

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL SECTOR HIDROCARBUROS EN
COLOMBIA PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN
AMBIENTAL NORMA ISO-14001:2015.

IAN STEVAN ACEVEDO JARAMILLO
LUIS FELIPE BEDOYA BEDOYA
DIANA CAMILA CALDERÓN HERRERA

Proyecto integrado para optar por el título de:
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Director:

JULIAN ANDRES GOMEZ VARGAS

Administrador de Empresas

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE CIENCIA ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ D.C

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre

Firma del director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. Febrero de 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Dr. Marcel Hofstetter Gascón

Directora de programa

Dr. Julián Andrés Gómez Vargas

DEDICATORIA

Dedicó de manera especial a mis papás quienes fueron un apoyo incondicional para mi vida profesional, proporcionándome la responsabilidad y las ganas de salir adelante sin darme por vencido. Gracias dios por concederme la mejor compañía que puedo tener.

Ian Stevan Acevedo Jaramillo

Expresó mis más sinceros agradecimientos principalmente a mis padres que siempre han estado presentes apoyándome a lograr mis objetivos y sueños, en segundo lugar, a mis compañeros y profesores con los que estuve trabajando para finiquitar este logro.

Luis Felipe Bedoya Bedoya

Mi atención y esfuerzo en este trabajo va dedicado a cada persona que me ama y cree en mí, en mis posibilidades de alcanzar mis objetivos, mis sueños y mis aspiraciones. Cada acción y enseñanza que contribuye en mí, me hace ser mejor persona. Gracias.

Diana Camila Calderón Herrera

Las directivas de la Universidad de América, Los jurados calificadores y el cuerpo docente. No son responsables por los criterios e ideas expuestos en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCIÓN	10
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DE LA IDEA	12
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	13
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general	14
4.2. Objetivos específicos	14
5. MARCO TEÓRICO	15
5.1 Tratamiento de aguas residuales	15
5.2 Clasificación de tratamientos de aguas residuales	15
5.2.1 <i>Tratamientos Físicos</i>	15
5.2.2 <i>Tratamientos químicos</i>	16
5.2.3 <i>Tratamientos Biológicos</i>	17
5.3 Gestión	18
5.3.1 <i>Sistemas de Gestión Ambiental</i>	19
5.3.2 <i>ISO 14001:2015</i>	19
5.3.3 <i>Requisitos mínimos para implementar un sistema de gestión ambiental</i>	20
5.3.4 <i>Implementación</i>	21
6 CAPÍTULOS	28
6.1 Capítulos I Y II	28
6.1.1 <i>Tratamientos superficiales convencionales</i>	29
6.1.2 <i>Tratamientos Físicos</i>	30

6.1.3	<i>Tratamientos con membranas bajo cambio de presión</i>	32
6.2	Capítulo III	32
6.3	Capítulo IV	39
6.3.1	<i>Fase Planear</i>	40
6.3.2	<i>Fase Hacer</i>	42
6.3.3	<i>Fase Verificar</i>	42
7	CONCLUSIONES	43
	BIBLIOGRAFÍA	45

RESUMEN

El documento presente nos indica los lineamientos de la norma ISO-14001:2015 en el tratamiento de aguas residuales del sector hidrocarburos en Colombia, con una estructuración de investigación moderna, iniciando por recopilación de datos e información de la situación actual de los sistemas de gestión ambiental implementados en tratamientos de agua residuales utilizados en la industria, además de ello examinando la importancia de la validación de esta certificación, dándole un sello de seguridad y confianza. Aumentando las oportunidades de competencia y calidad en sus procesos.

Seguido de esto, analizamos la manera de implementación del sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2015, donde se divide en cuatro fases: planear (definir metas, métodos para cumplirlas, educación y capacitación), hacer (realizar la implementación), verificar (comprobación de la ejecución de las tareas) y actuar (definición de metas), de esta manera, la integración de esto nos permitirá tener una mejor administración de los procesos necesarios, para el cumplimiento de la legislación, regulaciones ambientales, exigencias por los clientes, incrementarían la eficacia de los procesos, ahorros en costos y que cumpla no solo con los requerimientos normativos, sino que desempeñe las ventajas para la actividad que desarrollan efectuando los objetivos ambientales sostenibles.

Palabras Claves: Agua, Tratamiento químico, Sistemas de gestión, ISO 14001:2015, Tratamiento Físico, residuos, hidrocarburos.

Área de Investigación: Medio ambiente, Sistemas de Gestión, Tratamiento de agua y Control de residuos.

INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años es evidente la contaminación ambiental producida por las diferentes acciones que ejecuta la humanidad, es por ello que diferentes organizaciones desean minimizar el impacto y deterioro ambiental y de los recursos naturales.

Uno de los impactos ambientales más relevantes de los últimos años es la contaminación de fuentes hídricas, por esta razón se busca tratar el agua residual para disminuir el deterioro de cuerpos de agua los cuales son fundamentales para los humanos.

Por consiguiente, el objetivo general del presente proyecto consiste en evaluar la implementación de los lineamientos de la norma ISO 14001:2015 en el tratamiento de aguas residuales en el sector de hidrocarburos en Colombia con el fin de dar solución a un tratamiento de aguas eficaz cumpliendo con el sistema de gestión ambiental establecido.

Los aspectos metodológicos utilizados en el proyecto se basaron en un proceso de recolección de información de los diferentes tratamientos de agua que se utilizan en la actualidad y los lineamientos de la norma ISO 14001:2015 con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos previstos.

Para el desarrollo del proyecto se estructuraron 4 capítulos en los que se determinarán qué tratamientos de agua son los adecuados para dar cumplimiento a la norma empleada.

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Uno de los problemas presentes en la industria del petróleo es la contaminación del agua producto del uso inadecuado posterior a las operaciones extractivas. Lo anterior, ha generado opiniones altamente controversiales debido a su inminente impacto ambiental y a la vez que se trata de un recurso primario y no renovable.

Sin embargo, los campos petroleros producen elevadas cantidades de agua en donde se encuentran compuestos orgánicos e inorgánicos, principalmente sedimentos, sales, metales pesados, gases y químicos en concentraciones sumamente altas. Según las características del agua, se determinarán los tratamientos necesarios para llevar a cabo procesos de desinfección, desalinización, remoción de los residuos del crudo, desgasificación, eliminación de los sólidos en suspensión y metales pesados para la reutilización del recurso.

Teniendo en cuenta que la producción convencional de gas y petróleo extrae a su vez agua de los yacimientos petrolíferos. La relación agua-petróleo ha aumentado con el tiempo. En la actualidad la importancia de los sistemas de gestión no se implementa de la mejor manera lo cual causa una amenaza medioambiental de esta forma se busca la orientación de los requisitos de la norma ISO-14001:2015 como instrumento del progreso continuo en el sector de hidrocarburos teniendo, un mejor contexto en el área de disminución de riesgos de operación en el tratamiento de aguas.

Aunque se ha intentado remediar y controlar el problema expuesto, no se ha desarrollado una solución óptima. Lo anterior, debido a falta de recursos económicos, vertimientos accidentales, disminución de oxígeno o, aún más preocupante: el uso exclusivo de tratamiento primario, gestión inapropiada o una combinación de todos.

El agua obtenida se desecha en un gran porcentaje, produciendo un daño ambiental que representa un alto costo para las operadoras en los tratamientos del agua para una reinyección al subsuelo. Lo que genera a largo plazo infertilidad del suelo y contaminación de pozos de agua subterráneas. Tal modelo de funcionamiento se constituye como un proceso de *economía no renovable* (David Timmons, 2014).

2. PLANTEAMIENTO DE LA IDEA

La presente investigación se realizará para el cumplimiento de los sistemas de gestión integrado de la norma ISO-14001:2015 conceptualmente al uso del agua proveniente del proceso de extracción del petróleo, para así lograr los estándares estipulados en la norma. De igual manera, se pretende generar una oportunidad de alianza y negocio para la sostenibilidad, ya que, al ser un recurso natural no renovable, las operaciones extractivas lo afectan.

Buscando alternativas que se presentan como una *economía circular* – renovable (acciona, 2018), por medio del análisis de la cantidad de agua que puede ser recuperada con fines de poderla implementar de diferentes maneras. Siendo está, una colaboración en la implementación de las propuestas de sistemas de gestión ambiental basadas en la ISO-14001:2015 en los sistemas de tratamientos de aguas.

