

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA PETROLERA



PROYECTO DE GRADO

**“BIORREMEDIACIÓN, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE
RESIDUOS DE PERFORACIÓN EN EL CAMPO SANTA
ROSA (SRS 10)”**

Postulante: Gabriel Fabián Maquera Alarcón

Tutor: Ing. Marco Antonio Montesinos Montesinos

La Paz- Bolivia

2022



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, a pesar de nuestra distancia, siento que estás conmigo siempre apoyándome. A la Facultad de Ingeniería que en mi proceso de formación me brindo compañeros, hermanos de vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, hermanos Sergio, Henry, amigos de carrera, y todas las personas especiales en mi vida, que todos en conjunto en momentos de mi vida supieron apoyarme, aconsejarme, darme una mano y siempre alentarme para perseguir mis sueños.

“BIORREMEDIACIÓN, TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS DE PERFORACIÓN EN EL CAMPO SANTA ROSA (SRS 10)”

GENERALIDADES	6
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 ANTECEDENTES.....	7
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.3.1 Identificación del problema	9
1.3.2 Formulación del problema	11
1.4 OBJETIVOS	11
1.5 OBJETIVO GENERAL	11
1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.7 JUSTIFICACIONES.....	11
1.7.1 Justificación técnica	11
1.7.2 Justificación económica	12
1.7.3 Justificación social	12
1.7.4 Justificación medio ambiental	13
1.8 ALCANCE	13
1.8.1 Alcance temático	13
1.8.2 Alcance temporal	14
1.8.3 Alcance geográfico	14
1.8.3.1 Ubicación geografica.....	14
2 MARCO TEÓRICO	16
2.1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN.....	16

2.2 TIPOS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN.....	16
2.3 ADITIVOS PRESENTES EN EL FLUIDO DE PERFORACIÓN	17
2.3.1 Aditivos químicos	17
2.3.2 Funciones del fluido de perforación	19
2.4 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS	19
2.5 FUENTES DE DESECHO DE PERFORACIÓN	20
2.5.1 Lodos de perforación	20
2.5.2 Rípios de perforación	21
2.5.3 Desechos químicos.....	22
2.5.4 Cementos	22
2.5.5 Desperdicios de metal	22
2.5.6 Basura general	22
2.6 TÉCNICAS PARA TRATAMIENTOS DE RIPIOS Y FLUIDOS	23
2.6.1 Técnicas de biotratamiento.....	23
2.7 BIORREMEDIACIÓN.....	32
2.7.1 Aspectos a considerar en la bioremediacion.	32
2.7.2 Medidas de la efectividad de la bioremediacion.	33
2.7.3 Tecnologías de la bioremediacion.....	34
2.7.3.1 Metodología landfarming.....	36
2.7.4 Importancia del pool microbiano	38
3 METODO DE CONTENCION DE DESPERDICIOS LIQUIDOS	40
3.1 INTRODUCCIÓN	40
3.1.1 Método de contención física	41
3.1.1.1 Sistema de control de sólidos:.....	41
3.1.1.2 Centrifugación:.....	41
3.1.1.3 Desmenuzamiento:.....	41
3.1.1.4 Desagüe:	42

3.1.1.5	Secado:	42
3.1.2	Método de contención físico químico.....	42
3.1.2.1	Neutralización:	42
3.1.3	Método de contención térmica	43
3.1.3.1	Quemado en cámara abierta:	43
3.1.3.2	Incineración:	43
3.1.4	Método de contención biológica	44
3.1.4.1	Dispersión sobre terreno:	44
3.1.4.2	Composteo:	45
3.2	REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS	45
4	METODO DE TRATAMIENTO	47
4.1	INTRODUCCIÓN	47
4.2	BIOREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS	47
4.2.1	Fundamentio bioquimico de la biodegradacion.....	47
4.2.2	Factores que influncian el crecimiento bacteriano	48
4.2.3	Métodos de bioremediacion.....	48
4.2.3.1	Atenuación natural.....	49
4.2.4	Diseño y aplicación de los sistemas de biotratamiento.....	50
5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE BIOREMEDIACION	52
5.1	INTRODUCCIÓN	52
5.2	PARTE LEGAL.....	54
5.3	DESCRIPCIÓN DEL CAMPO.....	54
5.3.1	Formaciones productoras	54
5.3.2	Secuencia estructural	55
5.4	SISTEMA DEVÓNICO	56

5.5 PROCESO DE MANEJO DE DESECHOS	58
5.6 ALCANCE A TRATAR	59
5.7 PLANIFICACIÓN	60
5.7.1 Elaboración del programa	60
5.8 PROCEDIMIENTO A SEGUIR	61
5.8.1 Montaje de equipo	61
5.8.1.1 Tanques cilíndricos para el pozo SRS-10:.....	61
5.8.1.2 Geo membranas	62
5.9 NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	63
5.9.1 Minimización	64
5.9.2 Segregación de peligros	65
5.9.3 Reaprovechamiento.....	66
5.9.4 Almacenamiento Intermedio o Central Temporal.....	68
5.9.4.1 De las Condiciones de Operación	69
5.9.4.2 Del Etiquetado	70
5.9.4.3 Del Lugar de Almacenamiento	70
5.9.4.3.1 Almacenamiento de Materiales Inflamables.....	70
5.9.4.3.2 Almacenamiento de Sustancias Corrosivas	71
5.9.4.3.3 Almacenamiento de Sustancias Tóxicas.....	71
5.9.4.3.4 Almacenamiento de Sustancias Reactivas	71
5.9.4.4 Del Transporte Interno.....	71
5.10 Proceso de Biorremediación con bacterias planteado	72
5.10.1 Análisis de parámetros.....	73
5.10.2 Régimen de tratamiento	75
5.10.3 Variables del proceso de biorremediación	75
5.10.4 Tipo de estudio y diseño general.....	76
5.10.5 Recolección y ordenamiento de la información.....	76
5.10.6 Caracterización del suelo contaminado.....	77

5.10.6.1	Muestreo.....	77
6	RESULTADOS	80
6.1	DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES DE DESECHOS GENERADOS	80
6.2	RESULTADOS	82
6.2.1	Tramo - I	82
6.2.2	Tramo – II	83
6.2.3	Tramo - III Completacion	84
6.3	EFICIENCIA Y MEJORA.....	85
6.4	RESULTADOS DE LA BIOREMEDIACION.....	86
6.4.1	Evaluación del tratamiento.....	86
6.4.2	Resultados de flujo e hidrocarburos totales de petróleo en el terreno	86
6.4.3	Características de los Fluidos contaminados líquidos de perforación	88
6.5	ANÁLISIS TÉCNICO	92
6.5.1	Análisis foda	92
6.5.2	Ventajas y desventajas de la propuesta	93
6.5.2.1	Ventajas.....	93
6.5.2.2	Desventajas	94
6.6	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	94
6.6.1	Estimación de inversión total	94
6.6.2	Capital fijo total	95
6.6.3	Costo directo o físico	95
6.6.4	Análisis TIR/VAN	96
6.6.4.1	Cálculo del VAN:.....	96
6.6.4.2	Cálculo del TIR	97
6.6.5	Flujo de caja	97
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101

7.1 CONCLUSIONES	101
7.2 RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA	104
8 ANEXOS.....	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Componentes del fluido de perforación.....	9
Figura 1. 2: Ubicación del pozo srs-10.....	15
Figura 2. 1: Tipo de lodos de perforación.....	16
Figura 2. 2: Cadena de manejo de Fluidos contaminados.....	23
Figura 2. 3: Proceso de biodegradación.....	24
Figura 2. 4: Proceso típico de lanfarming.....	25
Figura 2. 5: Proceso de compostaje.....	26
Figura 2. 6: Proceso de desorción térmica.....	27
Figura 2. 7: Proceso de incineración.....	29
Figura 2. 8: Proceso de estabilización/solidificación.....	31
Figura 2. 9: Parámetros de la biorremediación.....	32
Figura 2. 10: Aspectos de la biorremediación.....	34
Figura 2. 11: Diversidad microbiana en una muestra contaminada con crudo.....	38
Figura 2. 12: Formulación de un polo degradados de hidrocarburos a escala.....	39
Figura 4. 1: Fundamento bioquímico de la biodegradación.....	48
Figura 4. 2: Investigación y caracterización de la contaminación.....	50
Figura 5. 1: Ubicación estratigráfica de los pozos.....	55
Figura 5. 2: Estratigrafía del campo santa rosa.....	56
Figura 5. 3: Planta de lodo layout.....	62
Figura 5. 4: Programa de perforación del pozo srs-10.....	63
Figura 6. 1: Volúmenes de Fluidos contaminados líquidos generados.....	80
Figura 6. 2: Características de los Fluidos contaminados líquidos de perforación.....	83
Figura 6. 3: Comparación de desechos.....	84
Figura 6. 4: Comparación de desechos.....	85
Figura 6. 5: Características de los Fluidos contaminados líquidos de perforación.....	87

Figura 6. 6: Porcentaje de remoción total de hidrocarburos.....	89
Figura 6. 7: Degradación de los hidrocarburos con la bioremediacion.....	89
Figura 6. 8: Eficiencia de la biodegradación	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Alcance temático	13
Tabla 2. 1: Tecnologías de biorremediación	34
Tabla 5. 1: Indicadores de seguridad	59
Tabla 5. 2: Descripción de la propuesta	60
Tabla 5. 3: Técnicas de minimización	64
Tabla 5. 4: Análisis de causas y efectos del manejo actual de Fluidos	65
Tabla 5. 5: Técnicas de reaprovechamiento de Fluidos contaminados	66
Tabla 5. 6: Clasificación de los recipientes para Fluidos por colores	68
Tabla 5. 7: Géneros bacterianos	73
Tabla 5. 8: Parámetros y métodos de prueba	73
Tabla 6. 1: Desechos generados.	83
Tabla 6. 2: Desechos generados.	84
Tabla 6. 3: Desechos generados.	85
Tabla 6. 4: Características de los Fluidos antes y después del tratamiento	87
Tabla 6. 5: Análisis foda	92
Tabla 6. 6: Costos fijos	94
Tabla 6. 7: Plan global de inversiones.	95
Tabla 6. 8: Flujo de caja	97

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Indicadores de seguridad y medio ambiente.....	107
Anexo 2: Parametro ambientales ypcb chaco pfm.....	107
Anexo 3: Lay out de planta de lodo srs-10.....	108
Anexo 4: Reporte de desechos srs 10.....	109
Anexo 5: Reporte de fluidos de perforacion.....	110
Anexo 6: Reporte de manejo de fluidos.....	111
Anexo 7: Normativa ambiental.....	112

GLOSARIO

Biorremediación

Proceso mediante el cual los microorganismos transforman los compuestos químicos peligrosos de un suelo contaminado en productos finales no peligrosos.

