

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

APLICACIÓN DE MATRICES PONDERADAS PARA LA PRIORIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR ACTIVIDADES DEL SECTOR PETROLERO.

AUTORES:

Angie Tatiana Ortega Ramirez, Paula Alejandra Perilla Rodriguez, Shalom Jireth Reyes López, Camilo Andrés Guerrero Martin, Emanuelle Dutra Valenter.

INSTITUIÇÃO:

Federal University of Pará. Salinópolis- Brazil. Fundación Universidad de América. Bogotá – Colombia.

APLICACIÓN DE MATRICES PONDERADAS PARA LA PRIORIZACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR ACTIVIDADES DEL SECTOR PETROLERO.

Resumen

Existen diversas estrategias ambientales empleadas en el sector petrolero para la mitigación de los efectos negativos ocasionados en el medio ambiente, como lo son los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA), planes de compensación, medición y control de huella de carbono y/o huella hídrica, valorización de residuos de actividades y procesos, economía circular, entre otras, cuya finalidad es mejorar los procesos industriales y minimizar el impacto ambiental pero además cumplir con las reformas y expectativas económicas de las diferentes empresas. De esta forma se busca un desarrollo sustentable que no comprometa las futuras generación y afecte la economía, por ende es importante validar cuál de todas las estrategias posibles es la más adecuada para las actividades del sector petrolero, ya sea exploración, explotación, producción o procesamiento de derivados, para lo cual se promueva el uso responsable de los recursos, el avance y mejora de tecnologías, seguridad de operación y producción e incluso el cumplimiento de las normativas de cada sector y cada país en relación a los estándares ambientales. La presente investigación permite el desarrollo de matrices de decisión con base en metodologías de ponderación que validen las posibles interacciones entre actividades específicas del sector petrolero como generación de emisiones de gases de efectos invernaderos, desechos sólidos, efluentes líquidos, residuos peligrosos y tóxicos, uso del recurso hídrico, afectaciones del suelo y paisaje, entre otros y la relación con estrategias de mitigación como las descritas previamente, con el fin de generar una herramienta de decisión en los planes de manejo ambiental de las actividades petroleras en diferentes países para la mitigación de impactos en los recursos agua, suelo y aire, principalmente. Los resultados están categorizados por nivel de pertinencia técnica en una escala optima (color verde), moderada (amarillo) y en riesgo (rojo) siendo esta ultima la asociada al recurso hídrico y suelo, que dará la herramienta semáforo para la selección de estrategias guía para los planes de acción acorde con el proceso realizado y la fase de la operación, este tipo de herramienta puede ser fácilmente ajustada a las necesidades de cada compañía y/o proceso de evaluación, teniendo en cuenta los parámetros guía de la evaluación realizada y el acompañamiento de expertos que manejen la herramienta. La matriz propuesta da como resultado sugerencias de actividades de mitigación, compensación y remediación.

Palavras-chave: Industria, Medioambiente, Riesgos, Optimización, Actividades.

Abstract

There are several environmental strategies used in the oil sector to mitigate the negative effects caused on the environment, such as Environmental Management Systems (EMS), compensation plans, measurement and control of carbon footprint and/or water footprint, valorization of waste from activities and processes, circular economy, among others, whose purpose is to improve industrial processes and minimize the environmental impact but also comply with the reforms and economic expectations of the different companies. In this way, a sustainable development that does not compromise future generations and affect the economy is sought, therefore it is important to validate which of all possible strategies is the most appropriate for the activities of the oil sector,

whether exploration, exploitation, production or processing of derivatives, for which the responsible use of resources, the advancement and improvement of technologies are promoted, The present research allows the development of decision matrices based on weighting methodologies that validate the possible interactions between specific activities in the oil sector, such as the generation of greenhouse gas emissions, solid wastes, liquid effluents, hazardous and toxic wastes, use of water resources, soil and landscape effects, among others, and the relationship with mitigation strategies such as those previously described, in order to generate a decision tool in the environmental management plans of oil activities in different countries for the mitigation of impacts on water, soil and air resources, mainly. The results are categorized by level of technical relevance in an optimal scale (green color), moderate (yellow) and at risk (red) being this last one the one associated to water and soil resources, which will give the traffic light tool for the selection of guide strategies for the action plans according to the process carried out and the phase of the operation, this type of tool can be easily adjusted to the needs of each company and/or evaluation process, taking into account the guide parameters of the evaluation carried out and the accompaniment of experts that handle the tool. The proposed matrix results in suggestions for mitigation, compensation and remediation activities.

Keywords: Industry, Environment, Risks, Optimization, Activities.

Introducción

La industria de petróleo y gas tiene un amplio campo de aplicaciones para la extracción y utilización de compuestos orgánicos; este proceso de utilización abarca grandes aspectos técnicos los cuales tienen procesos específicos y alguno de estos pueden generar riesgos ambientales que generan problemáticas complejas de reparar “Iannacone & Molina, (2021)”. Los principales procesos en la industria de petróleos para su manejo se dividen en 4 grandes ramas, la primera rama se le conoce como exploración, está tiene subactividades donde se realizan diferentes prácticas para determinar en qué lugar del subsuelo se encuentra el petróleo.

En esta práctica se requieren diferentes procesos donde se encuentra la generación de datos sísmicos y que brindan criterios numéricos y estratigráficos por medio de registros de pozo donde se localiza el petróleo y para ello se requiere una fuente sísmica de energía como dinamita, cañones de aire o vibroseis, que genere una señal que se transmite a través del medio elástico hacia la profundidad; después de un cierto intervalo, esta energía es reflejada por cualquier discontinuidad física o por estratos subyacentes, provocando el movimiento de un transductor electromecánico (detector) o piezoeléctrico “González, Echarte & Morán, (2022)”. Adicionalmente, hay subactividades que se complementan con los registros de pozo y sísmica como lo son la adecuación del terreno, pruebas de pozo, la muestra del tipo de formación y la creación de un pozo exploratorio donde estas subactividades se apoyan entre sí para tener un mejor espectro de conocimiento en la zona posible de extracción de petróleo. Un pozo exploratorio tiene como objetivo principal confirmar el modelo geológico de las estructuras determinadas previamente mediante los modelos geofísicos, encontrar petróleo y evaluar los potenciales de las formaciones objetivo “Puentes & sanabria (2020)”.

