

**PROPUESTA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESQUEMA DE
MANEJO, TRATAMIENTO INTEGRAL Y RECUPERACIÓN DE CRUDO, AGUAS
PARA REINYECCIÓN Y SALMUERAS PARA REUTILIZACIÓN, DE LOS
RESIDUOS ACEITOSOS (CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO),
GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL CAMPO PETROLERO UBICADO EN
EL CORREGIMIENTO EL CENTRO, MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA,
SANTANDER**

**VANESSA CAROLINA CARDONA NIGRINIS
NEDER IGNACIO RODRIGUEZ QUIJANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

PROPUESTA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESQUEMA DE MANEJO, TRATAMIENTO INTEGRAL Y RECUPERACIÓN DE CRUDO, AGUAS PARA REINYECCIÓN Y SALMUERAS PARA REUTILIZACIÓN, DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS (CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO), GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL CAMPO PETROLERO UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL CENTRO, MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER

**VANESSA CAROLINA CARDONA NIGRINIS
NEDER IGNACIO RODRIGUEZ QUIJANO**

**Monografía para optar al título de
Especialista en Química Ambiental**

**Director
Marianny Yajaira Combariza
Ph. D. en química**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2011**

DEDICATORIA

*Hay un ser todo poderoso que representa cada logro en nuestras vidas,
Dios padre, hijo y espíritu santo,
a nuestras familias y amigos, en especial
Hilda María Quijano, Celmira Barrera, Paola y Santiago Rodríguez Barrera,
Darío Cardona Rojas, Palmira Nigrinis Otalvarez,
por brindarnos su amor incondicional
a Carlos Alberto Pérez Echeverri y Carlos Eduardo Nieto Rangel
por su gran respaldo, cariño y soporte profesional.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Ing. DEBBIE ANDRES CADENA AGUDELO, por motivarnos para la realización de la especialización.

Ing. DIANA KATERINE CAMPOS por su amistad y compañerismo en el proceso de formación de la especialización.

Ing. CARLOS ALBERTO PEREZ ECHEVERRI y CARLOS EDUARDO NIETO RANGEL por su respaldo y motivación.

Al PROYECTO LA CIRA INFANTAS, por facilitarnos los medios durante la realización de la especialización y el desarrollo de este trabajo.

A la empresa TOTAL WASTE MANAGEMENT S. A. por su participación en las pruebas de campo y su aporte técnico.

Ph. D. en Química. MARIANNY YAJAIRA COMBARIZA, por su orientación para el desarrollo de la monografía.

A los docentes de la especialización, por su aporte y dedicación en la formación académica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL.	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	22
4. MARCO REFERENCIAL.	23
4.1 MARCO HISTORICO.	23
4.1.1 Breve Reseña Histórica de La Cira Infantas (LCI)	23
4.1.2 Breve Reseña Histórica del Manejo de Los Residuos Aceitosos en LCI	25
4.2. MARCO TEÓRICO.	26
4.2.1 Impactos Ambientales generados por los residuos aceitosos en la producción de crudo	29
4.2.2 Política de los residuos aceitosos en Colombia	35
4.3 MARCO LEGAL	37
5. DISEÑO METODOLOGICO	43
5.1 UBICACIÓN.	43
5.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.	43
5.2.1 Materiales	43
5.2.2 Herramientas y equipos	43
5.3 METODOLOGÍA.	43
5.3.1 Recopilación y revisión de la información de los residuos aceitosos de la operación	44
5.3.1.1 Recopilación de la Información	44
5.3.1.2 Revisión de la Información	45
5.3.2 Diagnostico del manejo de los residuos aceitosos del campo	45
5.3.2.1 Control de volúmenes	46

5.3.2.2 Áreas y Métodos de Tratamiento	46
5.3.2.3 Disposición Final	46
5.3.2.4 Impactos Ambientales	46
5.3.3 Clasificación de los diferentes tipos de residuos aceitosos, según su proceso o activada generadora	46
5.3.4 Diseño conceptual del esquema de tratamiento integral para la recuperación de las fases aprovechables de los residuos aceitosos de la operación del campo LCI	47
5.3.4.1 Selección de la mejor alternativa	47
6. ANALISIS Y RESULTADOS	48
6.1 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DE LA OPERACIÓN PETROLERA.	48
6.2 DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DEL CAMPO PETROLERO.	50
6.2.1 Generación y Control en la Fuente	50
6.2.2 Áreas de Tratamiento y Disposición Final	52
6.2.3 Impactos Ambientales	54
6.2.3.1 Componentes ambientales afectados por los residuos aceitosos en LCI	56
6.3 CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DEL CAMPO PETROLERO.	57
6.4 DISEÑO CONCEPTUAL DEL ESQUEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS FASES APROVECHABLES DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS.	59
6.4.1 Selección de la Mejor Alternativa	60
7. CONCLUSIONES	71
8. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Información de incremento de la producción del campo petrolero.	48
Cuadro 2. Relación de volúmenes de residuos aceitosos promedio generados en el Campo petrolero y recibidos en las áreas de tratamiento durante el último semestre del año 2008 y primer trimestre del 2009.	50
Cuadro 3. Clasificación inicial de los residuos aceitosos del campo petrolero, en las zonas de tratamiento.	51
Cuadro 4. Clasificación y volúmenes promedio mes de residuos aceitosos del campo petrolero, según el origen.	59
Cuadro 5. Resultados de la prueba de tratamiento de emulsiones y lodos por UTL.	61
Cuadro 6. Proyección de crudo y salmuera recuperada mes, con el esquema de tratamiento propuesto.	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del Campo LCI.	24
Figura 2. Unidad de tratamiento de aguas y salmueras (UTA), de la empresa contratista TWM S. A, en la antigua planta de inyección 2.	49
Figura 3. Zona utilizada como área de tratamiento de residuos aceitosos o de la operación.	50
Figura 4. Separadores API, trampas de grasas y contrapozos.	51
Figura 5. Descontaminación de zona afectada por derrame en la industria petrolera.	52
Figura 6. Piscinas en tierra, de área utilizada para tratamiento.	53
Figura 7. Acumulación de material en proceso de tratamiento en la zona.	53
Figura 8. Procesos básicos de tratamiento de residuos aceitosos (mezcla con suelo limpio, aplicación de cal, homogenización y extendido).	54
Figura 9. Análisis de contenido de hidrocarburo en emulsiones, muestras tomadas en API de plantas deshidratadoras (en su orden: drenaje de tratadores térmicos, drenaje de tanques y punto de mezcla API)	58
Figura 10. Residuos sólidos de limpieza de pozos.	58
Figura 11. Esquema del tratamiento de residuos del grupo 1.	64
Figura 13. Esquema de tratamiento de los desechos del grupo 3.	66
Figura 14. Esquema propuesto para el manejo y tratamiento integral de los residuos aceitoso del campo petrolero La Cira Infantas.	68

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO: es la acción del usuario de colocar temporalmente los residuos en recipientes, depósitos contenedores, vasijas, tanques, mientras se procesan para su aprovechamiento, transformación, comercialización o se presentan al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final.

APROVECHAMIENTO: es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio del reciclaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, operativos y/o económicos.

BIODEGRADABILIDAD: capacidad de descomposición rápida bajo condiciones naturales o por acción biológica.

CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS: determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos, identificando contenidos y propiedades de interés con una finalidad específica.

ÁREA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS: lugar donde se reúnen, caracterizan, clasifican, almacenan, procesan y retornan materiales recuperables, reciclables o reutilizables.

CLASIFICACIÓN: acción de separar los residuos o el material recuperado de acuerdo con las características, normas técnicas y exigencias del mercado. Exige esta labor experiencia y calificación.

CONTAMINACIÓN: es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas o biológicas de un ambiente o entorno.

DESECHOS: denominación genérica de cualquier tipo de producto residual o sobrante procedente de la industria, el comercio, el campo o los hogares.

DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS: Es el proceso de aislar y confinar los residuos, previa neutralización, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

IMPACTO AMBIENTAL: cualquier alteración en el sistema ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad.

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS: Es la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final, importación y exportación de residuos o desechos peligrosos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales y/o permanentes que puedan derivarse de tales residuos o desechos.

MEDIO AMBIENTE: definido como todo aquello que nos rodea incluyendo el ser humano, debe tener una dimensión global, donde converjan la atmósfera, hidrosfera, litosfera y la biosfera en las cuales se encuentran las fuentes de sustento de los organismos.

RECICLAJE: es el proceso mediante el cual los residuos son transformados en nuevos productos o en materias primas básicas y pueden incluir las operaciones

de separación en la fuente, recolección, selección, acondicionamiento, procesamiento y comercialización.

REDUCCIÓN EN LA FUENTE: es la forma más eficaz de minimizar la cantidad de residuos, los impactos ambientales y los costos asociados a su manipulación, a través del rediseño de los procesos de la industria y mejoras en los mantenimientos de facilidades que permitan la recuperación y recirculación de fases aprovechables.

DETERIORO AMBIENTAL: contaminación genérica de cualquier tipo de contaminante o impureza que afecte a los seres vivos, en especial al ser humano.

ZODME: zona de disposición de material de excavación o suelo. Lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final de sobrantes de excavación o material de suelo tratado previo cumplimiento de los requerimientos de la autoridad ambiental, garantizando que no cause peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación del material a disponer, cobertura diaria de los mismos, control de lixiviados, y cobertura final.

RESIDUO SÓLIDO O DESECHO: es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición fina.

RESIDUO ESPECIAL: son objetos, elementos o sustancias que se abandonan, botan, desechan y son patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, y por tanto pueden causar daño a la salud o al ambiente.

RESIDUO TÓXICO: aquel que por sus características físicas o químicas, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición, puede causar daños a los seres vivos y aún hasta la muerte o provocar contaminación ambiental.

TRANSFORMACIÓN: acción orientado a dar valor agregado a un bien que ha sido previamente usado, para incorporarlo nuevamente al ciclo productivo, ya sea como materia prima o para el reúso.

INTEMPERIZACIÓN: es la pérdida de ciertos componentes del petróleo a través de una serie de procesos naturales que comienzan una vez que ocurre un derrame o una disposición inadecuada de estos desechos en el medio natural y continúan indefinidamente.

PASIVOS AMBIENTALES: residuos abandonados que generan impactos sobre los ecosistemas.

GRADO API: medida de peso de una unidad de petróleo, en relación al agua

BS&W: composición sólido, aceite y agua, utilizado como parámetro de control de la calidad del petróleo crudo.

EMULSION: mezcla de dos líquidos inmiscibles, de manera más o menos homogénea

SALMUERA: producto preparado a base de agua y sal, utilizado para operaciones de reactivación y servicio a pozos petroleros.

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESQUEMA DE MANEJO, TRATAMIENTO INTEGRAL Y RECUPERACIÓN DE CRUDO, AGUAS PARA REINYECCIÓN Y SALMUERAS PARA REUTILIZACIÓN, DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS (CONTAMINADOS CON HIDROCARBURO), GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL CAMPO PETROLERO UBICADO EN EL CORREGIMIENTO EL CENTRO, MUNICIPIO DE BARRANCABERMEJA, SANTANDER*.

AUTORES: Vanessa Carolina Cardona Nigrinis
Neder Ignacio Rodriguez Quijano**

PALABRAS CLAVES: recuperación, caracterización, Manejo Integral, reutilización, residuo como producto, fases aprovechables, disposición final.

El presente documento es fundamental para la planificación ambiental de la industria petrolera, porque contiene la información del esquema de manejo integral, tratamiento y recuperación de fases aprovechables de los residuos aceitosos generados en los campos de producción de petróleo crudo, con base en los resultados obtenidos en el desarrollo de cada uno de los objetivos propuestos: revisión y recopilación de la información, diagnóstico de la situación, clasificación y caracterización de los residuos y la revisión de estrategias para la realización del diseño conceptual del esquema de tratamiento, con la filosofía de ver el residuo como producto, para dar soluciones concretas al problema actual.

El documento presenta las ventajas ambientales, sociales, operacionales y económicas que se tienen con la implementación del esquema de manejo integral de los residuos aceitosos en los campos petroleros, con mejores prácticas que representan una disminución de pasivos ambientales y áreas contaminadas, aprovechamiento de suelos por parte de las comunidades del sector, correcto manejo de los residuos aceitosos, optimización de los recursos naturales por recuperación de hidrocarburo, salmueras y aguas para reutilización, disminución en los tiempos de la operación con ahorro en costos, y el mejoramiento paisajístico del campo en armonía con las comunidades vecinas.

Con el esquema integral de tratamiento propuesto, se crea una herramienta eficaz para la industria del petróleo, por cuanto se valoriza el residuo aceitoso (emulsiones, lodos, salmueras de completamiento y servicio a pozos, aguas aceitosas o de producción) cambiando el concepto a subproductos de la operación o materiales aprovechables; se disminuye notablemente el volumen de desechos para disposición final y se garantiza el cumplimiento de las políticas ambientales y de manejo, manteniendo el control desde el origen, haciendo un gran aporte a la preservación de los ecosistemas en zonas petroleras, siendo realmente responsables con el entorno y la naturaleza.