De tal manera, se justifica poner en evidencia los múltiples beneficios que conlleva todo este proceso, no solo para el medio ambiente, sino para las empresas que deseen implementarlo como una alternativa de negocio y desarrollo sostenible.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la responsabilidad que tiene el sector de hidrocarburos con el tratamiento de aguas residuales en el cumplimiento de la política de los sistemas integrados ambientales?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivos generales

Evaluar la implementación de los lineamientos de la norma ISO-14001:2015 en el tratamiento de aguas residuales del sector de hidrocarburos en Colombia.

4.2 Objetivos específicos

- Recopilar datos e información de la situación actual de tratamientos de agua residuales del sector de hidrocarburos en Colombia.
- Describir la situación que se presenta actualmente en los tratamientos de aguas residuales del sector de hidrocarburos en Colombia.
- Analizar la aplicación de la norma ISO 14001:2015 en el sector de hidrocarburos en las empresas colombianas.
- Plantear alternativas de mejora para lograr el desarrollo de operaciones en los tratamientos de agua utilizados en el sector de hidrocarburos en Colombia.

5. MARCO TEÓRICO

La industria del sector de hidrocarburos representa un gran aporte al desarrollo del país donde sus operaciones tienen un alto uso de agua siendo esta una materia orgánica y no renovable, actualmente se conocen problemas ambientales relacionados con el impertinente uso, o ignorancia frente a las políticas legales o ausencia de ellas frente a la práctica por eso mismo la importancia de un sistema integrado de gestión ambiental, el cual rige el proceso adecuado de aguas residuales para mitigar el impacto ambiental de la industria del hidrocarburo.

5.1 Tratamiento de Aguas Residuales

Es el conjunto de operaciones de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuyo objetivo es eliminar o minimizar la contaminación o propiedades indeseables del agua, ya sea natural, de abastecimiento, de proceso (aguas residuales).

El objetivo de estas operaciones es lograr obtener aguas con las características adecuadas para el uso que se les designe, por lo que la ejecución y procedimiento del tratamiento no es fijo, ya que varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

5.2. Clasificación de tratamientos de aguas residuales

Se clasifican según el tipo del agua residual, ya que las características y composiciones de los compuestos varían.

5.2.1. Tratamientos Físicos

Son procesos que buscan eliminar las partículas sólidas en suspensión que acompañan al agua residual de tamaño grande y mediano, así como los aceites, las grasas y materia orgánica, reduciendo en gran cantidad la carga contaminante en las aguas residuales con sistemas de filtros, rejillas, separadores, coagulación, floculación y desarenador.

El objetivo es realizar estos tratamientos para poder facilitar y ser más riguroso en los tratamientos que entran en detalle en las aguas residuales, para eliminar las grandes cantidades que pueden presentarse como obstáculos para los otros tratamientos.

Dentro de los tratamientos físicos se puede clasificar de la siguiente manera:

5.2. 1.a. Sistemas de Desbaste. Se clasifican en dos:

5.2.1.a.i. Retención en Rejas. Su funcionamiento se basa en unas barras de acero inoxidable ubicadas perpendicularmente a la dirección de la corriente del fluido con una ligera inclinación.

5.2. 1.a.ii. Retención en Tamices. Para este proceso son utilizadas placas perforadas o mallas metálicas que suelen ser más efectivas en la eliminación de sólidos por sus aperturas tan pequeñas, se puede llevar la combinación de ambos procesos para aumentar su eficiencia.

5.2.1.b. Desarenador. Este proceso es más riguroso, eliminando las partículas de granulometría superiores a los 200 μm , para evitar sedimentos en los canales, para el correcto funcionamiento de las bombas y otros equipos que pueden presentar daños, esto se evita con desarenador de flujo horizontal y desarenador aireado.

5.2.1.c Sistemas de Filtrado. Consiste en el paso de una mezcla sólido-líquidos, permitiendo el flujo de la sustancia y reteniendo los sólidos que transporta a través de un medio poroso, que consta de dos fases:

La fase de filtración que permite eliminar la materia en suspensión, por medio de flujos en un lecho granular con o sin la adición de reactivos químicos, por otra parte, tenemos el lavado o regeneración del mismo a contracorriente para eliminar los sólidos acumulados y mantener el funcionamiento óptimo.

5.2.1.d Sistema de Sedimentología. Para este proceso unitario que consiste en la separación, que basa su funcionamiento en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido, se evidencia una mayor facilidad de su separación con diferencial alto, esto con ayuda de la gravedad, de las fases sólida y líquida de una suspensión diluida.

5.2.2. Tratamientos Químicos

Son procesos que tienen características químicas, se refieren a la concentración de minerales presentes en el agua y que son perjudiciales para el hombre, para este proceso se aplican los siguientes tratamientos:

5.2.2.a. Neutralización. La neutralización es una tecnología utilizada en aguas residuales para ajustar el valor de pH. Por lo general se realiza después de procesos como la precipitación y la floculación. Con el fin de neutralizar aguas residuales industriales, usualmente se añaden ácidos o bases según necesidad.

5.2.2.b Oxidación/Reducción. La reacción redox (reducción-oxidación) tiene una amplia variedad de aplicaciones en el tratamiento químico de aguas residuales y en el tratamiento de agua potable. Este proceso elimina los hidrocarburos clorados y los pesticidas del agua potable.

5.2.2.c. Adsorción y Quimisorción. En la purificación de aguas residuales, el carbón activado se utiliza para sintetizar sustancias solubles en agua que no pueden eliminarse lo suficiente mediante procesos económicos como el tratamiento biológico de aguas residuales y los métodos de sedimentación y coagulación. Por lo tanto, los tintes en la industria textil solo pueden eliminarse por completo absorbiendo carbón activado.

5.2.2.d Precipitación. La precipitación es un proceso químico en el que las sustancias previamente disueltas se separan de la solución. Un método comúnmente utilizado es realizar una reacción de precipitación añadiendo sustancias adecuadas. Los metales pesados pueden ser precipitados, transfiriéndolos a hidróxidos metálicos ligeramente solubles. En ocasiones es necesaria la precipitación.

5.2.2.e Floculación. La floculación es una técnica que facilita la separación de partículas finas del agua, tanto en suspensión como en solución coloidal.

5.2.2.f Intercambio de Iones. Los intercambiadores de iones son adecuados para la eliminación selectiva de metales pesados y aniones. Por lo tanto, se utilizan como "filtros de supervisión" después de la sedimentación / floculación. También se utilizan para ablandamiento de agua, desalación y cambios de salinización. Son particularmente importantes en la industria de los semiconductores, donde se utilizan para obtener.

5.2.3. Tratamientos Biológicos

Son procesos de tratamiento en los cuales se hace uso de microorganismos tales como bacterias o algas para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables en el agua, aprovechando la capacidad metabólica de los organismos sobre los contaminantes que puedan presentarse.

El propósito de los tratamientos biológicos es reducir la concentración de materia orgánica, reducir los nutrientes y la eliminación de patógenos y parásitos.

Generalmente, estos tratamientos consisten en la eliminación de materia orgánica biodegradable, soluble y coloidal, de la misma manera la laminación de los compuestos que tiene nutrientes como nitrógeno y fósforo.

Dentro de los tratamientos biológicos se puede clasificar de la siguiente manera:

5.2.3.a. Sistemas Aerobios. Tienen como aceptor el oxígeno, esto le ayuda a los microorganismos a tener un crecimiento más marcado, dando rendimientos energéticos altos.

5.2.3.b Sistemas Anaerobios. Para este caso el aceptor de electrones es la propia materia orgánica, siendo la fuente de carbono para el proceso, en donde su mayoría de componentes orgánicos se destinan para formación de subproductos (Biogás, CO₂ y metano), y una parte mínima se destina a la formación de los lodos, esto generando una doble ventaja cuando de rendimiento del proceso se habla.

5.2.3.c Sistemas Anóxicos. Este proceso consiste en que sus receptores no son de oxígeno ni orgánicos, en este caso los receptores suelen ser nitrato, sulfato e hidrógeno. Cuando el aceptor de electrones final es el nitrato, debido al proceso metabólico, el nitrógeno en la molécula de nitrato se convierte en nitrógeno, captura y elimina el nitrógeno del agua en un proceso llamado desnitrificación.