La segunda gran operación se le conoce como la perforación donde se encuentran subactividades como la perforación de un pozo productor que se apoya con una columna perforadora, fluidos de perforación que facilitan el proceso en la zona donde según exploración se encuentra petróleo, de igual manera se utilizan motores de fondo y para terminar el proceso de esta rama existe la terminación del pozo para su respectivo control en el área de producción. Los fluidos de perforación tienen como función principal remover los recortes de roca generados por el trépano. Son clasificados de acuerdo a sus componentes de base: agua (WBM, water based mud) o aceite (OBM, oil based mud). Entre los aditivos principales encontramos polímeros, densificantes, sales, tensioactivos y lubricantes “Gallardo, Erdmann & Abalos (2018)”.

Los motores de fondo son herramientas que son capaces de brindar potencia adicional a la sarta de perforación en condiciones desfavorables, además de dar la posibilidad de cambiar la trayectoria del pozo para llegar de una manera más precisa al objetivo propuesto por “Cendales & Sanchez (2021)”. Se puede evidenciar que entre las ramas propuestas en la industria se destacan en sentido de que se apoyan entre todas para generar la mayor optimización de los procesos para su mejor aprovechamiento.

La tercera etapa se conoce como de producción, este proceso se identifica por la fase durante la cual se busca extraer el hidrocarburo (petróleo y gas) desde un yacimiento hasta el pozo y de allí a la superficie; donde se separan, tratan, almacenan, miden y transportan para su posterior utilización, la producción forma parte de la cadena de actividades que realiza la industria petrolera “PDVSA (1975)”. Este proceso requiere de diferentes subactividades las cuales los sistemas de recobro que son El factor de recobro, que es el porcentaje del crudo original que se puede recuperar de un yacimiento, es una de las variables fundamentales. De este proceso contamos con tres tipos de recobro como lo es el recobro primario que son aquellas técnicas aplicadas a crudos livianos donde se presenta un desplazamiento debido a la energía natural del yacimiento.

Y por último está el recobro terciario también llamadas técnicas de recobro mejorado, abordan a todos aquellos crudos cuya gravedad API es menor a 10° (extrapesados), se emplean para aumentar el factor de recobro de un yacimiento que ya ha sido explotado mediante técnicas secundarias, generalmente estas técnicas se clasifican en: métodos térmicos, inyección de gases, métodos químicos y microbiológicos “Espinoza & Torres (2015)”. Como subactividades también se encuentra la implementación de ductos, fases de operación, planta de tratamientos y sistemas de levantamiento artificial el cual es un mecanismo externo a la formación productora encargado de levantar crudo desde la formación a una determinada tasa, cuando la energía del pozo es insuficiente para producirlo por sí mismo o cuando la tasa es inferior a la deseada “Delgado, et al. (2020)”.

A la última sección de análisis se le conoce como desmantelamiento y facilidades. Las facilidades de producción constituyen una parte importante dentro del proceso de producción de petróleo, entre estas se encuentran las líneas de transporte y los equipos para el proceso de tratamiento de crudo hasta que alcance las propiedades óptimas para su comercialización. El presente estudio analiza las condiciones actuales de los equipos y las líneas de transporte en el campo, desde las plataformas de producción

hasta la estación ZPF. Se determina el estado operativo y la necesidad o no, del cambio o mantenimiento de los mismos “Calvache, et al. (2019)”.

Estas ramas con subactividades construyen a un amplio espectro de generación a problemáticas ambientales, el riesgo se define como la posibilidad de que suceda algo que tendrá un impacto y es medido en términos de consecuencias y su posibilidad de ocurrencia. Cuando se estudia el riesgo en un contexto ambiental, se debe considerar las consecuencias ambientales de una gravedad determinada y la posibilidad de que se presente esa consecuencia particular “Romero (2016)”.

De estos riesgos se destacan como la deforestación, contaminación al aire por micro fugas de metano, propano y butano en el caso de la exploración. Así mismo, tienen riesgos en contaminación del agua y daño a formaciones por causa de explosiones controladas, y en el caso de lodos de perforación que pueden contener aditivos riesgosos para la flora donde se realice la perforación para su proceso de producción consiguiente. Estos procesos se aplican en diferentes metodologías de extracción de petróleo como se conoce en onshore (tierra) y offshore (mar). En el caso de la extracción por medio de Offshore se tiene con riesgo la contaminación a la fauna marina y a especies microbiológicas que se encuentran en el plano marino, donde se puede detectar por medio de radar o por 3 pasos los cuales son: detectar zonas oscuras de baja retrodispersión, extraer características (contextuales, textuales, entre otras) de la imagen satelital y, clasificar los potenciales derrames de petróleo utilizando métodos estadísticos “Cedeño (2022)”.

Para optimizar estos procesos y sus debidos problemas medioambientales se realiza una serie de matrices de ponderación completadas por expertos en ingeniería de petróleos en diferentes áreas de trabajo, donde se recopilan datos numéricos para la creación de un semáforo de condiciones que se muestra los impactos medioambientales relacionados con los procesos de la industria petrolera.

