recreativo o de preservación de la naturaleza. Constante y elevada violación de los límites legales o prescritos.

d. Evaluación de la probabilidad: El eje horizontal representa la medición de la probabilidad de la ocurrencia de la consecuencia potencial identificada. La escala del eje horizontal se define:

- ✓ A= No ha ocurrido en la industria.
- ✓ B= Ha ocurrido en la industria.
- ✓ C= Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico.
- ✓ D=Sucedee varias veces por año en proyectos de fracturamiento hidráulico.

Esta evaluación está basada en la experiencia e indica la probabilidad de materialización de consecuencias indeseadas, la cual trata de la probabilidad de que se produzcan las consecuencias potenciales estimadas.

La escala horizontal es “probabilidad de aumento” cuyo rango va desde altamente improbable hasta frecuente.

Por lo anterior, de aquí en adelante la matriz a emplear y analizar durante la evaluación de los impactos que representan riesgo ambiental por la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico, es la siguiente:

Figura 6 Matriz de evaluación de riesgos ambientales.

CONSECUENCIAS		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
AMBIENTALES		No ha Ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico	Sucede varias veces por año en proyectos de fracturamiento o hidráulico
Masivo	5	M	M	H	VH
Mayor	4	L	M	M	H
Localizado	3	N	L	M	M
Menor	2	N	N	L	M
Leve	1	N	N	N	L
Ninguno	0	N	N	N	N

e. Evaluación y Clasificación del riesgo: El riesgo está compuesto de acuerdo con la matriz de evaluación de riesgos ambientales por tres elementos:

- ✓ El primero define con que categoría está relacionada la evaluación, que en nuestro caso como ya se dijo es estrictamente Ambiental (MA).
- ✓ El segundo corresponde a la gravedad de las consecuencias que podrían producirse con ese suceso: 0 –5.
- ✓ El tercero corresponde al nivel de probabilidad de un suceso no

deseado: A - D.

La intersección de la fila elegida con la columna seleccionada corresponde a la clasificación del riesgo. Los incidentes pueden tener consecuencias también en las demás categorías.

A Continuación se muestra una tabla en la cual se clasifican y evalúan los tipos de riesgo que se pueden presentar en un impacto ambiental.

Tabla 3 Evaluación del riesgo.

COLOR	RIESGO	ANALISIS
VH	Muy alto	Riesgo intolerable para asumir. Busque alternativas y deciden las directivas a cargo del Proyecto.
H	Alto	Deben buscarse alternativas que presenten menor riesgo. Si se decide ejecutar la actividad se requiere demostrar cómo se controla el riesgo y la coordinación de producción se involucra en la decisión.
M	Medio	No son suficientes los sistemas de control establecidos, se deben tomar medidas que controlen el riesgo.
L	Bajo	Se debe gestionar mejoras a los sistemas de control establecidos (procedimientos, EPP, roles, protocolos, etc.).
N	Ninguno	Riesgo muy bajo, usar los sistemas de control y calidad establecidos (permisos, procedimientos, EPP, etc.).

f. Pasos para usar la Matriz RAM ambiental.

- ✓ **Paso 1:** Identificar y definir claramente el impacto ambiental a evaluar.

CONSECUENCIAS		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
AMBIENTALES		No ha Ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico	Sucede varias veces por año en proyectos de fracturamiento o hidráulico
Masivo	5	M	M	H	VH
Mayor	4	L	M	M	H
Localizado	3	N	L	M	M
Menor	2	N	N	L	M
Leve	1	N	N	N	L
Ninguno	0	N	N	N	N

- ✓ **Paso 2:** Estimar las consecuencias potenciales que indiquen la gravedad de cada impacto:

CONSECUENCIAS		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
AMBIENTALES		No ha Ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico	Sucede varias veces por año en proyectos de fracturamiento o hidráulico
Masivo	5	M	M	H	VH
Mayor	4	L	M	M	H
Localizado	3	N	L	M	M
Menor	2	N	N	L	M
Leve	1	N	N	N	L
Ninguno	0	N	N	N	N

- ✓ **Paso 3:** Estimar la probabilidad de ocurrencia de la consecuencia potencial estimada e interceptar con la consecuencia establecida:



CONSECUENCIAS		PROBABILIDAD			
		A	B	C	D
AMBIENTALES		No ha Ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en proyectos de fracturamiento hidráulico	Sucede varias veces por año en proyectos de fracturamiento o hidráulico
Masivo	5	M	M	H	VH
Mayor	4	L	M	M	H
Localizado	3	N	L	M	M
Menor	2	N	N	L	M
Leve	1	N	N	N	L
Ninguno	0	N	N	N	N

El punto dentro la matriz correspondiente a la intersección de la consecuencia y la probabilidad será la valoración del riesgo (*N*), lo cual significa que el impacto evaluado no representa riesgo alguno para el ambiente, por lo tanto no es un impacto significativo o de cuidado.

En adelante se evalúan de igual forma cada uno de los aspectos/impactos identificados dentro de las actividades del fracturamiento hidráulico y se establecerá un registro de evaluación de los aspectos e impactos ya determinados, en el cual aquellos aspectos/impactos que al ser evaluados sean considerados como de riesgo muy alto (**VH**), alto (**H**), y medio (**M**) serán tratados como significativos (Ver Tabla 4 a tabla 8) y aquellos que al ser evaluados resulten considerados como de riesgo bajo (**L**) y ninguno (**N**) serán tratados como **No significativos** y por ende no serán tenidos en cuenta al momento de plantear objetivos y metas.

3.2.1 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS PARA CADA ETAPA. Implementando la matriz RAM, se realizó la de evaluación de aspectos e impactos para las etapas de implementación de fracturamiento hidráulico, con los cuales se realiza una apreciación a los resultados obtenidos en la identificación y evaluación de impactos.

Tabla 4 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de captación de agua.

 		REGISTRO DE EVALUACION DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES			ACT: n	1 / 5
					DD/MM/AA	
ACTIVIDAD	Aspectos	Impactos	Evaluación Ambiental			SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO
			Cons. Ram	Prob. Ram	Calif. Ram	
CAPTACIÓN DE AGUA	Captación y transporte de agua superficial	Contaminación de suelo y agua	3	D	VH	SI
		Ruidos temporales por el movimiento de equipos y maquinas que afectan fauna y flora	3	D	M	SI
		Afectación temporal de la fauna	3	D	M	SI
		Afectación temporal y permanente en el paisaje rural y urbano	3	C	H	SI
		Aumento de partículas y combustión que afecta el aire, fauna y flora	3	C	M	SI
		Desgaste del recurso	3	C	M	SI
	Captación de agua subterránea	Afectación sobre la fauna, flora y paisaje	3	C	M	NO
		Afectación sobre la calidad del aire y ruido	3	D	L	NO
		Cambios en la composición del suelo	4	D	H	SI
		Afectación sobre espacios protegidos	2	B	L	NO
		Cambios sobre usos del suelo	3	D	H	SI

		Afectación al medio socioeconómico	3	C	L	SI
		Cambios sobre el patrimonio cultural	1	B	L	NO
		Desgaste del recurso	3	C	M	SI

Tabla 5 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de mezcla química.



 		REGISTRO DE EVALUACION DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES			ACT: n	2 / 5
					DD/MM/AA	
ACTIVIDAD	Aspectos	Impactos	Evaluación Ambiental			SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO
			Cons Ram	Prob. Ram	Calif. Ram	
MEZCLA QUÍMICA	Instalación y funcionamiento de los equipos en pozo y campamento	Afectación de la flora y fauna por deforestación	3	D	VH	SI
		Ruidos temporales por el movimiento de equipos y maquinas que afectan fauna y flora	3	D	M	SI
		Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por residuos humanos y derramen en superficie	4	D	H	SI
		Afectación temporal y permanente en el paisaje rural y urbano	3	B	M	SI
		Aumento de material particulado	3	C	M	SI
		Generación gases de combustión que afecta el aire, fauna y flora	3	D	M	SI
	Mezcla de agua y químicos	Contaminación del suelo derrame de aditivos	3	B	M	SI
		Afectación del personal operario por exposición a los aditivos	3	C	H	SI
		Afectación de cuerpos de aguas superficiales por derrame de aditivos	4	D	VH	SI

Tabla 6 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de inyección en el pozo.