* Trabajo de Grado

** Facultad: Ciencias. Escuela: de Química. Director: Marianny Yajaira Combariza

SUMMARY

TITLE: PROPOSE FOR THE IMPLEMENTATION AND DESIGN OF A SCHEME OF MANAGEMENT, INTEGRAL TREATMENT, AND RECOVERY OF THE OIL, WATER FOR REINJECTION AND BRINES FOR REUSING, OF THE OILY REMAINDER (CONTAMINATED WITH HYDROCARBONS) CAUSED BY THE OPERATION OF THE PETROLEUM LAND SITUATED IN EL CENTRO TOWN IN BARRANCABERMEJA CITY, SANTANDER.*

Authors: Vanessa Carolina Cardona Nigrinis
Neder Ignacio Rodríguez Quijano**

KEY WORDS: Recovery, characterization, integral management, reusing, remainder as a product, usable phases, final disposition.

This document is essential for the environmental planning of the petroleum industry, because it contains the information of the scheme of the management, treatment and recovery of the usable phases of the oily remainder caused in the field, of petroleum productions, based on the results in the development of every proposed goal: checking and compilation of the information, diagnostic of the situation, classification and characterization of the remainder and revision of the strategies for the realization of the design conceptual of the treatment scheme, with the philosophy to see the remainder as product, to solve the actual or real trouble.

This document presents the environmental, social, operational and economic advantages which have the implementation of the integral management scheme of the oily remainder in the petroleum fields, with better practices that represent a reduction of environmental impact and contaminated area, improvement of land by the community of the area, right management of the oily remainder, optimization of natural resource by reparation of hydrocarbons, brines and water to reuse, reduction of time of operation with saving in Money, the improvement of the landscape in harmony with the near communities.

With this proposed integral scheme, is created an efficient tool for the petroleum industry which increases the value of the oily remainder (emulsions, muds, brines for completion and service for Wells, oily waters or production), changing the concept to subproducts of the operation or usable material, decrease outstanding the volume of remainders for the final disposition and it guarantees the performance of the environmental politics and the management, keeping the control from the origin, making a great contribution to the preservation of the ecosystem in petroleum zones, being really responsible with the environment and the nature

* Graduate Work

** Faculty: Ciencias. School: Química. Director: Marianny yajaira Combariza

INTRODUCCIÓN

La industria del petróleo es una de las más importantes alternativas energéticas a nivel mundial y la producción del crudo o hidrocarburo genera una serie de desechos peligrosos que se convierten en un problema de manejo ambiental por sus características tóxicas y de afectación a la salud humana y a los medios bióticos y abióticos, con destrucción total o parcial de ecosistemas terrestres y acuáticos.

En Colombia estos desechos aceitosos son realmente subproductos de los diferentes procesos realizados en la producción de hidrocarburo, relacionados con las actividades de acondicionamiento de pozos, extracción, recolección, transporte, tratamiento y almacenamiento del crudo y varían según su origen y concentración, con características propias de emulsiones no tratadas, lodos, aguas y fluidos de proceso.

En los campos petroleros la capacidad de impacto medioambiental, sumado a las malas prácticas y métodos inapropiados de tratamiento y el valor intrínseco de los subproductos en mención, los convirtieron en el objetivo de la propuesta para el diseño e implementación de un esquema de manejo y tratamiento integral, que garantice no solo la recuperación de las fases aprovechables de calidad, sino también la reducción al máximo de los desechos para disposición final en condiciones ambientalmente seguras, con lo que se logra disminuir de forma significativa la creación de pasivos ambientales y la contaminación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, con poca o ninguna afectación a la comunidad.

El esquema propuesto en este documento, se convierte en una herramienta para la implementación del manejo integral de los residuos aceitosos generados en las actividades propias de la producción de hidrocarburo, como también en el

instrumento de aseguramiento del campo, ya que el área encierra grandes riquezas naturales representadas en sus fuentes hídricas, flora y fauna de los diferentes ecosistemas y en el potencial productivo de sus tierras como polo de desarrollo económico para la región del Magdalena Medio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los residuos aceitosos generados en las operaciones de los campos petroleros de Colombia, han sido tratados durante mucho tiempo con métodos que incluyen, en el mejor de los casos, la biorremediación y en el peor, la dilución con material de excavación (suelo). Estos procedimientos se usan para disminuir la concentración de hidrocarburo en el residuo y hacer la disposición final de acuerdo con la normatividad vigente. Sin embargo en algunas situaciones la disposición final no se lleva a cabo de forma correcta y los residuos terminan convirtiéndose en pasivos ambientales o matrices impregnadas de hidrocarburo por recuperar.

Las malas prácticas de tratamiento limitan el uso del suelo y generan un gran impacto ambiental, social y económico, debido al incremento del volumen de material contaminado. Esta situación dificulta el desarrollo agrícola en las áreas afectadas por la contaminación de aguas y suelos. Por otra parte se pierden las fases aprovechables de estos residuos tales como el crudo, la salmuera y el agua.

La Cira Infantas (LCI) está conformada por dos campos petroleros ubicados en el Corregimiento El Centro, Municipio de Barrancabermeja, con más de cincuenta años de operación. En el año 2005 la producción de crudo en estos campos cayó a 5.300 barriles por día (BPD), en el mismo año se inició un contrato de colaboración empresarial, denominado “De Recobro Mejorado” que incrementó la producción de crudo de forma gradual a 25.000 BPD para el año 2009, con el consecuente incremento en los volúmenes de residuos aceitosos a tratar, creando la necesidad de buscar alternativas de solución. El aumento significativo en los volúmenes de los residuos aceitosos generados afectó la capacidad máxima de operación de las facilidades de producción (plantas y estaciones), así como la de las áreas de tratamiento y disposición final existentes.

2. JUSTIFICACIÓN

Con el incremento en la producción del campo petrolero y el consecuente aumento de los residuos aceitosos: lodos, emulsiones, aguas aceitosas, salmueras (residuos de equipos de servicio a pozos, de limpieza de Tanques, API, Caja de lodos, de las estaciones y plantas Deshidratadoras), se requiere implementar un esquema que incluya sistemas de tratamiento que garanticen un buen manejo y adecuada disposición final de los mismos.

En la mayoría de los campos petroleros estos residuos se manejan en áreas que no cumplen con las especificaciones de diseños de infraestructura, para su recepción y tratamiento y eventualmente se convierten en pasivos ambientales o focos de contaminación. El sitio cuenta con dos zonas establecidas dentro de una nueva área proyectada para el manejo integral de residuos del campo.

Los residuos aceitosos de facilidades de producción tienen un alto contenido de hidrocarburo y por consiguiente valor económico. Para su aprovechamiento se requiere de la implementación de un esquema de tratamiento integral con el propósito de realizar la mayor recuperación de crudo y otros productos asociados como salmueras (para reutilización) y aguas (para reinyección).

El esquema de tratamiento propuesto en este documento contribuirá además a promover un cambio en la cultura de manejo de residuos del campo petrolero, debido a que asegura el control de los residuos (aceite, salmueras para reacondicionamiento de pozos y aguas para reinyección o reutilización) mediante formatos que registren sus volúmenes, condiciones de calidad y despacho, desde los sitios de origen o zonas de operación. La caracterización de los residuos aceitosos antes del tratamiento, de acuerdo con su origen, asegura un mejor manejo y su trazabilidad y control.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar la propuesta de un esquema para el tratamiento integral de los residuos aceitosos generados por la operación del sitio de estudio y los campos petroleros, que permita recuperar crudo, salmueras y aguas, garantizando la reducción del residuo para disposición final y el riesgo de contaminación al medio ambiente.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recopilar y revisar la información de los residuos aceitosos de la operación del campo LCI.
- Realizar el diagnóstico del manejo de los residuos aceitosos del campo petrolero.
- Clasificar y cuantificar los diferentes tipos de residuos aceitosos del campo según su caracterización y origen en cuatro grandes grupos.
- Realizar el diseño conceptual del esquema de tratamiento integral para la recuperación de las fases aprovechables de los residuos aceitosos de la operación de los campos petroleros, seleccionando alternativas que permita una mayor recuperación de hidrocarburo, salmueras (para servicio a pozos) y aguas (para reinyección o reutilización).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO HISTORICO.

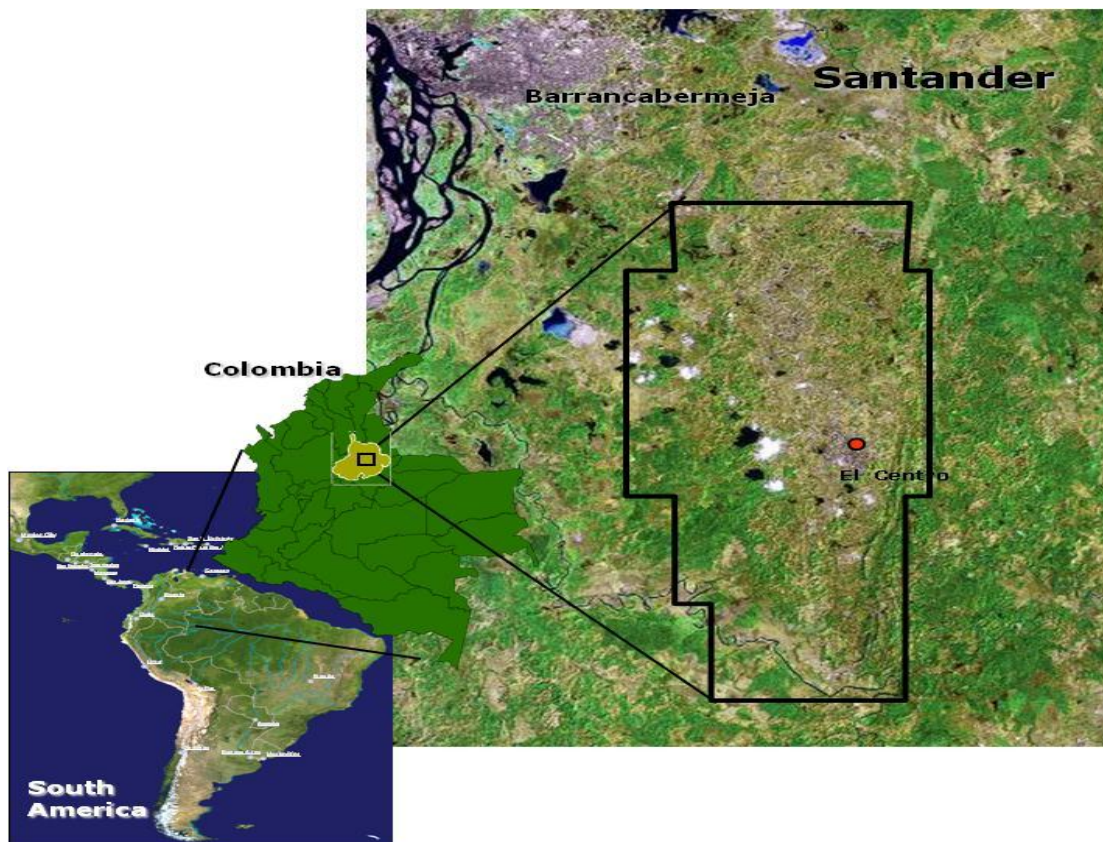
4.1.1 Breve reseña histórica de La Cira Infantas (LCI). Compuesta por dos Campos petroleros, La Cira Infantas está situado en la porción central de la cuenca del Magdalena Medio, parte central de Colombia. El Infantas fue el primer campo petrolero en Colombia en el año 1918, seguido por La Cira en los años 20. Originalmente fueron descubiertos por un operador privado o independiente “Tropical Oil Company” el cual entró a formar parte de la compañía Standard Oil de New Jersey. El Campo fue revertido al gobierno de Colombia y la Compañía Nacional de Petróleos en 1951. En el Año 2005, después de varios años de declinación y poca inversión en perforación y facilidades, la estatal petrolera entró en sociedad con una compañía privada, para el redesarrollo del campo a través de la combinación de una nueva inversión de capital en perforación, facilidades y la aplicación de tecnología de punta en tres fases. Durante el año 2006, las fases 1 y 2 fueron completadas y la fase 3 se aprobó garantizando de esta forma el desarrollo del proyecto. La Cira infantas es el mayor campo en Colombia con una producción acumulada de 754.6 millones de barriles a Diciembre 31 del 2009.

El campo es un anticlinal cortado por un sistema de fallas llamado Infantas, con desplazamiento de rumbo de la era del Paleoceno-Eoceno proveniente del Oeste. La producción es del cerramiento al oeste de la falla de Infantas, de las arenas fluviales – lacustres del Eoceno al Mioceno de las formaciones de Esmeraldas, Mugrosa y Colorado. La Cira-Infantas se mantiene como el mayor campo descubierto en la cuenca del Magdalena Medio en términos de Reservas recuperables y el mayor en el país en términos de OOIP. El campo tiene aproximadamente 25 Kilómetros de largo por 10 de ancho. Dentro de, La Cira e

Infantas son considerados dos campos que corresponden a dos cierres estructurales en los cuales La Cira se localiza en el Norte e Infantas en el Sur.

El campo se localiza en el Municipio de Barrancabermeja, Corregimiento El Centro, conformado por 31 veredas, a 22 Km al sureste de la cabecera municipal.

Figura 1. Ubicación del Campo LCI.