Metodologia

Para el desarrollo del artículo se tuvieron en cuenta diferentes aspectos como la elaboración de una matriz ponderada donde se registra una escala numérica las afectaciones ambientales, tomando índices de los impactos medioambientales según el Ministerio de Ambiente colombiano. Algunos de estos índices son las alteraciones como la calidad del aire, las propiedades físicas del aire, los niveles de presión sonora, los niveles de radiación, de las condiciones geológicas, la geoforma del terreno, las condiciones geotécnicas, la calidad del recurso hídrico subterráneo, la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo, hidrogeomorfológica de la dinámica fluvial y/o del régimen sedimentológico, la calidad del recurso hídrico superficial, la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial, las condiciones oceanográficas, las condiciones morfológicas de la línea de costa, la calidad del suelo, cambio en el uso del suelo, ecosistemas terrestres, la cobertura vegetal, comunidades de flora, comunidades de fauna terrestre, ecosistemas acuáticos, la hidrobiota, la percepción visual del paisaje, entre otras alteraciones. También en la generación de olores ofensivos y cambio en las variables demográficas “ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2021)”.

A estos índices medioambientales se les relaciono numéricamente con las subactividades más importantes en las 4 fases de la industria petrolera para generar el valor en la escala de riesgo medio ambiental generado por este. Para ello se tomó que para la explotación petrolera las cinco sub actividades más importantes son, creación de registros sísmicos, la adecuación del terreno, la perforación de un pozo exploratorio, las pruebas de pozo y las muestras del tipo de pozo. Para la perforación las cinco sub actividades más relevantes fueron, la perforación de pozo productor, la terminación de pozos, la columna perforadora, los motores de fondo y los fluidos de perforación como lodos y cementos. Para la producción de hidrocarburos se tuvieron en cuenta los sistemas de recobro (primarios, secundarios y terciarios), los sistemas de levantamiento artificial, la implementación de ductos, las fases de operación y la planta de tratamientos. Y finalmente se obtuvo para la última rama de la industria que son los desmantelamientos y facilidades como las cinco sub actividades más importantes que son los abandonos de equipos la aplicación de separadores, aplicación de depuradores, los tanques y bombas y el manejo de una estación de flujo para transporte de hidrocarburos.

Para tener la relación entre las subactividades y los índices se recopilaron dichos valores numéricos de ingenieros de petróleos que estén o hayan estado en contacto a primera mano en la industria petrolera, que por primera instancia conocen los procesos al pie de la letra por su experiencia en campo.

La matriz de ponderación diligenciada por los expertos en la industria petrolera se establecen valores numéricos en una escala donde 1 es un riesgo medioambiental bajo, el número 2 es un riesgo medioambiental regular, el número 3 es un riesgo medioambiental medio medio y el número 4 es un riesgo medioambiental alto. De igual manera en la matriz de ponderación se colocaron los índices con sus respectivas definiciones para tener en claro que índice de riesgo medioambiental se está teniendo en cuenta para su evaluación.

En primer lugar, se presenta la cuadrícula donde el experto puede llenar sus datos personales generales relevancia, que para este caso, son su nombre completo, su profesión, en qué área de la industria tiene experiencia y años de trayectoria, todo lo anterior con el fin de tener mayor información en la recopilación de datos (FIGURA 1).

NOMBRE	
PROFESIÓN	
ÁREA DE EXPERIENCIA EN LA INDUSTRIA	
AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA INDUSTRIA	

Figura 1. Recopilación de datos personales

Nota. (Realizado por medio de microsoft excel por autores, 2022)

Como siguiente parte se presenta un resumen de cada índice de riesgo medio ambiental dado por el Ministerio de ambiente y Sostenibilidad Colombiano para que el experto al momento de diligenciar la

matriz tenga claridad de la importancia y definición específica (FIGURA 2). Son recuadros con definiciones breves y fáciles de relacionar con los índices de riesgos medioambientales.

ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE	ALTERACIÓN EN LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
incremento o disminución de la concentración de amoníaco, arsénico, benceno, bifenilos policlorados, bioaerosoles, BTEX, butano, cadmio, carbón elemental, carbono orgánico total, cloro inorgánico, cloruro de hidrógeno, cobre, compuestos clorofluorocarbonados, cloro inorgánico, flúor inorgánico, halocarbonados, orgánicos volátiles, orgánicos persistentes, aéreos peligrosos	Cambio de la oferta hídrica, cambio de los caudales de un cuerpo de agua superficial, cambio de los volúmenes de un cuerpo de agua superficial. Incremento o disminución de la oferta hídrica para consumo humano, transporte acuático, navegación, pesca y acuicultura, preservación de la flora y fauna, uso agrícola, doméstico, estético, industrial, mineiro, pecuario, recreativo, del caudal ambiental, ecológico, volumétrico, consumo de agua, volumen de agua.
ALTERACIÓN EN LOS NIVELES DE RADIACIÓN	ALTERACIÓN DE LA GEOFORMA DEL TERRENO
Cambio en los niveles de radiación ionizante, niveles de radiación no ionizante. Generación de interferencias de los servicios de telecomunicación. Incremento o disminución de la intensidad de luz incidente, niveles de radiación de microondas, radiación infrarroja, radiación luminica, radiación térmica, radiación ultravioleta, rayos gamma, rayos x Página 11 de 39, partículas radiactivas, incidencia de la radiación solar.	Cambio en la dinámica de los procesos geomorfológicos, en la forma del terreno continental y/o marino costero, en las pendientes del terreno, unidades geomorfológicas, procesos erosivos, procesos morfodinámicos, procesos sedimentarios, en la estabilidad del terreno, morfoestructura del terreno, morfología del terreno, topografía del terreno.
ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL SUELO	ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO
Cambio en las características biológicas del suelo, cambio en las características físicas del suelo, cambio en las características microbiológicas del suelo, cambio en las características químicas del suelo.	Cambio en las características físicas de las aguas subterráneas, cambio en las características microbiológicas de las aguas subterráneas, cambio en las características químicas de las aguas subterráneas.
ALTERACIÓN A COMUNIDADES DE FLORA	MODIFICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD, MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD LOCAL
Cambio en la composición de las especies de flora, cambio en la estructura de las especies de flora, cambio en la función de las especies de flora. Fragmentación de ecosistemas, incremento o disminución de individuos o ejemplares de una o más especies y modificación de poblaciones.	Cambio en el acceso de las comunidades a centros nucleados, frecuencia de desplazamiento, seguridad vial, flujos de desplazamiento, tiempos de desplazamiento, tipos de movilidad.