 		REGISTRO DE EVALUACION DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES			ACT: n	3 / 5
DD/MM/AA						
ACTIVIDAD	Aspectos	Impactos	Evaluación Ambiental			SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO
			Cons Ram	Prob. Ram	Calif. Ram	
INYECCIÓN EN EL POZO	Funcionamiento de los equipos	Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por derrame de aditivos	3	D	VH	SI
		Ruidos temporales por el movimiento de equipos y maquinas que afectan fauna y flora	3	B	M	SI
		Aumento de partículas y combustión que afecta el aire, fauna y flora	3	C	M	SI
	Intrusión en la formación geológica	Liberación de fluidos a aguas subterráneas	3	D	H	SI
		Afectación a acuíferos de agua potable	3	C	M	SI
		Cambios en la composición del suelo	4	D	M	SI
		Cambios en la composición del agua subterránea	4	C	M	SI
		Riesgos en producción de sismos	4	C	L	SI
		Aumento de la inestabilidad de terrenos	3	C	L	SI

Tabla 7 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de flujo de retorno y agua producida.




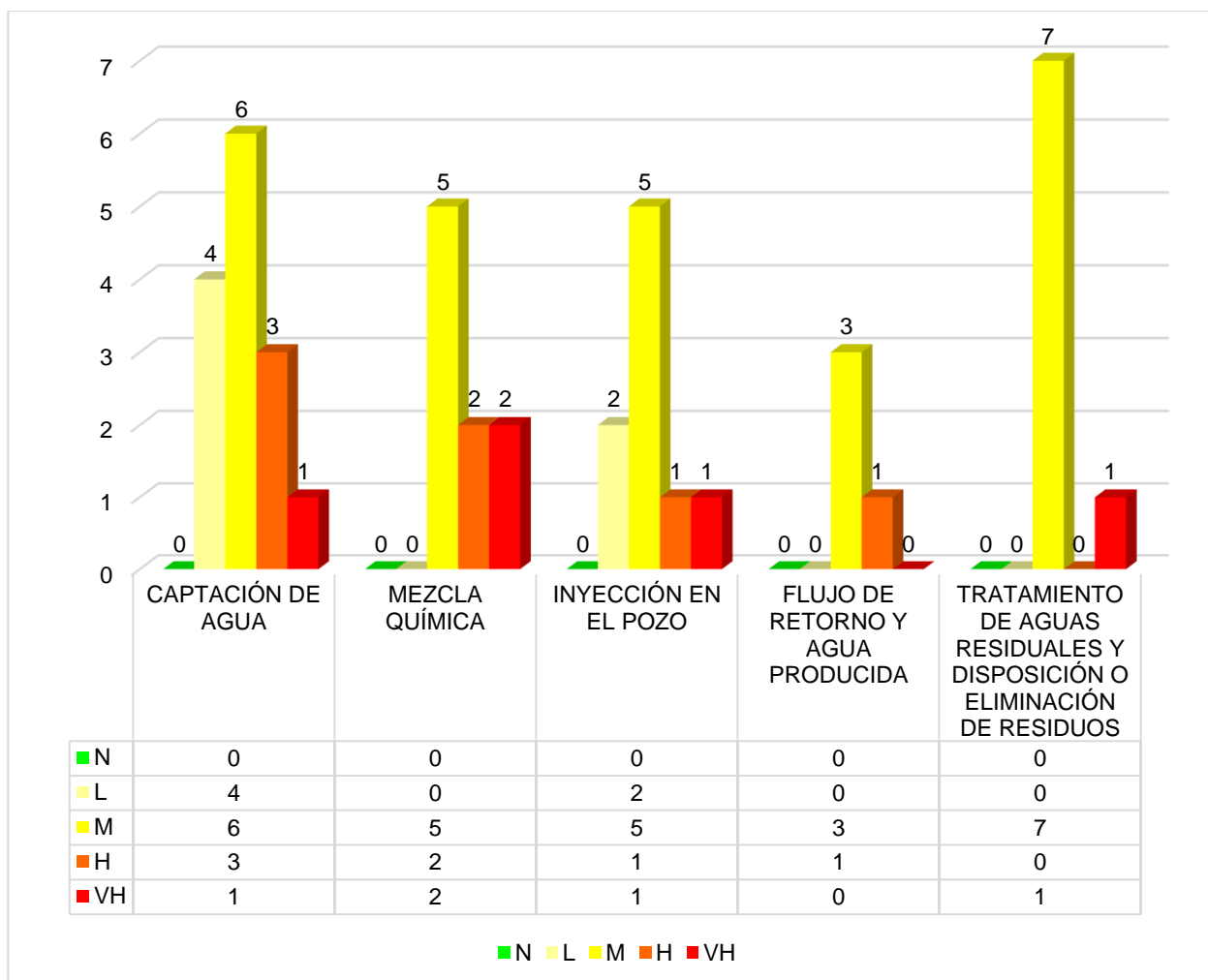
 		REGISTRO DE EVALUACION DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES			ACT: n	4 / 5
					DD/MM/AA	
ACTIVIDAD	Aspectos	Impactos	Evaluación Ambiental			SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO
			Cons Ram	Prob. Ram	Calif. Ram	
FLUJO DE RETORNO Y AGUA PRODUCIDA	Recolección de agua de retorno	Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por derrame de fluidos que afecta fauna y flora	3	C	H	SI
		Contaminación del aire de las piscinas expuestas que afecta fauna y flora	3	B	M	SI
		Afectación en la salud de los trabajadores manipuladores de los fluidos	2	C	M	SI
		Cambios en la composición del suelo	4	D	M	SI
		Cambios en la composición del agua subterránea por filtración	4	C	M	SI

Tabla 8 Registro de evaluación de aspectos e impactos en la etapa de tratamiento de aguas residuales y disposición o eliminación de residuos.

 		REGISTRO DE EVALUACION DE LOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES			ACT: n	5 / 5
					DD/MM/AA	
ACTIVIDAD	Aspectos	Impactos	Evaluación Ambiental			SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO
			Cons Ram	Prob. Ram	Calif. Ram	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y DISPOSICIÓN O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS	Disposición a cuerpos de agua en superficie	Contaminación del agua por incorrecto tratamiento del fluido	4	D	VH	SI
		Afectación severa a la fauna, flora y paisaje, por sustancias químicas	3	B	M	SI
		Contaminación por filtración a aguas subterráneas	3	C	M	SI
	Reutilización	Cambios en la composición del suelo y agua subterránea por filtración	4	D	M	SI
		Afectación severa a la fauna, flora y paisaje	3	B	M	SI
	Inyección subterránea del fluido	Afectación a acuíferos de agua potable	3	C	M	SI
		Cambios en la composición del suelo	4	D	M	SI
		Cambios en la composición del agua subterránea	4	C	M	SI

Una vez clasificados y evaluados los impactos ambientales se procede a realizar el diagrama de distribución de impactos para cada una de las cinco etapas de valoración según el tipo de riesgo. En la figura 8 se presentan dichas distribuciones.

Figura 7 Diagrama de distribución de impactos según el tipo de riesgo en cada etapa de implementación de fracturamiento hidráulico.



Porcentualización de riesgos:

Ninguno: 0%; Bajo: 13,64%; Medio: 59,09%; Alto: 15,91%; Muy alto: 11,36%.

En la figura anterior se evidencia que el mayor porcentaje de riesgos se han clasificado como MEDIO, donde se analiza que los sistemas de control establecidos no son suficientes, para lo cual se deben tomar medidas que controlen estos riesgos.

Una vez evaluados los aspectos/impactos ambientales producto de las operaciones del fracturamiento hidráulico se requiere implementar un Sistema de gestión ambiental (SGA), donde se definan objetivos y metas ambientales, que sirvan de vía para lograr la reducción de estos impactos, logrando el mejoramiento continuo del desempeño ambiental.