El área del proyecto coincide con zonas en donde tradicionalmente se han asentado poblaciones durante varias generaciones, convirtiéndose en un “modelo natural” de convivencia entre industria y población. Este modelo natural llevó a que en escenarios conjuntos de construcción colectiva, con participación de autoridades locales y nacionales, de las comunidades representadas por las

Juntas de Acción Comunal y el Proyecto La Cira Infantas, se formalizaran reglas de convivencia que hoy son modelo para la industria. Estas reglas se fundamentan en principios de Transparencia, Respeto, Convivencia y Confianza.

En desarrollo de estos principios y de acuerdo con las Políticas de responsabilidad Social de las Compañías socias del Proyecto, se han implementado procedimientos de evaluación y prevención de riesgos que garantizan una convivencia en condiciones seguras tanto para la población como para la industria, buscando potenciar impactos positivos y minimizando los negativos.

4.1.2 Breve reseña histórica del manejo de los residuos aceitosos en LCI.

Durante más de cincuenta años, desde que entró en operación el campo petrolero, los residuos aceitosos generados en la operación fueron tratados con métodos que incluyen, en el mejor de los casos, la biorremediación y en el peor, la dilución con material de excavación (suelo). Estos procedimientos se usaban para disminuir la concentración de hidrocarburo en el residuo y hacer la disposición final de acuerdo con la normatividad vigente. Sin embargo en algunas situaciones la disposición final no se lleva a cabo de forma correcta y los residuos terminaron convirtiéndose en pasivos ambientales o matrices impregnadas de hidrocarburo por recuperar.

Las malas prácticas de tratamiento limitaron el uso del suelo y generaron un gran impacto ambiental, social y económico, por inadecuado manejo del material contaminado. Esta situación dificultó el desarrollo agrícola en las áreas afectadas por la contaminación de aguas y suelos. Por otra parte se perdieron las fases aprovechables de estos residuos.

El aumento gradual en la producción de crudo entre los años 2006 a 2008 incrementó los volúmenes de residuos aceitosos a tratar, llevando al colapso de las áreas de tratamiento y disposición final existentes, creando la necesidad de

buscar alternativas para el manejo y tratamiento adecuado de los residuos, por lo que el campo desarrolló la propuesta de recuperación de fluidos de workover, para reutilización de salmueras¹, implementada a mediados del año 2007 y desarrollada durante los últimos años por medio de un sistema cerrado físico – químico- mecánico, con una recuperación del fluido reutilizado en la reactivación de pozos, con excelentes resultados. En el mismo año el proyecto LCI realizó un estudio para identificar un área de manejo de residuos, que permitiera concentrar en un solo sitio el tratamiento de los desechos ordinarios e industriales del campo y se inició la adecuación del Área de Manejo Integral de Residuos (AMIR), distribuida en cuatro (4) zonas (A, B, C y D), la cual entró en operación a mediados del año 2008, con la construcción de una celda para disposición final de desechos ordinarios o domésticos (zona A) y la zona B para el tratamiento de los residuos relacionados con el lodo base agua de perforación.

A comienzos del año 2009 aumentó la criticidad del problema de manejo y tratamiento de los residuos aceitosos tales como emulsiones, lodos y sólidos aceitosos, por el represamiento de estos subproductos lo que afectó la capacidad máxima de operación de las facilidades de producción (plantas y estaciones) y el único sitio de tratamiento y disposición final existente, por lo que se evidencia la necesidad de buscar soluciones concretas y definitivas a esta situación, como una oportunidad de mejora.

4.2. MARCO TEÓRICO.

El petróleo crudo es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos principalmente hidrocarburos insolubles en agua. Los hidrocarburos son de forma líquida con presencia de gases y sólidos, formados por átomos de carbono e

¹ Propuesta de reutilización de fluidos de work-over.2007. Nader Rodríguez. Interventor ambiental de equipos de subsuelo. LCI

hidrógeno clasificados en dos tipos que son: alifáticos y aromáticos. Los alifáticos, a su vez se pueden clasificar en alcanos, alquenos y alquinos según los tipos de enlace. El petróleo contiene, además de los hidrocarburos, otros compuestos asociados como son azufre, metales pesados como es el vanadio, sales inorgánicas y otras sustancias tóxicas, algunas de ellas radioactivas.

La generación de desechos y focos de contaminación, de acuerdo a la evaluación hecha por la consultora HBT Agra16 (Ecuador, 1993), contratada por la empresa Texaco, sobre las prácticas convencionales de la industria petrolera en zonas tropicales, se identificaron las siguientes fuentes de contaminación por prácticas cotidianas:

- Desechos producto de la combustión de petróleo y sus derivados, emanaciones de compuestos volátiles.
- Petróleo crudo de los derrames, goteo y petróleo contenido en los fluidos de desecho.
- Agua de formación proveniente de las estaciones de separación, de los tanques de lavado, del proceso de estabilización, de las rupturas de las líneas de flujo y del oleoducto, sumideros y drenajes.
- Fluidos de reacondicionamiento de los pozos: agua de control del pozo, cemento, aditivos químicos, petróleo, agua de formación, derivados del petróleo.
- Fluidos y ripsos de perforación: aditivos químicos, cemento, minerales, agua de formación, petróleo.
- Fluidos de pruebas de producción: petróleo, agua de formación, gas natural.
- Aditivos químicos, anticorrosivos, biocidas.
- Aguas de escurritía: sólidos en suspensión, aceites y grasas.

Los residuos aceitosos generados en operaciones petroleras varían según su origen y composición o porcentaje entre fases (crudo, agua, sólido), estos desechos provienen de actividades de producción de hidrocarburo, almacenamiento, transporte y refinación, se generan de diversas formas tales como: purgas de recipientes de separación, retroceso de flujo de filtros, fluidos de pruebas de pozos, sedimentos de fondo de tanques y vasijas, fluidos de

reactivación y servicio a pozos, derrames de aceite, etc. El factor común con todos estos desechos es que su tratamiento es difícil y suponen un problema en materia ambiental para las operadoras, por que reducen la capacidad de sus instalaciones y requieren de sistemas complejos de tratamiento.

La característica toxica, inflamable y combustible de los residuos sólidos o líquidos aceitosos, los clasifica como peligrosos por la gran capacidad de impacto al medio ambiente y a la salud pública. Los desechos aceitosos dispuestos en piscinas o bajos contaminados y dejados durante años sin tratar, generan pasivos ambientales, siendo esta una práctica generalizada en la industria a nivel global y es con frecuencia fuente de contaminación de suelos, agua y aire. Los volúmenes dependen del nivel de producción según las características del campo petrolero y calidad del hidrocarburo extraído medido en grados API.

La capacidad calorífica y poco procesamiento de los desechos aceitosos generados en operaciones de producción (extracción, transporte, recolección, almacenamiento y deshidratación de crudo), los categoriza en subproductos porque sus componentes son en gran parte aprovechables y el valor energético de estos (emulsiones no tratadas, lodos, sólidos, salmueras y aguas aceitosas) es muy importante. El porcentaje de las diferentes fases presentes en el residuo aceitoso le da la composición, a mayor cantidad de hidrocarburo y agua, con menor proporción de sedimentos mejor es la calidad, porque representa recuperación de crudo con un BS&W menor.

El inadecuado manejo de los residuos aceitosos deteriora el aspecto paisajístico de los campos petroleros y zonas de producción y afectan de forma significativa las fuentes de agua natural, la atmosfera, por volatilización de algunos componentes del hidrocarburo y los suelos con efectos adversos para la salud y la economía de las comunidades vecinas.

4.2.1 Impactos ambientales generados por los residuos aceitosos en la producción de crudo. Los residuos aceitosos generados en la producción de petróleo crudo, al contacto con el medio natural, lleva consigo una serie de cambios progresivos de sus propiedades físico-químicas los cuales se atribuyen al proceso de intemperización e incluye: evaporación, disolución, dispersión, oxidación, emulsificación, sedimentación y biodegradación.

La intemperización es la pérdida de ciertos componentes del petróleo a través de una serie de procesos naturales que comienzan una vez que ocurre un derrame o una disposición inadecuada de estos desechos en el medio natural y continúan indefinidamente. Estos procesos hacen que se presenten cambios físicos y químicos en suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas y la atmosfera, afectando los tres elementos básicos del ambiente como son:

- Elementos abióticos (suelo, formaciones del relieve, geomorfología, etc.).
- Elementos bióticos (flora y fauna).
- Elementos socioeconómicos (actividad humana, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento, de recreación, de turismo, etc).

a) Elementos abióticos:

◆ SOBRE EL SUELO: El petróleo contamina el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente. En general se puede afirmar que:

- ✓ En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).
- ✓ En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad y por ende se retira mediante recojo y/o lavados de manera rápida, por ejemplo, las playas arcillosas de la selva.
- ✓ En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.

La contaminación en el suelo por petróleo y sus compuestos asociados hace que los compuestos solventes se filtren, y los sólidos y grasas permanezcan en la superficie o sean llevados hacia tierras más bajas. La contaminación de suelo provoca la destrucción de los microorganismos del suelo, produciéndose un desequilibrio ecológico general, debido al cambio en su estructura, aumento en la retención del agua en la capa superficial, aumento del Carbono, disminución del pH, aumento de Magnesio, Hierro y Fósforo y contaminación de mantos acuíferos.

En los suelos, el petróleo se adsorbe en gran cantidad a la materia particulada, esto disminuye su toxicidad, pero aumenta su persistencia a corto plazo, el petróleo y las fracciones del mismo que contienen componentes asfálticos no se degradan significativamente. Los residuos y productos de polimerización, formados a partir de reacciones entre los radicales libres de los distintos intermediarios del proceso de degradación, forman bolas de alquitrán. El alquitrán es un material parcialmente oxigenado con un elevado peso molecular; es muy resistente a la degradación y la concentración de glóbulos y bolas de alquitrán presente en el medio ambiente está aumentando.

♦ SOBRE EL AGUA: Cuando la contaminación llega al agua, los componentes más pesados tienden a hundirse en los sedimentos, provocando una contaminación constante del agua y afectando a la fauna acuática y fundamentalmente a los organismos que viven en el fondo de los ríos y de los lagos. Las zonas de baja energía son también propensas a la concentración de contaminantes.

Los componentes del petróleo pueden entrar en la cadena alimenticia. Los componentes más livianos o volátiles se evaporarán y son depositados en otras partes por la lluvia. El petróleo quemado es igualmente una fuente de contaminación que se transporta con el aire y se deposita con las lluvias.

Un río afectado por un derrame de crudo pierde toda su capacidad de sostener flora y fauna acuática, muchas de las sustancias que contiene el crudo se depositan en los sedimentos y son de difícil degradación y fácilmente bioacumulables. Se calcula que metales pesados como el vanadio puede permanecer en los sedimentos de los ríos por lo menos unos 10 años.

Cuando suceden derrames en el mar, existe un promedio de recuperación del crudo, cuando las condiciones de limpieza son óptimas del 1015%, por lo que estos tienen generalmente efectos a largo plazo ya que el crudo permanece en los sedimentos, constituyendo una fuente continua de contaminación.

Dado que el petróleo es más liviano que el agua, este puede permanecer en el agua por mucho tiempo sin descomponerse y ser una constante fuente de contaminación. Por ser altamente in, crudo puede también generar incendios cuando está en el ambiente.

Estudios hechos en cuerpos de agua superficiales cercanos a infraestructura petrolera en la Amazonia del Ecuador, se encontró que bajo condiciones de continua contaminación de hidrocarburos fotoactivos, a pesar de que había un nivel razonable de contaminación, se registró un alto grado de sensibilidad por parte de organismos acuáticos en el área.

Wernersson encontró que los sistemas de agua dulce (incluyendo pozos de agua para el consumo humano) en la región amazónica donde hay explotación petrolera, está expuesta a una continua contaminación ya sea por goteo proveniente de distintas fuentes de contaminación. Los sedimentos en estos cuerpos de agua presentaron toxicidad en organismos dulceacuícolas, lo que constituye un riesgo ambiental.

b) Elementos bióticos: los residuos aceitosos pueden causar un daño considerable a los recursos biológicos en una variedad de formas:

1. Mortalidad directa debido a sofocación, suciedad (cobertura) y asfixia, envenenamiento por contacto directo con crudo, absorción de las fracciones tóxicas de la columna de agua (Ej. algas). La toxicidad del petróleo aumenta con la concentración de compuestos aromáticos no saturados y de baja ebullición. Las formas vivientes larvales o juveniles, por lo general son más sensibles.
2. Mortalidad indirecta debido a la muerte de recursos alimenticios o a la destrucción o eliminación del hábitat.
3. Incorporación de cantidades subletales de fracciones petrolíferas en los tejidos del cuerpo (Ej. ingestión), que disminuye potencialmente la tolerancia a otras tensiones (Ej. depredación y enfermedad).
4. Reducción o destrucción de los alimentos o del valor comercial de pesquerías, debido a la degeneración del sabor por la absorción de hidrocarburos.
5. Incorporación de sustancias potencialmente cancerígenas o muta génicas en la cadena alimenticia.
6. Comportamiento alterado de la biota que podría entorpecer las funciones ecológicas normales.

En el agua luego de un derrame petrolero, se altera la composición de las poblaciones de peces, pues desaparecen las especies sensibles a la contaminación, y se seleccionan las especies más resistentes.

Los impactos del crudo en el medio ambiente marino se observa en forma más inmediata en la biota sésil. La mortalidad de plantas e invertebrados sésiles es mayor en sitios donde se acumula el petróleo.