Biotratamiento

Consiste en aplicaciones periódicas de distintos productos biotecnológicos que aseguran la correcta transformación de diversas materias en elementos inocuos.

Fluidos contaminados

Es cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar. Los **Fluidos contaminados** se pueden clasificar en distintas categorías, que no son excluyentes entre sí, según el criterio que se aplique: Atendiendo a su naturaleza, los **Fluidos contaminados** pueden ser peligrosos y no peligrosos.

Recorte de perforación

Son pequeños trozos que se generan por la acción de rompimiento de la barrena en su penetración en la corteza terrestre, los cuales son arrastrados hacia la superficie por el fluido. El volumen de recortes generados depende de la profundidad y diámetro de perforación.

Eliminación de Fluidos contaminados

Es la eliminación de los materiales sólidos o semisólidos sin utilidad que generan las actividades humanas y animales. Los Fluidos contaminados comerciales y domésticos suelen ser materiales orgánicos, ya sean combustibles, como papel, madera y tela, o no combustibles, como metales, vidrio y cerámica.

RESUMEN EJECUTIVO

El desarrollo de este proyecto contempla dos partes; la primera, es la recopilación, procesamiento y análisis de los métodos existentes para el Tratamiento de Fluidos contaminados de Perforación; y la segunda, es el desarrollo de la experimental “Biorremediación Tratamiento y Eliminación de Fluidos contaminados de perforación en el Campo Santa Rosa (SRS 10)”.

En el primer capítulo de generalidades se desarrollan los fundamentos y principios que sustentan el trabajo de investigación y posterior proyecto de grado propuesto, en el cual se resalta el objetivo principal de la biorremediación y el problema que fundamenta el proyecto para el tratamiento y eliminación de Fluidos contaminados de perforación en el campo Santa Rosa.

En el segundo capítulo se establece la definición de residuo de Perforación y su obtención incluyendo la revisión de Equipo de Circulación del Fluido de Perforación y del Equipo de Control de Sólidos. Luego se revisa los principios de la biorremediación para el tratamiento de Fluidos contaminados de perforación.

En el capítulo 3 y capítulo 4 se desarrolla el método de Biorremediación y el método de tratamiento respectivamente de manera teórica, detallando todos los métodos y tipos de proceso junto a las ventajas y desventajas de los mismos.

En el capítulo cinco, se analiza los desechos generados en el campo Santa Rosa (SRS 10) para la “Biorremediación Tratamiento y Eliminación de Fluidos contaminados de líquidos en el Campo Santa Rosa (SRS.10)”, señalando las ventajas y desventajas de la misma, manejando así los volúmenes de desechos generados en la perforación.

Finalmente, en el último capítulo de resultados, se hace un análisis técnico de los volúmenes de Fluidos contaminados que se logran manejar y de los tramos de

perforación para el tratamiento de contaminación del suelo. En ese mismo capítulo también se realiza un análisis económico dónde se afirma que el proyecto es factible.

ABSTRACT

The development of this project includes two parts; the first is the collection, processing and analysis of existing methods for the Treatment of Contaminated Drilling Fluids; and the second is the development of the experimental project "Bioremediation, Treatment and Elimination of Contaminated Drilling Fluids in the Santa Rosa Field (SRS 10)". In the first chapter of generalities, the foundations and principles that support the research work and subsequent proposed degree project are developed, in which the main objective of bioremediation and the problems that underlie the Fluid treatment and elimination project are highlighted. contaminated drilling in the Santa Rosa field.

The second chapter establishes the definition of Drilling Waste and its production, including the review of Drilling Fluid Circulation Equipment and Solids Control Equipment. The principles of bioremediation for the treatment of contaminated drilling fluids are then reviewed.

In chapter 3 and chapter 4, the Bioremediation method and the treatment method are theoretically developed, respectively, detailing all the methods and types of process together with their advantages and disadvantages. In chapter five, the waste generated in the Santa Rosa field (SRS 10) for the "Bioremediation, Treatment and Elimination of Contaminated Liquid Fluids in the Santa Rosa Field (SRS.10)" is analyzed, pointing out the advantages and disadvantages of the same, thus managing the volumes of waste generated in drilling.

Finally, in the last chapter of results, a technical analysis of the volumes of contaminated fluids that can be managed and of the drilling sections for the treatment of soil contamination is carried out. In that same chapter an economic analysis is also carried out where it is stated that the project is feasible.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La contaminación por derrames de combustibles son considerados uno de los accidentes ambientales más difíciles de remediar. Para remediar estos problemas se desarrollaron tecnologías cuyo objetivo era el de devolver las características naturales (previas a la contaminación) del ambiente contaminado.

Justamente una de las tecnologías desarrolladas es la denominada Biorremediación. Se conoce como biorremediación a cualquier proceso que utilice microorganismos, hongos, plantas o enzimas derivadas de ellos para retornar un medio ambiente alterado por contaminantes a su condición natural. El procedimiento consiste en la extracción, eliminado o neutralizado de contaminantes de suelo, agua o aire mediante la utilización de los organismos vivos y sus propiedades absorbentes, extractivas, degradadoras, purificadoras o transformadoras de los diferentes medios de sustancias no tóxicas o desactivadas, tales como metales pesados, hidrocarburos, plaguicidas organoclorados, materiales radioactivos.

La biorremediación está basada en la capacidad que tienen estos microorganismos de crecer a partir de la utilización de sustancias recalcitrantes al medio ambiente. Algunos de ellos son capaces de degradar estos compuestos hasta dióxido de carbono, sales, agua y otros productos inocuos al medio ambiente, los cuales se integran posteriormente a los ciclos biogeoquímicos naturales. Esta técnica permite tratar grandes volúmenes de contaminantes con un impacto ambiental mínimo, a diferencia de otros procedimientos de descontaminación.

En la biorremediación se pueden emplear organismos propios o ajenos del sitio, también la biorremediación puede realizarse in situ o ex situ. El proceso de

biorremediación se ha usado con éxito para tratar suelos, lodos y sedimentos contaminados con hidrocarburos de petróleo, solventes, explosivos, cloro fenoles, pesticidas, conservadores de madera e hidrocarburos aromáticos poli cíclicos.

Las ventajas que tiene la biorremediación en comparación con los otros de tipos de tratamientos de contaminantes son:

- Es mucho menos costosa que las tecnologías convencionales
- Es natural y normalmente no requiere el uso de agentes químicos.
- Transforma los contaminantes a productos no peligrosos, o los degrada completamente, en lugar de simplemente transferirlos a una fase diferente o a otra localidad.

1.2 ANTECEDENTES

El manejo inadecuado de los Fluidos contaminados y desechos peligrosos ha generado a nivel mundial, un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de agua. Entre las más severas contaminaciones destacan las que se produjeron y todavía se producen a causa de la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos en América Latina.

1.2.1 FLUIDOS CONTAMINADOS Y DESECHOS DE PERFORACIÓN

Los orígenes de Fluidos contaminados de perforación en la industria petrolera, están relacionados con el desarrollo de los proyectos que esta lleva a cabo (sísmica, perforación y explotación).

Los desechos que requieren mayor atención durante las actividades de perforación son los lodos y ripios de perforación. Los ripios de perforación son los sólidos contenidos en el fluido de perforación que se agregan para controlar las propiedades químicas y físicas del mismo, sumadas las partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del agujero, dichas partículas son creadas por la acción de las fuerzas de compresión y rotatoria del taladro.

A estos ripsos se los trata de acuerdo a su disponibilidad final se llamarán de una u otra manera, pues es así que a los ripsos que pueden ser recuperados, reciclados, reutilizados o eliminados se les denomina FLUIDOS CONTAMINADOS DE PERFORACION y a los ripsos que no cumplen con las especificaciones y que por ende no podrían ser reciclados o reutilizados se les denomina DESECHOS DE PERFORACION.