3.3 SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

El sistema de Gestión Ambiental comprende la estructura organizacional, al igual que responsabilidades, prácticas y procedimientos, y los recursos necesarios para implementar la gestión ambiental. Este sistema se circunscribe a la serie NTC- ISO 14001:2004 – 14004:2004. ³

La norma ISO 14000:2004 forma parte de una familia de normas que refieren a la gestión ambiental aplicada a la empresa, cuyo objetivo consiste en la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protejan el medio ambiente, aumentando la calidad del producto y como consecuencia la competitividad del mismo ante la demanda de productos cuyos componentes y procesos de elaboración sean realizados en un contexto donde se respete al ambiente.⁴

Esta serie de normas, como un todo busca la estandarización de algunas herramientas de análisis clave, tales como la auditoria ambiental y el avalúo del ciclo de vida. La norma base o núcleo de esta familia de normas, es la NTC-ISO 14001:2004, la cual entrega los requisitos que debe tener un sistema de gestión ambiental (SGA) y además es la única norma certificable dentro de la serie de

³ Guía para la implementación de un sistema de gestión ambiental de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma ISO 14001 para empresas del sector de hidrocarburos. Especialización en Ingeniería Ambiental. UIS 2001. GALLO A., Adriana María y ROSAS E., Ana Isbelia.

⁴ Determinación de aspectos e impactos ambientales generados por la explotación actual del Campo Escuela Colorado. UIS 2007. Vecino, Henry. Villadiego, Hernando.

normas ISO 14000.

Un sistema de gestión ambiental eficaz puede ayudar a una organización a evitar, reducir o controlar los impactos ambientales adversos de sus actividades, productos y servicios, asegura un mejor cumplimiento de los Requisitos Legales Aplicables y otros requisitos que la organización suscriba, y ayuda a la mejora continua del desempeño ambiental, a igual que puede obtener beneficios económicos con la implementación de un SGA. Una organización cuyo sistema de gestión incorpore un SGA posee un marco de referencia para equilibrar e integrar intereses económicos y ambientales.

La conformidad con la NTC-ISO 14001:2004 puede ser, por si misma, un indicador de buena fe y compromiso con la protección del medio ambiente. El poner en práctica técnicas de control ambiental de manera sistemática proporciona la oportunidad para una mejoría ambiental y consistencia para cumplir las responsabilidades ambientales.

Entre las principales razones para implementar NTC-ISO 14001:2004, se tienen:

- Estándar internacionalmente reconocido y aceptado.
- Existe experiencia internacional en su implementación.
- Existencia de organizaciones auditoras y certificadoras de aceptación internacional.
- Flexibilidad de adaptación a la realidad de la empresa y su gestión general.
- Mecanismo eficaz para lograr el cumplimiento de los compromisos legales.
- Consistente con la política de Desarrollo Sustentable

Los elementos que se deben implementar para calificar ISO 14000 son:

- Política ambiental
- Planeación
- Aspectos ambientales

- Aspectos legales y administrativos
- Objetivos y propósitos
- Organización de los programas de manejo ambiental
- Implementación y operación
- Estructura y responsabilidad
- Entrenamiento, conocimiento y competencia
- Comunicación
- Documentación del sistema de gerenciamiento ambiental
- Documentos y operaciones de control
- Preparación para la contingencia y respuesta
- Acciones de control y correctivas
- Monitoreo y mediciones
- Revisión continua de las acciones correctivas y preventivas
- Registros
- Sistema de auditoria de gerenciamiento ambiental
- Examen del gerenciamiento

La implementación de un sistema de gestión ambiental involucra la ejecución de una serie de etapas, las cuales se inician con el compromiso de la dirección (aquí es importante aclarar que el éxito de de la implementación y el mantenimiento de un SGA depende del compromiso de todos los niveles de la organización, especialmente de la alta dirección); estas etapas son: la planificación, la implementación, la verificación y monitoreo y la revisión, siempre en la búsqueda del mejoramiento continuo. Cada una de estas etapas está descrita dentro de los requisitos de la norma NTC-ISO 14001:2004.

De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que los SGA al igual que los sistemas de aseguramiento de la calidad se basan en la ejecución del ciclo de *Deming* cuyas siglas en ingles son PDCA y en español PHVA, dado que es un modelo de gestión “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar”:

- Planificar (Plan)
- Hacer (Do)
- Verificar (Check)
- Revisar y Actuar (Act)

El significado de los pasos de este proceso continuo aplicado a un SGA es:

a) Planificar: Establecer un proceso de planificación continuo que permite a la organización:

- ✓ Identificar los aspectos ambientales y los impactos ambientales asociados.
- ✓ Identificar y hacer seguimiento de los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y establecer criterios internos de desempeño cuando sea apropiado.
- ✓ Establecer objetivos y metas y formular programas ambientales para lograrlos.
- ✓ Desarrollar y usar indicadores de desempeño.

b) Hacer: Implementar y operar el sistema de gestión ambiental.

- ✓ Crear estructuras de gestión, asignar funciones y responsabilidades con suficiente autoridad.
- ✓ Suministrar recursos adecuados.
- ✓ Formar el personal y asegurarse de su toma de conciencia y competencia.
- ✓ Establecer procesos para comunicación interna y externa.
- ✓ Desarrollar y mantener la documentación.
- ✓ Establecer e implementar controles a los documentos.
- ✓ Establecer y mantener controles operacionales.
- ✓ Asegurarse de la preparación y capacidad de respuesta ante emergencias.

c) Verificar: Evaluar los procesos del sistema de gestión ambiental.

- ✓ Realizar un seguimiento y medición continua.
- ✓ Evaluar el estado de cumplimiento.
- ✓ Identificar las no conformidades y tomar acciones correctivas y preventivas.
- ✓ Verificar registros.
- ✓ Realizar periódicamente auditorias internas.

d) Actuar: Revisar y emprender acciones para mejorar el sistema de gestión ambiental.

- ✓ Realizar revisiones por la dirección del sistema de gestión ambiental a intervalos apropiados.
- ✓ Identificar áreas de mejora.

El ciclo PHVA aplicado a un SGA es un proceso constante e iterativo que permite que una organización desarrolle e implemente su política ambiental con base en el liderazgo y el compromiso de la alta dirección con el SGA.

Este ciclo de mejoramiento continuo del desempeño ambiental a través de un sistema de gestión ambiental es posible de lograr cumpliendo las etapas que se enumeran a continuación:

Figura 8 Modelo del sistema de gestión ambiental.



FUENTE: NORMA NTC-ISO 14001:2004.

Etapa 1: Compromiso y política ambiental:

Definida por la alta gerencia, con compromiso por un mejoramiento continuo y prevención de la contaminación, cumplimiento de la reglamentación ambiental aplicable, debidamente documentada y comunicada a los empleados y que se encuentre a disposición del público.

Etapa 2: Planificación de procedimientos para:

- Identificar los Aspectos Ambientales de sus actividades y determinar aquellos que tienen Impactos significativos sobre el medio ambiente.
- Identificar los Requisitos Legales y otros, que se apliquen a sus aspectos ambientales.
- Establecer Objetivos y Metas Ambientales en cada función y nivel de la organización.
- A través de estos últimos, generar programas de Gestión Ambiental.

Etapa 3: Implementación y Operación de:

Una Estructura que defina las funciones, responsabilidades y autoridades para llevar a cabo una gestión ambiental efectiva.

- Programas de Capacitación Ambiental para los miembros de la organización.
- Procedimientos de Comunicación interna y externa con respecto a sus aspectos ambientales y al SGA.
- Un sistema de Documentación y Control de documentos del SGA.
- Procedimientos de Control de operaciones y de Preparación y respuesta ante situaciones de emergencia.

Etapa 4: Verificación y acción correctiva del SGA, considerando:

- Procedimientos para el Monitoreo y Medición regular de las características ambientales claves de sus actividades y el cumplimiento de la legislación ambiental.
- Procedimientos para manejar una No conformidad y las Acciones Correctivas y Preventivas a tomar.
- Control de Registros ambientales.

- Programas y procedimientos de Auditoria del SGA, como principal herramienta de control.

Etapa 5: Revisión y Mejora de la Gerencia:

La alta gerencia de la organización debe revisar en forma periódica la efectividad del SGA, considerando la necesidad de cambios a la política, objetivos y otros elementos, de acuerdo a los resultados de las auditorias, de los cambios de circunstancia y del compromiso por el mejoramiento continuo. Los requisitos anteriores conforman el ciclo de gestión mostrado en la Fig 9.