Figura 2. Resumen del índice de riesgo medio ambiental dado por el Ministerio de ambiente y Sostenibilidad Colombiano

Nota. (Realizado por medio de microsoft excel por autores, 2022)

La figura 2 se muestran 8 indicadores de impactos ambientales de colombia dados por el ministerio de ambiente y sostenibilidad, donde para la matriz de ponderación se evaluarán los 34 impactos ambientales de este listado “Ministerio de ambiente y sostenibilidad, 2021”. De este listado se obtienen diferentes impactos ambientales de cada aspecto a tener en cuenta, y para esta investigación, se tiene como base los impactos ambientales a el aire, agua, suelo y la radiación que puede causar estas sub actividades en la industria petrolera,

En la matriz de ponderación se muestra la tabla numérica donde se señala por colores la escala de bajo a alto (Figura 3), que es la guía para que el experto según a su consideración relacione numéricamente el riesgo medioambiental con la subactividad en la que se encuentre a llenar y los valores numéricos van de 1 a 4.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO	1	2	3	4
IMPACTO AMBIENTAL	Bajo	Regular	Medio	Alto

Figura 3. Escala numérica y por color del riesgo medioambiental.

Nota. (Realizado por medio de microsoft excel por autores, 2022)

Y finalmente se encuentra la matriz a diligenciar donde se relacionan los riesgos medioambientales con las subactividades de las 4 ramas principales de la industria petrolera. Estos concluyen en la creación de la matriz de ponderación de riesgos medioambientales influyentes en la industria petrolera.

La siguiente figura muestra la actividad de exploración y sus 5 sub actividades llevadas a cabo, a la vez los 12 riesgos medioambientales a emplear; para este caso se empieza con la actividad de exploración como ejemplo de la matriz de ponderación (figura 4).

EXPLORACIÓN	OPERACIÓN	ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE	ALTERACIÓN EN LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	ALTERACIÓN EN LOS NIVELES DE RADIACIÓN	ALTERACIÓN DE LA GEOFORMA DEL TERRENO	ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL SUELO	ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO	ALTERACIÓN A COMUNIDADES DE FLORA	MODIFICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD, MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD LOCAL	ALTERACIÓN DE LA COBERTURA DE LA TIERRA	ALTERACIÓN DE LAS ESPECIES MICROBIOLÓGICAS	ALTERACIÓN AL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO
	SÍSMICA											
	ADECUACIÓN TERRENO											
	BAS DE											
	PERFORACIÓN POZO											

	EXPLORATÓRIO											
	MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN											

Figura 4. Ejemplo matriz de Sub actividades de exploración VS 11 riesgos medioambientales.

Nota. (Realizado por medio de microsoft excel por autores, 2022)

La figura 4 se da un ejemplo visual de cómo es la matriz de ponderación donde obtendremos los valores para la creación de él semáforo. Para la matriz general tendremos los 34 impactos con cada subactividad de la exploración, perforación, producción, desmantelamiento y facilidades de la industria petrolera.

La toma de estos datos facilitan y favorecen para tener una mejor interpretación de los riesgos medioambientales que influyen en la industria petrolera y más cuando estos datos son respaldados por expertos que han visto de primera mano los procesos para la obtención de petróleo. La finalidad de esta matriz de ponderación es poder tener un consenso de datos en un sistema de semáforo donde evidenciamos de manera factible y organizada que actividades tienen mayor impacto en la industria en el momento en el que se ejecutan.

Para la toma de estos datos se tuvieron en cuenta 2 matrices de ponderación donde los expertos se especializaban en las áreas de abandono de pozos y de perforación que tuvieron mayor incidencia en la toma de muestras para su entendimiento y explicación en la industria petrolera.

Resultados e Discussão

En la tabla 1 se puede evidenciar las principales subactividades de la industria petrolera que generan mayores índices de riesgo medioambiental según el ministerio de ambiente y sostenibilidad colombiano, para lo cual se tomaron dos matrices principales de profesionales con mayor experiencia en este sector industrial. Dichas actividades en su mayoría representan impactos de clasificación medio, a excepción la subactividad: adecuación del terreno que pertenece a la actividad principal de exploración la cual presenta un nivel de impacto alto para la alteración de la geoforma del terreno, sin embargo cabe resaltar que son más aquellas actividades que generan un impacto regular, que las de impacto medio o incluso alto y que estas mismas pertenecen a las dos primeras actividades de este

campo de estudio, como lo son exploración y perforación, las cuales permiten reconocer la forma y distribución del suelo.

En el decreto 1076 de 2015 donde se establece que las alteraciones en el medio ambiental biótico, abiótico y las alteraciones socioeconómicas, que sea adverso o beneficioso, totalmente o parcialmente, que corresponda al desarrollo de una obra, proyecto y actividad, es definido como impacto ambiental. Donde impactos como, el Medio biótico que le corresponden la flora (Cobertura vegetal), la fauna y la hidrobiota (Ecosistemas acuáticos). El medio abiótico donde pertenecen los impactos en la geología, la geomorfología, los suelos, el recurso hídrico, la geotecnia y la atmósfera. El medio socioeconómico correspondiente a impactos de la dimensión demográfica, la dimensión espacial, la dimensión económica, la dimensión cultural, la dimensión arqueológica y la dimensión político-organizativa, son los principales impactos ambientales generados por la industria petrolera en Colombia.