Organismos como los Tricotemos, Neurópteros y Plecópteros, son sensibles a la alteración del medio (rio o lagos) y son los primeros en desaparecer; otros organismos como los Chironomidae son resistentes a la contaminación de las

aguas, debido a que la hemolinfa de su organismo tiene un componente similar a la sangre humana, que le permite capturar Oxígeno con mas facilidad y poder sobrevivir en aguas contaminadas.

Por otro lado, suelen aparecer alteraciones morfológicas en los peces, como la aparición de una aleta mas, algo de gigantismo o enanismo, alteración en la coloración, perturbación del desarrollo larval y presencia de tumores.

En casos de contaminación del agua, los anfibios son fuertemente afectados debido a que ellos respiran a través de su piel, que es muy sensible y a que utilizan el agua y la tierra en todos sus ciclos vitales, pero especialmente en la reproducción. Algunos efectos del petróleo en los ecosistemas marinos y costeros son:

- Afecta la calidad del agua a corto y largo plazo.
- Destruye organismos que viven en el fondo marino como son cangrejos, almejas otras y mejillones.
- El ecosistema marino tarda al menos 3 años para su recuperación.
- En las zonas de bosques de manglar interrumpe y altera el flujo de agua dulce hacia el manglar, lo que conduce a la muerte del manglar y de los organismos que ahí viven, como es el caso de la reproducción del camarón. Un bosque de manglar toma 10 años para recuperarse.
- Las aves y animales son afectados directamente por envenenamiento por ingestión de agua contaminada.
- En los derrames en mares y ríos se forma una nata que se extiende en la superficie del agua y flota formando una capa hermética que afecta a las aves, los mamíferos acuáticos y a los peces. Esta película de hidrocarburo impide el paso de oxígeno y el dióxido de carbono provocando asfixia a los peces y moluscos e impide la realización de la fotosíntesis y afecta la cadena alimenticia.

c) Elementos socioeconómicos: los impactos sobre la salud pública asociados a los desechos aceitosos son debido a su capacidad toxica, volátil, inflamable, de irritación de la piel y emanación de vapores, etc.; a la presencia de sustancias cancerígenas de origen industrial por metales pesados, disolventes, aditivos, etc.

Todo ello crea un entorno de salubridad difícil, casi de supervivencia. Algunas afecciones a la salud humana son:

- Por la gran cantidad de químicos que conforman el crudo, los efectos en los humanos son graves. Existe dos tipos de intoxicación: aguda y crónica, pero en ambas los efectos en la salud son devastadores.
- Esta intoxicación puede causar irritaciones de la piel, problemas respiratorios, reproductivos, lesiones digestivas, cardíacas, nerviosas y hasta el cáncer.
- En los impactos directos los efectos en la salud son muy graves como la dermatitis, afectación al sistema nervioso y a la médula ósea provocando anemia y leucemia, malformaciones congénitas.

Otros efectos por derrames o químicos que componen el petróleo son:

Componente del crudo

Efectos a la salud

Hidrocarburos aromáticos (Compuestos Orgánicos Volátiles - COVs): benceno, tolueno, xileno.

- Irritantes de piel, dolores de cabeza, depresión, y “hormigueos” en manos y pies.
- Anemia y leucemia que produce la muerte en el 50% de los casos con tratamiento.
- Malformaciones congénitas

(Hidrocarburo. Policíclicos aromáticos - PAHs): antraceno, pireno, fenantreno, benzopirenos, (Una presencia de 28 nanogr/l equivale a un riesgo de 1 caso de cáncer cada 100,000 personas.)

- Irritante de piel
- Cáncer de piel, testículos y pulmones. Por su alto riesgo de producir cáncer se acepta sólo un nivel cero en el agua.

Gases: SO₂

- Dolores de cabeza
- Irritantes de piel, ojos y respiratorio
- Cáncer de pulmón y laringe.
- Malformaciones

Metales pesados: cadmio, cromo, plomo, mercurio, cobalto, cobre, etc. (ver cuadro de efectos en la perforación pozos)

- Tienen la capacidad de bioacumularse en seres vivos y entrar a formar parte de las cadenas de alimentos.
- Producen irritaciones de la piel, problemas reproductivos y cáncer

Elementos radioactivos: (ver cuadro de efectos en la perforación pozos)

- Producen irritaciones de la piel, problemas reproductivos y cáncer

Por otra parte los residuos aceitosos de la producción de crudo afectan la economía de las comunidades en zonas petroleras, limitando las actividades agrícolas por baja fertilidad de suelos y zonas bajas utilizadas para la piscicultura y la pesca, generalmente contaminados por los componentes químicos del petróleo.

Algunos contaminantes asociados con el crudo provocan alteraciones en las comunidades piscícolas, por lo que tanto la diversidad como la estructura de las poblaciones de peces son alteradas, aumentan las poblaciones de las especies más resistentes, y desaparecen o disminuyen las poblaciones de las especies menos resistentes, lo que afecta a la seguridad alimentaria de las poblaciones locales. Los peces acumulan contaminantes en sus tejidos grasos, provocando el envenenamiento crónico de las poblaciones que se asientan tradicionalmente en las orillas de los ríos para proveerse de agua y pescado.

4.2.2 Política de los residuos aceitosos en Colombia. La política del país en cuanto al manejo de los residuos aceitosos de la industria del petróleo, tipificados como peligrosos, está basada en la “Legislación Nacional del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial” y tiene como objetivo fundamental impedir o minimizar de la manera más eficiente los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

◆ **Fundamentos.** Los Fundamentos de la política para la gestión de residuos aceitosos o peligrosos en el país, están contenidos principalmente en la Constitución Política, el Decreto-ley 2811 de 1974, la resolución 2309 de 1986, la ley 99 de 1.993, el Decreto 1443 del 2004 y el decreto 4741 del 2005.

De acuerdo con lo establecido en la Constitución Política y la Ley 99 de 1.993, la gestión ambiental debe orientarse hacia el desarrollo sostenible y enmarcarse en los principios de descentralización (autonomía), democratización y participación,

para lo cual las instituciones ambientales del estado deben estructurarse teniendo como base los criterios de gestión integrada del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación del desarrollo económico y social. Por esta razón la protección y recuperación del medio ambiente es una tarea conjunta entre el estado y la sociedad civil – comunidad, y sector privado.

◆ **Lineamientos de la política, enmarcados en el Decreto 4741 del 30 de diciembre del 2005, del Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.** Mediante este Decreto se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral, haciendo responsable al generador del residuo mediante el manejo y tratamiento, hasta la disposición final, en condiciones que garanticen la neutralización de la capacidad de impacto del desecho, eliminando las concentraciones de los componentes que le dan características tóxicas.

De acuerdo al Decreto 4741 del 2005, "cualquier normativa que expidan las autoridades ambientales o las entidades territoriales en materia de residuos o desechos peligrosos, deberá ser motivada y estar sujeta a los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario, de acuerdo con lo establecido en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993."

◆ **Manejo integral.** El Decreto 4741 del 2005, define el manejo integral de los residuos peligrosos como la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, almacenamiento, transporte, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final, importación y exportación de residuos o desechos peligrosos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos nocivos temporales y/o permanentes que puedan derivarse de tales residuos o desechos.

♦ **Aprovechamiento y recuperación.** La industria del petróleo a nivel mundial, tiene algunas experiencias de aprovechamiento del agua producida mediante la reinyección, en zonas cuyas características permiten la implementación de este sistema como parte de la producción de crudo o para la recuperación de petróleo mediante el recobro mejorado, situación aplicada en Colombia a través del proyecto La Cira Infantas. El aprovechamiento del crudo y el agua existente en el residuo (emulsiones, lodos y sólidos aceitosos) se ha desarrollado en Colombia de forma discontinua y como solución de algunos volúmenes menores almacenados, con resultados poco viables desde el punto de vista económico por los altos costos que esto representa para las compañías.

Los procesos más comunes de aprovechamiento por recuperación de aceite existente en los residuos, en campos petroleros de Colombia, se han presentado en el área de perforación, específicamente en el tratamiento mediante desorción térmica de rípios o cortes de perforación base Diesel, del cual se obtiene combustóleo o condensado como producto.

En la recuperación y reutilización de fluidos (salmueras) de equipos de reactivación y servicio a pozos se han tenido experiencias puntuales con los sistemas instalados en los mismos equipos, situación está que en ocasiones ha generado proliferación de hongos y bacterias en el fluido, así como altas concentraciones de sulfatos y calcio, que afectan la formación y por consiguiente la producción de crudo de los pozos asociados, debido al poco control de calidad.

4.3 MARCO LEGAL

Para la realización de esta propuesta se tuvo en cuenta la norma internacional o protocolo Louisiana sección 29b y la legislación aplicable al derecho ambiental colombiano vigente, que regula el manejo y disposición final de los residuos aceitosos o peligrosos.

Normatividad General:

- **Constitución Política de Colombia.** En su artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

- **Decreto 2811 de 1974, Código de los Recursos Naturales.** En sus artículos 34 a 38 consagró que se deben utilizar los mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de los residuos, basuras, desperdicios y en general desechos de cualquier clase, prohibiendo descargar, sin autorización, los residuos y en general los desechos que deterioren los suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos. Por razón de volumen o calidad de residuos se podrá imponer a quien los producen, la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalizando los medios en cada caso.

- **Ley 9 de 1979, Código Sanitario.** Consagró medidas de carácter sanitario, estipulando en su artículo 31 que quienes produzcan desechos con características especiales, en los términos que señale el Ministerio de Salud, serán responsables de su recolección, transporte y disposición final; en su artículo 32 estipuló que para tales fines podrá contratar los servicios de un tercero, el cual deberá cumplir exigencias que para el fin establezca el Ministerio de Salud

- **Resolución 2309 del 24 de febrero de 1986.** Donde se dictan algunas normas para el control de la contaminación generada por los residuos sólidos especiales, es una norma remedial no preventiva.

- **Ley 99 de 1993.** Por la cual se establecen los fundamentos de la Política Ambiental Colombiana, se crea el Ministerio del Medio ambiente y el Sistema Nacional Ambiental, SINA, el cual sigue el siguiente orden jerárquico descendente (Art. 1- 4). Ministerio del Medio Ambiente, Corporaciones Autónomas, Regionales, Departamentos, Distritos o Municipios

- **Ley 253 de 1995.** Sobre control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, obliga a los Estados a tomar medidas apropiadas para el adecuado manejo y disposición final de los mismos, y el compromiso de reducir al mínimo la generación de éstos, teniendo en cuenta aspectos sociales, tecnológicos y económicos, del respectivo país, garantizando la protección del medio ambiente y la salud humana.

En cuanto a la disposición final, consagra la prohibición que debe hacer el Estado a todas las personas sometidas a su jurisdicción nacional, del transporte o la eliminación de desechos peligrosos y otros desechos, a menos que esas personas estén autorizadas o habilitadas para realizar este tipo de operaciones.

Convenio de Basilea de 1996. Se firmó por Colombia en 1996 con la expedición de la Ley 253. Con el convenio se pretende regular los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos entre países, en particular, de “países desarrollados” a “países en vía de desarrollo y en transición”.

- **Ley 373 de 1997.** Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental.

- **Ley 430 de 1998.** Por la cual se establecen normas prohibitivas en materia ambiental, referente a la introducción de los desechos peligrosos en el país. En su artículo 2 limita solamente la prohibición, a los residuos de otros países que Colombia no esté en capacidad de manejar de manera racional y que representan un riesgo exclusivo e inaceptable.

- **Resolución 822 de 1998.** Mediante la cual se adoptó el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), el cual en su título hace referencia específica al Sistema de Aseo Urbano. Este reglamento en lo concerniente a residuos sólidos peligrosos se deja en manos de las autoridades competentes de acuerdo al caso, sin embargo, se hace una propuesta mas detallada de la incompatibilidad de los residuos peligrosos.

- **Decreto 321 de 1999.** por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres o aquel que lo modifique o sustituya y para otros tipos de contingencias el plan deberá estar articulado con el plan local de emergencias del Municipio.

- **Decreto 1609 de 2002.** Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

- **Decreto 4741 de 2005.** del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por el cual se reglamenta la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

En el capítulo II de este decreto se establece la clasificación, caracterización, e identificación de los desechos peligrosos, incluidos en los anexos I, II a menos que no presenten ninguna de las características de peligrosidad descritas en el anexo III del mismo decreto. Con lo descrito en el artículo 6º, las características

corrosivas, explosivas, tóxicas, inflamables infecciosas y radioactivas son las que le confieren a un residuo la calidad de peligroso.

El capítulo III, en su artículo 10º, de las obligaciones del generador, de conformidad con lo establecido en la ley, en el marco de la gestión integral de los desechos peligrosos, determina en los literales a y b, que el generador "debe garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera". "Elaborar un plan de gestión de los residuos o desechos peligrosos que genere tendencias a prevenir la generación y reducción en la fuente, así como minimizar la cantidad y peligrosidad de los mismos. En este plan deberá igualmente documentarse el origen, cantidad, características de peligrosidad y manejo que se dé a los residuos o desechos peligrosos". Así mismo en los numerales j y k, establece que el generador debe: " Tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad con el fin de evitar cualquier episodio de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, relacionado con sus residuos o desechos peligrosos". "Contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento y/o disposición final, con instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente".