3.3.1 Establecimiento de objetivos y metas ambientales: Tal y como se define en la norma NTC-ISO 14001:2004 objetivo ambiental es un fin ambiental de carácter general coherente con la política ambiental que una organización se establece y meta ambiental es un requisito de desempeño detallado aplicable a la organización o a partes de ella, que tiene su origen en los objetivos ambientales y que es necesaria establecer y cumplir para alcanzar dichos objetivos.

Para que tengan la efectividad deseada, los objetivos deben ser claros y realistas y las metas cuantificables. Es muy importante que exista concordancia entre los objetivos, las metas y los compromisos establecidos en la política ambiental.

La gerencia es la que determina cuales son los objetivos y metas apropiadas para la empresa, sin embargo en este paso se deberán considerar los siguientes elementos:

- Opinión del personal de cada unidad involucrada de la empresa.
- Requerimientos legales y normativas ambientales aplicables a la

empresa, por ejemplo una empresa que no cumple con una condición establecida en su licencia ambiental puede establecer objetivos y metas asociados al cumplimiento de dicha condición.

- Los cambios en la reglamentación que aplican a las operaciones pueden ser objeto de establecimiento de lo objetivos de un SGA.
- Los aspectos de las actividades que produzcan impactos significativos relacionados con el medio ambiente.
- Alternativas tecnológicas económicamente viables, de solución a los problemas e impactos ambientales involucrados.
- Restricciones financieras, operacionales y comerciales. Un objetivo del SGA jamás deberá comprometer la factibilidad del negocio (realizar análisis técnico-económico para definir la factibilidad de establecer objetivos y metas).
- Opiniones e ideas de todas partes involucradas.
- Frecuencia de no-conformidades, la ocurrencia sistemática de las no-conformidades se deben tener en cuenta al establecer objetivos y metas.
- Planificación estratégica; la definición de objetivos y metas debe ser coherente con la planificación estratégica de la organización.
- Comunicaciones de resultados ambientales.

De acuerdo con los requisitos de la norma, la organización debe establecer y mantener documentados los objetivos y metas en cada función de la organización.

Ser flexible en los objetivos facilita el proceso, es decir que la gerencia puede definir los resultados deseados, dejando que los responsables determinen como lograrlos.

Se recomienda comenzar con objetivos iniciales simples, para luego a medida que estos se logren, aventurarse con mayores compromisos. Luego de la aprobación de los objetivos ambientales determinados, la gerencia debe establecer metas

específicas y plazos definidos para su cumplimiento.

A partir de cada objetivo se deben definir una o más metas; estas deben ser respaldadas por uno o más programas o planes de acción (ver ejemplo Tabla 9).

Además de entregar un enfoque claro de la política ambiental, este sistema de objetivos será usado para evaluar el desempeño ambiental de la empresa en el tiempo.

Mientras los objetivos son compromisos a largo plazo, las metas son etapas de corto plazo a lo largo del camino que conlleva a lograr los objetivos. Estas deben ser específicas y medibles, siempre que sea posible y deben tener un cronograma específico que permita evaluarlas periódicamente.

Tabla 9 Ejemplo de establecimiento de objetivos, metas y programas.

OBJETIVO	META	PROGRAMA
Reducir continuamente la generación de residuos sólidos.	Reducir en 30% la generación de residuos sólidos, a partir de Marzo de 2008.	Diseñar e implementar un programa para el manejo Integral de residuos generados en las operaciones del campo.

3.3.2 Programa de gestión ambiental: Para que los proyectos de FH (y cualquiera en general), pueda alcanzar sus objetivos y metas ambientales, se debe crear un plan de acción: un programa de gestión ambiental. Este programa debe escribir la forma como las empresas a cargo de estos proyectos traducirán las metas a acciones concretas, que apunten al logro de los objetivos ambientales.

El programa de gestión ambiental:

- Detalla que será necesario realizar; por quien (es), cómo y cuando, para cada

meta de cada objetivo ambiental, para así lograr el cumplimiento de los compromisos detallados en la política y lograr un manejo sustentable de los recursos.

- Designa los responsables del logro de los objetivos y metas ambientales en cada función y nivel dentro de la organización.
- Determina plazos para alcanzar los objetivos y metas ambientales.

Los pasos de este programa son:

- Definir las acciones que se requieren para cumplir cada meta ambiental de cada objetivo ambiental.
- Asignar responsables del logro de cada meta.
- La gerencia o el representante de ella debe brindar las facilidades y recursos que se necesitan para el logro de cada meta ambiental
- Definir plazos para el cumplimiento de cada meta.

Es importante que el programa de gestión ambiental sea dinámico y efectivo, para lo cual debe:

- a. Integrarse al plan estratégico u otros planes de gestión de la organización lo cual facilita el funcionamiento del programa, al compartir responsabilidades.
- b. Ser revisado periódicamente, para ver si necesitan cambios en los objetivos y metas. Ante cualquier modificación en las actividades se debe considerar un cambio en el programa de gestión ambiental, para así asegurar la aplicación a todos los proyectos y actividades de los mismos. Lo mismo debe ocurrir a medida que las metas se van cumpliendo en el tiempo.

- c. Involucrar al personal desde el comienzo del programa.
- d. Comunicar de manera clara y directa a quienes requieren saberlo, que se espera de cada área funcional del C.E.C, y cuales son los responsables.
- e. Ser simple. Es posible organizar el programa a través de una matriz que integre las acciones a seguir, según su prioridad, medios requeridos, responsables y plazos para cada meta de cada objetivo ambiental.

El programa de gestión ambiental debe incluir un cronograma general en función de los plazos suscritos para cada acción a realizar.

Siempre que sea posible los planes de acción deberán utilizar indicadores de desempeño ambiental, como por ejemplo:

- Volumen o peso de residuos reciclados / Volumen o peso de residuos generados.
- Cantidad de horas de entrenamiento / cantidad de horas programadas.
- Numero de incumplimientos de la legislación o % de cumplimiento de la legislación.

Para desarrollar los indicadores de desempeño ambiental IDA (la norma NTC-ISO 14001:2004 lo define como una expresión específica que proporciona información sobre el desempeño ambiental de una organización) se recomienda hacer uso de la Norma NTC-ISO 14031 "Evaluación del desempeño ambiental", debido a que es una herramienta muy útil para definir y usar los indicadores de desempeño ambiental y comparar el comportamiento de una empresa en el pasado y en el presente, señalar sus objetivos, metas y otros niveles de desempeño ambiental.

A continuación se establecen objetivos, metas e indicadores de desempeño

ambiental y se proponen posibles programas de gestión ambiental para los aspectos/impactos ambientales significativos generados de las principales actividades en la implementación de proyectos de fracturamiento hidráulico.

Tabla 10 Objetivos, metas y programas propuestos aplicables a las etapas de implementación de fracturamiento hidráulico.

