

**ALCANCE DE LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 14001:2015 COMO
ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL SECTOR DE
HIDROCARBUROS EN COLOMBIA.**

DANNA GORETTY GÓMEZ POLANCO

Proyecto Integral de grado para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental

Orientador(a):

**NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA
MSC INGENIERA QUIMICA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director de la especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C. febrero de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano de Facultad de Ingeniería

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de Departamento

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primer lugar por haberme permitido realizar este estudio de crecimiento para mi formación profesional.

A la Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina mi total agradecimiento por su dedicación, amabilidad y confianza en el desarrollo de ideas en la realización de este proyecto alcanzando excelentes resultados soportados en el documento.

Así mismo, agradecerle a mis padres y a mi familia por su comprensión y apoyo incondicional durante la realización de este importante estudio.

Por ustedes y para ustedes, este logro alcanzado.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVOS	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos	12
1. DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS	13
1.1 Actividad sísmica	13
1.2 Perforación de pozos	14
1.3 Proceso de producción de hidrocarburos	15
1.4 Transporte de hidrocarburos	16
1.5 Refinación del petróleo.....	17
2. ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GENERACIÓN DE BORRAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS.....	19
2.1 Residuos aceitosos borras	19
2.2 Aspectos e impactos ambientales del proceso de producción de hidrocarburos	20
2.2.1 Aspecto ambiental.....	21
2.2.2 Impacto Ambiental	21
2.2.3 Matriz de aspectos e impactos	22
3. APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 14001:2015 EN EL SECTOR DE HIDROCARBUROS	25
3.1 Generalidades de la ISO 14001:2015	26
3.1.1 Sistema de gestión ambiental.....	26
3.1.2 Liderazgo y compromiso.....	27
3.1.3 Política ambiental	27
3.1.4 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	28
3.1.5 Planificación	28
3.1.5.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades	28
3.1.6. Aspectos ambientales.....	28
3.1.7 Planificación de acciones.....	29
3.1.8 Apoyo	29
3.1.8.1 Recursos	29
3.1.8.2 Competencia	29

3.1.8.3 Toma de conciencia	29
3.1.8.4 Comunicación	30
3.1.8.5 Información documentada	30
3.1.9 Operación	30
3.1.10 Evaluación del desempeño	31
3.1.10.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación	31
3.1.10.2 Auditoría interna	31
3.1.11 Mejora continua	31
3.2 CICLO PHVA	32
4. PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL SECTOR DE HIDROCARBUROS	37
4.1 Alternativas de disposición final de residuos sólidos borras	37
4.1.1 Biorremediación	38
4.1.2 Incineración	38
4.1.3 Lecho de secado	39
4.2 Caracterización de residuos borras	40
4.3 Aprovechamiento de residuos borras	40
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
ANEXOS	45
BIBLIOGRAFIA	48

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Modelo de ciclo PHVA	33

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de aspectos e impactos ambientales	22
Tabla 2. Modelo PHVA para las empresas prestadoras del servicio de producción.	34

RESUMEN

En la industria de hidrocarburos de Colombia y en especial, las empresas prestadoras de servicios de producción de petróleos, generan cantidades de aspectos e impactos ambientales relacionados al inadecuado manejo de residuos sólidos peligrosos y que, en este caso, los residuos aceitosos “borras”, deben considerarse como una amenaza medioambiental si la aplicación de tecnologías y programas de gestión no se implementan adecuadamente.

De esta forma, la orientación de los requisitos de la Norma ISO 14001:2015 como herramienta de mejora continua para las organizaciones, permitió el alcance de un sistema de gestión ambiental que, en primera instancia como mayor elemento, organizará los objetivos ambientales, de acuerdo a su contexto en aras de disminuir los riesgos de la operación de extracción de hidrocarburos, de la presente actividad.

Por lo tanto, las soluciones establecidas a la situación de contaminación mencionada requieren de cambios en sus procesos logrando una descripción detallada de la cadena del sector de hidrocarburos, analizando los aspectos e impactos identificados relacionados como también, el análisis de la norma como herramienta de desempeño ambiental y mejoramiento principal en la aplicación de tecnologías de sostenibilidad.

Palabras clave: Borrás, gestión ambiental, hidrocarburos, producción.

INTRODUCCIÓN

El Sector de Hidrocarburos en Colombia actualmente se considera como una fuente importante de ingresos para el Estado, por medio de los dividendos de Ecopetrol los cuales representan el 68% de las utilidades del sector, impuestos y regalías. Además, representa más del 70% del sector minero energético. Según la Contraloría General de la Republica de Colombia y algunos expertos en el tema Colombia no puede considerarse un país petrolero, pero este recurso es considerado fundamental en la economía nacional, ya que tienen un gran peso en las exportaciones, en el PIB y en los ingresos tributarios (Diana Gutierrez, 2018).

Las organizaciones prestadoras de servicios en nuestro país están mejorando su gestión para responder a las exigencias de los mercados, con procesos de implementación y certificación de normas técnicas sobre sistemas de gestión, es por ello que, las normas técnicas de gestión más implementadas son la NTC-ISO 9001 (2008) para el sistema de gestión de la calidad y la NTC-ISO 14001 (2015) para el sistema de gestión ambiental, a pesar de las múltiples posibilidades que ofrece la integración de sistemas de gestión para el mundo empresarial, las organizaciones prestadoras de servicios en Colombia no se han podido beneficiar, en general, de estas ventajas, dado el fuerte paradigma cultural por el cual se piensa que la integración de sistemas de gestión es un proceso costoso y dispendioso, indicado solamente para las empresas más grandes del sector y para multinacionales con grandes capacidades operativas (Machuca, 2018).

Con base en la importancia del sector de hidrocarburos y su incidencia en el medio ambiente por la generación acelerada de residuos sólidos inflamables, se consideraría que independientemente del contexto de la empresa que preste servicios de producción para la industria, estos deben tener un buen manejo no solo de los recursos naturales, sino que también, un buen manejo de herramientas para lograr la mejora continua de sus operaciones en el cumplimiento de la normatividad legal ambiental vigente.

Con esto, para evitar mayores riesgos operacionales de los residuos aceitosos borras y mitigar los efectos adversos en la inadecuada disposición final, además de contemplar las actividades de mejora, se analizaron los requisitos de la Norma ISO 14001:2015 guiada a la solución de problemáticas que abarcan la producción de hidrocarburos, con fines de prevención de las afectaciones de los impactos identificados en el presente trabajo y las alternativas de tratamiento de la gestión de residuos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Estructurar los requisitos de la Norma ISO 14001:2015 como herramienta de gestión estratégica para garantizar la disminución de riesgos e impactos ambientales de la industria de hidrocarburos en Colombia.

Objetivos Específicos

1. Interpretar la aplicabilidad de la norma ISO 14001:2015 en el sector de hidrocarburos en las empresas colombianas.
2. Identificar los aspectos ambientales propios de la actividad de producción del sector de hidrocarburos.
3. Desarrollar estrategias de gestión ambiental para el sector de hidrocarburos en el control operacional de la generación, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos.

1. DESCRIPCIÓN DE LA CADENA DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS

La cadena del sector de hidrocarburos representa actividades económicas significativas en el desarrollo de los países, quienes al pasar los años han relacionado la exploración, producción, transporte y refinación de recursos naturales no renovables, tales como material orgánico compuesto de carbono e hidrogeno o comúnmente llamado hidrocarburos.

De las anteriores actividades y en este caso, el proceso de producción o extracción del crudo generan una problemática ambiental relacionada al inadecuado manejo, desconocimiento de la normatividad legal e inexistencia de prácticas y estrategias en el aprovechamiento oportuno de los residuos sólidos peligrosos y no peligrosos según su categoría.

Y es aquí, donde en las diferentes actividades del sector se evidencian debilidades organizacionales frente a la prevención de afectaciones ambientales y el incumplimiento de sus políticas ambientales dentro de un campo petrolero.

Así como se indicó anteriormente, las principales actividades de la industria de hidrocarburos en Colombia se describen en: actividad sísmica, perforación de pozos, producción, transporte y comercialización de los productos derivados de la refinación del petróleo.

1.1 Actividad sísmica

La exploración precisamente es el término utilizado comúnmente en el sector, que se refiere a la búsqueda de petróleo y gas a través de diferentes instrumentos y técnicas convencionales que permiten entender el origen de los compuestos de hidrocarburos y determinar si existe o no, en esa locación productos de hidrocarburos.

La sísmica es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, mediante explosivos que causan ondas, con las que se hace una ecografía del subsuelo. Con la información obtenida de la línea sísmica se producen mapas de subsuelo donde aparecen las diversas estructuras presentes en el área objeto de estudio, incluidas aquellas que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos (Calao, 2009).

Tras seleccionar una zona de interés, se llevan a cabo numerosos tipos diferentes de prospecciones geofísicas y se realizan mediciones a fin de obtener una evaluación precisa de las formaciones del subsuelo. Por medio de las prospecciones sísmicas, estas proporcionan información sobre las características generales de la estructura del subsuelo y se obtienen a partir de ondas de choque generadas por denotación de cargas explosivas en agujeros de

pequeño diámetro, mediante dispositivos vibrantes o de percusión tanto en tierra como en el agua, y mediante descargas explosivas subacuáticas de aire comprimido (Training, 2020).

En pocas palabras, según la Agencia Nacional de Hidrocarburos, la actividad sísmica es el proceso mediante el cual las ondas de energía atraviesan las capas de roca, se devuelven hasta la superficie y llegan a unos equipos especiales que se llaman geófonos, los cuales reciben la información y la transmiten a un computador. El producto final que se obtiene de la exploración sísmica es una imagen representativa de las capas que hay debajo de la tierra (ANH, 2018).