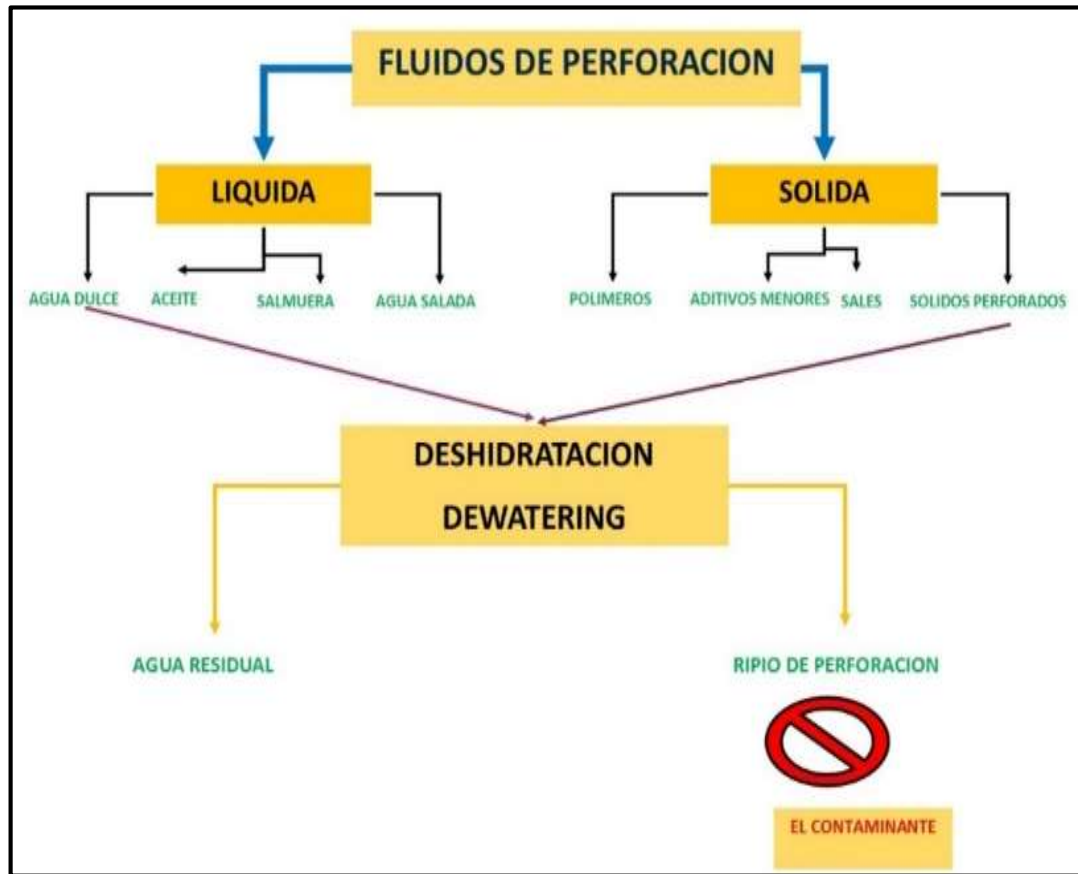
1.2.2 COMPONENTES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

El fluido de perforación el cual es una mezcla de líquidos (agua y/o aceite), sólidos disueltos y sólidos en suspensión que tiene propiedades físicas y químicas tendientes a favorecer la perforación, protegiendo las formaciones que se atraviesan es preparado en el pozo y está compuesto de las siguientes partes:

La fase líquida puede estar constituida por agua dulce, agua salada, salmuera, aceite diesel (destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo), aceite mineral no tóxico (aceite formado por una base obtenida directamente de la destilación del petróleo más unos aditivos que le confieren unas propiedades que mejoran sus prestaciones), aceites sintético (aceite que contiene bases tratadas físico-químicamente obteniendo una base de mayor calidad y prestaciones que el aceite mineral).

La fase sólida se compone de materiales viscosificantes naturales ó artificiales (polímeros), densificantes (Barita, Carbonato de Calcio, Barita, Galena, Hematina y Siderita), sales (las más usadas en el país son el Cloruro de Sodio, Cloruro de Potasio, Cloruro de Calcio, sales de Amonio y Nitrato), aire y espuma pueden ser usados para algunas operaciones en los pozos.

Figura 1. 1: Componentes del Fluido de Perforación



Fuente: Gabriel Fabián Maquera Alarcón sep. 2020

Los tipos de Fluidos contaminados que el proyecto analizará son los recortes de , Fluidos contaminados líquidos como ser los fluidos de perforación contaminados con hidrocarburos y también los materiales que se utilizan en el trabajo de perforación es decir chatarras, compuestos químicos tóxicos como aceites y productos corrosivos. En la aplicación práctica se describirá un punto sobre el manejo de estos Fluidos contaminados para mantener un control de la seguridad industrial.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el transcurso de una perforación se generan grandes volúmenes de desechos contaminantes que pueden impactar negativamente el ambiente; bien sea, por los diferentes lodos de perforación usados a los cuales se incorporan materiales proveniente del yacimiento como recortes de la roca, los cuales pueden contener componentes de azufre, metales pesados, sales y otros; así como también, otros desechos generados en superficie como lo son: envases de aditivos químicos, baterías usadas, efluentes industriales, aceites lubricantes, entre otros. Generalmente estos Fluidos contaminados y desechos deben ser tratados a través de diferentes técnicas y procesos que disminuyen su grado de contaminación para después ser depositados en fosas destinadas para éste fin.

Actualmente se observan algunas dificultades de las empresas en cuanto al manejo de los desechos peligrosos, debido a que en algunos casos se les da el mismo manejo y tratamiento a todos los Fluidos contaminados por igual; bien sea porque la empresa operadora recolecta y mezcla todos los desechos en un mismo sitio de almacenamiento, o porque la empresa de servicio encargada del manejo de estos productos no cumple las normativas bolivianas establecidas. El mal manejo de estas corrientes residuales pudiera ocasionar graves daños a los diferentes ecosistemas ubicados cerca de las perforaciones y su mala disposición la contaminación de suelos y aguas, alterando el equilibrio biológico.

Por otra parte, se debe recordar que la biorremediación es una técnica muy aplicada a nivel internacional y es obligatoria en varios países, y que la industria petrolera en Bolivia debe adoptarse a estos nuevos métodos de tratamiento biológico para evitar la extinción de especies y la degradación del suelo, esto quiere decir evitar la infertilidad de la Tierra, los compuestos químicos producen la muerte de la Tierra y que la misma ya no genere más vida en el futuro. Como seres humanos no tenemos ningún derecho de destruir la continuidad del ciclo de la vida, más bien estamos obligados de ayudar a los procesos ecológicos en su continua evolución, necesario aplicar métodos de biorremediación para controlar los daños producidos por las perforaciones de pozos hidrocarburíferos.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En función a la anterior identificación del problema se puede plantear la siguiente pregunta de investigación del proyecto de grado propuesto:

¿Cómo puede mejorar la biorremediación en el tratamiento de suelos de Fluidos contaminados sólidos del área de perforación en estudio para que se utilice en el futuro de manera renovable?

1.4 OBJETIVOS

1.5 OBJETIVO GENERAL

- Plantear un proceso de Biorremediación y de tratamiento y eliminación de Fluidos contaminados de perforación en base a aceite en el campo Santa Rosa (SRS 10)

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir los distintos sistemas tradicionales de biorremediación y tratamiento de Fluidos contaminados
- Describir los métodos de tratamiento adecuado con una estrategia bien ejecutada para el manejo de los Fluidos contaminados.
- Elaboración del programa de biorremediación en el área de perforación del pozo SRS-10 para Fluidos contaminados líquidos.
- Realizar una evaluación técnica y económica del proyecto propuesto

1.7 JUSTIFICACIONES

1.7.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

En la parte técnica, el proyecto colaborará dentro el proceso de tratamiento de Fluidos contaminados de perforación para evitar la contaminación del suelo con una nueva técnica que se ha estado implementando en estos últimos años que es la popular biorremediación, que ha triunfado en Europa y en el medio oriente para evitar la contaminación masiva de los suelos, además que es un procedimiento para beneficiar a la empresa YPFB, ya que será el líder en el control ambiental aplicando una técnica muy rentable.

Cabe aclarar, que este proyecto consta de dos enfoques el tratamiento y eliminación con técnicas clásicas para la limpieza de Fluidos contaminados sólidos y la limpieza de Fluidos contaminados líquidos a través de la biorremediación.

1.7.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El presente proyecto representa un ahorro debido a la inversión en nuestro proyecto, ya que al generar un renovación en los suelos que se están perforando se evitan todo tipo de multas generadas por contaminación del ambiente debido a los Fluidos contaminados de perforación que contaminan los suelos y dañan a los seres vivos del entorno.

1.7.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Cuando un ambiente de trabajo es agradable, entonces se genera un mayor rendimiento en el área social operativa, es decir que los trabajadores mejoran su rendimiento laboral ya que se sienten más cómodos si el ambiente de trabajo no está contaminado. Un ambiente desordenado y contaminado genera desagrado a la hora de trabajar, especialmente dentro de la industria petrolera. Por otra parte los proyectos de control ambiental y biorremediación, generan más fuentes de empleo ya que se requiere profesionales especializados en esta área y en este proceso para que desarrollen al pie de la letra este proyecto planteado.

1.7.4 JUSTIFICACIÓN MEDIO AMBIENTAL

El presente proyecto es una respuesta a la creciente necesidad de buscar alternativas que nos permitan minimizar el impacto ambiental, traduciéndose en un mayor bienestar para el ecosistema cumpliendo así con las normas ambientales regidas (ISO-14001) reduciendo el impacto ambiental.

Por otra parte es necesario que los ambientes de trabajo no se dañen en el tiempo y todos los recursos alrededor del mismo permanezcan renovables y generar una economía constante para las futuras generaciones.

1.8 ALCANCE

1.8.1 ALCANCE TEMÁTICO

El presente proyecto será desarrollado de acuerdo al siguiente alcance:

Tabla 1. 1: Alcance Temático

ALCANCE	DETALLE
Área de Investigación	Manejo de desechos de perforación.
Tema Específico	Tratamiento y manejo de desechos sólidos generados en la perforación Petrolera. Biorremediación.