IMPACTOS	OBJETIVOS	METAS	INDICADOR	PROGRAMAS
Contaminación de suelo y agua	-Prevenir el deterioro del agua, suelo y sus recursos, reduciendo el espacio ocupado por las actividades -Mitigar los efectos causados por la instalación de infraestructura de apoyo	Recuperar el un 30% del agua captada para posterior reincorporación	(m3 de agua captados/ m3 de agua autorizados)mes	- Programa de tratamiento de aguas residuales y uno de macromedidores para contabilizar el agua usada y el agua tratada RESPONSABLE: HSEQ
Ruidos temporales por el movimiento de equipos y maquinas que afectan fauna y flora	Disminuir los niveles de ruido producidos a lo largo de la realización del proyecto	-Determinar períodos de revisión y mantenimiento de los equipos -Dotar a la maquinaria de dispositivos para la disminución de ruido con anterioridad	Mediciones Ambientales para el ruido -Nivel de ruido actual/nivel de ruido en periodo anterior	- Monitoreo y evaluación de la contaminación atmosférica y auditiva que genera la movilización de la maquinaria y los vehículos que ingresan y transitan en el campo. RESPONSABLE: HSEQ.
Afectación temporal de la fauna y flora	Conservar la flora y fauna mediante la preservación de hábitat de la especies del área del proyecto	Garantizar la conservación y el manejo adecuado de la diversidad de Flora y Fauna presente en el área del proyecto	Área afectada/área total del proyecto	Programa de reforestación de fauna y flora RESPONSABLE: HSEQ
Afectación temporal y permanente en el paisaje rural y urbano	Reforestar las zonas afectadas por el despeje alrededor de la cabeza de pozo	Restaurar con vegetación nativa el 100% de las áreas despejadas una vez instalado el Sistema de producción	Área reforestada/ área total despejada	-Realizar jornadas de reforestación en las zonas intervenidas . -Fabricación de barreras naturales para controlar el derrame de crudo en la zona afectada. RESPONSABLE: Supervisor de producción y HSEQ
Aumento de partículas y combustión que afecta el aire, fauna y flora	Controlar las emisiones de gases generadas por los vehículos utilizados en el transporte de materiales.	Reducir hasta un 30% las emisiones Atmosféricas	Contaminación atmosférica actual/ contaminación atmosférica en periodo anterior.	-Debe utilizarse una medida indirecta, como la concentración de partículas en el aire, por ejemplo -Humedecimiento de vías destapadas en la obra, cuando sea necesario -Cumplimiento de las normas sobre emisiones. RESPONSABLE: HSEQ
Cambios en la composición del suelo	-Reducir los derrames y escapes de sustancias químicas en unidades de bombeo y líneas de flujo -Reducir la generación de suelos contaminados con químicos	Reducir hasta en un 80% los derrames de fluido contaminado o sustancias químicas	Área tratada afectada/ área contaminada	-Implementación de programas eficaces de mantenimiento preventivo -Aplicación de procedimientos normalizados (ambientalmente) de operación y mantenimiento RESPONSABLE: HSEQ

IMPACTOS	OBJETIVOS	METAS	INDICADOR	PROGRAMAS
Cambios sobre usos del suelo	-Reducir los derrames y escapes de sustancias químicas en unidades de bombeo y líneas de flujo -Reducir la generación de suelos contaminados con químicos	Reducir hasta en un 80% los derrames de fluido contaminado o sustancias químicas	Área tratada afectada/ área contaminada	-Implementación de programas eficaces de mantenimiento preventivo -Aplicación de procedimientos normalizados (ambientalmente) de operación y mantenimiento RESPONSABLE: HSEQ
Afectación al medio socioeconómico	Garantizar la participación y comunicación de las comunidades en las decisiones del Proyecto	Informar y capacitar a las personas de la comunidad acerca del cuidado de los recursos naturales	No de personas informadas/ No total de personas en la comunidad	-Acercamiento, información y comunicación sobre la actividad y sus implicaciones ambientales en el área del Proyecto - Concientizar al personal del campo en la preservación de especies que habitan las zonas de trabajo. RESPONSABLE: HSEQ
Afectación de la flora y fauna por deforestación	Compensar mediante procesos de reforestación con especies nativas de la zona de ejecución del proyecto	Cumplir con la legislación vigente de reforestación y el manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad	Cumplir con la legislación vigente de reforestación y el manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad	Programa de compensación para la reforestación del área con especies nativas de la zona RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por residuos humanos y derrames en superficie	-Implementar el plan de gestión integral de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos -Desarrollar Medidas de prevención y equipo anti derrames	Capacitar a todo el personal en como atender un derrame, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames	-Personal capacitado/ personal total -Equipos de derrames/ puntos posibles de accidente	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos RESPONSABLE: HSEQ
Generación gases de combustión que afecta el aire, fauna y flora	Implementación de programas eficaces de mantenimiento preventivo y correctivo para reducir la emisión de gases	Controlar las emisiones de gases generadas por los vehículos utilizados en el transporte de materiales.	Cantidad de fuentes emisoras controladas/ cantidad total de fuentes emisoras	Verificación periódica del ajuste de la relación aire/combustible, para mantenerla en el óptimo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación del suelo por derrame de aditivos	Desarrollar Medidas de prevención y equipo ante derrames	Capacitar al personal en como atender un derrame, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames	Personal capacitado/ personal total Equipos de derrames/ puntos posibles de accidente	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos RESPONSABLE: HSEQ
Afectación del personal operador por exposición a los aditivos	Implementar medidas de protección, SST y capacitación para manejo adecuado de aditivos	Todo el personal debe contar con los EPPs y estar capacitados en el manejo adecuado de aditivos	Personal con epp/ personal total	Programa de manejo de aditivos y seguridad en el trabajo RESPONSABLE: HSEQ

IMPACTOS	OBJETIVOS	METAS	INDICADOR	PROGRAMAS
Afectación de cuerpos de aguas superficiales por derrame de aditivos	Desarrollar Medidas de prevención y equipo ante derrames en el recurso hídrico	Capacitar a todo el personal en como atender un derrame en el recurso hídrico, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames en el recurso hídrico	Rendimiento hídrico	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos en el recurso hídrico RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por derrame de aditivos	Desarrollar Medidas de prevención y equipo ante derrames en el recurso hídrico	Capacitar a todo el personal en como atender un derrame en el recurso hídrico, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames en el recurso hídrico	Personal capacitado/ personal total Equipos de derrames/ puntos posibles de accidente	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos en el recurso hídrico RESPONSABLE: HSEQ
Filtración de fluidos inyectados a aguas subterráneas	Desarrollar plan de monitoreo y tratamiento de la calidad del tratamiento de los fluidos inyectados	Mejorar la calidad del tratamiento de los fluidos inyectados removimiento el 80% de la carga contaminante	BIs Reinyectados / BIs producidos durante el tiempo de análisis.	-Implementación de programas eficaces de mantenimiento preventivo. -Aplicación de procedimientos normalizados (ambientalmente) de operación y mantenimiento RESPONSABLE: Supervisor de producción y HSEQ
Afectación a acuíferos de agua potable	-Prevenir posible afectación de los acuíferos -Implementar limpieza final del acuífero clorando, pistoneado y cepillando el pozo en toda su longitud	-Monitorear el 100% de acuíferos que posiblemente puedan ser afectados -Limpiar un 100% del cuifero afectado por el fluido inyectado	Cant de acuíferos monitoreados/ total de acuíferos	-Plan de monitoreo de calidad del agua subterránea -Programa de limpieza de acuíferos afectados RESPONSABLE: HSEQ
Cambios en la composición del agua subterránea	Implementar procesos de tratamientos de los fluidos inyectados removimiento el 90% de la carga contaminante	Mejorar la calidad del tratamiento de los fluidos inyectados removimiento el 80% de la carga contaminante	Cantidad de carga contaminante removida/ cantidad de carga contaminante total	Diagnóstico de la situación y definición de la tecnología de descontaminación Desarrollo del proceso de descontaminación. Entrega del recurso recuperado. RESPONSABLE: HSEQ
Riesgos en producción de sismos	Desarrollar plan de monitoreo de inyección de fluidos en las formaciones correspondientes en el programa de perforación	Producir el mínimo de fracturas en zonas no desadas monitoreando cada zona inyectada	Formaciones inyectadas monitoreadas / total de formaciones inyectadas	-Limitarse a la inyección de fluido en zonas especificadas -Realizar el monitoreo de cada zona inyectada - Programa de prevención y capacitación para atender emergencias en casos de sismos. RESPONSABLE: Supervisor de producción y HSEQ