1.2 Perforación de pozos

El proceso de perforación produce recortes de rocas que son llevados a la superficie mediante un sistema de circulación (lodo de perforación) y son analizados y luego depositados en las piscinas de lodos para su tratamiento. Se procede a la perforación del pozo por medio del taladro, el cual atraviesa las diferentes capas de rocas o estratos que se encuentran debajo de la tierra (training, 2020).

Cuando se define que en un lugar determinado existe una trampa, se instala un equipo de perforación para perforar un pozo y verificar si allí existe un yacimiento de crudo o de gas y si es suficientemente grande para explotarlo. El hueco se hace por etapas con un taladro y los pozos pueden ser verticales o desviados (training, 2020).

Los pozos estratigráficos ofrecen información más precisa que la sísmica sobre la composición de las capas del subsuelo en un punto determinado, pero tampoco brindan total certeza sobre la posible presencia de hidrocarburos. Los pozos exploratorios sí permiten establecer de manera definitiva si existe o no presencia de hidrocarburos en el punto escogido a perforar. Estos procesos son independientes y no siempre son consecuencia el uno del otro. En algunos casos no es necesario realizar la sísmica o la perforación estratigráfica; sin embargo, la perforación exploratoria sí se requiere en todo proceso de búsqueda de hidrocarburos (HOCOL, 2018).

Para el proceso de perforación es indispensable la utilización de lodos o fluidos de perforación en cuyo caso se utilizan lubricantes o lodos de perforación que son mezclas preparadas con gran cantidad de aditivos químicos. Entre estos, la perforación exploratoria consiste en hacer un pozo muy estrecho y profundo, que puede llegar hasta 4.000 metros debajo del suelo. El taladro para perforar el subsuelo está montado sobre una torre metálica y requiere unas instalaciones especiales, denominadas campamento, donde se maneja todo el equipo y los materiales requeridos, y se brindan condiciones adecuadas de trabajo y seguridad a las personas que trabajan en él, protegiendo al mismo tiempo el medio ambiente (HOCOL, 2018)

A medida que avanza la perforación, se analizan las rocas y los minerales que allí se encuentran. Al mismo tiempo, las paredes del pozo se van sellando con doble protección de acero y concreto, de manera que no exista riesgo alguno para las aguas superficiales, las de los nacimientos, la vida y las construcciones existentes. Al completar la perforación se comprobará si hay o no presencia de petróleo, de gas, o de ambos (HOCOL, 2018).

Descrito todo el proceso, la actividad que mayor genera cantidad de impactos es la de perforación, ya que esta es la operación que se pretende realizar en esta etapa, además los fluidos de perforación y los cortes asociados a dicha actividad son considerados como uno de los principales problemas ambientales de la actividad petrolera. Se podría considerar en este punto que las facilidades de superficie necesarias para llevar a cabo la perforación de pozos son un factor importante en cuanto a intensidad e impactos ambientales causados (Calao, 2009).

1.3 Proceso de producción de hidrocarburos

El proceso de producción en un pozo de petróleo, comprende el recorrido de los fluidos desde el radio externo de drenaje en el yacimiento hasta el separador de producción en la estación de flujo (Z, 2015). La producción trae consigo un gran montaje de infraestructura en la zona establecida, pues la seguridad y la eficacia de la producción dependen en un grado alto de esta. Los componentes en superficie para la puesta en marcha de un pozo son principalmente:

- Tuberías y líneas de recolección.
- Separadores.
- Tanques.
- Plantas de tratamiento de gas.
- Planta de tratamiento de agua.
- Piscinas de recolección.
- Líneas de despacho o ductos.

Lo anterior es conocido en la industria petrolera como batería o facilidades de producción (Calao, 2009).

En el proceso de producción y a fin de evaluar el tamaño de las reservas presentes, la primera fase de la extracción también es exploratoria. Este procedimiento consiste en la extracción de una cantidad de crudo determinada (desecho de pruebas), el cual se deposita en una piscina llamada de “desecho”; en algunos casos este material se incinera. Luego de las pruebas se declara su viabilidad económica o no para la apertura de nuevos pozos (Torres, 2014).

En pocas palabras, el petróleo se encuentra por debajo de la superficie de la tierra, y se ubica mediante la exploración, incluyendo la perforación de pozos exploratorios que confirman si hay o no hay petróleo en un lugar. El pozo exploratorio sirve de primer pozo de producción, luego de hacerle varios arreglos para que pueda producir petróleo durante muchos años, sin contaminar el agua y subsuelo, y de acuerdo con las autorizaciones que correspondan (Gómez, 2015).

Una vez se determina que el yacimiento es comercializable, se definen los métodos de extracción y se inicia el proceso (Se construyen baterías de tanques para almacenamiento y separación de fluidos en la misma locación del pozo). Junto con el crudo, del subsuelo salen dos tipos de compuestos asociados: las aguas de formación y el gas. Las aguas de formación, o aguas salobres, salen a la superficie asociadas con el crudo y son uno de los principales generadores de impactos negativos al ambiente de esta industria (Torres, 2014).

En esta etapa de extracción del petróleo encontramos grandes cantidades de residuos sólidos aceitosos o residuos peligrosos, ya que particularmente es una actividad invasiva que desecha y que, sin lugar a dudas, afectan las fuentes hídricas y el recurso suelo.

Es también, una actividad donde se generan residuos altamente viscosos conformados por agua, sólidos inorgánicos (arenas, rocas, lodos de perforación) materia orgánica e hidrocarburos, especialmente de cadenas largas, que se sedimentan y aglomeran después de largos periodos de tiempo en zonas del proceso de producción y transporte con velocidades reducidas (Giraldo O. M., 2013).

1.4 Transporte de hidrocarburos

Por último, en la cadena de la industria petrolera se da el proceso de transporte, el cual se realiza principalmente a través de oleoductos. El principal riesgo de este medio de transporte es la posibilidad de un derrame de crudo, que puede afectar la seguridad de las comunidades vecinas y generar graves consecuencias para los recursos naturales (Torres, 2014).

En aquellos campos donde existen necesidades de transporte de crudo mediante tractocamiones hasta las estaciones de bombeo o puntos de comercialización, se hace necesario contar con la Guía Única de Transporte.

Para que sean expedidas las mencionadas guías y como parte del procedimiento existente, la Dirección de Hidrocarburos del Ministerio de Minas y Energía expide una certificación con destino al interesado y a Ecopetrol (empresa encargada de la expedición de las guías), a través del cual se confirma que la compañía tiene bajo su operación ciertos campos o pozos, cuyos volúmenes producidos cuentan con características particulares y una destinación pre-definida (MINENERGIA, 2020).

La empresa operadora que va a iniciar el trámite de solicitud de guías de transporte debe remitir una comunicación dirigida al Director de Hidrocarburos, suministrando la siguiente información y documentación:

- Ubicación Pozo / Campos Productores (municipio/departamento).
- Potencial de producción y gravedad API del crudo a recuperar.
- Puntos de entrega o comercialización probables.
- Tiempos estimados de transporte hacia cada punto.
- Certificado de cámara y comercio reciente (MINENERGIA, 2020).

Con esta documentación se permite transportar desde la boca del pozo hasta los sitios de almacenamiento y procesamiento, como son las estaciones de bombeo, refinerías y centros de comercialización.

1.5 Refinación del petróleo

Una refinería es una planta industrial destinada a la refinación del petróleo, por medio de la cual, mediante una serie de procesos, se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión: naftas, gas oil, etc. Además, se obtienen diversos productos tales como kerosene, aceites minerales, asfaltos, coque, parafinas, materia prima para procesos petroquímicos, etc (YPF, 2011).

En esta etapa, podemos relacionar los diferentes procesos de refino como la destilación atmosférica, la destilación al vacío, hidrotratamiento y el reformado catalítico, que consisten en transformar el petróleo sometiéndolo a temperaturas altas que alcancen más de 400 grados para obtener subproductos o derivados.

El proceso de producción de combustibles comienza con la recepción del petróleo, que desde 1982 se realiza en el Terminal del Este, ubicada en José Ignacio, departamento de Maldonado. A través de este terminal se recibe y descarga todo el petróleo crudo que ingresa al país desde barcos petroleros y superpetroleros, con una capacidad de transporte de

aproximadamente 160.000m³. El Terminal se compone de una boya de amarre a la que se conectan los buques tanque, un parque de tanques para el almacenamiento del crudo que ingresa, un oleoducto que envía el crudo hasta la refinería La Teja en Montevideo y piletas de agua de 5.000 m³ para depósito en casos de incendio (ANCAP, 2017)

La mayor parte de los productos obtenidos en las unidades antes mencionadas, no pueden ser utilizados tal como se producen. Contienen, en efecto, pequeñas cantidades de compuestos indeseables especialmente productos sulfurados e hidrocarburos inestables que, por su corrosividad o su reactividad, deben ser eliminados. Estos cortes son entonces sometidos a tratamientos físicos y químicos, diferentes según su naturaleza y su destino, que cumplirán con las especificaciones comerciales establecidas (ANCAP, 2017).

De acuerdo a esta actividad de la cadena de valor de hidrocarburos, comienzan los retos del estado y de las industrias transformadoras, los procesos de manejo integral de residuos sólidos en cuanto al aprovechamiento y disposición final de materiales reciclables, provenientes de los productos obtenidos por la refinación del petróleo.

Exactamente de la producción o extracción del petróleo, se generan grandes cantidades de residuos con características tóxicas e inflamables y que producen impactos ambientales negativos afectando el componente hídrico, el suelo y la atmósfera, que, durante su tratamiento y disposición final, se evidencian altos costos de manipulación y afectación de la capacidad de almacenamiento del crudo extraído respectivamente.

Como se mencionó en los párrafos anteriores, en la producción del petróleo se evidencian problemáticas de tipo ambiental que generalmente afectan a la salud de sus trabajadores y a la comunidad en cuanto a generación y desaprovechamiento de residuos sólidos aceitosos “borras”, impacto ambiental más relevante y que por lo mínimo tienen que ser dispuestos correctamente para evitar todo tipo de incumplimientos.

2. ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DE LA GENERACIÓN DE BORRAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS.

A nivel global como en Colombia, los problemas de contaminación por las actividades de producción de hidrocarburos, que directa e indirectamente afectan los recursos suelo, agua y aire, y que se generan por acciones netamente antrópicas y tecnológicas, traen como consecuencia impactos ambientales significativos acerca del almacenamiento e inadecuada disposición final de los residuos sólidos peligrosos y en este caso, los residuos aceitosos “borras”.

A continuación, y como lo hemos descrito anteriormente, en el proceso de producción de hidrocarburos se generan cantidades de desechos tóxicos tanto en los sitios de los pozos como en las estaciones de separación, solamente en las estaciones, se calcula que se generan grandes cantidades de galones de desechos líquidos cada día, los cuales son arrojados generalmente sin tratamiento alguno en piscinas de producción sin revestimiento, formándose una mezcla toxica llamada agua de producción. Lo anterior es muy común en campos pequeños que no cuentan con las debidas reglamentaciones que exigen las entidades reguladoras (Calao, 2009).

2.1 Residuos aceitosos borras

Los residuos aceitosos del proceso de producción de petróleo, también conocidos como borras, son el desecho más importante que genera la industria petrolera. Son en esencia una emulsión de varios hidrocarburos, agua, metales pesados y partículas sólidas. Debido a su naturaleza peligrosa y la creciente tendencia de aumento en los volúmenes generados no solo en Colombia sino a nivel mundial, el tratamiento efectivo de este residuo ha atraído una amplia atención por parte de entes de control en las áreas de influencia (Molina, 2014).

El proceso de tratamiento utilizado por compañías líderes en la industria inicia con la extracción del agua libre de los residuos aceitosos a tratar. Esta agua se envía al sistema de tratamiento de agua en campo y los residuos aceitosos se someten a un aumento de temperatura hasta alcanzar los 120 °C, con el propósito de evaporar el agua que queda emulsionada. Seguidamente se incrementa la temperatura de la emulsión existente hasta llegar a los 160 °C, con el fin de evaporar el agua emulsionada que haya quedado en el residuo, y extraer el crudo remanente (Molina, 2014).

La clasificación de las borras dependerá directamente del tipo de crudo almacenado en el tanque, a su vez el tipo de crudo dependerá de su composición. En general según La Sociedad

Nacional De Minería, Petróleo Y Energía, establece la composición de un crudo es: 83 – 87% de Carbono, 11 – 14% de Hidrogeno, 0 – 5 de Oxígeno, 0 – 6% de azufre, 0 – 0.5% de Nitrógeno y 0 – 0.1% de Compuestos inorgánicos (Gómez, 2015).

2.2 Aspectos e impactos ambientales del proceso de producción de hidrocarburos

Analizando detalladamente, los procesos que intervienen, podemos apreciar que la contaminación en el recurso hídrico es tanto superficial como subterránea y que, para la salud de la comunidad aledaña al cuerpo de agua, es absolutamente toxica, afectando también las especies de fauna y flora que habitan en el lugar.

Es también evidente la contaminación del aire por las quemas de gas, produciendo partículas provenientes de los pozos con combustibles incompletos, que provocan óxidos de azufre, metano, propano, butano, haciendo que se presenten lluvias acidas, generando también unas afectaciones socioeconómicas.

Es recomendable para realizar un diagnóstico de impactos tener en cuenta los límites máximos permisibles de los contaminantes definidos en la legislación ambiental para tener una referencia en la valoración de los posibles impactos. Así mismo, se debe considerar el riesgo que conlleva la operación del proyecto para los medios biótico, abiótico y socioeconómico (Guarin, 2020).

El tratamiento completo de un residuo tipo borra, es decir incluida su disposición, implica más de una técnica de tratamiento específica, toda vez que por su composición natural las borras tienen tres elementos como son agua, sólidos e hidrocarburo, y como tal el tratamiento de cada uno de los mismos exige métodos diferentes. Por lo anterior no se puede hablar de que un método es más o menos efectivo para el tratamiento de una borra, sino más bien que los esfuerzos de su tratamiento terminan enfocándose en buscar la combinación de métodos o técnicas que al final den la mejor configuración para dicho proceso (Gómez, 2015).

Las principales actividades responsables de la generación de daños medio ambientales se pueden incluir en tres grupos: perforación, producción y manejo de residuos sólidos y líquidos. La perforación cuenta con procesos como el montaje de los equipos para realizar la operación, los lodos base agua y base aceite manipulados y los recortes llevados a superficie. Por su parte, la producción es el proceso de extracción del crudo, en el cual se lleva el crudo a superficie junto con agua de producción proveniente del yacimiento. El manejo y disposición de residuos

sólidos y líquidos se lleva a cabo durante todas las actividades del proceso de explotación de un pozo (Guarin, 2020).

2.2.1 Aspecto ambiental

Un aspecto ambiental se define como elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que interactúa o puede interactuar con el medio ambiente, conocer los impactos ambientales asociados y tener en cuenta el ciclo de vida del mismo (ICONTEC, 14001, 2015).

La empresa prestadora del servicio debe determinar los aspectos ambientales significativos y comunicarlos entre los diferentes niveles de la organización, teniendo la información documentada de los criterios, aspectos e impactos ambientales presentados en cualquier proyecto presentado y en este caso de estudio, en el proceso de producción de hidrocarburos en la industria del país.

Entre los aspectos ambientales y los impactos ambientales, podemos reconocer la relación causa-efecto, para lograr identificar los daños que genera una obra o actividad. En este caso, la descripción de cada una de las actividades que comprende desde el inicio de la extracción hasta la disposición final del residuo, como también, otros componentes dentro de las áreas de cualquier proyecto a ejecutarse.

2.2.2 Impacto Ambiental

Es la alteración o modificación del ambiente debido a la ejecución de un proyecto, que puede afectar a la salud y el bienestar humano. Es también, cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización (BOGOTÁ, 2012).

Seguido de analizar los aspectos, los impactos y las actividades que las proporcionan, tanto positivas como negativas para cualquier proyecto, siempre implican un plan de mejoramiento o de manejo, ya sea para la mitigación de las afectaciones negativas o aumento de la calidad de los planes que son implementados en el estudio a tratarse.

El estudio realizado y la evaluación que se haga de la ejecución de la actividad autorizada con base en el mismo, tiene como fines: predecir, analizar e interpretar los efectos ambientales potenciales de una propuesta en sus distintas fases; verificar el cumplimiento de las disposiciones ambientales; proponer las correspondientes medidas preventivas, mitigantes y correctivas a que hubiere lugar; y verificar si las predicciones de los impactos ambientales son válidas y las medidas efectivas para contrarrestar los daños. Está concebida dentro de la familia

de los instrumentos de gestión ambiental, previsto y regulado en la mayoría de los ordenamientos jurídico-ambientales de los Estados de la comunidad internacional, y en tal carácter forma parte del proceso de estandarización de la normativa ambiental o Derecho Ambiental estándar que se aplica (Sanchez, 2017).

De acuerdo a los conceptos y estudios sobre como asemejar un aspecto e impacto ambiental de las actividades y en este caso, de la producción de hidrocarburos en las empresas prestadoras del servicio en Colombia, se logró organizar una serie de impactos significativos que representan el proceso después de ser explorado el pozo, haberle realizado actividad sísmica y también perforado en su profundidad con las tecnologías adecuadas, que en la actualidad, siguen siendo convencionales, lastimosamente para el medio ambiente y los recursos naturales.

2.2.3 Matriz de aspectos e impactos

A continuación, se identificaron los siguientes aspectos e impactos ambientales involucrados en el proceso de producción de hidrocarburos por el inadecuado manejo, transporte y disposición final de los residuos aceitosos borras generados en la extracción de crudo en el sector de la economía colombiana, desde la fase inicial del proceso de arranque de la extracción hasta el transporte y carga del material aceitoso presentado después de la perforación de un pozo petrolero.

Tabla 1.

Matriz de aspectos e impactos ambientales

ACTIVIDAD / ETAPA	ASPECTOS IDENTIFICADOS	IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS
Entrada y salida de vehículos	1. Emisiones de gases 2. Consumo de combustibles fósiles	1. Contaminación del aire 2. Uso de recursos no renovables
Arranque (inicio) y final	1. Generación de residuos 2. Generación de ruido 3. Consumo de combustibles fósiles	1. Contaminación del suelo. 2. Afectación a la comunidad. 3. Contaminación del aire.

Operación de producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Derrame de hidrocarburos 2. Generación de residuos especiales y peligrosos. 3. Incendios por combustibles 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación de agua superficial y subterránea. 2. Contaminación del suelo. 3. Contaminación del aire. 4. Riesgos sobre la salud y ambiente
Limpieza y aseo de planta de producción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Consumo de agua superficial 2. Vertimiento de aguas domésticas 3. Generación de residuos sólidos ordinarios. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agotamiento de recursos naturales. 2. Contaminación del agua.
Almacenamiento de productos químicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de residuos peligrosos y especiales. 2. Derrame de productos químicos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del suelo.
Mantenimiento de tanques de almacenamiento de crudo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vertimiento de aguas y residuos aceitosos. 2. Generación de emisiones 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del suelo. 2. Contaminación del agua. 3. Contaminación atmosférica.
Operación de plantas de tratamientos de agua	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de residuos especiales y peligrosos. 2. Vertimientos de aguas residuales. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del agua. 2. Agotamiento del recurso agua. 3. Contaminación del suelo
Transporte de residuos aceitosos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Generación de residuos peligrosos y especiales. 2. Derrame de residuos peligrosos. 3. Explosión o incendios por derrame de residuos peligrosos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del suelo
Recibo de tanques de relevo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Vertimientos de residuos aceitosos. 2. Derrames de hidrocarburos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contaminación del suelo. 2. Contaminación del agua superficial.