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

El proyecto está enmarcado en el área de fluidos de perforación y control ambiental. Se fundamentará el tratamiento y manejo de desechos sólidos generados en la exploración y explotación de hidrocarburos. También se utilizarán técnicas cuantitativas para la evaluación de de la biorremediación como ser la estadística tradicional basado en la variación de la contaminación en el tiempo debido a la bioreacción que se generan con las bacterias.

1.8.2 ALCANCE TEMPORAL

El proyecto se defenderá en la gestión 2022 dando a conocer las conclusiones a las que se llegó con la investigación y con la misma propuesta.

1.8.3 ALCANCE GEOGRÁFICO

El proyecto a estudiar tomara como locación al campo Santa Rosa, que se encuentra ubicado en la provincia Sara del Departamento de Santa Cruz, y forma parte del Complejo Santa Rosa, conjuntamente con los campos Junín, Santa Rosa Oeste, Humberto Suarez Roca y Palometas NW. Como parte del desarrollo de este campo, se ha planificado la perforación del pozo Santa Rosa 10 (SRS-10).

1.8.3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA

DEPARTAMENTO: Santa Cruz de la Sierra

PROVINCIA: Sara

FORMACION: El Carmen & Roboré

BLOQUE: Complejo Santa Rosa

RESULTADO: Productor de Gas y Condensado.

PROF. FINAL: SRS-10: 2250 m MD, 2249.7 m TVD, - 1950.7m TVDSS

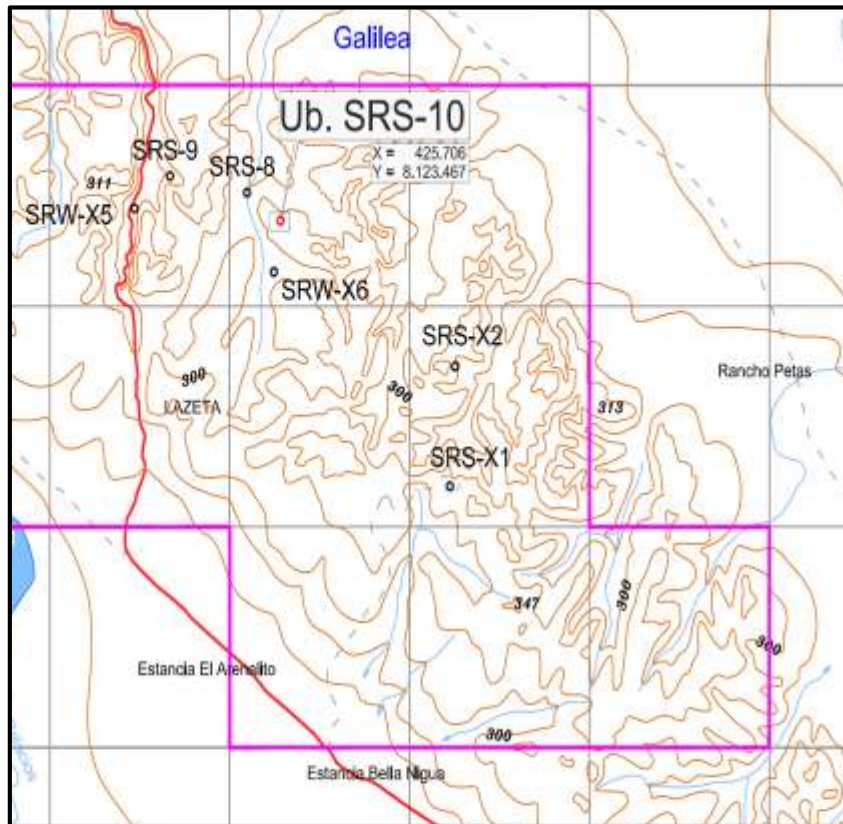
COORDENADAS:

SUPERFICIE (UTM)

X	Y	Zt	ZR	ASR
425,706.00 m E	8'123,467.00 m N	288.5 m	299.0 m	10.5 m

A continuación se muestra el mapa geológico de ubicación del pozo

Figura 1. 2: Ubicación del pozo SRS-10.



Fuente: YPFB CHACO GEOLOGIA

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

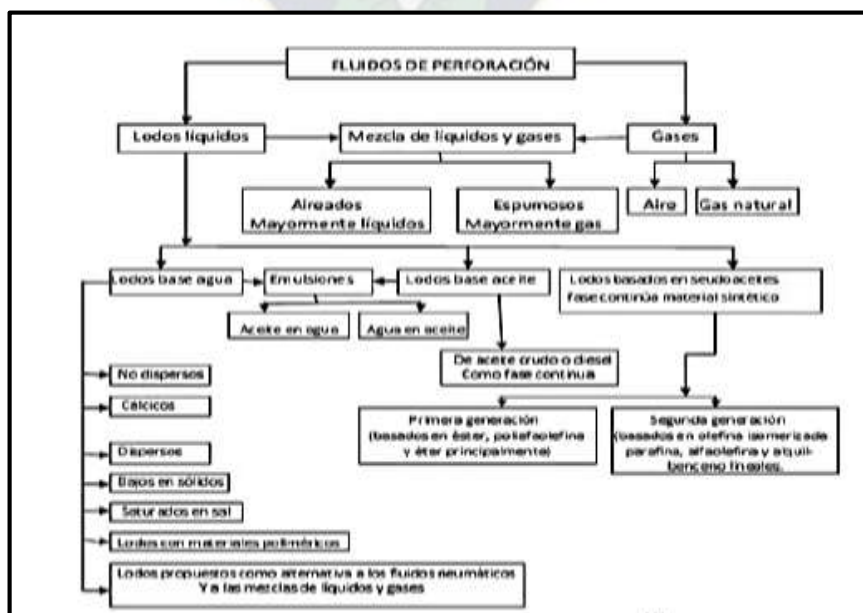
2.1 FLUIDOS DE PERFORACIÓN

Son aquellos fluidos utilizados durante las labores de perforación de un hoyo, y éste término está restringido a los fluidos que son circulados a través del hoyo y que poseen características físicas y químicas apropiadas para poder cumplir con los requisitos mínimos de eficiencia, limpieza y seguridad durante la perforación de un hoyo.

2.2 TIPOS DE FLUIDO DE PERFORACIÓN

Existen tres tipos básicos de lodos de perforación que circulan durante la perforación del pozo, los cuales son: Líquidos, mezcla de gas-líquido y gases, en la figura N° 2 se presenta un esquema de la clasificación.

Figura 2. 1: Tipo de lodos de perforación



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

2.3 ADITIVOS PRESENTES EN EL FLUIDO DE PERFORACIÓN

2.3.1 ADITIVOS QUÍMICOS

Densificantes: Son materiales no tóxicos ni peligrosos de manejar, que cuando son disueltos o suspendidos en un fluido de perforación incrementan la densidad del fluido. Entre ellos tenemos: galena (7,4 - 7,7), hematita (4,9 – 5,3), magnetita (5,0 – 5,2), baritina (4,2 – 4,5), etc.

Viscosificantes: Son productos que se agregan a los fluidos para mejorar la habilidad de los mismos para remover los recortes del hoyo y suspender el material densificante durante las maniobras. Los materiales más utilizados son las arcillas y los polímeros. Entre ellos tenemos: bentonita, atapulgita, goma xantha, etc.

Controladores de filtrado: Son agentes que disminuyen la cantidad de agua que pasa hacia la formación permeable cuando el lodo es sometido a una presión diferencial. Entre ellos tenemos: polímeros manufacturados, almidones, adelgazantes orgánicos, etc.

Controladores de reología: La reología se logra controlar mediante la concentración del viscosificante primario que se utiliza en el sistema. Sin embargo, cuando no se puede lograr un control efectivo de la reología mediante el uso de estos productos, se deben utilizar materiales adelgazantes, dispersantes o defloculantes, con el objetivo de reducir las fuerzas de atracción, incrementar la dispersión, y por lo tanto reducir la resistencia al flujo. Los materiales más frecuentemente utilizados son: taninos, silicatos y fosfatos, lignitos, lignosulfanatos modificados, etc.

Materiales alcalinos y de control de pH: Son materiales que se agregan para mantener un rango de PH en el sistema que asegure el máximo desempeño de los otros aditivos empleados en la formulación del lodo.

Materiales para controlar pérdidas de circulación: Son materiales utilizados para minimizar o anular las pérdidas de fluido que pueden producirse en una operación.

Surfactantes: Son materiales que se agregan con el objetivo de modificar la tensión interfacial entre el sólido/agua/aceite, pueden crear emulsiones y cambiar la mojabilidad.

Lubricantes: Son materiales que se utilizan con el objetivo de reducir el arrastre y torque en la perforación, disminuir la fricción entre la sarta y la pared del hoyo. Entre ellos: aceites minerales, alcoholes, asfalto, polímeros, etc.

Floculantes: Estos materiales encapsulan los sólidos del sistema haciendo más efectiva su remoción. Los más comunes son: sales, cal hidratada, yeso, etc.

Estabilizadores de lutitas: Se utilizan agentes especiales para estabilizar formaciones de lutitas sensibles al agua mediante la inhibición de las características de hidratación y la dispersión de los materiales arcillosos en el sistema. Entre los materiales utilizados se tienen: polímeros, asfalto, cloruros de potasio y/o calcio, cal, yeso, etc.

Anticorrosivos: La corrosión de la sarta de perforación ocurre a través de la acción de agentes como oxígeno, CO₂ y H₂S. el objetivo de agregar estos materiales es disminuir o minimizar los efectos de estos agentes y para ello se utilizan sales solubles de sulfito y de cromato.