IMPACTOS	OBJETIVOS	METAS	INDICADOR	PROGRAMAS
Aumento de la inestabilidad de terrenos	Inspección del corredor para establecer radios de área de trabajo y reducir movimiento de tierras (Preferir áreas planas)	-Producir mínima afectación de la cobertura vegetal al desarrollar el proyecto -Desarrollo y mantenimiento obras de protección geotécnica	Has. deforestadas/No. de pozos perforados	- Realización de las actividades de desbroce y desbosque de acuerdo al Plan de Desbosque y revegetación. -Limitarse a la profundidad de los pozos de acuerdo a especificaciones técnicas de diseño. No realizar pozos en zonas inestables. RESPONSABLE: Supervisor de producción y HSEQ
Contaminación del suelo y cuerpos de agua aledaños por derrame de fluidos que afecta fauna y flora	Desarrollar Medidas de prevención y equipo ante derrames en el recurso hídrico *Reducir la generación de suelos contaminados y minimizar contaminación de aguas.	Capacitar a todo el personal en como atender un derrame en el recurso hídrico, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames en el recurso hídrico	-Personal capacitado/ personal total -Equipos de derrames/ puntos posibles de accidente	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos en el recurso hídrico RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación del aire de las piscinas expuestas que afecta fauna y flora	Reducir la cantidad de residuos líquidos que van a disposición final	Mejorar la calidad del tratamiento de los fluidos en superficie disminuyendo la carga contaminante	Indice de Calidad de las Aguas Residuales Industriales (ICARI)	-Descontaminación y tratamiento de los residuos del proceso. -Tapado y recuperación de la cobertura vegetal. -Estabilización del área, si se requiere. RESPONSABLE: HSEQ
Afectación en la salud de los trabajadores manipuladores de los fluidos	Implementar medidas de protección, seguridad en el trabajo y capacitación para manejo adecuado de aditivos	Todos el personal tendrá sus elementos de protección personal y estén capacitados en el manejo adecuado de aditivos	-Personal con epp/ personal total -Personal capacitado/ personal total	-Formalización de un programa de educación ambiental para el personal -Programa de manejo de aditivos y seguridad en el trabajo RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación del agua por incorrecto tratamiento del fluido	Evitar la contaminación del suelo mediante la prevención de derrames por fallas de equipos o imputables a procedimientos operacionales o de mantenimiento.	-Mantenimiento preventivo equipos y tuberías. -Capacitar a todo el personal en como atender un derrame, equipos antiderrames en todos los puntos posibles de generación de derrames	-Indice de Calidad de las Aguas Residuales Industriales (ICARI) -Personal capacitado/ personal total -Equipos de derrames/ puntos posibles de accidente	Programa de prevención y capacitación para atender emergencias de derrames de aditivos RESPONSABLE: HSEQ
Contaminación por filtración a aguas subterráneas	Desarrollar plan de monitoreo y tratamiento de la calidad del tratamiento de los fluidos inyectados	Mejorar la calidad del tratamiento de los fluidos inyectados removimiento el 80% de la carga contaminante	BIs Reinyectados / BIs producidos durante el tiempo de análisis.	-Implementación de programas eficaces de mantenimiento preventivo. -Aplicación de procedimientos normalizados (ambientalmente) de operación y mantenimiento RESPONSABLE: Supervisor de producción y HSEQ

Dentro de las Ventajas de contar con un SGA tenemos:

- Conformidad con las regulaciones.
- Conformidad con las exigencias de los consumidores.
- La compañía será más vendible (mejor imagen de Marketing).
- Mejor utilización de recursos.
- Reducción del costo de explotación.
- Niveles de seguridad superiores.
- Mejora la imagen ante la comunidad.
- Acceso creciente al capital (Ventajas Financieras).
- Limitación del riesgo.
- Mejor acceso a seguros, permisos y otras autorizaciones.

En cuanto a las desventajas de implementar un SGA se citan:

- A menos que la implementación del SGA sea cuidadosamente planificada, el sistema puede tornarse ineficaz en términos de costos y de burocracia.
- La necesidad de cambio y aceptación de nuevas prácticas de trabajo.
- A pesar que la certificación de una empresa conduzca a una expectativa de reducción de evaluaciones de segunda parte (organismos ambientales, clientes, entidades ambientales), esto no siempre ocurre en la práctica.

3.4 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA IMPLEMENTACION DE FRACTURAMIENTO HIDRAÚLICO

En el sector de hidrocarburos se presentan diversos impactos ambientales. Específicamente en el fracturamiento hidráulico los impactos van mucho más allá del agua, hay impactos en uso del suelo, de contaminación sonora, de tráfico, sobre los cuales debemos pensar ampliamente en la protección ambiental sin dejar de la lado la importancia en el aporte significativo que hace en el incremento de reservas de petróleo y gas a nivel mundial.

Las etapas de implementación del fracturamiento pueden no tener mayores complicaciones operacionales si se realizan de manera correcta, pero implican una serie de riesgos que, de no ser considerados apropiadamente, pueden convertirse en impactos adversos para el ambiente y las comunidades. Estos riesgos son:

- ✓ Emisión involuntaria de hidrocarburos al ambiente (atmósfera y acuíferos dulces),
- ✓ Contaminación del agua dulce con aguas usadas en el fracturamiento,
- ✓ Afectación de fuentes superficiales debido a la captación para uso en proyectos de este tipo,
- ✓ Sismicidad inducida,
- ✓ Emisiones de gases de efecto invernadero,
- ✓ Riego químico, y
- ✓ Otros impactos.

Estos riesgos son reales y severos, pero en su mayoría no son ajenos a la práctica convencional petrolera y pueden ser manejados apropiadamente a fin de evitar consecuencias indeseables.

3.4.1 Emisión involuntaria de hidrocarburos al ambiente: Es cierto que en yacimientos muy someros las fracturas generadas durante el proceso se pueden propagar hasta la superficie o hasta fallas naturales aledañas al pozo, y por esa vía los hidrocarburos, principalmente el gas natural, puedan llegar a los acuíferos superficiales e inclusive la atmósfera.

En este caso se debe aclarar que el avance en la tecnología del fracturamiento hidráulico permite predecir con gran exactitud la dimensión de las fracturas que se producirán, esto, acompañado de un adecuado conocimiento de la geología regional y de las prácticas adecuadas para el completamiento de pozos, hace posible evitar la materialización de este riesgo.

3.4.2 Contaminación del agua dulce: El manejo que se dé a la técnica en superficie y posterior reinyección de las aguas que son usadas en el fracturamiento y extraídas simultáneamente con los hidrocarburos, es un asunto que también despierta preocupación. En muchos casos, dichos fluidos son inyectados a otros estratos en el subsuelo, para con esto aumentar su presión. Con esto pueden llegar a interconectarse con acuíferos superficiales, lo que produce la contaminación del agua dulce.

La producción de hidrocarburos a nivel mundial está históricamente asociada con la producción de agua. Esta agua se halla atrapada con el petróleo y el gas de forma natural y pertenece a un sistema totalmente aislado del sistema hídrico superficial que soporta el sistema biótico terrestre.

El manejo de esta agua en superficie y su posterior reinyección se han hecho durante décadas y, aunque existan casos de malas prácticas que pueden causar contaminación, en el presente este proceso puede ser desarrollado

con total seguridad.⁵

Particularmente, Colombia presenta condiciones donde la producción es de hasta nueve veces más cantidad de agua que de petróleo en un mismo yacimiento en cuencas como la de los Llanos orientales. Esta agua en ocasiones, se reinyecta al subsuelo y, en otras, se vierte en la superficie, pero cumpliendo las regulaciones vigentes en el país, que es coherente con los estándares internacionales para el manejo de efluentes líquidos.

3.4.3 Afectación de fuentes superficiales: En el desarrollo de proyectos como la perforación, se requieren ciertos volúmenes de agua fresca, principalmente para consumo y aprovechamiento humano, tanto como para la operación en sí.

Las fuentes de captación de agua con destino a las actividades del fracturamiento hidráulico, son considerablemente mayores, están previstas en la regulación existente en Colombia, orientada a evitar que se produzca un desbalance en los sistemas hídricos superficiales.

Respecto a la contaminación en superficie, las principales amenazas en estos procesos implican:

-Derrames, desbordes o filtraciones debidas a: capacidad de almacenaje limitada / errores humanos / ingreso de agua de lluvia o inundaciones / construcción defectuosa de los pozos.

-Derrame de los fluidos de fractura concentrados durante su transporte y mezcla con agua, causa de: fallas en las tuberías / errores humanos.

⁵ El fracking: riesgos y ventajas reales. Alejandro Ospina Angarita (2014). Obtenido de: www.razonpublica.com

-Derrame de fluidos de fractura una vez concluida la misma, durante el transporte para su almacenamiento, debido a: falla en las cañerías / capacidad de almacenaje insuficiente / errores humanos.

-Pérdida de fluido ya almacenado, debido a: ruptura de los tanques /sobrecarga debido a errores humanos o a una limitada capacidad de almacenamiento / ingreso de agua por tormentas o inundaciones / construcción inapropiada de los recubrimientos.