5.3 Gestión

Los procesos de gestión constituyen en funciones y actividades organizadas. Donde los actores deben llevar a cabo con el fin de lograr los objetivos sistemáticamente planteados. Estos procesos se conceptualizan con íntegros y ciclos bajando en una buena planificación, ejecución, verificación y retroalimentación. Basando en un ciclo PHVA (Planeación, hacer, verificar y actuar).

5.3.1 Sistema de Gestión Ambiental

Debido al aumento excesivo de la población mundial, los derrames de petróleo en alta mar, la gestión medioambiental y las emisiones de dióxido de carbono, la gestión medioambiental ha sido un término muy popular desde principios de la década de 1970. En el decenio de 1980 se amplió el alcance del problema. El efecto invernadero, la contaminación marina, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la lluvia ácida, la reducción de la capa de ozono asociada a los CFC, los desechos peligrosos, la pérdida de hábitat, la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, y suministro de agua dulce, crisis energética, erosión del suelo y desertificación. (Condiciones consideradas como la principal amenaza para el equilibrio de la naturaleza). Gracias a todos estos avances, la humanidad comprende que todas las actividades económicas, sociales y culturales cambiarán el ecosistema, por lo que es necesario cambiar la calidad e intensidad de estas relaciones. En este caso, la gestión ambiental parece ser más poderosa, como herramienta para buscar el equilibrio entre la demanda de los recursos naturales de la tierra y la capacidad de carga de la tierra, juega el papel de un elemento básico en la búsqueda de los recursos naturales de la tierra. Sostenibilidad ambiental, su principal objetivo es adecuar las actividades humanas al medio ambiente mediante la estimulación, promoción y control del medio. Misión, lo que significa que, debido a la situación de degradación actual, el comportamiento humano hacia la naturaleza ha sufrido un cambio de paradigma.

Por esto podemos definir la gestión ambiental como una herramienta que confirma varias acciones tenientes del uso. Conservación y aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente. Para poder establecer procesos con el fin de prevenir, compensar y controlar las actividades antrópicas causantes de un mal manejo de estas.

5.3.2 ISO 14001:2015

ISO 14001 2015 ayudará a las organizaciones a implementar una política para promover la protección ambiental específica para su entorno empresarial. Esto fortalecerá su compromiso con el desarrollo sostenible y la utilización de recursos, el cambio climático y la protección de los ecosistemas. La versión revisada de la norma también examinará el proceso de identificación y evaluación de factores ambientales desde la perspectiva del ciclo de vida de ISO, lo que significa que las empresas deberán pensar más allá de las áreas bajo su control directo. 14001: 2015 De cara al futuro, las metas ambientales considerarán factores internos y

externos relacionados con planes con al menos uno o más indicadores de desempeño. Estos objetivos también deben estar completamente integrados con los procesos de la empresa. En términos de planificación y control de la cadena de evaluación, ISO 14001: 2015 introduce un nuevo conjunto de requisitos para gestionar o afectar los procesos ascendentes y descendentes, incluidas todas las actividades externas como el transporte, el embalaje y la eliminación, así como la adquisición de bienes y servicios. Por último, la organización puede necesitar recopilar y proporcionar información sobre su impacto en el medio ambiente durante el uso del producto y la eliminación al final de su vida útil o durante la prestación de servicios.

5.3.3 Requisitos mínimos para implementar un Sistema de Gestión Ambiental (SGA)

Determinar los elementos que tengan impactos ambientales significativos.

- Identificar los requisitos legales en cada caso.
- Establecer las prioridades de la organización en materia ambiental.
- Determinar los objetivos y las metas.
- Comunicar y difundir el contenido de la Política Ambiental.
- Facilitar la implementación y la puesta en marcha de acciones correctivas.

El objetivo de todas las acciones, recordemos, es la protección del medio ambiente y la optimización de los procesos que contribuyan a ello.

Figura 1.

Diagrama de alcance de sistema de gestión ambiental



Nota. Descripción del diagrama de alcance de sistema de gestión ambiental. Tomada de: Organización Internacional de Normalización (ISO14001, 2015)

5.3.4 Implementación

5.3.4.a Comprensión de la organización y su contexto. La empresa tiene que determinar las cuestiones externas e internas que son relevantes para el propósito perseguido que afecta a la capacidad de conseguir los resultados deseados en el Sistema de Gestión Ambiental. Los resultados tienen que incluir ciertas condiciones ambientales que son afectadas por o es capaces de afectar a la organización.

5.3.4.a.i. Planificación. Acciones para tratar riesgos y oportunidades.

Generalidades: Las empresas establecen, implantan y mantienen los procesos necesarios para cumplir los requisitos del apartado.

Cuando se planifica un Sistema de Gestión Ambiental, la empresa tiene que considerar:

- Todas las cuestiones que se mencionan en el apartado Comprensión de la organización y su contexto.
- El alcance del Sistema de Gestión Ambiental.

5.3.4.a.ii. Determinación del alcance del Sistema de Gestión Ambiental. La empresa tiene que establecer los límites y la aplicación que tiene el Sistema de Gestión Ambiental a la hora de poder establecer su alcance. Cuando se determina el alcance, la empresa debe considerar:

- Todas las cuestiones externas e internas que se tratan en el apartado Comprensión de la organización y su contexto.
- Las obligaciones de cumplimiento que se tratan en el apartado Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.
- Las unidades, funciones y límites de la empresa.
- Las actividades, productos y servicios.
- La autoridad y la capacidad de ejercer control e influencia

Se tienen que determinar los riesgos y las oportunidades que se relacionan con:

- Todos los aspectos ambientales.
- Las obligaciones de cumplimiento.
- Las cuestiones y los requisitos de la norma.

Los procesos se deben utilizar para:

- Aportar mayor nivel de seguridad al Sistema de Gestión Ambiental, consiguiendo más resultados.
- Prevenir o minimizar los efectos no deseados.
- Conseguir una mejora continua.

La empresa tiene que mantener toda su información documentada, sobre todo de:

- Los riesgos y oportunidades que desea abordar.
- Las medidas necesarias para tener confianza de que se realizan según lo planeado.

Cuando se determinan todos los aspectos ambientales, la empresa debe contar con:

- El cambio que se produce al introducir nuevas actividades o modificarlas, además de servicios o productos.
- Identificar todas las posibles situaciones que no sean normales o de emergencia.

La empresa tiene como obligación en el cumplimiento de:

- Establecer y tener acceso a todas las obligaciones de cumplimiento que se relacionen con los aspectos ambientales.
- Determinar cómo las obligaciones de cumplimiento se aplican a la empresa.
- Conocer que obligaciones de cumplimiento tiene que establecer, implementar, mantener y mejorar de forma continua en el Sistema de Gestión Ambiental.

La empresa tiene que planificar:

- Como tomar acciones para hacer frente a distintos aspectos: aspectos ambientales significativos, obligaciones de cumplimiento y riesgos.
- La forma en la que puede integrar e implantar las acciones de los procesos del Sistema de Gestión Ambiental y otros procesos de negocio.
- La manera de realizar la evaluación de la eficiencia de las acciones llevadas a cabo.

5.3.4.b Objetivos ambientales y planificación para alcanzarlos

5.3.4.b.i. Objetivos ambientales. La empresa tiene que establecer los objetivos ambientales que desea alcanzar dentro de sus funciones y en los niveles pertinentes, conociendo previamente

los aspectos ambientales significativos y las obligaciones de cumplimiento que se encuentran asociadas a los riesgos y las oportunidades.

Los objetivos ambientales tienen que ser:

- Medibles
- Monitoreados
- Comunicados
- Coherentes con la política ambiental
- Actualizados según sea necesario

5.3.4.b.ii Planificación para alcanzarlos. Planificando la forma de conseguir los objetivos ambientales de la empresa se debe determinar:

- Lo que se quiere hacer.
- Los recursos necesarios.
- El responsable.
- La fecha en la que se encontrará completo.
- La manera en la que se realizará la evaluación de los resultados, incluyendo los indicadores y monitoreando el proceso hacia el logro de los objetivos.

5.3.4.c Política Ambiental. La dirección de la organización tiene que establecer, implantar y mantener una política ambiental que se encuentre dentro del alcance definido en el Sistema de Gestión Ambiental:

- Tiene que ser adecuada para conseguir los propósitos de la organización y se debe establecer el contexto de la empresa, incluyendo la magnitud, los impactos ambientales y la naturaleza durante las actividades, servicios y productos.
- Tiene que proporcionar un marco de referencia para establecer todos los
- objetivos ambientales en la organización.
- Incluyendo compromisos para la protección del medio ambiente, se incluye la prevención de la contaminación y otros más específicos del contexto de la empresa.