Bactericidas: Los organismos microscópicos como bacterias, algas y hongos pueden existir en los lodos a diversas condiciones de pH. Como la mayoría de los fluidos de perforación contienen materiales orgánicos que son susceptibles a la degradación, la aplicación de estos productos va a inhibir o eliminar la reproducción y crecimiento de bacterias y hongos. Pueden utilizarse sulfuros orgánicos, clorofenoles, aldehídos, etc.

Precipitantes: Son aditivos que se agregan al sistema con el objetivo de remover componentes solubles mediante una reacción que los convierte en un precipitado.

2.3.2 FUNCIONES DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN

Describen las tareas que el fluido de perforación es capaz de desempeñar, sus funciones más comunes se nombran a continuación:

- Transportar los ripios de perforación y los derrumbes o cortes hasta la superficie.
- Mantener en suspensión las partículas cuando se detiene la circulación.
- Controlar las presiones de la formación.
- Limpiar, enfriar y lubricar la mecha y los tubulares de perforación.
- Prevenir derrumbes de formación soportando las paredes del hoyo.
- Suministrar un revoque liso, delgado e impermeable para proteger la productividad de la formación.
- Ayudar a soportar el peso de la sarta de perforación y de revestimiento.
- Transmitir la potencia hidráulica a la formación por debajo de la mecha.
- Proveer un medio acuoso adecuado para llevar a cabo la evaluación de formaciones (perfilaje o registros).

2.4 ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS DE PERFORACIÓN

La actividad de perforación de pozos petroleros genera desechos líquidos y sólidos que por sus características física-químicas constituyen una fuente de contaminación para el ambiente en el cual se desarrollan.

Los desechos generados durante la actividad de perforación presentan dos fases, una líquida constituida por lodo de perforación y otra sólida, formada por los ripios de perforación.

Los ripios adquieren muchas de las características del lodo y por ende constituyen un desecho de difícil manejo y disposición al medio ambiente. Adicionalmente, durante la perforación se generan volúmenes de aguas utilizadas en el lavado de equipo, bombas de lodo, enfriamiento de motores y otros equipos, agua de lluvia contaminada, etc.

El lodo de perforación, pasa a ser desecho una vez que culmina su vida útil, cuando se descarta por tasa de dilución diaria o por derrame en la localización

Los desechos generados poseen características físico-químicas que se derivan básicamente del tipo de fluido de perforación utilizado; en Bolivia, en su mayoría, los lodos se clasifican en base agua y base aceite (invertido y 100% aceite) y los mismos son el principal contaminante de las aguas y los sólidos generados durante la perforación.

Las características de los desechos sólidos se miden según la calidad del lixiviado y su caracterización permite evaluar los contaminantes recibidos por el ambiente.

2.5 FUENTES DE DESECHO DE PERFORACIÓN

Una operación de perforación tiene varias fuentes distintivas de desperdicios, estas incluyen:

2.5.1 LODOS DE PERFORACIÓN

El lodo de perforación es un líquido que contiene propiedades reológicas controladas, que circula por la sarta del taladro, en bajada a través de la broca y vuelve a subir por el espacio anular a la superficie. Su función primordial es de acarrear ripios de perforación a la superficie, aunque también sirve para un número de otras funciones. En la superficie, los ripios se separan con la sacudidora de arcilla esquistosa, una combinación de trampas de arena, desarenadoras,

centrífugas y limpiadores de arena. El lodo se reacondiciona y se vuelve a usar. Luego que el pozo está terminado, el inventario de barro se arroja al sumidero o a la fosa de reserva.

El fluido que se utiliza para formar el lodo de perforación puede ser agua dulce, agua salada o aceite.

El Instituto Americano del Petróleo estima que el 62 % de los fluidos usados en los Estados Unidos están hechos en base de agua dulce, 24 % en base de agua salada 6 % en base de petróleo y el resto de compuestos variados. A los fluidos se le agregan sustancias químicas en cantidades determinadas para mantener las propiedades definidas en el programa de lodo

Las sustancias químicas más comunes son bentonita, (es una arcilla de la familia esmestita) barita (una forma inerte de sulfato de bario), soda cáustica (Na OH), sales variadas primordialmente cloruro de sodio (Na Cl), cloruro de calcio (CaCl₂) y cloruro de potasio (KCl) y numerosos polímeros orgánicos. Estos productos químicos pueden reaccionar al mezclarse con otros productos en las formaciones que se están perforando y por lo tanto pueden formar compuestos adicionales.

Al finalizar el pozo, este inventario es generalmente arrojado al sumidero para su eliminación subsecuente.

2.5.2 RIPIOS DE PERFORACIÓN

Los ripios de perforación son los pedazos pequeños de formaciones perforadas por el taladro que son traídos a superficie por los fluidos. Generalmente son pequeños (por ejemplo, para apartar las partículas se usan centrífugas de unos 5 μm a 25 μm) y consisten en arcillas, lutitas, areniscas, carbonatos y haluros. Estos ripios se encuentran impregnados de los fluidos de perforación que se estén usando y los que sueltan los equipos de separación mecánica, más el exceso de lodo de perforación y todo esto se arroja al sumidero.

2.5.3 DESECHOS QUÍMICOS

Los aditivos químicos que se usan en el sistema de lodos incluyen productos empaquetados (bentonita, baritina, cáustica y otros), posiblemente otros a granel (generalmente solo la bentonita y la baritina) y barriles.

Al finalizar un pozo, es una práctica común evaluar el valor de las sustancias químicas que sobran de la obra. En varios casos es más económico desechar estas sustancias que devolverlas o transferirlas al próximo pozo. Muchas veces se arrojan al sumidero o en caso de una perforación costa afuera, sencillamente se tiran por la borda.

2.5.4 CEMENTOS

Las diferentes sartas de revestimiento que se usan en todos los pozos están cementadas al agujero, con las sartas más grandes cementadas hasta superficie. El exceso de cemento en las obras se arroja al sumidero. Se supone que los fluidos que sobran de la limpieza de los equipos están contaminados con cemento.

2.5.5 DESPERDICIOS DE METAL

Los metales son un subproducto común en las operaciones de perforación. Estos pueden incluir brocas gastadas, protectores de sartas, guayas, revestido res de bombas y pistones, filtros, despojos de soldaduras, barriles de combustibles y productos químicos, y bandas de plástico para atar las plataformas de carga.

2.5.6 BASURA GENERAL

Si se está usando un campamento, la gran mayoría de la basura general consistirá de envoltura de comestibles y desechos de comestibles. Otros combustibles incluirán sacos de aditivos, el envoltorio de repuestos de los equipos.

2.6 TÉCNICAS PARA TRATAMIENTOS DE RIPIOS Y FLUIDOS DE PERFORACIÓN PARA SU DISPOSICIÓN FINAL

Figura 2. 2: Cadena de manejo de Fluidos contaminados.



Fuente: NTP 900.058.2005

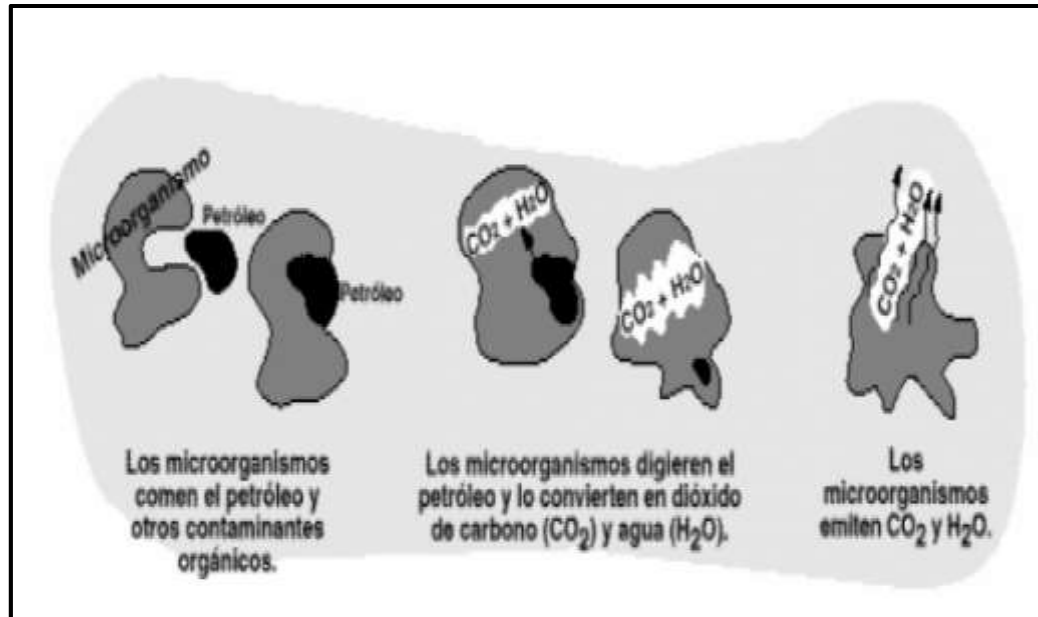
2.6.1 TÉCNICAS DE BIOTRATAMIENTO

La biodegradación es la descomposición de una sustancia orgánica, como el petróleo, por acción de organismos vivos, generalmente microorganismos y especialmente bacterias. Algunas sustancias se biodegradan más rápida y completamente que otra, la biodegradación final resulta en un compuesto que se convierte en agua y dióxido de carbono. Algunas sustancias pueden degradarse en moléculas intermedias más pequeñas. Esto es lo que se llama degradación primaria. Generalmente, estas moléculas son productos intermedios en el proceso de biodegradación final, pero en algunos casos, pueden ser más persistentes o más tóxicas que el contaminante original.