Presentación proyecto comunidad	1. Generación de vertimientos y sequias.	1. Afectaciones a territorios de comunidades civiles y étnicas.
Presentación proyecto comunidad	1. Educación ambiental	1. Inversión social (desarrollo de proyectos a comunidades étnicas).
Presentación del proyecto a la comunidad	1. Generación de empleo.	1. Mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad.

Nota: Elaboración propia.

Durante la operación de un pozo petrolero, se necesita realizar un montaje del equipo y la maquinaria para realizar el proyecto. Para esta actividad, se hace necesario la construcción de vías de acceso, esto ocasiona un daño sobre la flora, ya que se deforesta un área considerable para realizar la infraestructura vial y realizar el montaje de la infraestructura petrolera. Con esta deforestación, también se destruye el hábitat de múltiples especies que habitan la zona de influencia, lo que ocasiona una pérdida o desplazamiento de estas (Guarin, 2020).

Por otro lado, las emisiones de contaminantes se reflejan en la mala calidad del aire determinadas en la industria, pues como lo mencionamos anteriormente, los óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, van a la atmosfera directamente generando un caos medio ambiental para las empresas prestadoras del servicio, que por lo mínimo sus soluciones y remediaciones deben ser inmediatas.

Es así como también, el transporte de los residuos aceitosos en diversas ocasiones presenta derrames del mencionado material por causas inherentes a la actividad. Los incendios o explosiones afectan el suelo, y en locaciones aledañas a cuerpos de agua donde se presentan una alta contaminación en perdidas irremediables de impactos negativos.

Los impactos más importantes identificados de la figura anterior tienen que ver con impactos en la economía en el área de influencia con oportunidades laborales y aumento en el nivel de ingresos de las personas de las comunidades. Además, uno de los impactos negativos más significativos es la afectación en la calidad de vida de las personas, tanto por los daños a los medios biótico y abiótico, como de problemas relacionados con la corrupción y la delincuencia (Guarin, 2020).

3. APLICABILIDAD DE LA NORMA ISO 14001:2015 EN EL SECTOR DE HIDROCARBUROS

Teniendo en cuenta su enfoque sistemático en la gestión ambiental, “el Sistema de Gestión Ambiental es aplicable a organizaciones de todos los sectores industriales indistintamente del tamaño y actividad económica a la que se dedique la empresa” ya que por medio de este se busca reducir los usos derrochadores de los recursos naturales aportando a la administración eficiente de los mismos (Arteaga, 2020).

Por otra parte, su aplicabilidad también se fundamenta en el interés de las empresas en la mejora continua y el cumplimiento legal. Lo anterior ha conducido a que las organizaciones adopten un enfoque metódico con relación al cuidado del ambiente por medio de la implementación de la Norma Internacional ISO 14001, la cual “puede proporcionar información a la alta dirección para generar éxito a largo plazo y crear las opciones para contribuir al desarrollo sostenible mediante:

- La protección del medio ambiente, mediante la prevención o mitigación de impactos ambientales adversos
- La mitigación de efectos potencialmente adversos a las condiciones ambientales sobre la organización
- El apoyo a la organización en el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.
- La mejora del desempeño ambiental (ICONTEC, ISO 14001:2015).

Con la norma ISO 14001:2015 se busca entender el contexto de la organización identificando y aprovechando las oportunidades estratégicas de su entorno, teniendo en cuenta las condiciones ambientales locales, regionales o globales que puedan afectar la organización buscando una dirección estratégica ambiental. Después de tener identificadas las oportunidades estratégicas, estas se deben priorizar, en cuanto a la importancia de mitigar los efectos adversos o aprovechar los efectos beneficios sobre la organización (Diaz, 2020)

De acuerdo a estudios anteriores de gestión ambiental en el sector de hidrocarburos en Colombia y por ejemplo, la empresa de producción de hidrocarburos se fundamenta en los requisitos de la norma ISO 14001:2015 para la extracción de petróleo crudo y gas por perforación de pozos en yacimientos sobre tierra incluyendo los siguientes procesos: decantación, desalinización, deshidratación, estabilización, eliminación de fracciones muy

livianas y entre otros además de las actividades relacionadas con éstas. La gestión ambiental de la empresa de producción de hidrocarburos está asociada a las plantas situadas en los departamentos del Meta, Guaviare, Arauca y Casanare, así como a su zona de influencia. Teniendo como actores principales las relaciones con las diferentes partes interesadas entre las cuales se destaca la comunidad, el estado, la empresa y las autoridades ambientales con sus diferentes requerimientos legales basados en el marco jurídico ambiental nacional e internacional todo ello en pro de la reducción de emisiones de CO₂, consumo de recursos naturales no renovables, uso eficiente del agua, racionalizar y optimizar el consumo de materiales plásticos, gestión eficiente los residuos sólidos peligrosos y la reducción de vertimientos industriales asociados a las actividades de la compañía mitigando su impacto en el medioambiente. Enfocándose hacia la inversión social, la ecoeficiencia y la sostenibilidad de la operación en el tiempo y frente a las diferentes amenazas externas que aquejan el sector a nivel nacional como lo son los actores armados, las conexiones ilegales a los sistemas de transporte y el robo de combustibles fósiles (Machuca, 2018).

3.1 Generalidades de la ISO 14001:2015

La Norma Internacional ISO 14001:2015 actualiza los requisitos con orientación para su uso en los sistemas de gestión ambiental, argumentando y explicando el alcance de cada uno de sus ítems para que la empresa o el sector en los cuales se apliquen, cuestione interna y externamente sus actividades y necesidades alcanzando el éxito de todas las funciones y niveles de la organización.

Para este caso, en el sector de hidrocarburos y específicamente en el proceso de producción de petróleos, se determinarán los conceptos y términos, como las acciones para abordar los riesgos y oportunidades del sistema de gestión ambiental, puesto a que se interpretarán brevemente en el presente documento los requisitos dada la problemática de impactos ambientales presentada en la actividad.

3.1.1 Sistema de gestión ambiental

Para que las organizaciones cumplan sus objetivos en desempeño y sostenibilidad ambiental, esta debe establecer, implementar y mejorar continuamente su sistema de gestión ambiental, que incluyan los procesos necesarios y sus interacciones, de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 14001:2015.

Esto, para el proceso de producción de hidrocarburos y directamente para las empresas prestadoras del servicio, es un requisito indispensable para la ejecución de proyectos,

determinando cuáles serán sus alcances y límites, contemplando su planta de personal, sus entradas y salidas, como también cada una de las partes dentro de sus instalaciones físicas.

El sistema de gestión ambiental debe certificarse y mantenerse certificada en la Norma Técnica Internacional donde, como toda norma deben ir conectados cada uno de sus lineamientos dentro de la empresa como también de sus servicios prestados, como lo es en este caso la producción o extracción del crudo en la industria de hidrocarburos.

3.1.2 Liderazgo y compromiso

En las empresas prestadoras del servicio de producción o extracción de hidrocarburos, la alta dirección o gerencia en algunos casos, deben asegurar compromiso para el cumplimiento de los lineamientos del sistema de gestión ambiental.

Este, debe asegurar las políticas ambientales en cuanto a normatividad para establecer tratamientos y disposición final de residuos, en este caso, las políticas o reglamentaciones adecuadas para toda la gestión integral de las borras, como también, promover la eficacia del sistema promoviendo la mejora continua de cada una de sus líneas de servicios, manteniendo el compromiso y el cumplimiento de sus procesos de gestión ambiental.

3.1.3 Política ambiental

Dentro del sector de hidrocarburos, diferentes organizaciones deben establecer una política ambiental, en la cual se refleje el contexto de la empresa, sus líneas de servicio y la responsabilidad que la misma tiene de garantizar el cuidado y conservación del medio ambiente.

Por ejemplo, una empresa puede comprometerse con su personal activo a cumplir:

- Implementar un programa de remediación de suelos afectados por carga y descargue de crudo extraído de la producción del petróleo.
- Cumplir con las legislaciones y normas ambientales, relacionados con los impactos ambientales generados del proceso de producción de hidrocarburos.
- Disminuir el uso de los recursos naturales no renovables en los procesos de hidrocarburos que se presenten en los proyectos a ejecutar.

En el caso de la operación de la actividad de extracción de crudo, las organizaciones deben establecer políticas y, sobre todo, cumplir con sus objetivos ambientales, que por lo mínimo debe llevar una trazabilidad para el adecuado cumplimiento de la certificación del sistema de gestión.

3.1.4 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización

La estructura organizacional de una empresa, siempre va ligada a la alta dirección, sus subalternos, ingenieros y demás profesionales, encargados de cumplir con los compromisos, como de los servicios prestados en el sector.

El área encargada y la misma organización, debe asegurar que la alta dirección o gerencia comunique los roles pertinentes de su estructura y que tenga la capacidad de evaluar la gestión del sistema con los requisitos de la norma para el cumplimiento de su respectiva certificación.

3.1.5 Planificación

3.1.5.1 Acciones para abordar riesgos y oportunidades

En el apartado número seis (6) de la propia norma internacional las empresas deben considerar los alcances del sistema de gestión ambiental frente a los resultados que estas desean obtener. Para evaluar sus riesgos y oportunidades, las empresas deben tener claridad sobre los servicios que brinda y como los logra brindar.

Para el caso de la operación de la extracción de los hidrocarburos, se pueden tratar:

- Los mantenimientos de tanques de almacenamiento de crudo.
- Las plantas de tratamiento de aguas.
- Almacenamiento de productos químicos.
- Arranque de maquinarias y equipos a trabajarse.

Estos dentro del alcance de sus procesos, sistema de gestión ambiental, teniendo en cuenta el tipo de riesgo, su responsable, su mitigación de impacto, como, las acciones si llegara a ocurrir algún incidente no deseado dentro de sus actividades en los proyectos manejados por las empresas prestadoras del servicio de producción de hidrocarburos.