La principal actividad con un impacto regular en la alteración a la calidad del aire es la planta de tratamiento ya que el procesamiento del crudo en dichas plantas para la obtención de sus derivados, contamina en gran medida el aire. En la alteración en la calidad del recurso hídrico superficial la actividad de mayor impacto son los fluidos de perforación, lo anterior según los resultados obtenidos con un nivel de impacto medio, puesto que esta actividad aplica dichos fluidos a base de agua. Para la alteración de la geoforma del terreno, el desmantelamiento es la actividad que mayor impacto genera, con resultado medio, debido a que toda la parte del desmantelamiento de la infraestructura del petróleo y gas es una fuente alta de contaminante químicos que son ingresados al medio ambiente como es el caso de ambiente marino. En la alteración de los niveles de radiación, se obtuvo que las pruebas de pozo como sub actividad es la que genera mayor impacto, en este caso un impacto medio ya que dicha radiación es manejada para los registros eléctricos en los pozos.

La adecuación del terreno presenta un impacto ambiental alto como se menciona anteriormente, por ende requiere implementación de medidas, protocolos y estrategias ambientales para su remediación y recuperación de su morfología, composición química y características físico-químicas, ya que las diferentes especies de animales residentes en la zona se ven afectadas por la actividad, alterando su comportamiento, patrón de distribución y estructura de las poblaciones. La adecuación del terreno también busca una buena relación con el medio ambiente, es decir, implementación de estrategias sostenibles para mitigar su efecto e impacto.

En la tabla 1, se aprecian actividades que son clasificadas con un impacto medio, como las perforaciones de pozos, fluidos de perforación y demás, respecto a este hecho se implementan sistemas de recubrimiento y sellado, para evitar filtraciones que afectan las fuentes hídricas, el subsuelo y la vida microbiana presente; control de sistemas de seguridad y funcionamiento de equipos en caso de fallas mecánicas y eléctricas, de esta forma evitar catástrofes ambientales.

Las actividades como la adecuación de terreno, exploración de pozo, prueba de pozo exploratorio, perforación de pozo de producción y las otras actividades de impacto medio presentes en toda la tabla (1), están sometida a medidas de prevención y plan de manejo ambiental al igual que todas las actividades de nivel bajo, regular, medio o alto; debido a que permite identificar, describir, recopilar,

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

analizar y determinar el impacto ambiental general en la producción y poder gestionar las posibles soluciones frente a la problemática.

Según la tabla 1 se tienen impactos ambientales por abandonos de pozos petroleros con un nivel medio de impacto, de acuerdo Jhonatan Barrios (2013) se recomienda la desmatelación de equipos, limpieza general de toda la área, remoción de zonas cementadas, remoción de escombros y tratamiento de residuos líquidos, para un mejoramiento y saneamiento de la zona afectada. Esto permite que la naturaleza vuelva a tomar posición de la zona y la restauración del medio perturbado.

Los resultados de impacto ambiental fueron medio y regular, se tuvieron actividades de abandono de equipo como taladros, contenedores, tanques y campamentos “Barrios (2013)”, los cuales deben ser retirados, al igual que la estructura construida para ellos, el sistema eléctrico instalado y los ductos, como protocolo de seguridad y medida ambiental.

IMPACTO AMBIENTAL	SUBACTIVIDADES QUE GENERAN MAYOR IMPACTO AMBIENTAL	VALOR IMPACTO	CLASIFICACIÓN
ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE	PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,SISTEMAS DE RECOBRO,SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, PLANTA DE TRATAMIENTO, APLICACIÓN DE SEPARADORES,APLICACIÓN DE DEPURADORES,TANQUES Y BOMBAS, MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.	2	REGULAR
ALTERACIÓN A LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL AIRE	PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,APLICACIÓN DE DEPURADORES,MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.	3	MEDIO
ALTERACIÓN EN LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA	ADECUACIÓN TERRENO,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO
ALTERACIÓN EN LOS NIVELES DE RADIACIÓN	PRUEBAS DE POZO,SÍSMICA.	3	MEDIO
GENERACIÓN DE OLORES OFENSIVOS	FLUIDOS DE PERFORACIÓN,PLANTA DE TRATAMIENTO.	3	MEDIO
ALTERACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS	SÍSMICA,ADECUACIÓN TERRENO,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO
ALTERACIÓN DE LA GEOFORMA DEL TERRENO	ADECUACIÓN TERRENO.	4	ALTO
ALTERACIÓN DE LAS CONDICIONES GEOTÉCNICAS	SÍSMICA,ADECUACIÓN TERRENO,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,COLUMNA PERFORADORA,MOTORES DE FONDO.	3	MEDIO
CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRANEO	PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO.	3	MEDIO
ALTERACIÓN EN LA	FLUIDOS DE PERFORACIÓN,PERFORACIÓN POZO	3	MEDIO