La biodegradación puede ocurrir en condiciones tanto aeróbicas (con oxígeno) como anaeróbicas (sin oxígeno). Si el contaminante se encuentra bien disperso en

el agua, generalmente hay más oxígeno disponible para la biodegradación aeróbica. El lodo a base de agua se dispersa más fácilmente pues es soluble en agua.

Figura 2. 3: Proceso de biodegradación.



Fuente: Gestión de desechos sólidos Ecuador 2012

A continuación, se describen algunas técnicas más utilizadas para biotratamiento de desechos de perforación.

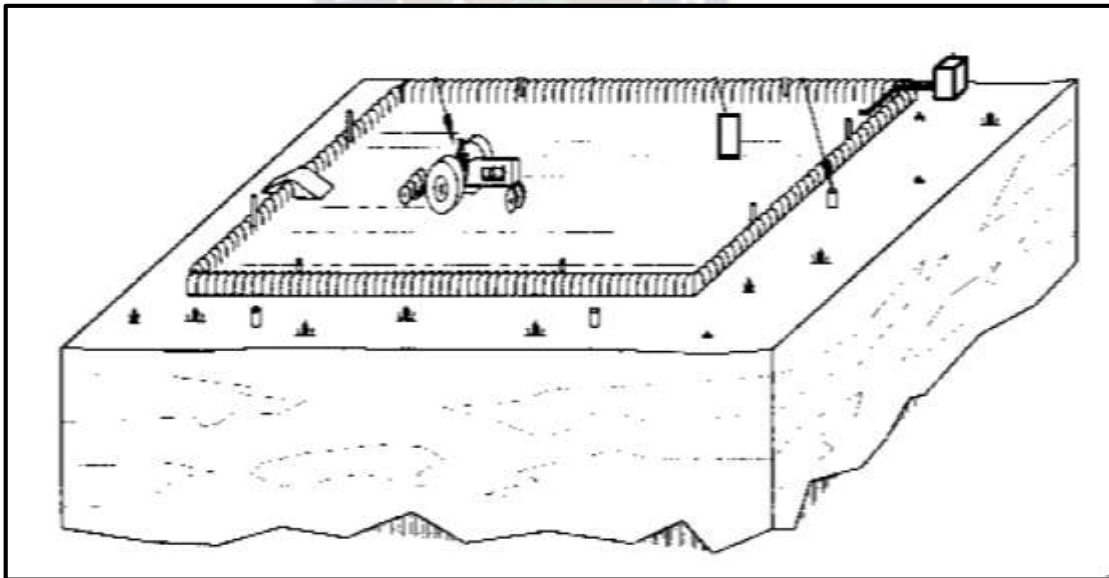
Landfarming: El proceso de Landfarming es una tecnología de biorremediación de los suelos contaminados, lodos, o material con características de suelo mediante la cual los microorganismos generan materiales inocuos para el ambiente, o subproductos estabilizados que no representan peligro. El fundamento técnico del Landfarming se basa en la degradación de fracciones livianas de hidrocarburos, por comunidades bacterianas.

Durante la operación de Landfarming los materiales contaminados son esparcidos en una superficie de suelo, o son extraídos del lugar y apilados sobre una superficie impermeable para evitar contaminación de las capas de suelo o aguas que se encuentran por debajo (ver figura 5). Las poblaciones de microorganismos naturales

del suelo (bacterias, hongos, protozoarios) crecen en el material usando el contaminante como fuente de alimento, transformándolo en productos inocuos. La marcha del proceso se estimula, monitorea y controla mediante los siguientes parámetros:

- Mezclado.
- Sistema de colección de lixiviados.
- Cubierta impermeable del suelo.
- Contenido de humedad.
- Nivel de oxigenación.
- Nutriente.
- pH.
- Capacidad de carga de aire del suelo.
- Temperatura

Figura 2. 4: Proceso típico de landfarming.



Fuente: SPE Proceso landfarming

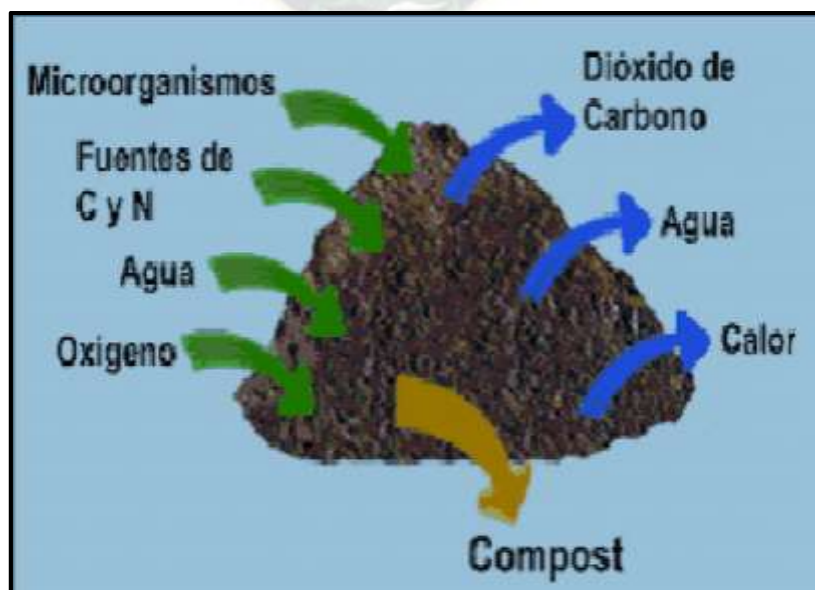
Compostaje: El compostaje o composting, es un proceso aeróbico de descomposición biológica de la materia orgánica contenida en los Fluidos

contaminados que tiene como objeto su transformación en un producto orgánico utilizable para la mejora de suelos en agricultura.

El compostaje es un proceso controlado y acelerado de descomposición de las partes orgánicas de los Fluidos contaminados y que puede ser tanto aerobio como anaerobio, dando lugar un producto estable llamado “compost”. El “compost” se compone de restos orgánicos, microorganismos, oxígeno y agua. Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

- Temperatura.
- Humedad.
- pH.
- Oxígeno.
- Relación C/N equilibrada.
- Población microbiana

Figura 2. 5: Proceso de compostaje.



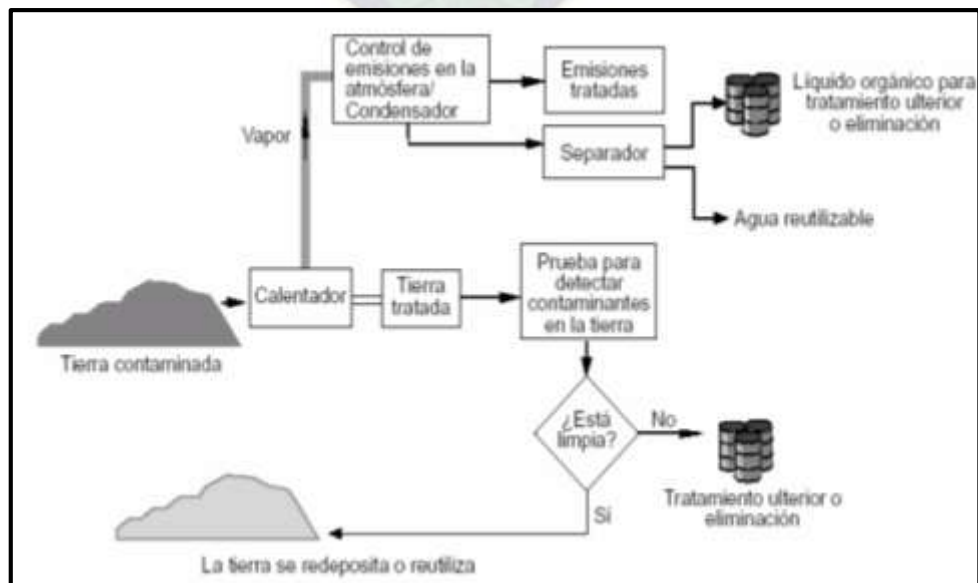
Fuente: Wikipedia, 2013.

Esparcimiento (Landspreading): Este método consiste en el esparcimiento e incorporación del lodo en base agua en la capa arable. El esparcimiento se realiza mediante un sistema aspersor y luego se le da un tratamiento igual al Landfarming.

Desorción Térmica: La desorción térmica es una técnica utilizada para tratar la tierra contaminada con desechos peligrosos calentándola a una temperatura de 90°C a 540°C a fin de que los contaminantes con un punto de ebullición bajo se vaporicen (se conviertan en gases) y, por consiguiente, se separen de la tierra (EPA, 1996). Los contaminantes vaporizados se recogen y se tratan, generalmente con un sistema de tratamiento de emisiones.

La desorción térmica es más eficaz en remover hidrocarburos livianos, aromáticos y otros compuestos volátiles que los hidrocarburos pesados. Cuando el limo y la arcilla se calientan, emiten polvo, que pueden perturbar el equipo para emisiones que se usa para tratar los contaminantes vaporizados. Además, si el suelo es muy compacto, el calor a menudo no llega a entrar en contacto con todos los contaminantes, de modo que es difícil que se evaporicen.

Figura 2. 6: Proceso de desorción térmica.



Fuente: Guías de perforación. Monagas, Venezuela 2010.