- Se tiene que incluir un compromiso de conformidad con todas las obligaciones de cumplimiento.
- Se incluye un compromiso de mejora continua en el Sistema de Gestión Ambiental para mejorar el desempeño ambiental de la organización.

La política ambiental tiene que incluir:

- Información actualizada y documentada.
- Comunicarse dentro de la empresa, inclusive a todas las personas que trabajan bajo el propio control de la empresa.
- Encontrarse disponible para todas las partes interesadas.
- El requisito específico los ítems que tienen que contemplarse en el proceso de redacción de la política ambiental de la organización.

5.3.4.d Información Documentada. El Sistema de Gestión Ambiental de la empresa tiene que incluir:

- Toda la información documentada requerida por la norma ISO 14001:2015.
- Información documentada que haya sido determinada por la organización y que sea necesaria para evaluar la eficacia del Sistema de Gestión Ambiental.

Al crear y actualizar la información documentada la empresa tiene que asegurarse de que:

- Se identifican y se describen.
- El formato utilizado.
- Que se revise y se apruebe con respecto a la adecuación y a la idoneidad.

La empresa tiene que controlar la identificación y descripción de la información documentada. Se refiere a un título, fecha, autor o número de referencia para conocer el contenido de la información y el poder de identificarla.

Control de la información documentada. La información documentada que requiere la norma ISO 14001:2015 a la hora de implementar un Sistema de Gestión Ambiental debe:

- Encontrarse disponible y ser adecuada para su utilización, en el momento y donde sea necesario.
- Que se encuentre protegida de forma adecuada.

- Para tener un control de la información documentada, la empresa tiene que tratar las siguientes actividades, según sea correspondiente:
- Distribuir, acceder, recuperar y utilizar.
- Almacenar y conservar, en lo que se debe incluir la preservación de legibilidad.
- Controlar todos los cambios.
- Retener y poner a disposición.

5.3.4.e Operaciones

5.3.4.e.i. Planificación y control operacional. La empresa debe establecer, implementar, controlar y mantener los procesos necesarios para cumplir con los requisitos del Sistema de Gestión Ambiental.

Según la perspectiva del ciclo de vida, la empresa debe:

- Determinar controles.
- Determinar los requisitos.
- Comunicar los requisitos.
- Considerar la necesidad de proporcionar información sobre los potenciales impactos ambientales.

La opción para implantar el requisito según la norma ISO 14001:2015:

- Establece criterios ambientales para generar los procesos.
- Implantar controles sobre los procesos de acuerdo con los criterios ambientales establecidos. Los controles pueden incluir controles de ingeniería, procedimientos, etc. La jerarquía de implantación de controles tiene que ser la prevención ambiental, la estrategia y la viabilidad de negocio.
- Implantar acciones de prevención de desviaciones de la política ambiental, los objetivos y las obligaciones de cumplimiento.

Según establece la norma ISO 14001:2015, un proceso contratado externamente es el que:

- Posee la función de integrar el funcionamiento de la empresa.
- El proceso necesario para que el SGA consiga sus objetivos.
- La empresa tiene la responsabilidad de ofrecer procesos que cumplan con todos los requisitos.

- La empresa y el proveedor externo tienen una relación integral.

Según el concepto de ciclo de vida, la empresa tiene que:

- Establecer los aspectos ambientales a la hora de comprar productos.
- Establecer controles para asegurar que los requisitos ambientales son considerados parte del proceso de diseño.
- Se deben comunicar los requisitos ambientales pertinentes para los proveedores externos, incluyendo los contratistas.
- A la hora de entregar productos y servicios, cuando finaliza el ciclo de vida, se tiene que considerar la necesidad que existe de facilitar información sobre los impactos ambientales significativos.

5.3.4.f Evaluación desempeño

5.3.4.f.i Generalidades. La empresa debe seguir, medir, analizar y evaluar el desempeño ambiental. La organización debe determinar que se necesita para seguir y medir los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación.

La organización debe asegurarse de que los equipos de seguimiento y medición se encuentran calibrados, se usan y se mantienen según sea apropiado.

La organización debe establecer:

- Será necesario realizar un seguimiento y medir la relación que guarda con las operaciones que pueden generar un impacto ambiental significativo, las obligaciones de cumplimiento, los controles operacionales, el progreso con relación a los objetivos ambientales de la organización.
- Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según se aplique, por lo que nos aseguramos de que sean válidos.
- Los criterios contra los que la organización realiza el desempeño ambiental, utilizando de forma adecuada los indicadores apropiados.
- El momento en el que se realiza el seguimiento y la medición.
- El momento en el que se tienen que analizar y evaluar los distintos resultados de seguimiento y medición.

5.3.4.f.ii Evaluación del cumplimiento. La organización debe establecer, implantar y mantener los procesos necesarios para evaluar el cumplimiento de sus obligaciones.

La empresa debe:

- Determinar la frecuencia con la que se evaluará el cumplimiento.
- Evaluar el cumplimiento y tomar medidas si es necesario.
- Mantener el conocimiento y la comprensión de su cumplimiento.

La organización tiene que:

- Establecer la frecuencia con la que se realiza la evaluación del cumplimiento.
- Evaluar el cumplimiento y comprender las acciones que sean necesarias.
- Mantener el conocimiento y la comprensión del estado de conformidad con las obligaciones de cumplimiento.

6. CAPÍTULOS

6.1. Capítulo 1 y 2

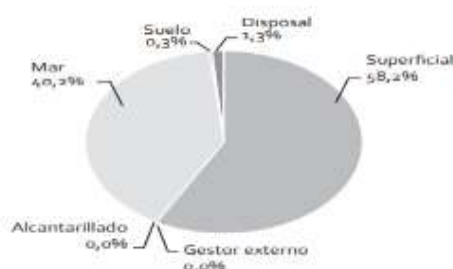
La industria petrolera es uno de los sectores que maneja y trabaja cantidades considerables de agua por lo cual gastan billones de dólares en el manejo de esta. En Colombia el agua es de suma importancia en fases de exploración, producción, refinación y transporte manejando un consumo bastante alto en fases de producción con un 91,72% en estas fases se incluyen procesos como lo son vertimientos industriales, domésticos, aguas de producción, reinyección, recobro mejorado, entre otros.

A partir del año 2003 se incrementaron las asignaciones de bloques de exploración petrolera, gracias a reformas que atrajeron la inversión de industrias extranjeras lo cual se incrementó considerablemente los barriles de petróleo, por consecuente la relación agua-petróleo (RAP), en el año 2015 fue de 12,45 barriles de agua por barril de crudo lo cual fue bastante alto considerando que en campos maduros se maneja rangos de RAP de 10 a 14 barriles de agua por cada barril de crudo.

Actualmente, se analizan estrategias como inyección de agua, vertimientos, agricultura y almacenamiento para dar al agua un manejo adecuado, en la siguiente imagen se describen los volúmenes de los destinos finales implementados en Colombia según la empresa Ecopetrol.

Figura 2.

Gráfico circular de disposición de volúmenes de agua a nivel Colombia



Nota: Gráfico circular con representación de disposición volumétrica de agua nivel Colombia sobre la disposición y almacenamiento de agua. Tomado de: Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana [Gráfico]. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/69792>

La mayor cantidad del volumen de agua producido por la industria petrolera en Colombia se destina a disposición subterránea (Disposal) con un 58,2%; y vertimientos superficiales con un 40,2 %. En el 2016, el volumen de agua destinado para Disposal fue de 120.03 millones de m³ y para reinyección fue de 50,94 millones de m³ (Ecopetrol, 2016).

Los vertimientos de agua hacen referencia a la a “Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido” (Decreto 3930, Presidencia de la República de Colombia, 2010). La industria petrolera en Colombia ha buscado la manera de minimizar este impacto con planes que incluyan una mínima descarga que comprenda la recirculación de fluidos de perforación exploratoria y de las aguas residuales.