3.1.6. Aspectos ambientales

En el segundo capítulo del presente documento, se han mencionado, los aspectos e impactos ambientales asociados al proceso de producción de hidrocarburos, con el fin de determinar su importancia y relevancia, donde, en cada proyecto se deben determinar para incorporarlos en su sistema de gestión ambiental.

Los residuos borras que se generan en la producción del petróleo, se determinan por medio de matrices de identificación de cada una de las actividades, sus evaluaciones y controles para abordar acciones de mitigación (Ver tabla 1).

En cuanto a sus requisitos legales, se deben registrar en específico las autorizaciones de transporte, disposición final, leyes gubernamentales como también, legislaciones para los manejos adecuados de los residuos borras y todo lo que interviene el proceso de producción como mejora operacional.

3.1.7 Planificación de acciones

Para las organizaciones prestadores del servicio de producción de hidrocarburos se calculan establecer objetivos ambientales de acuerdo a sus aspectos e impactos ambientales encontrados. Estos, deben ser basados en su sistema de gestión ambiental siendo coherentes con sus normativas actualizándose y comunicándose, como lo dicta la alta dirección.

Con el fin de lograr y determinar las acciones para la ejecución de los proyectos de la actividad mencionada de hidrocarburos, estos deben definir:

- Responsables de las actividades.
- Recursos.
- Acciones.
- Fechas de inicio y finalización.

3.1.8 Apoyo

3.1.8.1 Recursos

Las organizaciones prestadoras del servicio de producción de hidrocarburos, deben asegurar su compromiso por mantener el sistema de gestión ambiental brindando los recursos que se necesiten para la ejecución de los proyectos y lograr su certificación basada en la presente norma.

3.1.8.2 Competencia

Las organizaciones prestadoras del servicio de producción de hidrocarburos, deben asegurar que su planta personal y talento humano sean competentes para asegurar el cumplimiento de su sistema de gestión ambiental ante cualquier proyecto requerido.

3.1.8.3 Toma de conciencia

Las organizaciones deben asegurar que las personas que hacen parte de su sistema de gestión ambiental y directamente de su talento humano, deben tomar conciencia las políticas ambientales que se presenten, los aspectos e impactos ambientales significativos, como también las acciones legales a cumplirse dentro de la empresa.

3.1.8.4 Comunicación

El sistema de gestión ambiental de la empresa que participe en la prestación del servicio de producción de hidrocarburos, debe comunicar tanto interna como externamente su información documentada sus políticas, análisis y comunicaciones pertinentes al sistema implementado.

3.1.8.5 Información documentada

De acuerdo a las etapas del proceso de producción de hidrocarburos, estas deben contener matrices, identificaciones, políticas, acciones, riesgos, aspectos e impactos ambientales, alcances y programas de medidas correctivas, es necesario que cada una de las informaciones mencionadas, tengan un soporte documentado siguiente cada uno de los criterios de la implementación de la correspondiente norma.

3.1.9 Operación

Las organizaciones que implementen el sistema de gestión ambiental, deben ejercer control sobre los procesos o líneas de servicio, que este preste a la industria de hidrocarburos. Esto, con el fin de mantener al día los requisitos del sistema y las acciones determinadas para abordar cambios, consecuencias y procedimientos sean externos o internos.

En el proceso de producción o extracción de hidrocarburos, las organizaciones deben tener en cuenta un plan de control donde deben abarcar:

- Cronograma de mantenimiento de maquinarias y equipos.
- Asegurar el área de seguridad y salud en el trabajo para su personal.
- Implementar programas de uso eficiente de los recursos naturales no renovables.
- Implementar programa de manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos borras.
- Velar por el cumplimiento de la normatividad legal ambiental vigente en el proceso de extracción de crudo de hidrocarburos.

Estos, teniendo en cuenta sus aspectos e impactos ambientales y factores de riesgos ante cualquier consecuencia o emergencia no deseada para la organización y su personal activo. También es recomendable, preparar planes y brigadas ante las emergencias en cuanto a:

- Derrames de crudo.
- Derrames de residuos aceitosos borras.
- Inundaciones.
- Accidentes en el transporte de carga y descarga de residuos.

- Accidentes laborales.

3.1.10 Evaluación del desempeño

3.1.10.1 Seguimiento, medición, análisis y evaluación

Las empresas con líneas de servicio en la industria de hidrocarburos, deben determinar su desempeño ambiental siendo necesario realizar:

- Seguimientos al cumplimiento de indicadores de gestión de las líneas del servicio.
- Métodos de evaluación de criterios para mantener el sistema de gestión.
- Determinar los procesos que necesiten seguimiento y medición frente a normatividad legal vigente.

Algunos métodos necesarios para incluirlos en sus políticas ambientales y evaluar el cumplimiento de sus objetivos organizacionales.

3.1.10.2 Auditoría interna

Las empresas prestadoras del servicio de producción o extracción de crudo, deben realizar auditorías internas organizadas en tiempos determinados, donde permitan conocer los indicadores y los procesos cumplidos en la gestión de cada uno de sus proyectos, ejecutados por la misma organización para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 14001:2015.

Con lo anterior, la organización debe comunicar a sus profesionales activos la documentación soportada de los seguimientos de cada una de las líneas de servicio, para obtener resultados positivos desde el cumplimiento de sus objetivos empresariales como, los requisitos de la norma.

En las auditorías internas en cabeza por la alta dirección se deben considerar las siguientes revisiones:

- Evaluar y revisar las conformidades y no conformidades del sistema.
- Evaluar y revisar los riesgos y oportunidades de la ejecución de los proyectos.
- Revisar el cumplimiento de los objetivos ambientales.
- Cuestionar los cambios y los requisitos legales, donde se presente la norma.

3.1.11 Mejora continua

Las organizaciones que presten servicios de producción de hidrocarburos en la industria deben determinar la eficacia y conveniencia del sistema de gestión ambiental para mejorar su desempeño ambiental en cuanto a:

- Procesos de maquinaria y equipos de extracción de crudo.
- Disposición final de residuos sólidos borras.
- Cumplimiento de objetivos ambientales.
- Evaluar oportunidades de mejora en la ejecución de proyectos.

Las organizaciones del presente sector industrial de la economía del país, debe responder y cuestionar la mejora de su sistema de gestión, teniendo en cuenta el origen de sus acciones pertinentes y superar los objetivos previstos desde el inicio de la certificación.

Así como los requisitos de la norma internacional son la línea base para iniciar la ejecución de proyectos de gestión ambiental de las empresas en el sector de hidrocarburos, también se debe tener en cuenta la normatividad que respalde el uso, la generación, el aprovechamiento y la disposición final de residuos sólidos que se encuentran en las actividades de producción del petróleo a nivel nacional.

3.2 CICLO PHVA

El ciclo o enfoque PHVA escogido para el proceso de producción de hidrocarburos, como modelo que proporcionará a las empresas prestadoras del servicio lograr la mejora continua en sus operaciones y el alcance de las políticas ambientales como ventaja en la ejecución de proyectos de sostenibilidad ambiental.

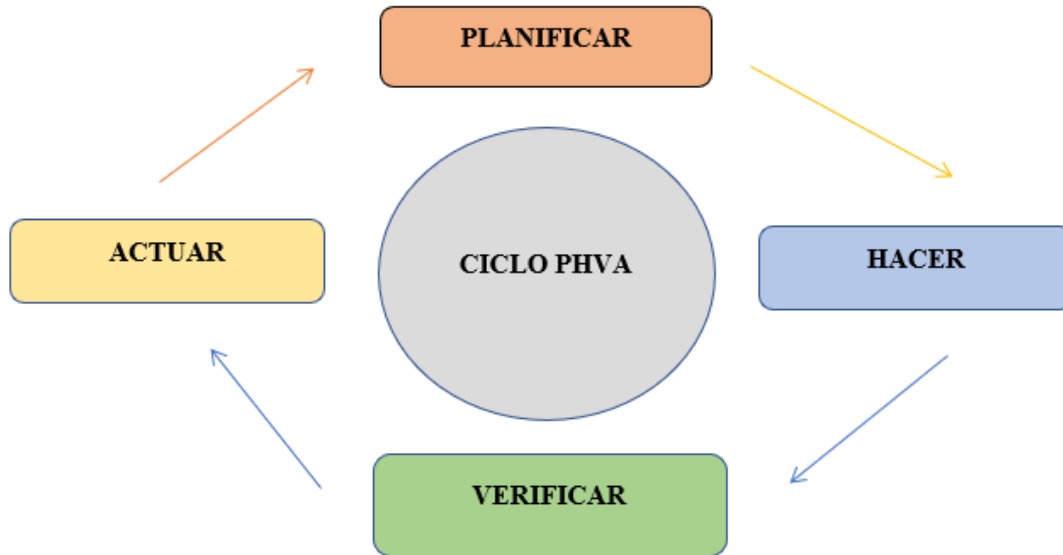
Para resolver varios problemas dentro de la empresa, existen muchos métodos que pueden utilizarse, incluido el ciclo PHVA, que es una herramienta para la gestión de procesos, el mantenimiento y la mejora continua de su rendimiento y, por lo tanto, del rendimiento de la empresa; Es la guía que ayuda a la compañía a resolver problemas de manera ordenada (Alayo, 2019).

Para plantear y usar estrategias basadas en el método PHVA, el análisis de la información y las actitudes de cuestionamiento se utilizan como técnicas. Se utiliza como registro de datos los aspectos e impactos ambientales, como también, las estrategias de mejora continua de cada una de las organizaciones que presten el servicio de producción de hidrocarburos en Colombia.

Este modelo, promueve un proceso interactivo usando las organizaciones para conseguir la mejora continua. Este se puede aplicar, basándose en la siguiente figura con fuente propia:

Figura 1.