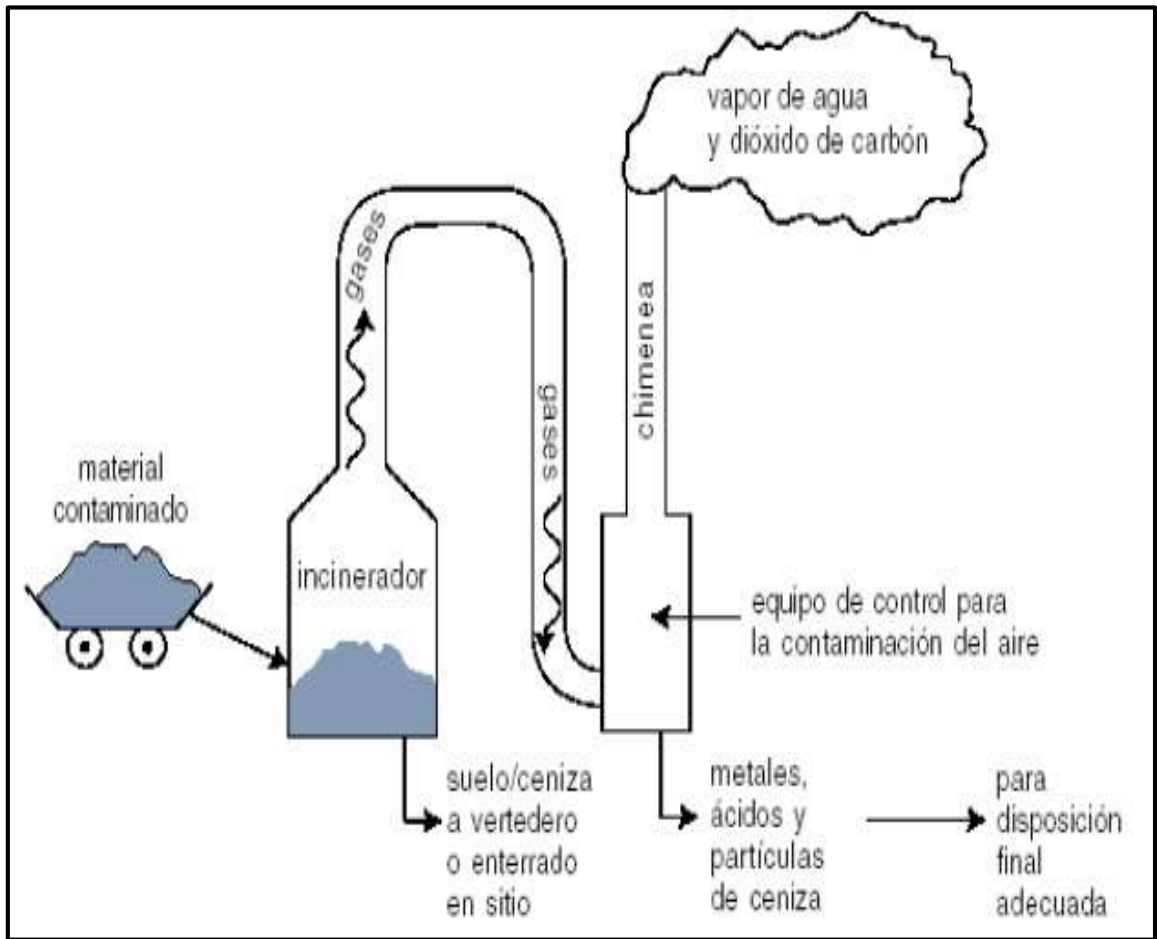
Incineración: La incineración es el proceso por el cual se queman materiales peligrosos a fin de destruir contaminantes nocivos. La incineración también reduce la cantidad de material que se necesita eliminar en un vertedero controlado. Si bien la incineración destruye una variedad de contaminantes tales como bifenilos policlorados, solventes y plaguicidas, no destruye metales.

Un incinerador es un tipo de horno que quema materiales, como suelos contaminados, a una temperatura controlada lo suficientemente elevada como para destruir contaminantes. Se puede transportar un incinerador al sitio contaminado, o se puede transportar el material contaminado desde el sitio hasta un incinerador en camiones.

Se introduce el material contaminado en el incinerador y a fin de aumentar la cantidad de químicos nocivos destruidos, los técnicos controlan la cantidad de calor y de aire en su interior. A medida que los contaminantes se calientan, se transforman en gases que pasan a través de una llama. Gracias a la llama, los gases alcanzan una temperatura lo suficientemente elevada que provoca su descomposición en componentes de menor tamaño. Estos se combinan con oxígeno para formar gases menos nocivos y vapor de agua (combustión). Los gases producidos en el incinerador pasan a través de un equipo de control de contaminación de aire donde se elimina cualquier metal, ácido y partícula de ceniza remanente. Tales desechos son nocivos y deben desecharse en forma adecuada en un vertedero autorizado. Los otros gases más limpios, como el vapor de agua y el dióxido de carbón, se liberan al aire a través de una chimenea.

El suelo o la ceniza remanente después de la incineración se puede eliminar en un vertedero o enterrar en el sitio. La cantidad de material que requiere eliminación es muy inferior a la cantidad inicial de material contaminado.

Figura 2. 7: Proceso de incineración.



Fuente: Guías de perforación. Monagas, Venezuela 2010.

La incineración puede destruir algunos tipos de contaminantes que otros métodos no pueden. Por otra parte, toma menos tiempo que muchos otros métodos, lo cual es importante cuando se necesita limpiar un sitio en forma rápida a fin de evitar daños a personas o al medio ambiente. La incineración in situ puede reducir la cantidad de material que deba trasladarse a un vertedero.

Estabilización/Solidificación: Es una técnica que consiste en mezclar los residuos en base agua o aceite con aditivos estabilizantes que permiten formar una matriz sólida, donde quedan atrapados los componentes del residuo evitando la lixiviación de aceites y sales presentes, a través de una reacción química irreversible generada por el reactivo de este proceso luego de mezclarlo con el desecho. La finalidad de

este proceso es inmovilizar los contaminantes, ya sea por medio físico (encapsulamiento) o químico (alteración química de los contaminantes).

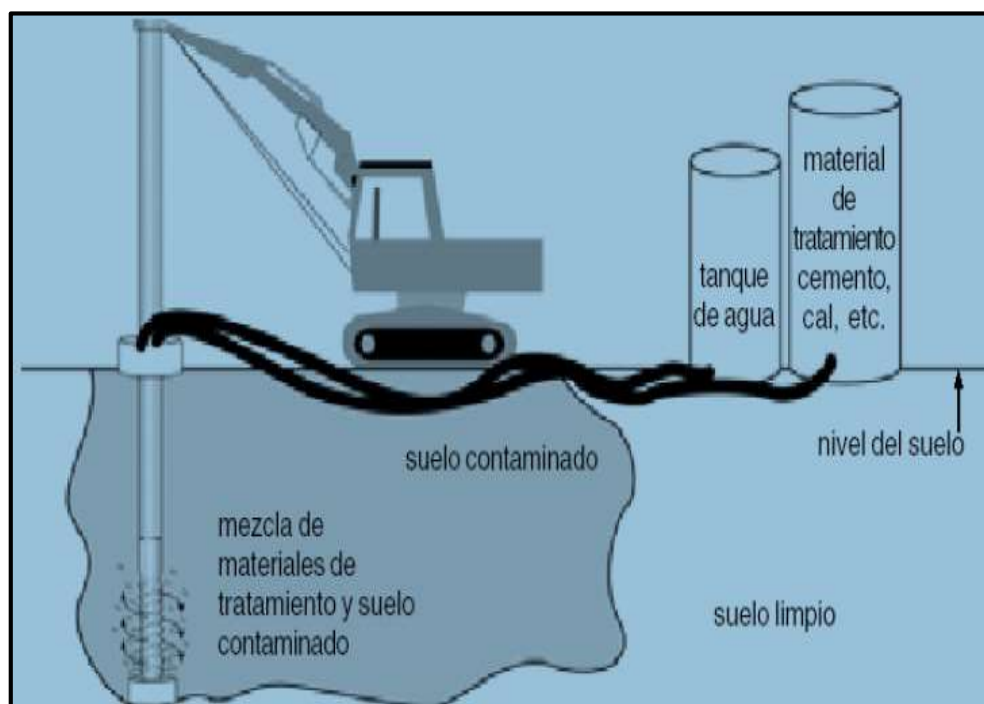
La solidificación consiste en mezclar suelo contaminado con una sustancia como el cemento, que provoca el endurecimiento del suelo. La mezcla forma un sólido que puede dejarse en el lugar o transportarse a otro sitio. El proceso de solidificación impide que el químico se disperse en el ambiente circundante. El agua de lluvia no puede disolver los químicos al atravesar los suelos o lodo tratado. La solidificación no elimina los químicos nocivos, si no que los atrapa en el lugar (Guía para el Ciudadano sobre Solidificación/Estabilización, 2003).

La estabilización convierte a los químicos nocivos en sustancias menos dañinas o menos móviles. Por ejemplo, el suelo contaminado con metales puede mezclarse con cal o cemento. Estos materiales de limpieza reaccionan con los metales para formar compuestos metálicos menos solubles. Estos compuestos metálicos no se mueven a través del suelo ni salen de él con tanta facilidad (Guía para el Ciudadano sobre Solidificación/Estabilización, 2003).

En algunas circunstancias los métodos de solidificación/estabilización pueden requerir que el suelo sea excavado. A veces, el suelo o lodo contaminado se extrae y coloca en grandes mezcladoras en la superficie. La mezcladora combina el suelo o lodo con los materiales de tratamiento, como cemento y cal. Entonces, el suelo o lodo tratado pueden ser colocados nuevamente en el sitio o depositados en un vertedero controlado.