El almacenamiento de residuos o desechos peligrosos en instalaciones del generador no podrá superar un tiempo de doce (12) meses. En casos debidamente sustentados y justificados, el generador podrá solicitar ante la autoridad ambiental, una extensión de dicho período. Durante el tiempo que el generador esté almacenando residuos o desechos peligrosos dentro sus instalaciones, éste debe garantizar que se tomen todas las medidas tendientes a prevenir cualquier afectación a la salud humana y al ambiente, teniendo en cuenta

su responsabilidad por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente, de conformidad con la Ley 430 de 1998.

Según el artículo 11º y 12º, "el generador es responsable de los residuos o desechos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente". "La responsabilidad integral del generador subsiste hasta que el residuo o desecho peligroso sea aprovechado como insumo o dispuesto con carácter definitivo".

De conformidad con lo consagrado en la Ley 99 de 1993 y sus disposiciones reglamentarias y en ejercicio de las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental las diferentes autoridades ambientales competentes en el área de su jurisdicción deben entre otras disposiciones: "Generar o divulgar información en el área de su jurisdicción sobre la cantidad, calidad, tipo y manejo de los residuos o desechos peligrosos, con base en la información recopilada en el registro de generadores". "Formular e implementar en el área de su jurisdicción un plan para promover la gestión integral de residuos o desechos peligrosos, con énfasis en aquellas estrategias o acciones que haya definido la Política como prioritarias". Poner en conocimiento del público en general, el listado de receptores o instalaciones autorizadas para el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o valorización y disposición final de residuos o desechos peligrosos en su jurisdicción." Incentivar programas dirigidos a la investigación para fomentar el cambio de procesos de producción contaminantes por procesos limpios; así mismo fomentar en el sector productivo la identificación de oportunidades y alternativas de producción más limpia que prevengan y reduzcan la generación de residuos o desechos peligrosos.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 UBICACIÓN.

El presente estudio se realizó en el Campo petrolero del proyecto La Cira Infantas L.C.I., ubicado en el Corregimiento El Centro, Municipio de Barrancabermeja, Departamento de Santander, Colombia.

5.2 MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

5.2.1 Materiales.

- Elementos de protección personal.
- Recipientes para toma de muestras.
- Papelería.
- Cartuchos de tinta.
- Hojas de registro.
- Tiquetes aéreos para visitas técnicas.

5.2.2 Herramientas y equipos.

- Dos cámaras fotográficas.
- Dos computadores portátiles.
- Dos camionetas tipo campero 4x4.
- Herramientas menores.

5.3 METODOLOGÍA.

Este estudio es basado en el método deductivo, para lo cual se observaron los elementos y condiciones existentes en el Campo petrolero y la tecnología en materia de tratamiento encontrada en Colombia, para plantear una solución ambiental bajo el criterio de manejo Integral y aseguramiento de los residuos aceitosos, con la filosofía de ver el residuo como producto, recuperando las fases

aprovechables, explorando las variables de los procesos de producción de crudo en materia de generación de desechos, para mejorar el desempeño ambiental.

5.3.1 Recopilación y revisión de la información de los residuos aceitosos de la operación. Para el desarrollo de las actividades de recopilación y revisión de información se recurrió a fuentes primarias y secundarias del campo objeto de estudio.

5.3.1.1 Recopilación de la información: inicialmente se consultó información histórica del comportamiento de la producción, tipo de crudo, magnitud del proyecto, soporte técnico y procesos utilizados vinculados al tema de estudio, al igual que de empresas contratistas o entidades privadas vinculadas a actividades de tratamiento de residuos aceitosos.

Se obtuvo la base de datos del proceso de recuperación de fluidos aceitosos (salmueras), generados por los equipos de subsuelo o de reactivación y servicio a pozos del campo, implementado durante los años 2007, 2008 y primer semestre del 2009. Esta información consistió en volúmenes de recibo y retornos, porcentajes de concentración de sólidos, agua e hidrocarburo y de recuperación de salmuera y aceite, eficiencia del proceso y calidad de los retornos. Así mismo se recopiló la información de volúmenes y características de los sólidos de equipos de subsuelo (arenas y lodos contaminados con crudo, sólidos de molidas de tapón de cemento y píldoras de control de pozos).

Se solicitó en detalle los datos de desechos aceitosos generados por los supervisores de zona e interventores ambientales y de obra, de los contratos de mantenimiento de facilidades de la operación, tales como: de limpieza de piscinas de estaciones de recolección y planta deshidratadora El Centro, cajas API, trampas de grasas y aceite, biofiltro; de limpieza de tanques y vasijas metálicas,

de descontaminaciones y de actividades de inyección o de procesos de la operación y de construcción.

Se recorrieron las fuentes o lugares de origen de los desechos aceitosos: estaciones de recolección de crudo, planta deshidratadora El Centro, los equipos de subsuelo que operaban en el campo, áreas de almacenamiento y tratamiento, actividades de descontaminación y procesos de la operación. Se hicieron visitas técnicas a las plantas o áreas de operación de sistemas de tratamiento que incluyeran procesos térmicos, centrifugado y demás tecnología utilizada en el tratamiento de los residuos aceitosos.

5.3.1.2 Revisión de la información: Con la revisión en detalle, se estableció la relación directa entre el incremento de la producción de crudo del campo y los residuos aceitosos generados en el mismo, evidenciándose un control y buena trazabilidad de la información de los desechos de fluidos de equipos de reactivación y de servicio a pozos por parte de la interventoría ambiental del campo petrolero y falencias en cuanto a la trazabilidad de los desechos aceitosos por el poco control existente en los volúmenes y caracterizaciones, fundamentalmente en cuanto a residuos aceitosos de facilidades de la operación. La información primaria recogida en campo facilitó las proyecciones y detalles de los volúmenes y calidad de los desechos contaminados con hidrocarburo y dejó al descubierto los efectos ambientales ocasionados por los métodos de tratamiento y la creciente dificultad de manejo por falta de espacios y zonas de disposición final.

5.3.2 Diagnostico del manejo de los residuos aceitosos del campo. Con base en la información obtenida se seleccionaron cuatro parámetros importantes a desarrollar, con el fin de establecer las condiciones de manejo y tratamiento y la afectación al medio ambiente.

5.3.2.1 Control de volúmenes. Se identificaron las diferentes fuentes o sitios de generación, se realizó monitoreo y caracterización de los residuos de algunas facilidades de la operación para poderlos clasificar en grupos de acuerdo a los porcentajes de sedimentos, agua, aceite y emulsiones presentes.

5.3.2.2 Áreas y métodos de tratamiento. Se ubicaron las áreas de tratamiento existentes y dimensionaron las distancias de recorrido para el transporte y condiciones de espacio para el desarrollo de las técnicas adoptadas en los métodos de tratamiento, controles de calidad existentes y formas de manejo de los materiales desechos en sus diferentes etapas.

5.3.2.3 Disposición final. Se hizo una revisión de las zonas de disposición final y los planes del campo para la identificación, adecuación, operación y clausura de estos sitios, así como de las condiciones del material después del tratamiento comparado con la norma internacional Louisiana 29 sección B.

5.3.2.4 Impactos ambientales. Se identificaron los impactos inherentes a la actividad de manejo, tratamiento y disposición final de los residuos aceitosos de acuerdo a lo que se venía implementando en el campo petrolero.

5.3.3 Clasificación de los diferentes tipos de residuos aceitosos, según su proceso o activada generadora. Se tomaron muestras representativas de las fuentes para análisis por retorta o centrifuga, con el fin de identificar los BS&W en el caso de los sólidos, lodos, emulsiones o crudos sucios, al igual que de las aguas de procesos para análisis de calidad en parámetros como Sólidos Suspendidos Totales, Cloruros, Calcio, pH y Grasa y Aceites. El único proceso que estaba asegurado y no requirió de esta actividad es el de recuperación de fluidos aceitosos (salmueras), generados por los equipos de subsuelo o de reactivación y servicio a pozos.

5.3.4 Diseño conceptual del esquema de tratamiento integral para la recuperación de las fases aprovechables de los residuos aceitosos de la operación del campo. Para el diseño conceptual se tuvo en cuenta la información relacionada con la magnitud del campo petrolero: producción diaria de crudo en barriles por día (BPD), área total e infraestructura (pozos productores activos, pozos inyectoros, facilidades de producción existentes), volúmenes generados y proyección en tiempo de vida del campo petrolero.

5.3.4.1 Selección de la mejor alternativa. Con base en la experiencia exitosa del proceso de recuperación salmueras, generados por los equipos de subsuelo del sitio de estudio, implementado durante el año 2007 y las visitas realizadas a diferentes compañías especialistas en el tratamiento y recuperación de aceite de los residuos, se tomaron muestras representativas en carros cisterna de hasta 200 barriles de capacidad, de las facilidades de la operación, en los sitios de origen y en las piscinas del área de tratamiento. Se realizaron pruebas en los sistemas que demostraron capacidad técnica en esta actividad, para seleccionar la alternativa que permitiera una mayor recuperación de hidrocarburo, salmueras (para servicio a pozos) y aguas (para reinyección o reutilización) y la mayor reducción del residuo para disposición final que garantizara la disminución significativa del impacto ambiental por manejo y disposición de desechos aceitosos.

6. ANALISIS Y RESULTADOS

6.1 RECOPIACIÓN Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DE LA OPERACIÓN PETROLERA.

Se pudo establecer que el campo petrolero LCI pasó de una producción de 5,325 BPD a comienzos del año 2006, con 500 pozos productores activos, a 22,503 BPD para mediados del año 2009, con 743 pozos productores. La meta es lograr 50,000 BPD para el año 2013, tiempo en el cual se habrá llegado a la etapa madura del recobro del yacimiento.

Cuadro 1. Información de incremento de la producción del campo petrolero.

DESCRIPCIÓN	Condición Enero 2006	Condición Junio 2009	Incremento
Producción(BOPD)	5.325	22.503	17.178
Inyección (BWPD)	25.000	200.549	175.549
Pozos productores	500	743	243
Pozos inyectoros	70	197	127

El área de desarrollo del campo es de 118 km² y en su infraestructura cuenta con siete estaciones de recolección de crudo, una planta deshidratadora (PDH), una planta de inyección (PIA), más de setecientos (743) pozos y contrapozos, algunas trampas de grasas y aceites, que se convierten en los puntos de recolección de los subproductos o residuos aceitosos tales como emulsiones, lodos, sólidos y aguas. Dentro de las actividades contratadas y de generación constante de desechos de crudo se identificaron nueve equipos de reactivación y de servicio a pozos, una empresa de mantenimiento de tanques, una empresa de

mantenimiento de piscinas, cajas API, vasijas y facilidades de la operación y una empresa a cargo de descontaminación de zonas afectadas por derrames.

No se encontraron datos sólidos de volúmenes de residuos en la información suministrada por el personal operativo de las estaciones y planta deshidratadora, ni del personal a cargo de los mantenimientos, por lo que se recurrió a la información de interventores ambientales y de las dos zonas de tratamiento existentes: de la Unidad de tratamiento de aguas (UTA) de propiedad de la empresa TWM S. A., ubicada en una antigua planta de inyección, donde se recuperaban las salmueras o fluidos utilizados por los equipos en la reactivación de pozos y la información de una antigua subestación utilizada como sitio de manejo, que comenzó como área piloto en el año 2005, para el tratamiento de los residuos de perforación y aceitosos de la operación (cortes de perforación, fluidos de servicio a pozos, residuos de facilidades, material vegetal contaminado, suelo impregnado de hidrocarburo y residuos de limpieza de piscinas), generados en la operación de los campos.

Durante los últimos 5 años en este sitio se ha desarrollado el tratamiento con diferentes empresas contratistas, tiempo en el cual el material tratado se ha venido disponiendo en la misma zona.

Figura 2. Unidad de tratamiento de aguas y salmueras (UTA), de la empresa contratista TWM S. A, en la antigua planta de inyección.



Figura 3. Zona existente, utilizada para tratamiento de residuos aceitosos o de la operación.



Cuadro 2. Relación de volúmenes de residuos aceitosos promedio generados en el Campo petrolero y recibidos en las áreas de tratamiento durante el último semestre del año 2008 y primer trimestre del 2009.

ITEM	DESCRIPCIÓN	VOLUMEN BLS/MES
1	Residuos aceitosos de facilidades	4.500
2	Borras aceitosas y arenas de Workover	3.500
3	Cortes de perforación contaminado con crudo	80
4	Residuos líquidos de salmueras	14.450
5	Residuos aceitosos limpieza de piscinas	8.080
6	Residuos de suelos contaminados con hidrocarburo	1.150
7	Maleza contaminada con hidrocarburo	932
TOTAL VOLUMEN MES		32.692

6.2 DIAGNOSTICO DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DEL CAMPO PETROLERO.

6.2.1 Generación y control en la fuente. Las principales fuentes de residuos aceitosos son: el mantenimiento de las facilidades y los subproductos de los procesos de las siete estaciones de recolección de crudo y de la planta

deshidratadora (cajas, tanques, separadores API, piscinas, trampas de grasas y aceites, tratadores térmicos y limpieza de zonas contaminadas por la misma operación), el mantenimiento continuo de los 743 contrapozos y de algunas trampas de grasas y aceites distribuidas por todo el campo petrolero, las operaciones de los equipos de completamiento, de reactivación y de servicio a pozos y las actividades de descontaminación y atención de emergencia. De esto no se encontró mayor información en cuanto a caracterización, volúmenes y calidad del residuo, solo se conoció una clasificación, realizada por el personal de interventoría de las zonas de tratamiento, relacionada en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación inicial de los residuos aceitosos del campo petrolero, en las zonas de tratamiento.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
RAW	Residuos Aceitosos de Workover
SCDH	Suelo Contaminado Durante Derrames de Hidrocarburo
MVC	Material Vegetal Contaminado
RFP	Residuos de Facilidades de Producción
RALPAS	Residuos Aceitosos de Limpieza de Piscinas

Figura 4. Separadores API, trampas de grasas y contrapozos.