Otros usos y destinos del agua residual en la industria del petróleo en Colombia son el disposal y la reinyección las cuales se llevan a cabo mediante los pozos perforados para la extracción de petróleo, el disposal se realiza en formaciones subterráneas profundas y aisladas de formaciones productoras con el objetivo de ser un canal para verter agua en el acuífero confinado y asegurar que no exista contacto alguno entre el volumen de agua inyectado y las zonas de interés y la reinyección se realiza por medio de formaciones conectadas hidráulicamente a la formación productora con el propósito de mantener la presión en las formaciones productoras, para hacer uso de estas alternativas se debe evaluar diferentes parámetros tanto operativos como de estudio del yacimiento como lo son las características de la roca, el tipo de fluido en base a su viscosidad, movilidad, miscibilidad y saturaciones, y los mecanismos de desplazamiento, movimiento de fluidos, eficiencia de barrido, entre otras consideraciones.

En Colombia gracias a la alta cantidad de agua producida se emplean diferentes métodos adicionales a los anteriormente descritos como lo son: Riego, refinación, petroquímica, mantenimiento de los pozos, lodos de perforación, entre otros usos.

6.1.1 Tratamientos superficiales convencionales

El tratamiento de aguas superficiales incluye la síntesis y la evaluación técnica de las tecnologías existentes y emergentes para verificar qué se puede considerar y en qué condiciones están. La evaluación técnica incluye el proceso de tratamiento de agua autónoma y los tipos de configuración entre los sistemas híbridos, para cumplir con las normas que se necesitan para el

tratamiento de agua. Las razones para elegir una configuración del proceso, basada en los requisitos de tratamiento de agua; Componentes interesados: grasa y aceite dispersos, elementos orgánicos solubles, partículas y arena suspendida en general, gas disuelto, sulfuro de hidrógeno, sal disuelta.

Según Avellaneda (2005), hasta 1996, los tratamientos superficiales para el agua consistían en la producción de métodos de tratamiento de superficie de agua que incluían estabilidad y floculación, así como biorremediación para degradar lodos aceitosos. Desde 2005, la mayoría de información está disponible en tesis universitarias de ingeniería química, ingeniería de petróleos y/o el gas y en las licencias ambientales otorgadas por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

6.1.2 Tratamientos físicos

Desengrasado: En esta etapa, los aceites y grasas se remueven del agua, incluidos los aceites libres, dispersos y emulsionados. Las principales técnicas para remover el exceso de aceite y grasa dependen del tamaño de la partícula, ya que este es el criterio de selección que determina el tiempo de retención. La siguiente tabla muestra las técnicas de remoción.

En Colombia se han realizado estudios sobre la optimización de estos procesos tradicionales de separación primaria y se ha propuesto una estrategia avanzada de control para mejorar la eficiencia del sistema de flotación y filtración.

Tabla 1.

Tecnologías para la remoción de grasas y aceites con base en el tamaño de partícula.

Tecnología	Rango de remoción	Características	Principales hallazgos	Referencia
Separador API	$D_p > 150 \mu\text{m}$	Rendimiento depende del tiempo de retención y efectos de adición de coagulantes o floculantes	Ineficiente con aceite emulsionado	Veil et al. (2004)
Separador de placas corrugadas	$D_p > 40 \mu\text{m}$	Depende de las diferencias de densidad, viscosidad, temperatura y régimen de flujo	Ineficiente con aceite emulsionado y presenta mejor desempeño acoplado al separador API, altos tiempos de retención	Arnold y Stewart (2008)
Flotación por gas inducido	$D_p > 3 \mu\text{m}$	Saturación del agua con el burbujeo de aire/gas	Bajos tiempos de retención en comparación al sistema de gas disuelto y alta eficiencia de remoción	Broussard (2003)
Hidrociclones	$D_p > 15 \mu\text{m}$	La eficiencia aumenta con la adición de unidades en serie. La caída de presión se debe controlar	Funciona con altas concentraciones de aceite, altos costos de mantenimiento y susceptible a incrustaciones	Arnold y Stewart (2008)
Filtración por membrana	$D_p > 0,01 \mu\text{m}$	Columna empacada con perlas poliméricas de tamaño de poro de 0,01 a 100um	Extrae eficientemente aceite disperso y compuestos aromáticos policíclicos	Lee et al. (2002)

D_p diámetro de partícula.

Nota. Clasificación de las diferentes tecnologías para la remoción de grasas y aceites con base en el tamaño de partícula. Tomada de: Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana. [Tabla 3]

Remoción de compuestos orgánicos disueltos (COD): para reducir la concentración de los COD en el proceso se han estudiado técnicas de extracción que permiten eliminar los hidrocarburos dispersos disolviendo pequeñas gotas de aceite. Una es la adsorción, que es beneficiosa para eliminar los hidrocarburos disueltos, y la otra es la oxidación, utilizando ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta, además de reducir los requisitos químicos y biológicos de oxígeno en el agua, ya que se evita la saturación del material adsorbente, que se compone de carbón activado, materiales naturales orgánicos, zeolitas, arcillas y polímeros sintéticos.

La siguiente tabla esquematiza las consideraciones principales de cada tecnología.

Tabla 2.*Tecnologías para la remoción de compuestos orgánicos disueltos.*

Tecnología	Tipo	Características	Principales hallazgos	Referencia
	Carbón activado	Empleado para la remoción de benceno, tolueno y trazas de crudo, con altos tiempos de retención y dependiente del tamaño de poro	Depende del proceso de activación del carbón, obtiene remociones del 50-75% y es ineficiente si se tienen altas concentraciones en el alimento	Gallup et al. (1996)
	Zeolita	Empleado para la remoción de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), módulos compactos	Eficiencias de remoción entre el 70-80%, altos costos de regeneración y alta relación con la hidrofobicidad	Hansen y Davis (1994)
Adsorción	Nuez	Empleado para la remoción de aceite y trazas de crudo	Remoción entre el 62-81%, y concentraciones finales promedio de 1,5 mg L ⁻¹ , materia prima económica	Yang et al. (2002)
	Nano compuestos	Empleado para la remoción de aceite y trazas de crudo	En los primeros 100 minutos reduce en 50% la concentración inicial de hidrocarburos emulsionados.	Villegas et al. (2017)
	Polimérico	Remoción de benceno, tolueno y crudo	Polímero a base de polietileno tereftalato (PET) o poliestireno, remoción de hasta el 99% con concentraciones finales <0,05 mg L ⁻¹	Crini (2005)
Extracción	Solvente	Remoción de grasas libres o disueltas	Altos costos por uso del solvente y regeneración	(Deng et al., 2002)
Oxidación	Fotocatalítica solar	Remoción de carbón orgánico total, fenoles, BTEX y TPH (hidrocarburos totales de petróleo)	Remoción >80% BTEX, >98% TOC, >62% fenoles y > 75% TPH. Alta influencia del pH y del catalizador (comúnmente dióxido de titanio)	Cho et al. (2006)
	UV/Ozono	Remoción de ácidos nafténicos, amonio e hidrocarburos aromáticos	Remociones mayores al 80%, efectos negativos de iones cloro y bicarbonatos, así como de pH alcalino	Li et al. (2006)

Nota. Clasificación de las diferentes tecnologías para la remoción de compuestos orgánicos disueltos. Tomado de: Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana. [Tabla 1].

Evaporación: este tratamiento elimina la necesidad de otro procedimiento físico o químico posterior, ya que mediante la adición de calor latente al agua de alimentación se genera vapor que se condensa en agua pura. Los evaporadores de tubo vertical son los más usados porque tienen mayor coeficiente de transferencia de calor, ahorran costos energéticos y disminuyen la posibilidad de incrustaciones en la tubería. Según la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA).

En las licencias otorgadas en 2016, más del 20% contenía como tratamiento principal la evaporación mecánica (ANLA, 2016), soportado en que se requiere menos energía y pretratamientos que las tecnologías de membrana y que es posible obtener concentraciones de sólidos disueltos totales de hasta 1.000 mg L⁻¹.

6.1.3 Tratamientos con membranas bajo cambios de presión

Las tecnologías de microfiltración, ultrafiltración, nano filtración y ósmosis inversa Utilizan membranas de alta presión para filtrar los contaminantes del agua producida. Esta es la tecnología de refinado más común que permite la actualización y purificación continua del tipo y las propiedades de la membrana para lograr rendimientos sobresalientes. En la Tabla 3 se pueden encontrar varias aplicaciones y rangos de remoción.

Tabla 3.

Tecnologías con membranas para el tratamiento de agua.