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

OFERTA Y/O DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUBTERRÁNEO	PRODUCTOR,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO.		
ALTERACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA DE LA DINÁMICA FLUIDAL Y/O REGIMEN SEDIMENTOLÓGICO	COLUMNA PERFORADORA,FLUIDOS DE PERFORACIÓN,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PRUEBAS DE POZO,ADECUACIÓN TERRENO,SÍSMICA,SISTEMAS DE RECUBRO,FASES DE OPERACIÓN,TANQUES Y BOMBAS,MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.	2	REGULAR
ALTERACIÓN EN LA CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	FLUIDOS DE PERFORACIÓN.	3	MEDIO
ALTERACIÓN EN LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL	COLUMNA PERFORADORA,FLUIDOS DE PERFORACIÓN,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PRUEBAS DE POZO,ADECUACIÓN TERRENO, TERMINACIÓN DE POZOS,SISTEMAS DE RECUBRO,FASES DE OPERACIÓN,MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO,APLICACIÓN DE DEPURADORES,SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL,IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS,APLICACIÓN DE SEPARADORES,TANQUES Y BOMBAS.	2	REGULAR
ALTERACIÓN EN LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS	PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,FLUIDOS DE PERFORACIÓN,TERMINACIÓN DE POZOS, APLICACIÓN DE SEPARADORES,APLICACIÓN DE DEPURADORES.	3	MEDIO
ALTERACIÓN DE LAS CONDICIONES MORFOLÓGICAS DE LA LÍNEA DE COSTA	MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,PRUEBAS DE POZO,ADECUACIÓN TERRENO,SÍSMICA, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,TERMINACIÓN DE POZOS, APLICACIÓN DE SEPARADORES,APLICACIÓN DE DEPURADORES,TANQUES Y BOMBAS,MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO,ABANDONO DE EQUIPOS.	2	REGULAR
ALTERACIÓN A LA CALIDAD DEL SUELO	FLUIDOS DE PERFORACIÓN.	3	MEDIO
CAMBIO EN EL USO DEL SUELO	ADECUACIÓN TERRENO,PRUEBAS DE POZO,PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO,MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR,IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN.	3	MEDIO
ALTERACIÓN A ECOSISTEMAS TERRESTRES	ADECUACIÓN TERRENO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO
ALTERACIÓN A LA COBERTURA VEGETAL	ABANDONO DE EQUIPOS, ADECUACIÓN TERRENO,PRUEBAS DE POZO, MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO
ALTERACIÓN A COMUNIDADES DE FLORA	PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, ADECUACIÓN TERRENO.	3	MEDIO
ALTERACIÓN A COMUNIDADES DE FAUNA TERRESTRE	ADECUACIÓN TERRENO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO

11º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

ALTERACIÓN A ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	ADECUACIÓN TERRENO, FLUIDOS DE PERFORACIÓN.	3	MEDIO
ALTERACIÓN A LA HIDROBIOTA	ADECUACIÓN TERRENO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, COLUMNA PERFORADORA, TERMINACIÓN DE POZOS, SISTEMAS DE RECOBRO.	2	REGULAR
CAMBIO EN LAS VARIABLES DEMOGRÁFICAS	ADECUACIÓN TERRENO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, SISTEMAS DE RECOBRO, IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, APLICACIÓN DE SEPARADORES, APLICACIÓN DE DEPURADORES, TANQUES Y BOMBAS, ABANDONO DE EQUIPOS.	2	REGULAR
ALTERACIÓN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL DEL PAISAJE	ADECUACIÓN TERRENO, PRUEBAS DE POZO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, APLICACIÓN DE SEPARADORES, MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO, ABANDONO DE EQUIPOS.	3	MEDIO
GENERACIÓN Y/O ALTERACIÓN DE CONFLICTOS SOCIALES	SÍSMICA, ADECUACIÓN TERRENO, PRUEBAS DE POZO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, COLUMNA PERFORADORA, SISTEMAS DE RECOBRO, SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, APLICACIÓN DE SEPARADORES, APLICACIÓN DE DEPURADORES, TANQUES Y BOMBAS, ABANDONO DE EQUIPOS.	3	MEDIO
MODIFICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD, MOVILIDAD Y CONECTIVIDAD LOCAL	SÍSMICA, ADECUACIÓN TERRENO, PRUEBAS DE POZO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, TERMINACIÓN DE POZOS, SISTEMAS DE RECOBRO, SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, TANQUES Y BOMBAS, ABANDONO DE EQUIPOS.	2	REGULAR
MODIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA Y SOCIAL, Y DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS Y SOCIALES.	ADECUACIÓN TERRENO, PRUEBAS DE POZO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, TERMINACIÓN DE POZOS, SISTEMAS DE RECOBRO, SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, TANQUES Y BOMBAS, ABANDONO DE EQUIPOS, MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, COLUMNA PERFORADORA, MOTORES DE FONDO, APLICACIÓN DE SEPARADORES, APLICACIÓN DE DEPURADORES, MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.	2	REGULAR
MODIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA ZONA	PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, ADECUACIÓN TERRENO.	3	MEDIO
TRASLADO INVOLUNTARIO DE POBLACIÓN	ADECUACIÓN TERRENO, PRUEBAS DE POZO, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, TERMINACIÓN DE POZOS, SISTEMAS DE RECOBRO, SISTEMAS DE LEVANTAMIENTO ARTIFICIAL, IMPLEMENTACIÓN DE DUCTOS, FASES DE OPERACIÓN, PLANTA DE TRATAMIENTO, TANQUES Y BOMBAS, ABANDONO DE EQUIPOS, MUESTRA TIPO DE FORMACIÓN, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, COLUMNA PERFORADORA,	2	REGULAR

	MOTORES DE FONDO, APLICACIÓN DE SEPARADORES, APLICACIÓN DE DEPURADORES, MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.		
ALTERACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA Y SEDIMENTOS MARINOS	MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO, TANQUES Y BOMBAS, APLICACIÓN DE DEPURADORES, APLICACIÓN DE SEPARADORES, FASES DE OPERACIÓN, TERMINACIÓN DE POZOS, COLUMNA PERFORADORA, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, PERFORACIÓN POZO EXPLORATORIO.	3	MEDIO
ALTERACIÓN DE LA COBERTURA DE LA TIERRA	PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR.	3	MEDIO
ALTERACIÓN DE LAS ESPECIES MICROBIOLÓGICAS	PERFORACIÓN POZO PRODUCTOR, FLUIDOS DE PERFORACIÓN, COLUMNA PERFORADORA, TANQUES Y BOMBAS, MANEJO DE ESTACIÓN DE FLUJO.	2	REGULAR
ALTERACIÓN AL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO	ABANDONO DE EQUIPOS.	3	MEDIO

Tabla 1. Escala numérica y por color de las subactividades con impacto ambiental.