Modelo de ciclo PHVA



Nota: Elaboración Propia.

De acuerdo a esto, para desarrollar cada proceso se puede realizar una descripción de:

- Planear: establecer los objetivos necesarios en base a la política ambiental de la compañía con el fin de determinar que procesos y acciones se deben ejecutar para conseguir resultados
- Hacer: con base a lo planificado se empieza a llevar a cabo los procesos y acciones que ayudarán a cumplir los objetivos estipulados con base a la política ambiental.
- Verificar: se debe monitorear todos los procesos y acciones que se estén ejecutando para cumplir con los objetivos planteados, esto con el fin de medir y evaluar que estos estén dando los resultados esperados
- Actuar: tomar las decisiones necesarias con el fin de que el SGA (Sistema de Gestión Ambiental) mejore continuamente (Olarte, 2020).

La necesidad de implementar esta estrategia de mejoramiento operacional para las empresas, es representar las cuestiones internas y externas, comprendiendo las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas, teniendo como resultados el alcance del sistema de gestión ambiental adecuado. En este caso, para las ejecuciones de proyectos de producción de hidrocarburos en el sector industrial.

Dentro de este esquema, encontramos:

- Planear: Planeación (6).
- Hacer: Soporte y operación (7 y 8).
- Verificación: Evaluación del desempeño (9).
- Actuar: Mejora (10) (ICONTEC, ISO 14001:2015).

Componiendo, estos como resultado el liderazgo, las partes interesadas, el contexto de la organización e incluidas las interacciones de las empresas prestadoras del servicio de producción de hidrocarburos.

Basada en la Norma ISO 14001:2015 donde se establecen los requisitos que debe satisfacer una organización, esta debe tener soportada por lo mínimo un modelo PHVA como herramienta de mejora continua. Para este caso, el sistema de gestión ambiental adecuado para la operación del proceso de producción de hidrocarburos, realizado a continuación (Ver Tabla 2).

Tabla 2.

Modelo PHVA para las empresas prestadoras del servicio de producción.

CICLO PHVA	
PLANIFICAR	Utilización de tecnologías limpias en la producción de hidrocarburos
	Manejo de vertimientos, emisiones de aire y generación de residuos sólidos.
	Realizar estrategias para el cumplimiento de las actividades de producción en cuanto a normatividad legal.
	Determinar el alcance del sistema de gestión ambiental.
HACER	Planes de contingencia en el transporte de residuos aceitosos borras.
	Seguimiento de los cumplimientos de los permisos para el manejo, transporte y disposición final de residuos borras.
	Programas de educación y gestión ambiental dentro de las empresas.

	Verificar la planeación de los planes y las estrategias del proceso de operación de hidrocarburos.
VERIFICAR	Planillas de control y seguimiento de cantidades por barril de producción de borras.
	Seguimiento a los hallazgos encontrados en el proceso de producción.
	Indicadores de producción por residuo sólido generado.
	Realizar auditorías internas frecuentemente para revisar el estado del SGA.
ACTUAR	Ejecución de acciones correctivas.
	Generar oportunidades de mejora a los procesos y a profesionales encargados.
	Adoptar medidas para abordar las no conformidades.
	Lograr los resultados previstos en los objetivos y desempeño ambiental del SGA de la empresa.

Nota: Elaboración propia.

La Gestión Ambiental se ha convertido en una licencia para operar, aumentar la competitividad y mejorar las condiciones de vida de los grupos de interés directa e indirectamente relacionados con las organizaciones. La empresa de hidrocarburos analizada, tiene fortalezas en el ámbito de la gestión ambiental, es necesario incluir acciones diversas y efectivas que contribuyan en el desarrollo (Machuca, 2018).

Con base a la anterior tabla, las organizaciones que prestan el servicio de producción de hidrocarburos tienen que tener en cuenta la importancia de implementar el esquema del ciclo PHVA, pues esta les permitirá relacionar manejos, normatividad, seguimiento y monitoreo a procesos llevados por las empresas, como también la función de minimizar impactos y riesgos ambientales provocados por la actividad.

Es también, asegurar que cada acción en pro de la mejora continua de la organización asegurar que todo lo incluido en el ciclo antes mencionado, sea coherente con las políticas ambientales medibles, y sean objeto de seguimiento actualizado según sea lo correspondiente a las auditorías

internas de evaluación del desempeño de todas las líneas de servicio de la organización, sobre todo, la producción o extracción de hidrocarburos.

En cuanto a beneficios, la implementación de los SGA, mejora la actuación ambiental y las metas económicas trazadas por la organización, pues se enfoca en la búsqueda de un desarrollo sostenible bajo un esquema ecoeficiente, aplicado a todos los procesos productivos. Teniendo en cuenta lo anterior, solo aquellas organizaciones cuya dirección se encuentran comprometida con los objetivos planteados en su política, asigna recursos adecuados para poder implementar las medidas ambientales necesarias, comunicación y entrenamiento de los trabajadores de la empresa y auditorías integradas para poder realizar un seguimiento de los aspectos ambientales; han logrado alcanzar la excelencia ambiental en el funcionamiento y la aplicación de los SGA propuestos (Acuña, 2017).

4. PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL SECTOR DE HIDROCARBUROS

De acuerdo a la matriz de aspectos e impactos ambientales presentados en el segundo capítulo del presente documento y el diagnóstico claro de la relación entre las actividades que comprenden el proceso de producción de hidrocarburos, la adecuada disposición final de residuos sólidos busca también implementar tecnologías o alternativas para la mitigación de estos impactos analizados anteriormente, ya que en su potencial la certificación como mejoramiento operacional sea una herramienta indispensable.

La gestión en términos basados desde la Norma ISO 14001:2015 comprenden que el sector de hidrocarburos y directamente el proceso de producción, son actividades que, dentro de la industria, la protección del medio ambiente y el equilibrio entre los proyectos con los recursos naturales no renovables, se enfocan en los mismos beneficios socio económicos que las organizaciones buscan.

El impacto de implementar un sistema de gestión ambiental en una organización de este tipo va desde el enfoque de su visión y misión corporativa hasta sus planes estratégicos (políticas y gobiernos corporativos), por otra parte los procesos internos de la empresa se ven influenciados hacia la gestión integrada dando la importancia que requiere el manejo adecuado de la documentación así como la estandarización de los procesos teniendo en cuenta los diferentes aspectos e impactos ambientales asociados al sector productivo en cuestión (Estevez, 2018).

4.1 Alternativas de disposición final de residuos sólidos borras

Como consecuencia de las aglomeraciones de los hidrocarburos, la emulsión del agua en el crudo y la retención de sedimentos en aquella; los grados API disminuyen, alcanzando valores incluso inferiores a 10 °API, formándose masas densas y viscosas, difíciles de bombear, que se depositan en el fondo de los tanques, reduciendo su capacidad, o generan taponamientos en las tuberías (Valbuena, 2015).

Para llevar a cabo la adecuada disposición final de los residuos aceitosos borras, las empresas de servicios de petróleo realizan tratamientos internos como externos a la organización. Para el caso de hidrocarburos, dentro de los métodos de solución para almacenar estos materiales tóxicos e inflamables encontramos la biorremediación, incineración y lecho de secado, que se describieron a continuación.

4.1.1 Biorremediación

La biorremediación consiste en la eliminación de contaminantes usando microorganismos. Es un proceso complejo que debe tener en cuenta aspectos de la naturaleza y cantidad de contaminantes, las condiciones locales y la composición de la comunidad microbiana autóctona. El material contaminado se trata en el sitio ó en biorreactores (Valbuena, 2015).

Para el caso de los hidrocarburos, la biorremediación del suelo, es el más económico. En el tratamiento de tierras se puede controlar el lugar y, hasta cierto punto, la tasa de degradación, pero necesita cierta preparación para asegurar que la escorrentía y la lixiviación no extiendan los contaminantes. Los hidrocarburos se aplican al suelo de tal forma que se consiga una concentración del 5% en los 15- 20 cm superiores del suelo; por encima del 10% se inhiben los procesos de biodegradación. Estos límites de concentración se traducen en que por cada 100 mil litros de hidrocarburos se necesita una hectárea de tierra. El pH se ajusta mediante caliza entre 7 y 8. Se aplican abonos que aporten Nitrógeno y Fósforo en una relación de N=200:1, P=800:1. Durante este tipo de tratamientos, hay emisión de compuestos volátiles a la atmósfera. Sin embargo, no todos los hidrocarburos son degradados con la misma velocidad o con la misma eficiencia; los hidrocarburos aromáticos policíclicos (o PHA's por sus siglas en inglés), comúnmente presentes en crudos extrapesados, muy similares a las borras, usualmente son recalcitrantes, potencialmente bioacumulables y altamente carcinogénicos, lo que implica que su degradación por biorremediación no es fácil y debe hacerse con cuidado (Valbuena, 2015).

4.1.2 Incineración

La incineración es el método de tratamiento de los residuos más antiguo; tiene como principio la combustión controlada de los residuos, transformándolos en materiales no combustibles, inodoros, homogéneos e inertes.

La incineración consiste en la oxidación exotérmica rápida de los compuestos combustibles. A través de este método se reduce el volumen de los residuos, pero se generan emisiones; los costos de capital, operación y mantenimiento son altos; requiere personal de operación calificado y requiere control de emisiones gaseosas. Las temperaturas que se manejan en los incineradores pueden estar cercanas a los 800°C. Es necesaria la inyección de oxígeno para combustión completa, para lo cual es necesario realizar análisis elementales de la composición, para estimar los requerimientos teóricos del aire y oxígeno. Dentro de los incineradores, el más usado, es el incinerador de pisos múltiple, por ser durable, de operación simple, y puede manejar cargas de cantidad y calidad variables. Otro tipo de incinerador común, es el de lecho fluidizado

que es un depósito vertical cilíndrico de acero revestido con material refractario, que contiene un lecho de arena y orificios para alimentar aire para la producción y mantenimiento de combustión continua (Valbuena, 2015).