-Derrame de fluidos que regresan a la superficie durante el transporte desde su lugar de almacenamiento hasta camiones cisterna para su transporte, debido a: fallas en la cañería / errores humanos.

Una gran ventaja y para nuestra tranquilidad, la tecnología que permite el reciclaje del agua utilizada en estos procesos es cada vez más eficiente y por tanto la demanda de agua será menor en el transcurso del tiempo.

3.4.4 Sismicidad inducida: También existe el temor de posibles repercusiones negativas como producto de la sismicidad inducida o del aumento de la actividad sísmica de una región en particular. Al respecto es importante aclarar que así como existe una buena cantidad de estudios que muestran una relación entre el fracturamiento hidráulico y este fenómeno, otros tantos descartan un vínculo entre ellos.

Cierto es que el sistema rocoso de la geosfera del planeta es un sistema dinámico, lo que es evidente tanto en la actividad de las placas tectónicas como en sistemas regionales fallados y fracturados que aún presentan condiciones que podrían considerarse relativamente inestables.⁶

⁶ El fracking: riesgos y ventajas reales. Alejandro Ospina Angarita (2014). Obtenido de: www.razonpublica.com

En estos últimos casos existen procesos naturales que alcanzan a inducir mayor frecuencia o intensidad en la actividad sísmica. Sin embargo, los casos más típicos que han sido asociados con el fracturamiento hidráulico se presentan en YNC, donde la presión para fracturar la roca es mucho mayor, y aún en estos no han representado situaciones que pongan en riesgo la vida humana o el equilibrio ambiental.

3.4.5 Emisiones de gases de efecto invernadero (metano y co2): La extracción de gas natural no convencional se ha presentado a nivel mundial como una solución para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Según este planteamiento, la reducción ocurre gracias a que la combustión de gas natural emite menor cantidad de CO₂ para la producción de energía.

Sin embargo, un informe del pasado abril de la Universidad de Cornell (Ithaca, EEUU), denuncia que la explotación del gas de pizarra puede emitir incluso más gases de efecto invernadero que la del carbón. El gas natural está compuesto principalmente de metano, y según este informe entre un 3,6 y un 7,9% del metano de la producción de gas de pizarra se escapa a la atmósfera durante la vida útil de un pozo.

El metano es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento 21 veces mayor que el CO₂. Según el citado informe, comparado con el carbón, la huella de carbono del gas de pizarra es como mínimo un 20% mayor. Está claro que las fugas de emisiones de metano tienen un impacto muy importante en el balance total de emisiones de gases de efecto invernadero.⁷

⁷ Robert W. Howarth, Renee Santero, Anthony Ingraffea (2011). "Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations". Springer.

3.4.6 Riesgo químico: Uno de los principales riesgos que conlleva la extracción de hidrocarburos mediante fractura hidráulica es el uso de sustancias químicas tóxicas y peligrosas. Obtener información sobre las sustancias químicas utilizadas es muy complicado.

En Estados Unidos, el país con más experiencia en esta técnica, la información sobre las sustancias está protegida debido a intereses comerciales. Se sabe que hay al menos 600 sustancias químicas presentes y que algunas de ellas son reconocidas como cancerígenas, mutágenas, y rupuras endocrinas (alteradoras del sistema hormonal). Por ejemplo se utiliza, benceno, tolueno, etilbenceno o xileno, sustancias identificadas como muy peligrosas para la salud y el medio ambiente con los efectos anteriormente enumerados. Durante años diferentes organizaciones en EEUU han exigido la divulgación completa de las mezclas y sustancias químicas que se emplean en la perforación y fracturación hidráulica, ya que su no identificación es uno de los principales problemas para realizar la evaluación de riesgos de esta técnica e incluso para aplicar tratamientos médicos en caso de accidentes.

Por parte del Gobierno Colombiano, se dio anuncio que las empresas que utilicen el fracking estarán “legalmente obligadas a revelar los químicos que ponen en el agua”.⁸ Ya que el país cuenta con el reglamento que expidió el Ministerio de Minas y Energía, en el cual se establecen los requerimientos técnicos y procedimientos para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

3.4.7 Otros impactos locales:

- Según la experiencia en Estados Unidos un campo medio de pozos multietapa ocupan entre 16 y 20 hectáreas durante la perforación y la

⁸ Llega el fracking al Huila. (2014). La nación. Obtenido de www.lanacion.com

fractura. Después, durante la extracción, se utilizan entre 4 y 12 hectáreas. La ocupación de territorio puede ser un problema importante en el caso de yacimientos situados en las proximidades de núcleos poblados o en zonas donde pueda afectar a otras actividades productivas o incluso al paisaje, especialmente en áreas turísticas.

- La actividad que produce mayor impacto acústico es la perforación de pozos ya que requiere 24 horas al día. El operador de Reino Unido “*Composite Energy*” estima que es necesario 60 días de perforación durante 24 horas en cada pozo. Un campo completo requerirá entre 8 y 12 meses de perforación día y noche. Se produce en menor medida ruido en actividades de superficie durante unos 500-1.500 días por pozo.
- Para el transporte del gas, se tiene que al bajo ritmo de extracción, los gaseoductos no suelen ser rentables sino que el gas se va almacenando y se transporta en camiones. Puede ser necesaria la construcción de más carreteras y las ya existentes ven incrementado de forma importante el volumen de tráfico, con las molestias, ruidos e impactos ambientales que ocasionan.

4. SITUACIÓN DEL FRACTURAMIENTO HIDRÁULICO EN OTROS PAÍSES

Las expectativas e inversión en proyectos de fracturamiento hidráulico son cada vez más grandes. Algunos países tienen grandes expectativas en este método que promete multiplicar las reservas de gas natural y reducir la dependencia energética.

De acuerdo con la agencia U.S Energy Information Administration (EIA), el consumo energético mundial aumentará un 56% entre el 2010 y el 2040, siendo los hidrocarburos fósiles la principal fuente con una participación cercana del 80%⁹.

El principal aumento en el consumo energético ocurrirá en los países en vías de desarrollo, en los que se pronostica mantener el crecimiento económico fuerte y a largo plazo. Además se destaca la proyección del aumento en la producción de petróleo de 87 hasta 115 millones de barriles por día en el 2040, principalmente para uso en los sectores de transporte e industria, así como el crecimiento en el consumo de gas natural, cuya producción adicional se deriva en el desarrollo de yacimientos no convencionales (tight gas, shale gas y metano asociado a mantos de carbón). Todo indica que los hidrocarburos continuarán siendo la principal fuente de energía en nuestro planeta.

En términos de oferta de hidrocarburos, el fenómeno más notable sigue siendo la revolución del gas y petróleo de esquisto estadounidense. En 2012, los EE.UU. registraron el mayor aumento de producción de petróleo y gas natural en el mundo.

Por su parte, dada su posición y las condiciones de deshielo que se registran como resultado del cambio climático, Rusia ha declarado su interés en explorar

⁹ Necesidades de Innovación y Tecnología para la industria de petróleo y gas en Colombia. Saavedra, Néstor. Jiménez, Favio. (2014). Revista de ingeniería. Obtenido de: <http://www.scielo.org.co>

hidrocarburos en el Ártico, que por su magnitud vienen cambiando el escenario geopolítico mundial y alimentando potenciales conflictos internacionales.¹⁰

De acuerdo con la Administración de Información de Energía de EE.UU (EIA, 2014), alrededor del 22% de las reservas mundiales de hidrocarburos están en el Ártico, unos 412.000 millones de barriles de petróleo equivalente, de los cuales el 78% serían de gas natural. Para el Servicio Geológico de EE.UU, la plataforma continental rusa del Ártico contiene más del 20% de los recursos mundiales no descubiertos de crudo y gas natural.