Nota. (Realizado por medio de microsoft excel por autores, 2022)

Conclusiones

La industria petrolera abarca diversas actividades dentro de su campo de acción y estudio, las cuales requieren de diversos procesos que garanticen un correcto desarrollo de las mismas, sin que afecten el ambiente. En esta investigación se lograron identificar las cuatro actividades principales como lo son la exploración, la perforación, la producción y finalmente el desmantelamiento y facilidades, así mismo las cinco sub actividades principales para cada uno y el grado de impacto generado en los treinta y cuatro índices ambientales utilizados según el ministerio de ambiente y sostenibilidad colombiano, donde se aplicó una matriz ponderada que identificó el riesgo de impacto por cada sub actividad y en qué rango puede perjudicar, con el fin de mitigarlo.

La mayoría de los desastres ambientales ocurridos en el sector petrolero son ocasionados durante los procesos de producción debido a fallas en estos, como fue el caso de la plataforma petrolera Deepwater Horizon en el golfo de Mexico “Lazaro GA (2016)”, por ende es recomendable establecer e implementar medidas de control y seguridad.

La demanda de mejora y desarrollo ambiental han obligado a las industrias petroleras emplear estrategias sostenibles y tecnologías eficientes que reduzcan las emisiones de sustancias contaminantes y tóxicas, a la vez sistemas de tratamiento para estas.

El empleo de la metodología del análisis de impactos ambientales mediante la valoración de alto, medio, regular y bajo, permite dimensionar cada una de las afectaciones de manera clara y directa en la zona o ambiente de actividad, sector en específico o sector en general.

La identificación y la clasificación de impactos ambientales en las diferentes actividades del sector petrolero, permite gestionar y establecer soluciones a las problemáticas ambientales más graves y luego a las de menor afectación, facilitando la toma de acciones y decisiones eficaces.

Referencias Bibliográficas

1. PDVSA. Producción. Venezuela. PDVSA, Publicado: 1997. <http://www.pdvsa.com/images/pdf/cuadernos/Produccion.pdf>
2. Ministerio de Ambiente y Sostenibilidad, LISTADO DE IMPACTOS AMBIENTALES ESPECÍFICOS 2021, Colombia, Ministerio de Ambiente y Sostenibilidad, Publicado: 2021. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Listado-de-Impactos-Ambientales-Especificos-2021-V.4.pdf>
3. ING. EDUARDO AGUIRRE. Publicado: 2009. Facilidades de superfície na indústria petroleira. Disponível em: <https://www.monografias.com/trabajos72/facilidades-superficie-industria-petrolera/facilidades-superficie-industria-petrolera>. Consultado el: 17 de septiembre de 2022.
4. ESPINOSA B CARLOS ANDRÉS, TORRES KELLY JOHANA. San Buenaventura Cartagena, Colombia. Repositorio institucional Universidad de San Buenaventura. Publicado: 2015. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/87f347eb-29c2-439c-93ed-530143437b27/content> Consultado el: 17 de septiembre de 2022.
5. MORALES-GONZÁLEZ, ET AL. El complejo anómalo Oeste de Ceballos, Cuenca Central, Cuba, integración de los métodos no convencionales con la sísmica. Consideraciones sobre la exploración petrolera. Departamento de Geociencias, Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, La Habana, Cuba. Publicado: 2022. <https://doi.org/10.18273/revbol.v44n1-2022006> . Consultado el: 17 de septiembre de 2022.
6. CAJA-MOLINA ALISSON VALESKA, IANNAcone JOSÉ. Evaluación del riesgo ambiental por petróleo crudo en las especies acuáticas Lemna minor, Daphnia magna y Danio rerio. Colombia. Revista de la Academia Colombiana de las ciencias exactas, físicas y

naturales. Publicado: 2021. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1398>. Consultado el: 18 de septiembre de 2022.

7. LÓPEZ NARANJO DIEGO, LUYANDO CUEVAS JOSÉ RAÚL LUYANDO CUEVAS. Los efectos de la contaminación petrolera en el desarrollo de comunidades ejidales: el caso de la cuenca del río san juan (nuevo león, México). Mexico. Artículo de investigación, Universidad del Norte. Publicado: 2017. <https://www.redalyc.org/journal/268/26859569005/html/> Consultado el: 18 de septiembre de 2022.
8. CEDEÑO NOBLECILLA, Juan Carlos. Detección de derrames de petróleo mediante inteligencia artificial basada en teledetección, en la zona exclusiva económica de Ecuador. Guayaquil, Ecuador. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Publicado: 2022 http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59644/1/CEDENO_NOBLECILLA_JUAN_CARLOS.pdf. Consultado el: 18 de septiembre de 2022.
9. PUENTES MORANTES CRISTHIAN CAMILO, SANABRIA CASADIEGO LISSET MICHEL. Diseño de completamiento no convencional para su implementación en un pozo exploratorio en las formaciones porquero y depósitos gravitacionales (mtc) con diferentes gradientes de presión en el valle inferior del Magdalena. Bogotá D.C, Colombia. Proyecto integral de grado para optar el título de: Ingeniero de petróleos-Fundación universidad de América. Publicado: 2020. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7976/1/5151188-2020-II-IP.pdf>. Consultado el: 18 de septiembre de 2022.
10. GALLARDO FELIPE EUSEBIO, ERDMANN ELEONORA, ABALOS ROXANA. Evaluación reológica de fluidos de perforación base agua con nanosílice. Rio de Janeiro, Brazil. Laboratório de Hidrogênio, Coppe - Universidade Federal do Rio de Janeiro, em cooperação com a Associação Brasileira do Hidrogênio, ABH2. Publicado: 2018. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180002.0470> Consultado el: 18 de septiembre de 2022.
11. CENDALES ALBARRACÍN DAYANNA ALEJANDRA, SANCHEZ BEDOYA JUAN GUILLERMO. Evaluación del comportamiento del mse (energía mecánica específica) implementando el motor de fondo d&j en operaciones de perforación de las formaciones a1, a2 y alpha en un pozo del campo j1 de la cuenca caguán – putumayo. Bogotá D.C, Colombia. Proyecto integral de grado para optar el título de: Ingeniero de petróleos-Fundación

universidad de américa. Publicado: 2021.
<http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8262/1/5152300-2021-1-IP.pdf> Consultado el: 19 de septiembre de 2022.