Finalmente, los residuos son llevados a los incineradores licenciados por parte de la Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena (Cormacarena), en donde son dispuestos finalmente por medio del proceso de incineración, para lo cual contamos con los vehículos especializados para el transporte de los residuos incinerables cumpliendo todas las normativas para su transporte. (Sandoval, 2012).

4.1.3 Lecho de secado

Es un proceso para remover orgánicos y agua de los sólidos. Estos procesos operan a mucha menor temperatura que los incineradores y en ausencia de oxígeno, puesto que no se pretende que exista combustión de los desechos. Las mezclas de orgánicos, agua y sólidos se calientan para separar los volátiles. El agua en el desecho se convierte en vapor y ayuda a despojar compuestos semivolátiles de punto de ebullición alto (Gómez, 2015).

La operación del secado natural empieza con la descarga de las borras almacenadas en un tanque, recipiente de proceso o similar. El lodo que sale es ubicado junto al fondo, pues es aquel que presenta el más alto grado de estabilización sin producir gases.

Como consecuencia de la presión hidrostática a la cual está sujeta en el fondo, el agua intersticial de las borras está saturada de gases. Cuando estas borras es transferido en un recipiente a la presión atmosférica, los gases tienen su solubilidad disminuida desprendiéndose bajo la forma de burbujas. Cuando las borras son distribuidas sobre una superficie permeable, arena, por ejemplo, la camada de agua relativamente clara que queda debajo del lodo drena con facilidad, hasta que la parte concentrada de sólidos se deposita sobre la arena. La mayor parte de esa agua puede así ser removida (Valbuena, 2015).

Con la extracción de estos solventes y aplicación de alternativas para la mitigación de impactos ambientales producidos por los residuos borras desde la operación de extracción de crudo de hidrocarburos, la ventaja de aplicar estas se reducen costos por la disposición final del residuo, que, al recuperarse el crudo, se generan menos contenido de borras correspondientes a partículas, sedimentos o aguas desde el primer paso de la perforación del pozo explorado.

4.2 Caracterización de residuos borras

Conocido el proceso de producción de hidrocarburos es necesario clasificar cada uno de los residuos aceitosos borras presentados en la extracción del crudo. En este paso, lograr la minimización de la producción de los residuos, identificando la clasificación adecuadamente, los costos y riesgos operacionales debido a sus características.

De acuerdo al Decreto 4741 de 2005, proviene de los resultados de la inscripción en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, dicho proceso se enmarca en el cumplimiento del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076 de 2015, Título 6. Residuos Peligrosos, artículos 2.2.6.1.1.1. – 2.2.6.2.3.6 y Anexos I, II, III. (Decreto 4741 de 2005).

Identificados los residuos y ante la normatividad legal ambiental vigente, los residuos que se describen en dichas corrientes obedecen generalmente a borras, lodos aceitosos, lodos con presencia de hidrocarburos y mezclas y emulsiones de hidrocarburos con agua. Para nuestro caso particular, se deben principalmente a lodos aceitosos generados en las actividades de extracción de petróleo crudo, código CIIU 0610. Para la corriente A3010 los residuos generados corresponden a residuos sólidos aceitosos (CORANTIOQUIA, 2015).

La corriente mayoritaria Y9+A4060- mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos conformada generalmente por residuos como borras, lodos aceitosos, lodos con presencia de hidrocarburos y mezclas y emulsiones de hidrocarburos con agua, permite inferir que la actividad productiva correspondiente a la extracción de petróleo crudo fue la que aportó mayor cantidad de residuos peligrosos en 2015 (CORANTIOQUIA, 2015).

Es también importante, El tratamiento completo de un residuo tipo borra, es decir incluida su disposición, implica más de una técnica de tratamiento específica, toda vez que por su composición natural las borras tienen tres elementos como son agua, sólidos e hidrocarburo, y como tal el tratamiento de cada uno de los mismos exige métodos diferentes (Gómez, 2015).

4.3 Aprovechamiento de residuos borras

De acuerdo con la identificación del residuo aceitoso generado por la producción de hidrocarburos, el aprovechamiento de este residuo cuestiona la industria de la construcción como la industria agroindustrial, en términos de transformación como proceso productivo por su potencial aprovechador.

Para que este residuo se incorpore en la industria de la construcción, este debe entregarse en condiciones líquidas en las instalaciones de CEMEX Colombia S.A., cumpliendo con la caracterización certificando el debido tratamiento necesario para satisfacer los parámetros de estabilidad requeridos por el material, y dando cabal cumplimiento a todos los aspectos del marco regulatorio expuestos (Molina, 2014).

Dentro de los parámetros relevantes de aceptación se destacan:

- Capacidad calorífica superior a 14.0 Mj/Kg
- Ausencia de cenizas y compuestos volátiles.
- Ausencia de metales pesados.
- Contenido de cloro inferior a 0.2%.
- Contenido de azufre inferior a 2.5%

Por tratarse de un material catalogado como peligroso, el aceite residual debe transportarse asegurando condiciones mínimas de hermeticidad, impermeabilidad y otras precauciones establecidas en el Decreto 1609 de 2002 del Ministerio de Transporte por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Existen en Colombia alrededor de 30 compañías de transporte terrestre que tienen vehículos adaptados para cumplir con los requerimientos establecidos en el decreto anteriormente mencionado (Molina, 2014).

Para el almacenamiento de este residuo, como se ha ido nombrando en el desarrollo del trabajo, este puede realizarse en los mismos tanques de almacenamiento de combustible, cumpliendo con condiciones específicas de seguridad industrial, acorde a la normativa manejada por las organizaciones o el externo prestante del servicio de transporte.

La industria cementera tiene el potencial de reutilizar el residuo aceitoso de la industria petrolera como combustible sustituto, actividad conocida como co-procesamiento, que básicamente se define como la incineración llevada a cabo en hornos rotatorios para la producción del Clinker sin producción posterior de otro tipo de residuo. Este co-procesamiento, además de eliminar el riesgo ambiental que tiene el residuo industrial per se, favorece el remplazo de combustibles tradicionales no renovables como el carbón, permitiendo la incorporación de compuestos minerales presentes en el residuo industrial dentro de la harina base del cemento, remplazando parte del combustible requerido para alimentar el horno y contribuyendo de esta forma a la disposición final de dicho residuo (Molina, 2014).

Aunque no solamente existen borras en el sector de hidrocarburos, en el sector agroindustrial se generan productos y subproductos que representan cantidades significativas de contaminación. En este caso, El aprovechamiento de los residuos agroindustriales permite dar solución a diferentes problemáticas ambientales originadas tanto por la generación y disposición de estos residuos como por otros factores producto del desarrollo de otros sectores productivos. De igual manera, ayuda a disminuir el uso de recursos naturales renovables y no renovables como materia prima de ciertos productos, y genera empleo y recursos económicos (Ruiz, 2020)

De acuerdo a la industria investigada en el presente documento, el sector de hidrocarburos presenta desconocimiento de normatividad ambiental, tratamientos y aprovechamientos de residuos borras como también, la importancia de la orientación de esta norma técnica internacional, como herramienta de mejora operacional en el proceso de producción del petróleo.

Es por esto que, a pesar de las diferentes tesis frente a la generación de residuos borras, la aplicabilidad de la norma y la identificación de aspectos e impactos ambientales, logran brindarles a las organizaciones, acciones de mejora que le permitan en la ejecución de proyectos los cumplimientos y conocimientos adecuados para la operación de la misma.

Una vez evaluados los criterios de la Norma ISO 14001:2015 y se hayan identificado las acciones positivas y negativas de la extracción del crudo, los profesionales de las empresas entrevistadas presentadas a continuación, lograron permitir el estudio realizado frente al sector económico más importante del país y la importancia de conservar los recursos naturales no renovables, que la actividad económica presenta (Ver Anexo 1).

CONCLUSIONES

- La aplicabilidad de la Norma ISO 14001:2015 para el proceso de producción de hidrocarburos en Colombia, es de gran importancia, puesto a que las organizaciones aumentan su desempeño ambiental, también, esta identifica los riesgos operacionales sino se les dicta una gestión integral de residuos sólidos peligrosos.
- Los aspectos e impactos ambientales identificados en la operación de producción de hidrocarburos, contempla en primera instancia la generación de residuos especiales y peligrosos, obteniendo como resultado una contaminación significativa en los diversos recursos naturales. Es por ello que, la necesidad de disponer adecuadamente estos residuos o tener un control sobre estos, es de gran necesidad para el cumplimiento ambiental de las organizaciones.
- Mediante el análisis del ciclo PHVA propuesto en el documento, se concluye que la aplicación de este enfoque, asegura dar cumplimiento a los permisos, tramites, planes de contingencia y seguimiento a cada una de las líneas de los procesos que conlleva la generación de residuos borras en el proceso de producción de hidrocarburos.
- En la descripción de la cadena del sector de hidrocarburos, se concluye que el acelerado crecimiento económico de esta actividad, la conservación de los recursos naturales no renovables es de suma urgencia, crear planes y programas en pro de la conservación de los mismos de manera inmediata.
- Realizar auditorías internas a las líneas de servicio de la organización, generan acciones correctivas importantes para mantener la certificación actual como también, alternativas de seguimiento a los hallazgos presentados por el derrame de hidrocarburos en la producción de petróleo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las organizaciones que presten el servicio de producción de hidrocarburos, llevar a cabo programas de mitigación de impactos ambientales y manejo de residuos sólidos con el fin de garantizar el compromiso y los objetivos ambientales propuestos en su sistema de gestión ambiental.
- Evaluar y monitorear constantemente los procesos de producción de hidrocarburos, como mejora continua de la organización, generando indicadores de cumplimiento en cuanto a límites permisibles de generación del residuo borra.
- Implementar las estrategias de gestión ambiental mencionadas, para el adecuado tratamiento y disposición final, así como también la utilización de este material para futuras transformaciones.
- Identificar las ventajas del alcance de los requisitos de la Norma ISO 14001:2015 como herramienta de gestión ambiental, cuyo valor agregado es el compromiso ambiental y responsable de la ejecución de proyectos en la industria del petróleo.
- Retroalimentar el ciclo PHVA expuesto en el documento, como herramienta base en la identificación de procesos de entrada y salida de la actividad de producción de hidrocarburos.