La Agencia de la Energía de Estados Unidos distingue dos grupos de países donde la extracción de gas de pizarra es más interesante¹¹. El primer grupo consiste en los países que tienen una alta dependencia de gas natural de importación, tienen como mínimo alguna infraestructura de producción de gas natural y en los que las estimaciones de recurso de gas natural son relevantes con respecto a su consumo de gas. El segundo grupo de países son aquellos en los que se estima que las reservas de gas de pizarra son muy grandes y en los que ya existe infraestructura para la producción y exportación de gas natural. Ejemplos del primer grupo serían Francia, Polonia, Turquía o Ucrania y del segundo grupo Canadá, México, China, Australia, Libia, Argelia o Brasil

Actualmente en Estados Unidos, el fracturamiento hidráulico goza de amplias exclusiones medioambientales: a la industria del petróleo y el gas, de las que forma parte el fracturamiento hidráulico, está exenta del cumplimiento de las principales leyes federales sobre medio ambiente desde la aprobación en 2005 de la "Energy Policy Act of 2005" impulsada por el presidente George W. Bush. Estas leyes federales abarcan importantes regulaciones como la protección del derecho a un

¹⁰ Andres, A. (2010). Rusia y la geo-estrategia del Ártico. Instituto Elcano.

¹¹ World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States (2011). U.S Energy Information Administration

aire y agua limpios, la prevención de sustancias tóxicas y la emisión de productos químicos en el medio ambiente.

Entre las leyes que el fracking no está obligado a cumplir se encuentran la "Clean Air Act" (ley por un aire limpio), "Clean Water Act" (ley por un agua limpia), "Safe Drinking Water Act" (ley por el derecho al agua potable), "National Environmental Policy Act" (ley de política medioambiental nacional) o la "Resource Conservation and Recovery Act" (ley por la recuperación y conservación de los recursos), entre otras.

Adicionalmente, otras exoneraciones a estas leyes permiten a las compañías de gas no publicar el contenido exacto de los fluidos utilizados en los procesos del fracturamiento hidráulico. Varios estados, entre ellos Colorado y Texas, han legislado a favor de que la información sobre la composición de los fluidos utilizados sea pública.¹²

En mayo de 2012, el estado de Vermont se convirtió en el primero en prohibir la fractura hidráulica en Estados Unidos, mientras que el estado de Nueva York, que al contrario que Vermont posee importantes reservas de gas de lutitas, le siguió al prohibir la práctica en diciembre de 2014.

Un informe del Parlamento Europeo recomienda su regulación y que se hagan públicos los componentes que se emplean en los pozos de perforación. En España, aunque el gobierno autonómico de Cantabria aprobó la Ley en la que se regula la prohibición de la técnica de fracturamiento hidráulico, el Senado nacional aprobó la Ley de garantía de suministro eléctrico, en la cual se incluyeron los procesos de fracturamiento hidráulico como alternativa para generar energía en Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla. A esta iniciativa se sumó la modificación de la Ley de

¹² More states ordering disclosure of fracking chemicals (2013). Maykuth, Andrew Philadelphia Inquirer.

Conservación de la Naturaleza del País Vasco, que permite la exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales.

En diciembre de 2012, en Gran Bretaña se derogó la moratoria de 18 meses que se había impuesto sobre esta tecnología y comenzó a impulsar su utilización, impulsando la inversión anunciando grandes exenciones fiscales para impulsar la estimulación hidráulica.

Argentina fue el impulsor en el desarrollo de proyectos de fracturamiento hidráulico en Latinoamérica, en la formación Vaca Muerta, ubicada en la provincia de Neuquén. Luego en Santa Cruz, en cercanías a Los Perales. Este país ocupa a nivel mundial el segundo puesto en recursos de gas no convencional y el cuarto en petróleo.

Actualmente el fracturamiento hidráulico ha sido prohibido en Francia, así como en algunos lugares de los Estados Unidos, como Búfalo (Estado de Nueva York) y Pittsburg (Pensilvania). Existen, además, moratorias en Canadá y Sudáfrica.

5. CONCLUSIONES

El fracturamiento hidráulico es una tecnología que permite maximizar la producción de hidrocarburos tanto de yacimientos convencionales como en los no convencionales. Es en los YNC que el desarrollo de ésta técnica involucra una serie de prácticas operativas que han generado diversas preocupaciones y consigo posibles impactos ambientales, los cuales son manejables aplicando la reglamentación establecida y contando con operadores competentes.

La identificación de los aspectos e impactos ambientales generados de los proyectos de fracturamiento hidráulico es un paso importante y un factor fundamental para la evaluación y posterior determinación de aquellos que tienen o puedan tener consecuencias significativas al ambiente, lo cual permite que estos que sean considerados como significativos constituyan la base y el punto crítico al momento de establecer objetivos, metas y posibles programas de gestión ambiental que permitan controlar o reducir de alguna forma efectos sobre el medio ambiente. Cabe resaltar que para estos impactos se deben considerar medidas tanto de prevención como de mitigación.

En países como Francia, Bélgica, EE.UU, Alemania, Inglaterra, España, entre otros, se ha prohibido su práctica o se han establecido moratorias, o leyes locales, debido a los efectos negativos que conlleva. Sin embargo existen zonas en las que han acudido a estudios que puedan llegar a dar resultados concluyentes sobre los efectos inmediatos y futuros de estas tecnologías de extracción para así aplicarla. Ante este panorama el gobierno de Colombia debería revisar con detalle la implementación de esta técnica.

Este documento permite a todos los interesados en el tema, entender de manera sencilla y precisa lo impactos potenciales de las actividades del fracturamiento

hidráulico. Las buenas prácticas ambientales en este momento son requisitos o exigencias que el país debe establecer a quienes decidan invertir en él; la mejor manera de solucionar la problemática ambiental causada por la industria petrolera en el país, es acudiendo a las buenas prácticas, a nuevas tecnologías, a sistemas más limpios, a planes de desarrollo organizados, a planes de manejo ambiental establecidos y con fundamentos, para que así los beneficiados seamos todos, el país con una mejor calidad del medio ambiente y la industria petrolera con ahorro de dinero y maximización de ganancias.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de un estudio detallado de los aspectos ambientales que genera el fracturamiento hidráulico tanto en yacimientos convencionales y en no convencionales, identificando los impactos en cada uno de estos.

La implementación de buenas y modernas prácticas, así como de tecnologías de punta para el desarrollo de los proyectos de exploración y producción, y la aplicación de las normas ambientales, deben ser los ejes principales de los países y empresas que desee explorar y explotar los recursos hidrocarburíferos, de una forma ambientalmente responsable.

Estimar de las variables de riesgo y elaborar el plan de manejo ambiental identificando los impactos ambientales más importantes para así desarrollar medidas de prevención, mitigación, corrección o compensación, dependiendo del impacto.

La dirección de la organización que este realizando estos proyectos debe establecer una política ambiental, al igual que un sistema de gestión ambiental (SGA) que permita cumplir con los requisitos legales aplicables y así garantizar la preservación del medio ambiente y la mejora del desempeño ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- COLOMBIA. CONSEJO SUPERIOR DE LA JUDICATURA: CONSTITUCIÓN POLITICA DE COLOMBIA. 1991.
- VECINO, Henry. VILLADIEGO, Hernando. Determinacion de aspectos e impactos ambientales generados por la explotacion actual del campo escuela colorado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierias fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería de Petróleos.
- OSPINA, Alejandro. El fracking: riesgos y ventajas reales. Septiembre, 2014.
- REIG, José. estudio de impacto ambiental concesión de aguas subterráneas para abastecimiento urbano de murla acuífero “el peñón”. Abril, 2013.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Evaluation of impacts to underground sources of drinking water by hydraulic fracturing of coalbed methane reservoirs. Marzo, 2004.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Guia ambiental para el desarrollo de campos petroleros. Septiembre, 1997.
- GALLO A., Adriana Maria y ROSAS E., Ana Isbelia. Guia para la implementacion de un sistema de gestion ambiental de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma iso 14001 para empresas del sector de hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander. Especialización en Ingeniería Ambiental.
- ECOPETROL S.A. Instructivo para uso de la matriz ram de valoracion de riesgos. Gerencia Regional Magdalena Medio. Marzo, 2008.
- HOWARTH, Robert. SANTERO, Renee. INGRAFFEA, Anthony. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. Abril, 2011.
- SAAVEDRA, Néstor. JIMÉNEZ, Favio. Necesidades de innovación y tecnología para la industria de petróleo y gas en colombia. Revista de ingeniería. Mayo, 2014.
- BOZA, Marianna. UMAÑA, Carlos. Nueva reglamentación para la expedición de licencias ambientales que son requeridas para exploración y explotación de

hidrocarburos. Boletín legal. 2015. P. 18-19.