Figura 5. Descontaminación de zona afectada por derrame en la industria petrolera.



6.2.2 Áreas de tratamiento y disposición final. Se identificaron dos zonas de manejo y tratamiento para disposición final de los residuos aceitoso. La primera consistente en una unidad de tratamiento de aguas (UTA), ubicada en una antigua planta de inyección, en la cual con un método sencillo se recuperaban los fluidos o salmueras de la operación con excelentes resultados para reutilización y hasta donde se transportaban los desechos líquidos en carro tanques o camiones de vacío.

El proceso consiste en un tratamiento físico – químico - mecánico realizado en tanques metálicos suministrados por un contratista, en los cuales hacen la separación de la fase aceitosa, posteriormente por floculación y precipitación se separan los sólidos en un tanque cónico con agitación y al final la salmuera se filtra para garantizar retención de las partículas en suspensión en unos filtros menor o igual a 5 micras, asegurando que los cloruros presentes en el fluido se conserven y que las características mínimas del agua a retornar para work over cumplan los parámetros requeridos.

Los sólidos retirados del material recibido se enviaban a tratamiento a la segunda zona del campo, ubicada en la vereda Planta Nueva para asegurar la disposición final de estos, para posterior comercialización como de descarte a través de un contrato de venta de residuos.

La zona de tratamiento es limitada por espacio y su infraestructura se reduce a tres piscinas en tierra a cielo abierto para recibo de los residuos aceitosos de la operación (lodos, borras, emulsiones, sólidos y material vegetal contaminado) de las facilidades de la operación, transportados desde las diferentes fuentes y depositados allí sin ninguna clasificación. Este sitio debido al incremento en la producción de crudo del campo y el consecuente aumento en los volúmenes de residuos generados, se llegó a punto de colapso a finales del 2009, por la cantidad de desechos acopiados en el sitio y los métodos de tratamiento consistente en mezcla con material de aporte o suelo limpio, para bajar la concentración de hidrocarburo y reducir humedad disminuyendo considerablemente la capacidad de tratamiento en la zona, limitando las condiciones operativas por falta de espacio y excediendo la capacidad de almacenamiento de residuos.

Figura 6. Piscinas en tierra, de área utilizada para tratamiento.



Figura 7. Acumulación de material en proceso de tratamiento en la zona.



Los procesos básicos llevados a cabo en el sitio de tratamiento consisten en la recepción de los residuos aceitosos, separación de las fases aceite, agua y lodo, clarificación del agua aplicando sulfato de aluminio en forma directa a las piscinas, homogenización del lodo de fondo de las piscinas con material de aporte, aplicación de caldos bacterianos, Cal, Aireación y extendido.

Figura 8. Procesos básicos de tratamiento de residuos aceitosos (mezcla con suelo limpio, aplicación de cal, homogenización y extendido).



La zona de estudio no contaba con un sitio adecuado para la disposición final del residuo, por lo que el material tratado en la mayoría de los casos es reutilizado como de aporte en los procesos de homogenización de otros desechos aceitosos volviéndose a saturar de crudo.

6.2.3 Impactos ambientales. En los sitios de generación de residuos aceitosos del campo petrolero objeto del estudio, no existe la infraestructura suficiente para el control de estos aspectos ambientales, debido a que las facilidades construidas para la producción del campo, existentes al inicio de la reactivación del mismo, no tienen la capacidad para el manejo de los volúmenes actuales, cinco veces mayores por el incremento de la producción, limitando parte de los procesos y convirtiendo los subproductos en un verdadero problema, por lo que en algunos casos se construían piscinas en tierra para almacenar temporalmente parte de los

desechos y evitar afectar la operación y ocasionar un mayor impacto ambiental. De esta manera muchas de las piscinas de retención de las estaciones de recolección del campo terminaron como grandes separadores API debido al creciente volumen de agua y crudo manejado, creando situaciones de emergencias por niveles altos en estos sistemas de contención. Los procesos de tratamiento en la planta deshidratadora crearon acumulaciones de hasta 50,000 barriles entre emulsiones, lodos y crudos sucios en los tanques y biofiltros o piscinas de control, ocasionando situaciones de alarma para la operación por posible rebose de vasijas en épocas de lluvia con afectación de cuerpos de agua.

Otra situación que aumentaba el riesgo de contaminación ambiental en LCI, es la falta de un sitio de tratamiento con la capacidad suficiente para almacenar todo el volumen generado y los métodos de manejo y tratamiento que se dan principalmente en el sitio identificado, donde se concentraba la mayor cantidad de residuos aceitosos o subproductos de la operación. En este sitio se presenta acumulación de emulsiones, lodos y fluidos aceitosos en las piscinas acondicionadas para recibo sin impermeabilizar y en muchas ocasiones en épocas de constantes precipitaciones se convertían en generadores de contaminación con afectación de suelos y bajos por aguas de escorrentía.

Una de las formas de evitar reboses de aceite de las piscinas de recibo y almacenamiento era el retiro de una mínima parte del material aceitoso depositado en estas piscinas, que cumpliera ciertas características, para comercializar como crudo de descarte a través de un contrato de venta de residuos.

La situación presentada en los sitios de origen y zonas de recibo, manejo y tratamiento de los residuos aceitosos, por acumulación de estos subproductos, ponían en riesgo no solo a la operación, sino también al entorno natural, con grandes consecuencias para el proyecto de recobro mejorado y para la población civil inmersa en las actividades del campo.

6.2.3.1 Componentes ambientales afectados por los residuos aceitosos en LCI. Se puede determinar que los factores o elementos del medio ambiente con mayor afectación, por las actividades del manejo de los residuos aceitosos en el área de estudio son:

Medio físico.

- El componente aire se ve afectado por la liberación de gases y vapores orgánicos, por efecto de la temperatura en la zona y brillo solar, lo que hace que las emulsiones, fluidos y lodos aceitosos almacenados en piscinas y sitios de acopio se evaporen como una condición permanente de emisiones fácilmente detectables por los fuertes olores.
- El suelo recibe la mayor afectación debido a la falta de impermeabilización de las piscinas y sitios de acopio, a los continuos reboses del material almacenado en el sitio de manejo. La infiltración de los lixiviados generados por la acumulación de los desechos y el arrastre de aceites a zonas bajas por aguas de escorrentía. La fertilidad de la tierra disminuye y no se pueden desarrollar cultivos de pan coger en suelos impactados reduciendo su uso y desequilibrando el ecosistema con deterioro del paisaje.
- En el agua se presenta la contaminación de acuíferos subterráneos y superficiales por lixiviación, arrastres de escorrentía por los mismos reboses de piscinas y contaminación de aguas lluvias por los torrentes aguaceros durante cuatro de los doce meses del año, debido a la carencia de cubiertas en piscinas de procesos y zonas de almacenamiento. Esto no solo genera el deterioro del recurso para el consumo humano, si no que afecta actividades propias de riego, ganadería, cultivos de peces, recreativas e igualmente desestabiliza el ecosistema acuático.

Medio biótico.

- El deterioro de la flora terrestre y acuática por mala contención del petróleo y condiciones inapropiadas para el tratamiento de los desechos aceitosos.
- La extinción de Fauna terrestre y acuática, con intoxicación masiva por efectos del crudo relacionados con los malos manejos de desechos, con poca contención.

Medio socio-económico.

- La zona de estudio tiene una característica que la hace distinta de otras áreas petroleras por su cercanía con la población, en lo que tiene que ver con parcelas productivas que generan un beneficio económico para los habitantes, los cuales se ven afectados por la condición de acopio de

desechos y contaminaciones de cuerpos de agua y zonas de bajos. Adicionalmente se presenta deterioro de la salud pública por los olores y vapores emanados por estos desechos aceitosos.

6.3 CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS DEL CAMPO PETROLERO.

Con base en la clasificación inicial de los desechos aceitosos, realizada por los interventores ambientales y operativos de las zonas de recibo, manejo y tratamiento.

Junto con los resultados obtenidos en los análisis de las muestras tomadas para verificar los porcentajes de agua, sedimento, aceite y emulsión en cada tipo de residuo de acuerdo a su estado líquido, sólido o acuoso se hizo una reclasificación en ocho formas de estos subproductos de la operación, que a su vez permitieron consolidar unos volúmenes promedio posibles generados, con su respectivo incremento por efecto de la producción y logística del campo.

Se pudo establecer que después de las salmueras o fluidos de reactivación y servicio a pozos, la mayor cantidad de desechos aceitoso se generaba en la planta deshidratadora, como producto de las reacciones químicas en los procesos de los tratadores, desplazamientos por tuberías y almacenamiento en vasijas, creando emulsiones fuertes y débiles mal denominadas mogo-mogo, que representa uno de los subproductos más importantes para aprovechamiento de fases líquidas, por el alto porcentaje de hidrocarburo que contiene (25% al 80%) y agua (30% al 80%).

Figura 9. Análisis de contenido de hidrocarburo en emulsiones, muestras tomadas en API de planta deshidratadora (en su orden: drenaje de tratadores térmicos, drenaje de tanques y punto de mezcla API)



Se identificó también que los residuos con mayor porcentaje de sólidos y poca presencia de petróleo crudo (hasta 15%), son los que provienen de descontaminaciones por derrames, el material filtrante de las plantas de inyección y las arenas y lodos de limpieza o de perforaciones de tapón de cemento y reparación de casing, en pozos productores e inyectores. Estos a su vez representan la proporción más pequeña del total de los subproductos o desechos aceitosos del proyecto petrolero.

Figura 10. Residuos sólidos de limpieza de pozos.



En general, los residuos del campo petrolero contienen un alto porcentaje de humedad y es uno de los parámetros a tener en cuenta por cuanto su condición acuosa requiere de una deshidratación para facilitar su tratamiento y disposición final.

Cuadro 4. Clasificación y volúmenes promedio mes de residuos aceitosos del campo petrolero, según el origen.

TIPO RESIDUO	DESCRPCIÓN	VOLUMEN LCI (BLS/MES)
Aguas contaminadas con crudo	Generadas en limpieza de contra pozos de sumtanks, skimmers y/o trampas de grasa y de mas facilidades de producción.	9.000
Fluidos aceitosos de la operación y/o de Work over y servicio a pozos	Líquidos aceitosos con bajo contenido de sólidos generados en completamientos y reactivación de pozos, salmueras para operaciones de control a pozos.	30.000
Geles, polímeros, espumas de limpieza, gomas y sus derivados y píldoras viscosas.	Retornos de trabajos de estimulación a pozos, basados en sustancias poliméricas o píldoras para corrección de perdidas y control de pozos	50
Fluidos aceitosos contaminados con sólidos y emulsiones estables	Fluidos de producción provenientes, principalmente de saturaciones de la interfase de gumbarrel y otras vasijas, tales como FWKO's.	2.500
Borras o fondos provenientes de la limpieza de vasijas en facilidades de producción.	Sólidos y depósitos de fondo en vasijas que hacen parte de las facilidades de producción, tales como separadores, tanques de prueba, skimmers, lechos de secado de plantas de inyección de agua, decantadores, gum barrels, entre otras vasijas.	3.500
Material filtrante contaminado con sólidos e hidrocarburo.	Medios filtrantes provenientes de la limpieza de filtros de las plantas de inyección de agua	5
Emulsiones, crudo sucio y Lodo.	Crudo de retorno en mantenimiento de pozos, emulsión parafinita con alto contenido de sólidos que forma un nata y proviene de la interface de los tratadores térmicos.	12.000
Suelo y material vegetal contaminado de hidrocarburo	Generados durante limpieza de derrames de Hidrocarburo, proveniente de roturas por corrosión, situaciones operacionales e ilícitos, contaminaciones con hidrocarburo durante perforaciones a pozos y trabajos de retiro de arenas. (estimulación a pozos)	120

6.4 DISEÑO CONCEPTUAL DEL ESQUEMA DE TRATAMIENTO INTEGRAL PARA LA RECUPERACIÓN DE LAS FASES APROVECHABLES DE LOS RESIDUOS ACEITOSOS.

El residuo generado en la industria petrolera es un subproducto de los procesos, por lo tanto el tratamiento planteado es fundamentado en la recuperación de las

fases aprovechables, para reducir al máximo las cantidades de desechos en condiciones de disposición final retirando los elementos que por su condición química puedan causar un mayor impacto al ambiente. Para ello se hizo necesario integrar métodos de tratamiento en un solo esquema y asegurar el manejo desde el origen hasta su aprovechamiento, convirtiéndolo en un producto de primera calidad para su comercialización, reúso, reutilización o neutralización.