ANEXOS

ALCANCE DE LOS REQUISITOS DE LA NORMA ISO 14001:2015 COMO ESTRATEGIA DE MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS EN COLOMBIA.

En la producción del petróleo se evidencian problemáticas de tipo ambiental que generalmente afectan a la salud de sus trabajadores y a la comunidad, uno de los impactos ambientales más significativos es la generación y desaprovechamiento de los residuos sólidos aceitosos llamados "borras", los cuales como mínimo deben ser dispuestos correctamente para evitar todo tipo de incumplimientos.

Se identificó la necesidad de analizar el alcance de los requisitos de la Norma ISO 14001:2015 para la sistematización de la gestión ambiental que se plantea para solucionar las problemáticas ambientales asociadas a la actividad de producción. Se considera que este es un instrumento para fortalecer los esfuerzos realizados por las organizaciones relacionadas al sector, para prevenir las afectaciones ambientales, para dar cumplimiento a la responsabilidad de tratar los residuos contaminados con hidrocarburos y para el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

A continuación, se proponen ocho (8) preguntas, las cuales fueron diseñadas para guiarnos en el diagnóstico del manejo y disposición final de los residuos aceitosos "borras":

1 ¿La empresa en la que labora actualmente está certificada en la Norma ISO 14001:2015?

- SI
- NO

2. Si tu respuesta es NO. ¿Cuál de los siguientes aspectos enmarcaría la causa de no haber implementado la Norma ISO 14001:2015 en su compañía?

- No de interés para la empresa
- La empresa difícilmente cumple con los requisitos
- Son desconocidos los beneficios de su implementación
- Otro:

3. ¿Qué impactos ambientales y sociales se presentan en el proceso de producción de hidrocarburos? Por favor nombre

Opción 1 ▼

4. ¿Qué conocimiento tiene en el tratamiento y disposición final de los residuos aceitosos "borras"?

Que el tratamiento de estos residuos se puede realizar en biorremediación o disponer en celdas de seguridad

5. ¿En tu empresa, qué alternativas utilizan para la reducción de impactos en el derrame de residuos aceitosos en la etapa de producción de hidrocarburos?

Como tal es más en la disposición de esos residuos y se tienen Planes de Contingencia en el transporte de estas sustancias, se reportan y caracterizan todos los residuos, se manejan las fichas de seguridad de cada uno

6. ¿Es conocida la caracterización de los residuos manejados en su empresa?

Si es conocida, se realizan las pruebas básicas físico químicas y las exigidas por la licencia otorgada a la empresa y por la res 0631 artículo 14

7. ¿Se hace seguimiento a la producción de los residuos?, por ejemplo, indicadores como volumen por barril de crudo, tiempo de la producción del desecho, volumen o peso tratado, control del impacto, entre otros.

Si se realiza seguimiento de Bbl

8. ¿Qué aspectos de la gestión ambiental realizada en el proceso de producción de hidrocarburos en la empresa en la cual labora podrían destacarse?

El tratamiento y estabilización, la implementación de planes de contingencia y prevención de riesgos constantes

Este formulario se creó en Fundación Universidad de América.

Nota: Elaboración propia.

BIBLIOGRAFIA

- Acuña, N. (2017). *Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v25n1/0718-3305-ingeniare-25-01-00143.pdf>
- Alayo, C. M. (2019). *Aplicación del ciclo PHVA en el área de producción para incrementar la productividad de*. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/45937/Alayo_MCM-Diaz_CDJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ANCAP. (2017). *PROCESO DE REFINERIA*. Obtenido de <https://www.ancap.com.uy/1855/1/procesos-de-la-refineria.html>
- ANH. (2018). *CADENA DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS*. Obtenido de <https://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx>
- Arteaga, G. M. (2020). *EVALUACION DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES CON FINES*. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7873/1/559788-2020-I-GC.pdf>
- BOGOTÁ, A. (2012). *Aspectos e impactos ambientales*. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=1c697920-c8b1-4425-8952-1b16718a223b&groupId=24732
- Calao, J. E. (Diciembre de 2009). *Caracterización ambiental de la industria petrolera*. Obtenido de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2538/15646742_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carrillo, M. L. (2013). *RECUPERACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS PRESENTES EN LOS RESIDUOS Y PASIVOS*. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/33622/1/148714.pdf>
- Claudia Machuca, K. S. (22 de Noviembre de 2018). *Criterios de implementación ISO 14001:2015 Caso*. Obtenido de padlet.com/dhseq2101/xjihzzq551ul
- CORANTIOQUIA. (2015). *Indicadores de Residuos Peligrosos en la Jurisdicción*. Obtenido de <http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Residuos/Peligrosos/Indicadores/Indicadores%20RESPEL%202015.pdf>
- Diana Gutierrez, V. N. (2018). *PETRÓLEO Y SOCIEDAD*. Obtenido de <https://repositorio.iber.edu.co/bitstream/001/880/5/Petr%C3%B3leo%20y%20sociedad%20el%20caso%20de%20Colombia%20y%20Argentina.pdf#page=42>
- Diaz, L. P. (2020). *BASES PARA LA IMPLEMENTACION DE LA NORMA ISO 14001 EN LA*. Obtenido de

- <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8049/1/644839-2020-III-GA.pdf>
- Estevez, K. (2018). *Criterios de implementación ISO 14001:2015 Caso*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/23867/sbuilesb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giraldo, O. E. (2013). *ANÁLISIS GERENCIAL DE LOS PROCESOS IMPLEMENTADOS PARA LA*. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/33685/1/148630.pdf>
- Giraldo, O. M. (2013). *ANÁLISIS GERENCIAL DE LOS PROCESOS IMPLEMENTADOS PARA LA*. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/33685/1/148630.pdf>
- Gómez, L. P. (2015). *MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS BORRAS DE*. Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2867/1/M%C3%A9todos%20utilizados%20tratamiento_G%C3%B3mez_2015.pdf
- Gonzalez, C. P. (2011). *Renta minera, petróleo y comunidades*. Obtenido de <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2018/08/RENTA-MINERA-PETROCC%81LEO-Y-COMUNIDADE.pdf>
- Guarin, L. D. (2020). *IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN PETROLERA EN*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7843/1/463974-2020-I-GA.pdf>
- HOCOL. (2018). *Perforación exploratoria*. Obtenido de cartilla exploratoria: <https://www.hocol.com.co/hocol-ensena/CartillaExploratoria.pdf>
- ICONTEC. (2015). *14001*. Obtenido de <https://ecollection.icontec.org/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=3646BF78E751220163B875B5741BB64AD715A8A4F61667D9&Req=>
- ICONTEC. (s.f.). *ISO 14001:2015*. Obtenido de <https://www.nueva-iso-14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- Jaramillo, J. E. (2020). *Producción de conocimiento en políticas públicas de la industria*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/maest_politica_relaciones/2/
- Machuca, C. (Noviembre de 2018). *Criterios de implementación ISO 14001:2015 Caso*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/23867/sbuilesb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINENERGIA. (2020). *Guías para transporte de crudo por carrotanques*. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/guias-para-transporte-de-crudo-por-carrotanque>
- Molina, G. (MAYO de 2014). *ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL USO DE RESIDUOS ACEITOSOS COMO*. Obtenido de

- https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/77232/1/estudio_residuos_aceitosos.pdf
- Niño, L. A. (2019). *TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE BORRAS*. Obtenido de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/498-Colombia-poster.pdf>
- Niño, L. A. (2019). *TRATAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE BORRAS*. Obtenido de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/498-Colombia-poster.pdf>
- Olarte, D. M. (2020). *PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN*. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7840/1/485473-2020-I-GA.pdf>
- Ruiz, M. (2020). *APROVECHAMIENTO DE UN RESIDUO DERIVADO*. Obtenido de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/5079/1/Ruiz%2C%20Manuel%20Trabajo%20de%20Intensificaci%C3%B3n.pdf>
- Sanchez, A. A. (Abril de 2017). *LA INSPECCIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-LaInspeccionAmbientaLaEvaluacionDeImpactoAmbienta-5926174.pdf>
- Sandoval, E. (2012). *VIABILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA QUE PRESTE LOS*. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/3305/L%C3%B3pezAndres2012.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Torres, K. P. (2014). *ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/77275036.pdf>
- Training, E. (octubre de 2020). *Formación petrolera para no petroleros*. Obtenido de la exploración petrolera.
- training, F. B.-e. (2020). *Formación petrolera para no petroleros*. Bogotá, Colombia .
- Valbuena, S. (2015). *DISEÑO DE UNA MEZCLA ENTRE MATERIAL GRANULAR Y BORRAS*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4997/SierraGonz%C3%A1lezJos%C3%A9Maicol2015.pdf?sequence=1>
- YPF, F. (2011). *REFINACIÓN DEL PETROLERO: PARTE 1*. Obtenido de https://fundacionypf.org/publicaciones/Educacion/EDUCACION_FET_Actualizacion_Tecnologica_3.pdf
- Z, A. A. (2015). *PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS 1* . Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56177243/Compendio_I.pdf?1522202725=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DREPUBLICA_BOLIVARIANA_DE_VENEZUELA_INSTI.pdf&Expires=1611203049&Signature=IZtTGCHHe5Cmu6ju2vt6sSUzC4lkCDXi3Dond2wAOhMUs9P4ldPVFzN4