Tecnología	Especificaciones	Características	Principales hallazgos	Referencia
Microfiltración	10-0,1µm	Remoción de bacterias, virus, sólidos suspendidos, fenoles, COD, TOC	Tasas de remoción del 92% para aceites, 50% fenoles, 40% COD y 25% TOC. Desempeño mejorado con pretratamiento. Problemas de saturación de la membrana	Zhong et al. (2003)
Ultrafiltración	0,05-5·10 ⁻³ µm	Remoción de proteínas, virus, grasas, coloides, cobre, zinc, BTX	Remoción del 95% de hidrocarburos totales, 60% BTX y 96% de cobre y zinc. Mejora con membranas cerámicas, que reducen la probabilidad de saturación	Faibish y Cohen (2001)
Nanofiltración	5·10 ⁻³ - 5·10 ⁻⁴ µm	Remoción de pesticidas, herbicidas, iones divalentes, detergentes, BTEX	Remoción de sales en un 95%, agua recuperada 90%, 100% eliminación BTEX y fenoles	Peng et al. (2004)
Ósmosis reversa	1·10 ⁻⁴ - 1·10 ⁻⁵ µm	Remoción de iones metálicos, ácidos, sales acuosas, resinas naturales, TDS y TOC	Remociones del 95-99%, altos costos para reemplazar la membrana	Agenson et al. (2003)

Nota. Clasificación de las diferentes tecnologías con membranas para el tratamiento de agua. Tomada de: Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana. [Tabla 5]

6.2. Capítulo III

La estructuración técnica para el desarrollo de la implementación de un sistema de gestión ambiental se basa en un mal manejo de en ambientes insostenibles esto causa una serie de conflictos tanto internos como externos en las empresas, donde el manejo de residuos, operaciones, mantenimiento y salud ocupacional. El cumplimiento de la Norma INTE/ISO 14001:2015, se da a una evaluación de lista de chequeo de la norma, donde los apartados están

evaluados con el cumplimiento nulo, parcial o total. Posteriormente, es calificado con el siguiente puntaje:

Tabla 4.

Identificación de puntaje Norma INTE/ISO 14001:2015

Asignación	Puntaje
Cumplimiento Nulo	0
Cumplimiento parcialmente bajo	3
Cumplimiento parcialmente alto	6
Cumplimiento Total	10

Nota. Identificación de puntaje de los apartados de cumplimiento de la Norma INTE/ISO 14001:2015

En principio de la certificación se inicia con la evaluación de factores de diseño entre esos encontramos: los procesos de aplicabilidad de proceso, entre esos plantas piloto y proyectos previos. También se debe tener en cuenta el caudal de operación, para saber la operación de la planta y sus respectivas variaciones. Las características de agua residual y las condiciones climáticas que limitan la dispersión de factores en la atmosfera. Además de esto las cinéticas de reacción y elecciones de los reactores, el desempeño del sistema, el procesamiento de lodos y las restricciones ambientales que se tienen en la zona de implementación del proyecto en certificación. En los cuales su iniciación comienza evaluando el mantenimiento condicional que se tiene, la capacitación especializada para la planta y el nivel operativo del personal del manejo del personal de la planta.

El proceso de tratamiento agua residual, su función es pasar de residuo a recurso. Ya que el 80% de las aguas residuales son tratables para tratamiento, esto depende un papel fundamental que juega la composición de estos líquidos, porque su grado de contaminación debe ser evaluado para dictar dicho tratamiento requerido a sí mismo, el cumplimiento de la norma en la PTAR va a hacer estudiado bajo el cuidado de protección de salud de las personas en contacto, y con estos efluentes, para perseverar el medio ambiente y los cuerpos receptores de

estas aguas desde el punto de vista económico y estético. Siendo de estos determinados por medio de un estudio e interpretación de los análisis físico y químicos de las aguas residuales, son necesariamente para poder solventar los problemas relacionados con la disposición final de los efluentes proveniente del uso comercial e industrial.

Los procesos de análisis de químicos de los componentes del agua son principalmente los que determinan el PTAR, nos indican el proceso de mejora del residuo al recurso, esto viéndolo de los componentes químicos más determinados como lo son los nitrógenos, cloruros, ácido sulfhídrico y oxígeno disuelto. Además de los parámetros de pH y el contenido de bacterias para determinar el recurso del agua.

La Norma INTE/ISO 14001:2015, en su numeral ocho nos habla sobre las operaciones donde se deben tener en cuenta en la PTAR la planificación, control y operación para la previa respuesta ante emergencia, esto contemplada en la norma dentro de estos parámetros podemos evidenciar las operaciones de conjunto unitarias de origen fisicoquímico o biológico, donde se ven fenómenos de transporte y manejo de fluidos. Esto dando al objetivo de tratamiento aguas el cual constituye en la finalidad de preservar la salud del medio que nos rodea y para lograrlo se debe tener en cuentas la eliminación de bacterias patógenas, la estabilidad de la materia orgánica presente y evitando la contaminación de cuerpos receptores que involucren la fauna y la flora.

Frente a esto y la comunidad se a evidencia factores que afectan a la población entre esos se encuentran ruidos y olores, para la determinación del ruido se utiliza el ministerio de salud de acuerdo con la resolución 0627 del 7 de abril del 2006. Procedimiento para la medición del ruido el cual se utiliza el siguiente procedimiento

- a) Anotación de fecha y hora de las mediciones
- b) Identificación de las fuentes de ruido que se van a medir
- c) Muestra del ruido continuo, constituida por atenuación lento, el sonómetro se coloca a una altura aproximada de 1,5 metros a nivel del suelo con un ángulo del sonómetro y un plano indicado paralelo entre los 30 y 60 grados
- d) Sonómetro a distancia mínima de 0.50 metros del cuerpo
- e) Verificación de presencia de anti viento
- f) Mediciones evitando condiciones meteorológicas extremas

g) Mediciones de muestreo cada 15 segundos

h) Mínimo 15 mediciones

La norma UNE-EN 13725: 2004 para la "Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica", de esta manera su determinación se basa en la propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando se inspiran sustancias volátiles, por esto mismo se requiere del siguiente proceso

a) Anotación de fecha y hora de las mediciones

b) Identificación de las fuentes de olores que se van a medir

c) Se calientan sensores de los respectivos equipos a emplear.

d) Se pone los dispositivos a distancia mínima de 0.50 metros del cuerpo

e) Verificación de presencia de anti viento

f) Mediciones evitando condiciones meteorológicas extremas

g) Mediciones de muestreo cada 15 segundos

h) Mínimo 17 mediciones

El decreto 1732 del 2002 informa el proceso de gestión integral de residuos sólidos, constituyendo en el conjunto de operaciones y dispositivos en dar un final al residuo, frente a las condiciones ambientales óptimas, clasificándolo por medio de sus características de volumen, procedencia, costos, tratamientos, recuperaciones, aprovechamiento, comercialización y destino final.

Frente a este debió procedimiento se obtiene una evaluación significativa del impacto ambiental, de acuerdo con el sistema de gestión ambiental de la PTAR, tomando en cuenta los aspectos relevantes en la amplitud, frecuencia, y el impacto ambiental como criterio de evaluación.

Tabla 5.