Para garantizar la trazabilidad de los desechos aceitosos y teniendo identificados y cuantificados los grupos, se inicia el control de las cantidades e información básica de los mismos, diligenciando desde la fuente u origen un formato, registro o manifiesto que incluye como mínimo la siguiente información:

- Fecha y hora del envío.
- Número o nombre del pozo o facilidad que genera el residuo.
- Área o dependencia generadora.
- Volumen o cantidad transportada.
- Tipo de residuo (nombre y características)
- Tipo y placa del vehículo que transporta el residuo.
- Nombre y firma del funcionario que autoriza el envío.
- Observaciones.

Todos los residuos aceitosos llegan al área de manejo integral con su respectivo manifiesto o registro y previo a la descarga se muestrea y analiza el BS&W, con el fin de direccionar hacia el método de tratamiento que asegure un mayor aprovechamiento y eliminación del impacto ambiental. Con desechos de la misma fuente, se evidenció que existen subclasificaciones de acuerdo a los procesos realizados, que básicamente cambiaban en los porcentajes de emulsión, agua, aceite y sólidos e interfaces entre estos, por lo que inicialmente se realizó un trabajo que permitió determinar estas subclasificaciones, facilitando el tratamiento y eficiencia del sistema.

6.4.1 Selección de la mejor alternativa. Uno de los principales objetivos de la visitas realizadas a diferentes compañías especialistas en el tratamiento y

recuperación de aceite de los residuos, para lo cual se llevaron muestras representativas en carros cisterna de hasta 200 barriles, de las facilidades de la operación, era la identificación de un sistema que permitiera el rompimiento de las emulsiones fuertes y débiles para aprovechamiento del aceite y el agua existente en ellas, asegurando así el segundo tipo de desecho aceitosos de mayor volumen generado en el campo después de las salmueras o aguas. Adicionalmente las emulsiones son las más importantes en materia de recuperación de aceite.

Corridas las pruebas, el sistema con mejores resultados fue una unidad de tratamiento de lodos (UTL), de la compañía Total Waste Management (TWM S. A.), a la cual se alimentó con 114 barriles de emulsión (de los 200 barriles transportados fueron retirados 86 barriles como agua libre antes de alimentar la unidad), el alimento de la UTL tenía un 70% de aceite (80 barriles), 24,5 % de agua emulsionada (28 barriles) y 5,5 % de sólidos o sedimentos (6 barriles), para un tratamiento térmico a temperaturas de punto de ebullición del agua, que garantiza la conservación de las propiedades del hidrocarburo, con adición de químicos (material pesante) al inicio del proceso. Se recuperaron 75 barriles de hidrocarburo con BS&W (98,6% de aceite, 1,4% de sedimentos y 0% agua). La información general de la prueba se detalla en la siguiente tabla.

Cuadro 5. Resultados de la prueba de tratamiento de emulsiones y lodos por UTL.



PRUEBA EN UTL02 DE MATERIAL DE LCI



FECHA	UTL2 (GAL) PESANTE	%AGUA	%ACEITE	%SOLIDOS	BBL TRATADOS UTL2	BBL RECUPERADOS UTL2	BBL RECUPERADOS UTL2 BSW<2%	HORAS DE PRODUCCION	RATA (BBL/H)	COMENTARIOS
21/05/2009	8	50	40	10	22	8	8	18	1,22	Prueba material barranca (campo la cira infantas, trampa API de la planta deshidratadora ELC.). 8 bbl a C10 bsw 2.
22/05/2009	2,5	34	58	8	34	18	18	23	1,48	Prueba material barranca. 18 bbl a C10 bsw 2.
23/05/2009	8	7	91	2	43	35	35	23	1,87	Prueba material barranca. 35 bbl a C10 bsw 2.
24/05/2009	0	7	91	2	15	14	14	6	2,5	Prueba material barranca. 14 bbl a C10 bsw 2.
	TOTAL	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	PROMEDIO	
	18,5	24,5	70	5,5	114	75	75	70	1,7675	

Muestra de 200 bbl de los cuales 86 bbl era agua libre. Se inicio la prueba con un colchon en el tanque evaporador de bsw 2%.

Para el tratamiento de los ocho tipos de residuos identificados y cuantificados inicialmente en este estudio, se seleccionaron cuatro sistemas o métodos diferentes para integrarlos entre sí, siempre fundamentado en la recuperación de las fases aprovechables, convirtiendo el residuo en producto, para reducir al máximo las cantidades de desechos en condiciones de disposición final sin los elementos que puedan causar un mayor impacto al ambiente. Las cuatro líneas de tratamiento son: Unidad de Tratamiento de Agua (UTA), Unidad de Tratamiento de Lodos y emulsiones (UTL), Unidad de Desorción Térmica (UDT) y deshidratación con mineral para biorremediación por inmovilización.

Los (8) ocho tipos de residuo se clasificaron finalmente en (4) cuatro grupos para las (4) cuatro líneas de tratamiento seleccionadas, los grupos relacionados a continuación, muestran las concentraciones más probables de los (4) cuatro subproductos principales, sin embargo, en los volúmenes de los fluidos de mayor importancia para la recuperación de agua y crudo están los grupos (1 y 2) uno y dos a tratar, donde se tienen predominantemente agua hasta en un 99% en el grupo (1) uno, y en el grupo (2) dos agua hasta en un 70% y aceite hasta en un 80% en el grupo 2).

Grupo 1.

a) Fluidos acuosos contaminados con hidrocarburos. Se consideran dentro de esta categoría todos los fluidos que tengan las siguientes características:

- Agua 90-99%
- Sólidos + Aceite Max 10%

Tratamiento Físico – Químico y Mecánico, asegurando el manejo en tanques sellados del fluido, garantizando la separación de las fases aceitosas, posteriormente por decantación, floculación y precipitación la separación de los sólidos. Las características mínimas del agua a retornar son:

- pH 6 - 8
- Sólidos Max 50 ppm

- Bacterias sulfato reductoras Max 20 colonias / ml
- Turbiedad Max 20 NTU.
- Grasas y Aceites AUSENTES

Las aguas tratadas mediante este sistema cumplen con los parámetros exigidos por la operación para el sistemas de re-inyección o reutilización en la operación y son retornas mediante carro tanques o por bombeo a través de una línea de (2") dos pulgadas hasta la planta de inyección.

b) Fluidos acuosos con alto contenido de cloruros contaminados con crudo provenientes de las actividades de reactivación y servicio a pozos. Se consideran dentro de esta categoría todos los fluidos que tengan la un rango similar a la siguiente composición:

- Agua Min 80 - 95%
- Sólidos + Aceite Max 20%

Tratamiento Físico – Químico y Mecánico, asegurando el manejo en tanques desde el recibo del fluido suministrado, en los cuales se debe garantizar la separación de las fases aceitosas, posteriormente por floculación y precipitación la separación de los sólidos y el agua se debe filtrar para garantizar retención de las partículas en suspensión en unos filtros de menor o igual a 5 micras y garantizando que los cloruros presentes en el fluido se conserven, las características mínimas del agua a retornar para a la operación son:

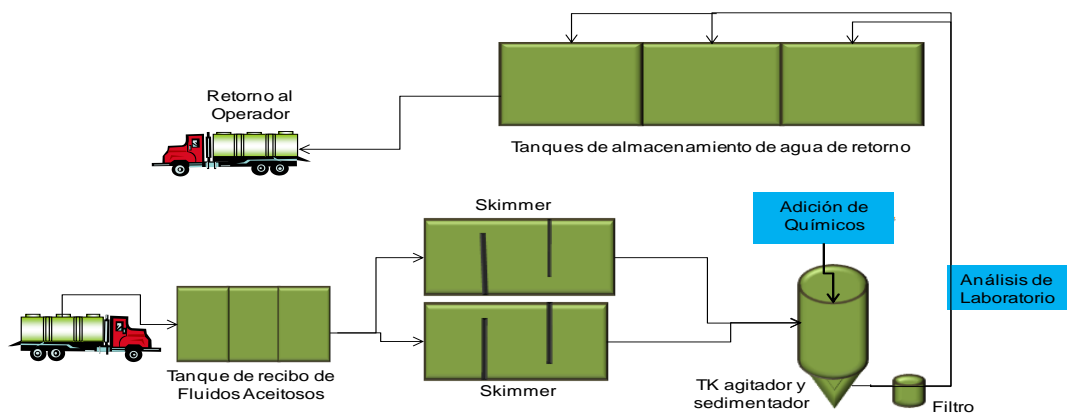
- pH 6 - 8
- Sólidos Max 20 ppm
- Bacterias sulfato reductoras Max 20 colonias/ml
- Turbiedad Max 20 NTU.
- Calcios Max 300 ppm
- Sulfatos Max 250 ppm
- Grasas y Aceites AUSENTES

El retorno se hace con carro tanques contratados para el suministro de agua industrial, por los equipos de reactivación y servicio a pozos, por lo cual en el

nuevo sitio de tratamiento se almacena en tanques metálicos cerrados, un volumen de retorno disponible de 2,000 barriles para asegurar el ciclo.

Cuando en las operaciones de reactivación o servicio a pozos se generan fluidos con alto contenidos de sólidos por demolición de tapones de cemento o píldoras residuales con características que pueden alterar la calidad del producto. Estos residuos son separados para su tratamiento como aguas varias incluyen algunas píldoras y aguas industriales con características similares y que se generan en menor volumen de forma ocasional, se estabilizan por separado y se integran al grupo (1a) uno (a). Los sólidos retirados del material recibido como grupo 1, se tratan por los sistemas de los grupos 2 y 3 para asegurar la disposición final de estos, así como el crudo recuperado para retorno.

Figura 11. Esquema del tratamiento de residuos del grupo 1.

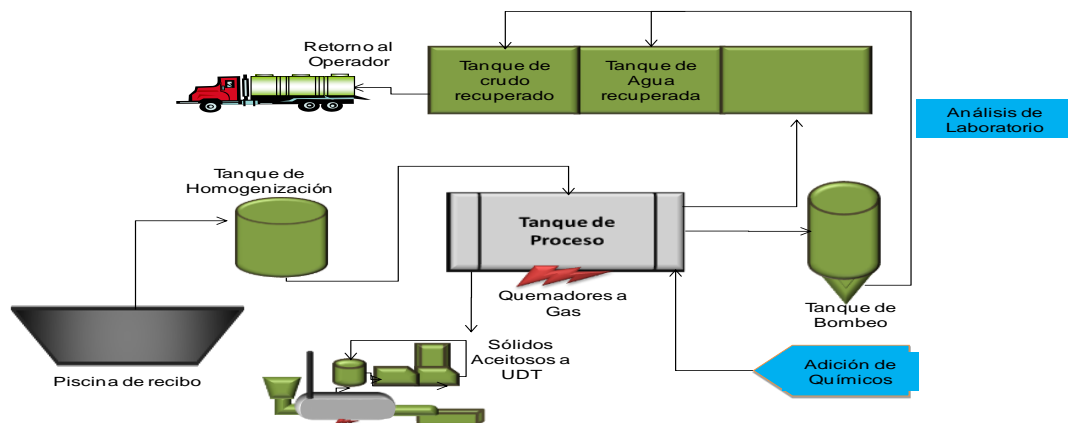


Grupo 2. Fluidos aceitosos, emulsiones y lodos. Se consideran dentro de esta categoría todos los fluidos en dispersión que tengan las siguientes características:

- Aceite entre 20 -80 %
- Agua entre 0 – 80 %
- Sólidos entre 0 – 25 %

Tratamiento físico, químico, mecánico y térmico, en los cuales el material se trata en etapas de Homogenización y configuración de fases bien definidas. El subproducto se recibe en dos piscinas donde se inicia la segregación por calidad de residuo, teniendo en cuenta la proporción sólidos, agua, aceite, para realizar procesos de adición de química con pesantes y rompedores; calentamiento con gas natural, a menor temperatura y centrifugado (cuando se requiere), usando procesos eficientes y de bajo consumo de energía.

Figura 12. Esquema de tratamiento de los residuos del grupo 2.



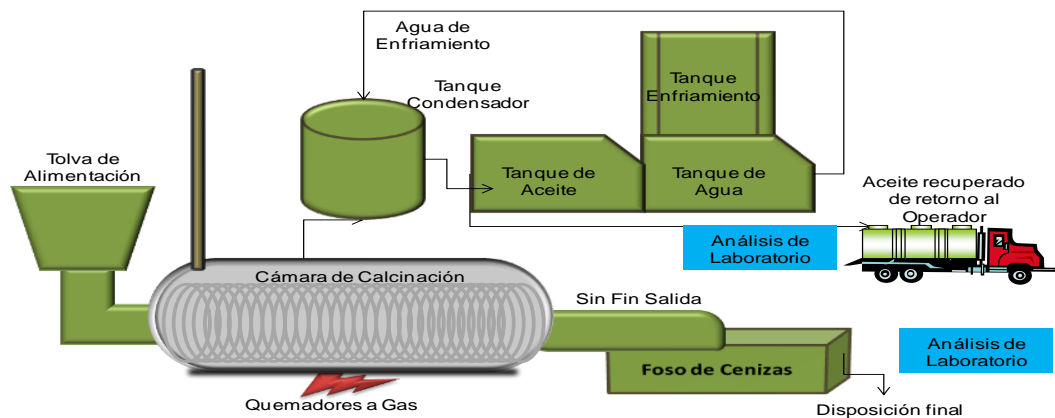
Este proceso propuesto para esta fase aceitosa permite recuperar mínimo el 90% del crudo contenido en el subproducto, el hidrocarburo recuperado es BS&W menor o igual al 2% y es almacenado temporalmente en el sitio de tratamiento en un tanque cerrado de capacidad 500 barriles, para posteriormente ser transportado en carro tanque o por bombeo a través de una línea de (2") dos pulgadas de diámetro, hasta la planta deshidratadora El Centro. El retorno se hace aplicando un protocolo, para la entrega del crudo. El agua y sólidos aceitosos que resulten de este tratamiento, serán procesados en los sistemas del grupo 1 y 3 respectivamente.