12. VARGAS GUARÍN LUIS DANIEL. Impactos ambientales de la producción petrolera en Colombia y su relación con la innovación tecnológica en los últimos quince años. Bogota D.C, Colombia. Monografía para optar por el título de especialista em gestión ambiental-Fundación universidad de américa. Publicado: 2020. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7843/1/463974-2020-I-GA.pdf](https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7843/1/463974-2020-I-GA.pdf) Consultado el: 19 de septiembre de 2022.
13. DELGADO, ET AL. Guía para la planeación e implementación de un sistema de levantamiento artificial basado en los lineamientos PRINCE2 para un campo petrolero en Colombia. Santander, Colombia. Revista Fuentes, El Reventón Energético . 2020, Vol. 18 Issue 2, p69-87. 19p. Publicado: 2020. <https://web.p.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=16576527&AN=148197493&h=2q8UpX2%2bKhAKJ0DWI4%2bkUbiRiSIdJ0%2bqKyr%2b2ayX81QFX4PMFI5koaOhTdOjpAyzPu%2blrM3DnuZ%2bnb0fL5PKmA%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d16576527%26AN%3d148197493> .
14. CALVACHE, ET AL. Evaluación técnica-económica para la optimización de las facilidades de producción en la Estación ZPF del Campo Palo Azul, Bloque 18. Quito, Ecuador. Carrera de Ingeniería de Petróleos. Quito: UCE. 153 p. Publicado: 2019. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/19700> Consultado el: 19 de septiembre de 2022.
15. ROMERO FUENTES LAURA MARGARITA. Análisis de los riesgos ambientales asociados a la explotación de yacimientos no convencionales desde un contexto internacional y su aplicación en Colombia. Bogota D.C, Colombia. Monografía para optar por el título de especialista en gestión ambiental-Fundación universidad de américa. Publicado: 2016. <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/640/1/5102509-2016-2-GA.pdf> Consultado el: 19 de septiembre de 2022.
16. Cedeño Noblecilla, Juan Carlos. Detección de derrames de petróleo mediante inteligencia artificial basada en teledetección, en la zona exclusiva económica de Ecuador. Guayaquil,

Ecuador. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil. Publicado: 2022. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59644>. Consultado el: 19 de septiembre de 2022.

17. PORTELA OLAYA, LAURA YESSENIA. Guía de manejo ambiental de abandono y de recuperación del terreno del pozo. Trabajo de grado Técnico laboral Em Gestión Ambiental Y Recursos Naturales Para La Industria Del Petróleo – Corporación Institucional Del Petróleo “COINSPETROL LTDA” de Villavicencio Meta, Publicado: 2008. Disponible en: https://issuu.com/jonathanbarrios/docs/gu_a_manejo_ambiental_abandono_y_r. issu. Consultado el: 19 de septiembre de 2022.
18. ACCIDENTES, Industriales - Deepwater Horizon. 17 mayo 2018. 1 video (45 min 5 s). Publicado por el canal Lazaro GA. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=11j4rnU6Rlc> . Consultado el: 20 sept. 2022.
19. DUQUE GARCÍA, JUAN MANUEL. Estrategias ambientales y reportes de sostenibilidad en empresas petroleras. Monografía para optar por el título de especialista en gestión ambiental – Fundación Universidad De América. Publicado: 2018. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7133/1/447264-2018-I-GA.pdf>. Consultado el: 19 de septiembre de 2022
20. D. O. EGYA, ET AL. Analyzing the limitations of the dual-porosity response during well tests in naturally fractured reservoirs. Institute of Petroleum Engineering, Heriot-Watt University, Edinburgh EH14 4AS, UK, Department of Geoscience and Engineering, Delft University of Technology, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands. Department of Geology, Federal University Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. Published: 2018. Available in: <https://doi.org/10.1144/petgeo2017-053> Accessed on: September 30, 2022.
21. DANIEL O.B.JONES, ET AL. Autonomous marine environmental monitoring: Application in decommissioned oil fields. United Kingdom. National Oceanography Center, University of Southampton Waterfront Campus, Southampton SO14 3ZH, UK. Published: 2019. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.310> Accessed on: September 30, 2022.
22. NASIRU SALAH MOHAMED, ET AL. A review on clay chemistry, characterization and shale inhibitors for water-based drilling fluids. Saudi Arabia. College of Petroleum

Engineering & Geosciences, King Fahd University of Petroleum & Minerals, 31261, Dhahran, Saudi Arabia. Published: 2021. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109043>
Accessed on: September 30, 2022.

23. Signe Viggor, ET AL. Microbial Metabolic Potential of Phenol Degradation in Wastewater Treatment Plant of Crude Oil Refinery: Analysis of Metagenomes and Characterization of Isolates. Tartu, Estonia. Institute of Molecular and Cell Biology, University of Tartu, 23 Riia Street, 51010 Tartu, Estonia; Centre of Molecular and Environmental Biology (CBMA), University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal; Director's Research Division, CSIR-National Environmental Engineering Research Institute (CSIR-NEERI), Nehru Marg, Nagpur 440 020, India. Published: 2020. Available in: <https://www.mdpi.com/2076-2607/8/5/652/pdf?version=1589517118> Accessed on: September 30, 2022.