Matriz de evaluación de impactos ambientales generados en una PTAR

PROCESO	ACTIVIDAD	MEDIO AFECTADO	ASPECTO	IMPACTO	Carácter del impacto (CI)	Intensidad (I)	Extensión (EX)	Sinergia (SI)	Persistencia (PE)	Efecto (EF)	Momento (MO)	Acumulación (AC)	Recuperabilidad (MC)	Reversibilidad (RV)	Periodicidad (PR)	TOTAL	CALIFICACIÓN
Procesos Unitarios	Captación, limpieza de instalaciones	Agua	Consumo de energía	Agotamiento progresivo de los recursos no renovables	Negativo	12	8	4	4	2	4	1	4	4	4	-47	MODERADO
	Captación	Atmosfera	Emisión gases de combustión y material particulado	Contaminación atmosférica	Negativo	1	2	1	1	1	1	4	2	2	1	-16	COMPATIBLE
	Dosificación,	Suelo	Generación de RESPEL (gas tóxico y corrosivos)	Aumento de RESPEL a disponer	Negativo	12	12	4	4	2	4	4	4	4	4	-54	SEVERO
Control de Calidad	Toma y Análisis de muestras,	Agua	Consumo de agua	Agotamiento de los recursos naturales (agua)	Negativo	12	12	4	4	2	4	1	4	4	4	-51	SEVERO
		Suelo	Generación de RESPEL Biosanitarios	Aumento de RESPEL a disponer	Negativo	12	12	4	4	2	4	1	4	4	4	-51	SEVERO
		Suelo	Generación de RESPEL (reactivos)	Aumento de RESPEL a disponer	Negativo	12	12	4	4	2	4	4	4	4	4	-54	SEVERO
Administrativo	Registro Documentación	Suelo	Generación de residuos no peligrosos	Aumento de residuos a disponer	Negativo	12	12	4	4	2	4	4	4	4	4	-54	SEVERO

Nota. Matriz de evaluación de impactos ambientales generados en una planta de tratamiento de agua residual. Tomada de: Fajardo C, Cristancho D, Farias P. Criterios de implementación ISO 14001: 2015 - Caso de estudio de la planta de tratamiento de agua potable núcleo urbano. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40976/mifajardoc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

El estudio muestra la realización de una evaluación de las actividades que se desarrollan en un PTAR, el cual permite visualizar los puntajes de grado de daño generado por el aspecto ambiental, esto con el fin del cuidado de gestión ambiental y la identificación de las etapas y procesos, para la implementación de los programas generados que garanticen el mejor procedimiento en cada uno.

En los aspectos legales, el numeral seis de la norma INTE/ISO 14001:2015 nos da los parámetros de acciones para abordar riesgos y oportunidades, entre esas los riesgos legales entre la cuales encontramos la siguiente legislación para el cumplimiento legal y ambiental que debe tener la PTAR:

Tabla 6.

Identificación de la legislación colombiana que se debe tener en cuenta una PTAR.

Norma	Artículo que aplica	Contenido
Decreto 3930 de 2010	Art. 9°,10° y 19°	Uso del agua y residuos líquidos
Ley 09 de 1979	Art. 28°	Código sanitario nacional
Ley 1252 de 2008	Art. 2°, 7° y 12°	Normativa de prohibición de componente ambiental referente a desechos
Ley 373 de 1997	Art. 2°	Programa de recuperación de uso óptimo y ahorro de agua
Ley 1672 de 2013	Art. 1°	Normativa de implantación de lineamientos para una política pública de gestión
Decreto 4741 de 2005	Art.: 1°,2° y 10°	Reglamento de manejo y prevención de residuos o desechos sólidos
Decreto 631 del 2015	Art.: 1°	Establece parámetros de calidad del agua vertida a fuentes superficiales y sistema de alcantarillado.

Nota. Identificación de la legislación colombiana que se debe tener en cuenta una planta de tratamiento de aguas residuales.

Además de ello la Norma INTE/ISO 14001:2015, nos pide en su desempeño una evaluación de unos requisitos integrales indispensables que son:

Tabla 7.

Cuadro de evaluación de la Norma ISO 14001:2015

REQUISITOS INTEGRALES ISO 14001:2015	Los siguientes, son los requisitos mínimos a cumplir, que se necesitan para colocar un puntaje de 0, 3, 6 o 10 Los puntajes máximos de cada sección de la norma se asignan de acuerdo a la base de 400 puntos. (*) Cuando aplique.	PUNTAJE										% DE CUMPLIMIENTO	HALLAZGO	RECOMENDACIONES	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN		Puntaje máximo: 17% Obtenido: 7,4%													
4.1 COMPRENSIÓN DE LA ORGANIZACIÓN Y DE SU CONTEXTO		6,5													
La organización conoce las cuestiones ambientales externas e internas que son pertinentes para su propósito y que afectan a su capacidad.													3		
La organización realiza seguimiento y revisión de la información sobre estas cuestiones externas e internas pertinentes al SGA.													10		
4.2 COMPRENSIÓN DE LAS NECESIDADES Y EXPECTATIVAS DE LAS PARTES INTERESADAS		6													
Se conocen las necesidades y expectativas de las partes interesadas (usuarios, proveedores de servicios, comunidad involucrada, entes reguladores) y cuáles de estas se consideran como requisitos legales y otros requisitos.													6		
4.3 DETERMINACIÓN DEL ALCANCE DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL		3													
Establecimiento de los límites y la aplicabilidad del sistema de gestión ambiental, incluyendo en él, todas las actividades productos y servicios que estén dentro del alcance definido. La organización debe considerar: a) Las cuestiones internas e internas del apartado 4.1. b) Los requisitos legales y otros requisitos del apartado 4.2. c) Unidades, funciones y límites físicos de la organización. d) Actividades, productos y servicios. e) Su autoridad y capacidad para ejercer control e influencia.													3		
Al definir el alcance del SGA, la organización lo tiene como información documentada y esta disponible para las partes interesadas, reforzando el compromiso a la mejora continua, al cumplimiento con leyes ambientales, y a la prevención de la contaminación.													3		

Nota. Cuadro de evaluación de la Norma ISO 14001:2015 (Sección de ejemplo de formato de evaluación). Tomada de: Organización Internacional de Normalización (ISO14001, 2015)

6.3 Capítulo IV

Dando el cumplimiento de la norma ISO 14001:2015, evaluando y realizando una valoración inicial determinando la manera más viable siendo está constituida por el apéndice 1, de los cuales consta de los siguientes requerimientos:

- Lista de verificación
- Resumen del cumplimiento
- Secciones gráficas donde se vea el cumplimiento de la norma por medio de un puntaje determinado.

Siguiente el plan de seguimiento se establecieron las siguientes fases para una mejor fundamentación en la implementación de la norma:



6.3.1 Fase Planear

Se diseñará una planificación en desarrollos tecnológicos y físicos, para dar cumplimiento a los lineamientos de la norma ISO 14001:2015 siendo ejecutado de la siguiente manera:

El pretratamiento o tratamiento físico es donde se retiran las partículas sólidas de gran tamaño en suspensión, así como aceites, grasas y cierta cantidad de materia orgánica, el tratamiento y que son mayormente pretende retirar los componentes más pesados esto normalmente se hace mediante filtros, rejillas, separadores, etc.

El tratamiento primario o tratamiento químico consiste en eliminar compuestos tóxicos como metales pesados, mediante procesos químicos tales como neutralización, precipitación, adsorción, etc.

El tratamiento secundario o tratamiento biológico consiste en eliminar elementos contaminantes del agua como materia orgánica o metales pesados usando microorganismos mayormente bacterias, tanto aerobias como anaerobias, siendo complementado por una optimizando en los procesos para cumplir con los parámetros de remoción de Sustancias (Fósforo, Nitratos, Nitrógeno Total), aspecto asociado al vertimiento de agua generador del impacto ambiental.

Para esto se requieren cumplir con los requisitos técnicos, ambientales y legales aplicables están regula cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015, Artículos 1, 2, 5, 6, 8, 17, 18, 19, 20 y 21; así como la Resolución 883 de 2018 Artículo: 15

Finalmente, un tratamiento terciario o complementario, que tiene el fin de garantizar la calidad y las condiciones óptimas del agua, entre estos se encuentra la desinfección, eliminación de nitrógeno, etc.

En este caso el tratamiento desarrollado tendrá un filtro coalescente como pretratamiento para eliminar todos esos componentes pesados y de gran tamaño que estén presentes en el agua, contará con una adsorción la cual tiene una la capacidad de eliminar gran parte de los contaminantes, como proceso biológico se emplearán un reactor de biocapa de algas, la que terminará de eliminar todos los contaminantes restantes y finalmente una desinfección con cloro para garantizar la calidad del agua tratada.

6.3.2 Fase Hacer

Después de haber desarrollado un diseño y planeado la organización y requerimientos de la planificación y designación, con sus prospectos en desarrollo tecnológicos y físicos, se procede con el desarrollo de las acciones formuladas en los planes de trabajo y sus cronogramas de actividades los cuales son designados en la ejecución garantizando un proceso con el cual permita el cumplimiento de los objetivos, metas e indicadores de gestión, en el cual siendo lo más óptimo de los procesos se tendrá en cuenta los siguientes procedimientos:

El proceso de tratamiento desarrollado consiste en un pretratamiento en un filtro coalescente, cuyo funcionamiento consiste en atravesar el agua a tratar por un lecho de porosidad graduada efectuándose la coalescencia de las partículas desde un tamaño microscópico inicial hasta formar gotas de mayor tamaño que se desprenden por la acción de la gravedad, dependiendo de la densidad del fluido al que se le realizará el tratamiento y el que se pretende separar.