Grupo 3. Borras y sólidos con igual o más del 10% de aceite. Se consideran dentro de esta categoría de sólidos los que tengan las siguientes características:

- Sólidos entre 25 – 80 %
- Aceite entre 10 - 60 %
- Agua entre 0 – 20 %

El subproducto se recibe en una piscina de concreto con capacidad para 2,600 barriles y su tratamiento es por desorción térmica. El material a tratar es sometido a temperaturas superiores a 500 °C para evaporar y posteriormente condensar los vapores generados (agua e hidrocarburo), y separados por diferencia de densidades dejando los sólidos completamente inertes. El proceso permite recuperar mínimo el 70% del aceite impregnado en el sólido tratado, con un BS&W menor o igual al 2%. El combustible utilizado será gas natural, el equipo está cuenta con un control de emisiones ambientales de fuentes fijas y posee un sistema de filtración y condensación eficiente que asegura ambientalmente el proceso propuesto, para lo cual se desarrolla un programa de monitoreo.

Figura 13. Esquema de tratamiento de los desechos del grupo 3.



El agua y aceite sucios resultantes de este grupo en el proceso de segregación inicial, antes del tratamiento por desorción, son tratados por los métodos de los

grupos 1 y 2 respectivamente, dentro del mismo esquema de manejo integral establecido en el área.

El aceite y agua recuperados de tratamiento será integrado a los sistemas de retorno de los grupos 1 y 2, según sea el caso (reinyección o deshidratadora)

El sólido o ceniza resultante del tratamiento térmico sale en condiciones de disposición final y por sus características hidrofobicas se reutiliza para liberar parte del agua del material de alimento de la unidad, que presenta alto contenido de humedad y ayuda a mejorar la eficiencia del proceso, o para liberar agua del residuo del grupo (4) cuatro, actuando como mineral y reduciendo los volúmenes de tratamiento.

Grupo 4. Residuos sólidos con contenido menor al 10% de hidrocarburo.

a) Suelo contaminado. Se consideran dentro de esta categoría todas las borras y sólidos que tengan las siguientes características:

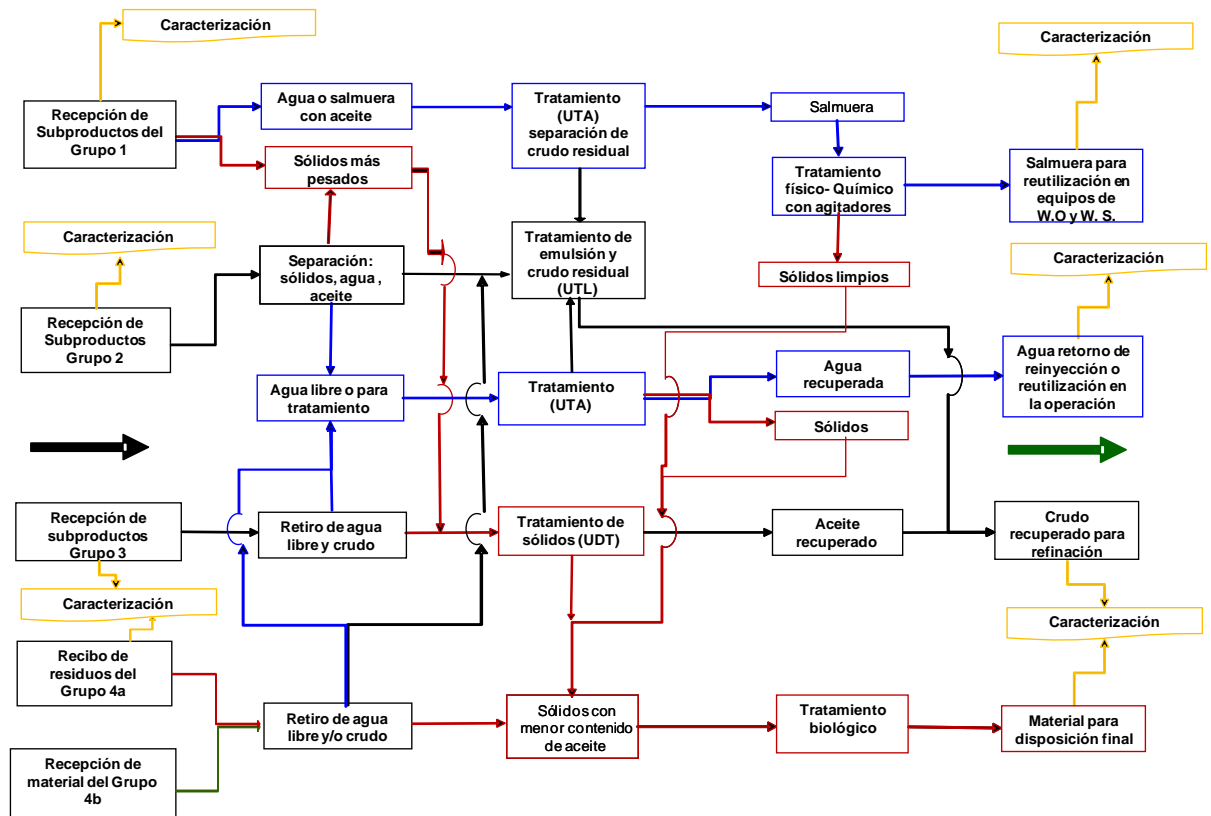
- Sólidos entre 30 – 90 %
- Aceite menor a 10 %
- Agua entre 0 – 60 %

Este residuo es recibido en pistas debidamente acondicionadas o tanques (cuando se requiera). Los residuos clasificados dentro de este grupo son tratados por Biorremediación mediante la homogenización para deshidratación con material de aporte en proporciones requeridas para evitar su movilidad. Se adicionan productos de mineral inoculado con consorcios bacterianos (termófila) y/o fertilizantes para conservación de las cepas bacterianas en procesos biológicos aeróbicos o anaeróbicos según sea el caso, buscando reducir al máximo el material en condiciones de disposición final. El contenido de grasas y aceites, TPH, PH, humedad y otros parámetros del material a disponer finalmente cumple con el protocolo de Louisiana sección 29B. Una vez alcanzado los valores de disposición final se recogen las eras y se toma la muestra para análisis de

laboratorio para posteriormente poder certificar los residuos ante la autoridad ambiental.

b) Material vegetal contaminado. Este material es llevado hasta el área de manejo integral, por el personal contratado para las descontaminaciones de zonas donde ocurren derrames de petróleo en el campo y descargado en las pistas de tratamiento. El proceso consiste en la limpieza con mineral (diatomea) o retiro del crudo por escurrimiento o sistema de zarandas. El resultante de la limpieza con diatomea se puede utilizar como alimento para ganado y el resultante del escurrimiento o retiro del crudo por medio de zarandas se incorpora como compost o material surfactante o de aporte, previo triturado.

Figura 14. Esquema propuesto para el manejo y tratamiento integral de los residuos aceitoso del campo petrolero.



Con este esquema, apoyados en los resultados de las exitosas pruebas de campo y la cantidad significativa de desechos aceitosos con alto contenido de hidrocarburo, se determinó el volumen de crudo, salmuera y agua a recuperar promedio mensual, en un sistema estabilizado con BS&W hasta menor de 1%.

Cuadro 6. Proyección de crudo y salmuera recuperada mes, con el esquema de tratamiento propuesto.

RECUPERACIÓN DE CRUDO UTL Y UDT					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD PROMEDIO MES	TECNOLOGIA PROPUESTA	CRUDO RECUPERADO PROMEDIO MES	COSTO CRUDO RECUPERADO PROMEDIO MES
Fluidos Aceitosos , Emulsiones, Mogo- Mogo y lodos de fondos de tanques, cajas y API, con contenido de hidrocarburo	Barriles	12.000	Grupo 2 : Unidad de Tratamiento de Lodos (UTL), con retorno de aceite.	3.600	\$ 504.000.000
Sólidos Aceitosos y Borrás	Barriles	2.000	Grupo 3: Unidad Desorción Térmica (UDT), con retorno de aceite.	360	\$ 50.400.000
TOTALES		14.000		3.960	554.400.000
RECUPERACIÓN DE AGUAS Y SALMUERAS					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD MES	TECNOLOGIA PROPUESTA	SALMUERA RECUPERADA PROMEDIO MES	AHORRO SALMUERA RECUPERADA PROMEDIO MES
Fluidos aceitosos o salmueras de Work over y servicio a pozos, aguas contaminadas con aceite	Barriles	40.000	Grupo 1 : Unidad de Tratamiento de Aguas(UTA), con recuperación de salmuera.	36.000	\$ 432.000.000
Fluidos Aceitosos , Emulsiones, Mogo- Mogo y lodos de fondos de tanques, cajas y API, con contenido de hidrocarburo	Barriles	12.000	Grupo 2 : Unidad de Tratamiento de Lodos (UTL), con recuperación de agua.	7.200	\$ 0
TOTALES		52.000		43.200	432.000.000

Debido a la recuperación de las fases aprovechables, de los desechos aceitosos o subproductos de la operación, para reutilización, reúso, refinación o comercialización, la reducción promedio del total de residuos a disponer es de 1,000 a 20 en el caso de la emulsión, de 1,000 a 10 para el caso de la salmuera y de 100 a 40 para el caso de los residuos sólidos con hidrocarburo mayor o igual a

10%. Adicionalmente los volúmenes de agua fresca que se dejan de captar para el caso del campo petrolero con este sistema, es del orden de 50,000 barriles mensuales.

7. CONCLUSIONES

- Con la revisión de la información se evidencio la falta de una base de datos de los residuos aceitosos generados en el campo petrolero objeto de estudio, que facilitará la clasificación y cuantificación de los mismos, para un manejo ambiental adecuado.
- El diagnóstico de la situación permitió establecer que los sitios de tratamiento y los métodos empleados, eran insuficientes por la cantidad de desechos aceitoso producidos y el aumento en los volúmenes debido a la aplicación de grandes proporciones de material de aporte para reducir concentración de hidrocarburo y evitar movilidad del contaminante, desaprovechando las fases líquidas recuperables y generando un mayor impacto ambiental.
- Los subproductos o residuos aceitosos del campo petrolero estudiado, tienen un alto valor económico y ambiental, por las concentraciones predominantes de petróleo crudo y agua o salmueras, importantes para el mismo desarrollo del campo petrolero.
- La realización de la clasificación y cuantificación de los desechos aceitosos facilitó el planteamiento del manejo integral, asegurando un mayor aprovechamiento, convirtiéndolo en productos y logrando una reducción significativa del material para disposición final.
- El tratamiento térmico de los subproductos de la operación con mayores concentraciones de hidrocarburo y poco sedimento (emulsiones, lodos y crudos sucios) no requiere centrifugación y se debe someter a temperaturas iguales o menores a 100 °C, para garantizar la calidad del producto y evitar la volatilización o pérdida de algunas propiedades.

8. RECOMENDACIONES

- Mantener el esquema con los métodos propuestos para lograr el manejo integral a través de las cuatro líneas de tratamiento, es importante la coordinación con la operación para que los mantenimientos de las facilidades del campo sean debidamente programados, estabilizar y optimizar los procesos para una mayor eficiencia.
- Mejorar los procedimientos empleados en los mantenimientos de tanques y vasijas de las facilidades de la operación del campo, para reducir en la fuente y evitar el incremento de volúmenes por aplicación excesiva de agua de lavado o separación de aceite.
- Se debe garantizar la calidad de la salmuera recuperada reutilizada en las operaciones de reactivación y servicio a pozos conforme a los parámetros consignados en este documento, para evitar daños a la formación por taponamientos con concentraciones altas de calcio o por incremento de bacterias sulfato reductoras en concentraciones de sulfatos mayores a las establecidas por yacimientos.
- Para asegurar la trazabilidad de los residuos aceitoso planteados en este estudio, es importante el control desde la fuente a través del formato de custodia o manifiesto debidamente diligenciado y el seguimiento continuo en los procesos de tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

CASAS, Sergio Andrés. Manual de operaciones de workover. ECOPETROL S.A. GRM. Barrancabermeja, Colombia. Copyright. 2006.780 p.

SANJEET Mishra, JEEVAN Jyot, RAMESH Chander Kuhad, BANWARI Lal. Potencial de biodegradación in situ de un consorcio bacteriano en lodos aceitosos. Departamento de Microbiología. Universidad de Delhi South Campus. Nueva Delhi, India.2009.

Monografía No. 3. Residuos peligrosos en el mundo y México. Instituto Nacional de Ecología, sedesol.1993

www.combustibleshell.com.ar/petroleo

www.clu-in.org/products/citguide/spansowa.htm

www.geocities.com/CollegePark/1306/ipetrol.htm

www.imp.mx

<http://greenfield.fortunecity.com/buzzard/67/petroleo.htm>

www.colciencias.gov.co/simbiosis/percepcion/c1mambiente.htmwww.