El agua que sale de este filtro se le habrá retirado las moléculas de mayor tamaño y peso, este equipo se seleccionó debido a que no solo permite retirar los sedimentos como cualquier filtro, si no que debido a la coalescencia que se genera, se obtendrán efluentes con concentraciones de aceites bajos, además tiene un rendimiento del 99% que dependerá estrictamente del mantenimiento periódico que se le brinde al equipo retirando los sólidos presentes, cabe recalcar que se pueden implementar una o más unidades, dependiendo del comportamiento del yacimiento.

Posterior al tratamiento físico el agua pasará a un proceso de adsorción con carbón activado, el agua es bombeada dentro de una columna que contiene el carbón activo, este proceso que sucede en la columna depende de la temperatura y de la naturaleza o el tipo de sustancias, el agua de este tratamiento dejara la columna debido a un sistema de drenaje implementado en la columna. Se seleccionó este proceso, ya que tiene eficiencias elevadas del 98%, debido a la gran área superficial que presenta el carbón activado, pues su alta porosidad genera el contacto necesario para que las moléculas contaminantes presentes en el agua se puedan adsorber y así el agua de salida cumpla con las condiciones requeridas.

Una vez el agua haya salido del proceso de adsorción se dirige al tratamiento con algas, este consiste en tratar el agua mediante la metabolización de los compuestos orgánicos por parte de las algas, el sistema de algas consta de varias bandas donde se forma la biopelícula, solo una parte del área de la biopelícula está sumergida en el agua, y mediante la rotación de las bandas toda la biopelícula está en contacto tanto con el agua como con la luz del sol, de esta manera el rendimiento es mayor. Las algas utilizan la luz solar, el fósforo, nitrógeno y otros nutrientes para su desarrollo y formación, y mientras se están desarrollando van depurando el agua, reduciendo los contaminantes aún presentes. las condiciones de operación consisten en que haya la suficiente luz solar y nutrientes para que los microorganismos tengan los suficientes elementos para su desarrollo. Si bien en el tratamiento de aguas los microorganismos que más se utilizan son las bacterias, mediante procesos como lodos activados, o biopilas, las algas están

tomando fuerza en los últimos años, y diversas patentes de sistemas que emplean algas están apareciendo, logrado obtener rendimientos y eficiencias altas que compiten con los procesos con bacterias, adicionalmente la biomasa o “lodos” que producen las algas mediante unas cuchillas se cosecha y recolecta y esta biomasa puede emplearse para la producción de fertilizantes debido a las altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, producción de bioplásticos e incluso de biocombustibles, es por esto que se seleccionó un sistema con algas, sin mencionar que es más rentable.

Finalmente, el tratamiento final es una desinfección por cloro, esto se hace con el fin de garantizar la calidad del agua, este proceso consiste en la eliminación de cualquier microorganismo que pueda estar en el agua, ya que los compuestos químicos empleados, como los hipocloritos de sodio logra destruir las enzimas fundamentales para la vida de estos agentes patógenos, y de esta manera no quedará ningún agente patógeno que pueda afectar las plantas una vez se emplee para la agricultura. las variables presentes en este proceso solamente es la concentración del agente desinfectante por volumen de agua. Este proceso fue seleccionado debido a que es el más utilizado en los tratamientos de agua, ya que logra destruir y depurar el agua de cualquier agente microbiano.

6.3.3 Fase Verificar

Ejecutando las pruebas y cumpliendo con los parámetros establecidos mediante el plan de trabajo, se analizará los diferentes datos generados, en la evaluación de la información permitiendo de cernir y sustentar la toma de decisiones respecto a la selección aprobación del cumplimiento de la norma.

7. CONCLUSIONES

La industria petrolera está relacionada de manera directa con grandes volúmenes de producción de agua las cuales son utilizadas para diversas aplicaciones, es por ello que a medida que se realice mayor exploración y más perforaciones, mayor será la cantidad de agua producida en superficie. Esto presenta mayores desafíos para la industria, que tiene que lidiar con el tratamiento de aguas recolectadas.

El departamento del Meta es el lugar con mayor producción de agua en Colombia, y aproximadamente la mitad del agua se destina a la industria petrolera del país. Esta división es responsable de la producción de crudo ligero.

La principal estrategia utilizada en el país para gestionar la cantidad de agua producida por la industria del petróleo es el tratamiento subterráneo.

En Colombia, con base en permisos ambientales y otras fuentes examinadas, la mayoría de tratamientos de aguas residuales se enfocan en métodos de tratamiento primario, ya sea físico, químico o biológico, siendo complementadas por tecnologías convencionales como desengrase, eliminación de compuestos orgánicos, evaporación y tratamiento de membranas bajo presión variable, las cuales se han ido optimizando paulatinamente en algunos casos ya sea en sistemas individuales o híbridos, el diseño de un modelo de recirculación hídrica permite mejorar los indicadores ambientales y de sostenibilidad de la industria.

Sin embargo, con base en los resultados de las pruebas realizadas, se puede decir que la investigación se inició con técnicas poco convencionales, a pesar del desarrollo de tecnologías como los procesos avanzados de oxidación simple y combinada, predominan las técnicas de biorremediación.

Los protocolos de sistemas de gestión se dan gracias a una búsqueda de oportunidad de mejora, ya que nos permiten actuar diferentes cambios en los procesos de ejecución operacional y/o ejecutiva para un mejor rendimiento. Las solicitudes en producción están dando un gran cambio día a día, es por eso que la transformación en el territorio colombiano tiene que ser inmediata, porque no puede dejar de exigir la implementación de un sistema de gestión integral que incluyan la norma ISO 14001: 2015, haciendo frente a una labor en tendencia al ambiente internacional y nacional. El sistema de gestión no solo implica la utilización de recursos tecnológicos, económicos, humanos y financieros, sino también de compromiso de la

organización para la elaboración e implementación de los ítems requeridos en el sistema de gestión ambiental.

En cuanto al tercer y último objetivo específico de la investigación, este se propone incorporar la norma del sistema de gestión ambiental ISO 14001 para lograr este objetivo de mejora continua de la operación, gestión de plantas de tratamiento de aguas residuales y desarrollo de ciclos. En este sentido, la implementación de esta norma se basa en la planificación, implementación y verificación con el desarrollo de estos aspectos. La gestión ambiental y otras formas de procedimientos y registro son partes necesarias para que pueda integrarse en el trabajo de gestión, administración, gestión ambiental integrada como operaciones y gestionar plantas de tratamiento de aguas residuales de forma organizada, sostenible y sistemática.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. I. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Editum.
- Arnáiz, C., Isac, L., & Lebrato, J. (2000). Tratamiento biológico de aguas residuales. *Revista Tecnología del Agua*.
- Diaz, L. P. (2020). *Bases para la implementación 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>
- Editor2. (2021, 23 abril). *Tratamiento de aguas*. Excel química Industrial. <https://www.excelquimicaindustrial.com/tratamiento-de-aguas/>
- ICONTEC. (s.f.). *ISO 14001:2015*. Obtenido de <https://www.nueva-iso14001.com/pdfs/FDIS-14001.pdf>
- Martínez, J., Rivera, J., Houbroun, E., Calvarin, A., Carrera, O., García, E., ... & Tepole, M. (2013). *Caracterización de Aguas Residuales Universitarias y Determinación de la Eficiencia de Tratamiento de las PTAR de la UV existentes de la Región Córdoba-Orizaba* (Doctoral dissertation, Tesis. Universidad Veracruzana, Facultad De Ciencias Químicas. Orizaba, Veracruz, México).
- Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana [Gráfico]. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/69792>
- Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana [Tabla 1]. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/69792>
- Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana [Tabla 2]. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/69792>
- Mesa,S., Orjuela,J., Ortega, A., Sandoval,J. (2018). Revisión del panorama actual del manejo de agua de producción en la industria petrolera colombiana [Tabla 3]. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/69792>

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-IGA.pdf>

Tecnologías del tratamiento físico-químico de aguas residuales | DAS. (2019b, febrero5). Procesos químicos y físicos para la limpieza de las aguas residuales. <https://www.das-ee.com/es/tratamiento-deefluentes/procedimientos/tratamiento-fisico-quimico/>