En otros sitios, en lugar de excavar el suelo o lodo, los materiales de limpieza se pueden mezclar directamente bajo tierra. La mezcla se prepara con el uso de grandes paletas rotatorias. Luego, el suelo o lodo tratado que queda en el sitio se cubre con suelo limpio o un pavimento.

Figura 2. 8: Proceso de estabilización/solidificación



Fuente: Guía para el Ciudadano sobre Solidificación/Estabilización, 2003.

Dewatering: Esta técnica consiste en separar la fase líquida de la sólida de los fluidos de perforación en base agua mediante procedimientos físico-químicos. Los procedimientos químicos consisten en la aplicación de polímeros coagulantes y floculantes para desestabilizar las cargas eléctricas y aglutinar las partículas (floculación). El procedimiento físico consiste en centrifugar el fluido floculado para separar las dos fases.

2.7 BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación es el proceso utilizado por el hombre para detoxificar variados contaminantes en los diferentes ambientes –mares, estuarios, lagos, ríos y suelos– usando de forma estratégica microorganismos, plantas o enzimas de estos. Esta técnica es utilizada para disminuir la contaminación por los hidrocarburos de petróleo y sus derivados, metales pesados e insecticidas; además se usa para el tratamiento de aguas domésticas e industriales, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho.

A continuación se muestra un cuadro que implica todos los parámetros que se deben tomar en cuenta en el proceso de biorremediación:

Figura 2. 9: Parámetros de la biorremediación



Fuente: Apuntes de clases de Control ambiental, 2018

2.7.1 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA BIORREMEDIACIÓN.

El proceso de biorremediación debe incluir invariablemente una demostración científica válida de la efectividad del proceso y la seguridad ambiental.

Efectividad en el caso de la biorremediación de petróleo, significa el establecimiento de que:

La remoción o desaparición del petróleo es primeramente atribuible a la biodegradación y no a otro proceso.

El porcentaje de incremento de la degradación es suficientemente rápido (con verificación estadística) que la velocidad natural. Para poder justificar el gasto del esfuerzo de implementar el proceso de biorremediación a una gran escala. La seguridad ambiental requiere considerables esfuerzos para verificar que ocurren efectos ecológicos no adversos como resultado de la aplicación de fertilizantes.

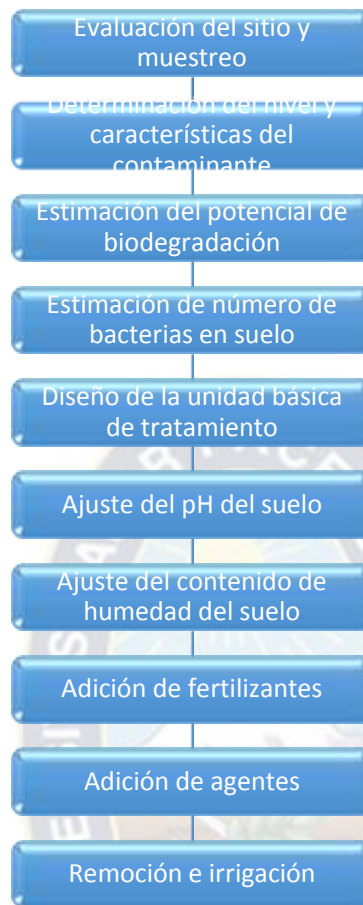
2.7.2 MEDIDAS DE LA EFECTIVIDAD DE LA BIORREMEDIACIÓN.

Se deben considerar los siguientes aspectos:

- Cambios cualitativos en la composición de los hidrocarburos que son indicativos de procesos biológicos. Se realiza la cromatografía gaseosa, teniendo en cuenta los procesos de los factores ambientales (fotólisis, disolución física, lavado químico, volatilidad, etc.) que pueden contribuir a la desaparición del petróleo. Los grupos indicadores de la degradación son los hidrocarburos aromáticos seleccionados ya que si estos se degradan, los hidrocarburos alifáticos serán siempre también intensamente degradados.
- Disminución del porcentaje de la masa de petróleo que son también indicativos de procesos biológicos.
- Reducción del peso total del petróleo, determinando la pérdida de peso en las distintas fracciones de hidrocarburos del petróleo. La medición del número de microorganismos degradadores de petróleo es un indicador inicial de la factibilidad de la biorremediación.
- Estudio de la mineralización (mediciones de la producción de CO₂ total).
- Efecto de la acción del nitrógeno.

El procedimiento de biorremediación se lo puede representar mediante un diagrama de flujo determinando los pasos a seguir para la realización del trabajo.

Figura 2. 10: Aspectos de la biorremediación



Fuente: Apuntes de clases de Control ambiental, 2018

2.7.3 TECNOLOGIAS DE LA BIOREMEDIACION.

A continuación se describen las tecnologías de la biorremediación en el siguiente cuadro:

Tabla 2. 2: Tecnologías de biorremediación

Tecnologías de Biorremediación	Definición	Aplicaciones	Limitaciones	Costos y Tiempo de Remediación
Bioventeo	Estimula la biodegradación	Compuestos orgánicos	El tipo y la concentración	Tiempo de duración

	<p>ón natural de cualquier compuesto biodegradable en condiciones aeróbicas</p>	<p>biodegradable. Ej. Hidrocarburos de petróleo, solventes no clorados, pesticidas y conservadores de madera.</p>	<p>de los contaminantes, falta de nutrientes, bajo contenido de humedad, dificultad para alcanzar el flujo de aire necesario.</p>	<p>algunos meses hasta varios años. Costo de operación varía entre 10 y 70 \$us/m³.</p>
<p>Bioestimulación</p>	<p>Circulación de soluciones acuosas (nutrientes y/u oxígenos) a través del suelo contaminado para estimular la actividad de los microorganismos autóctonos.</p>	<p>Compuestos orgánicos biodegradables, suelos contaminados con gasolina y pesticidas.</p>	<p>No es recomendable para suelos arcillosos, altamente estratificados ya que pueden provocar limitaciones en la transferencia de oxígeno.</p>	<p>Tiempo de duración puede ser de varios años. Su costo oscila entre 10 y 30 \$us/m³ aunque de acuerdo a la naturaleza y la profundidad de los contaminantes y el uso de bioaumentación puede aumentar sus costos.</p>
<p>Bioaumentación</p>	<p>Se utiliza cuando la microflora autóctona es insuficiente.</p>	<p>Se lo utiliza para tratar suelos contaminados con</p>	<p>Antes de llevar a cabo la bioaumentación deben realizarse</p>	<p>Puede durar varios meses o años. Su utilización no implica mucho</p>

	Consiste en la adición de microorganismos vivos, que tengan la capacidad de degradar el contaminante en cuestión	herbicidas, insecticidas, nitrofenoles, hidrocarburos de petróleo e hidrocarburos aromáticos cíclicos.	cultivos de enriquecimiento, o, aislar microorganismos y cultivarlos hasta obtener grandes cantidades de biomasa.	capital ni costos de operación.
Biolabranza	La superficie del suelo contaminado es tratada en el mismo sitio por medio del arado.	Son usados para tratar diésel, gasolina, lodos aceitosos, coque y algunos pesticidas.	La biolabranza debe manejarse con cuidado para prevenir contaminación de acuíferos, superficies de agua o la cadena alimenticia.	Puede durar varios meses o años. Su utilización no implica mucho capital ni costos de operación.

Fuente: Apuntes de clases de Control ambiental, 2018

2.7.3.1 METODOLOGIA LANDFARMING.

La técnica más usada para la biorremediación de los lodos contaminados con hidrocarburos y de otros desechos de la industria petrolera es la denominada landfarming.

Se realiza trasladando los contaminantes a un suelo no contaminado, el cual ha sido preparado con anterioridad para evitar su contaminación y la de las aguas subterráneas con sustancias que puedan producirse durante el tratamiento.

Para ello se efectúa el diseño del lugar donde se depositan los contaminantes, aislando el material de tratamiento del área no contaminada con una tela impermeable.

Para empezar el procedimiento, se hace una búsqueda y selección de bacterias nativas aisladas de las muestras de suelos que se encuentran contaminados, ya que estas tienen la capacidad catabólica para crecer bajo las condiciones físico-químicas y de estrés a las que están sometidas, y tendrán un mejor desempeño a la hora de la biorremediación.

La búsqueda comienza en el procesamiento de una muestra de suelo mediante una serie de diluciones, tratando de obtener aquellos morfotipos cultivables; ya que una gran parte de los microorganismos del suelo no pueden ser recuperados en medios para el cultivo de microorganismos.

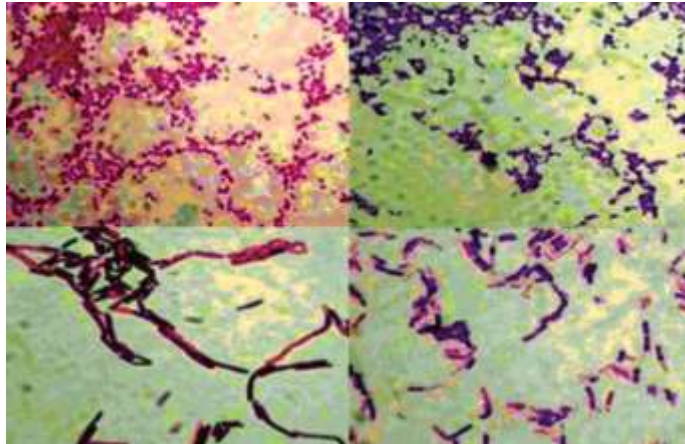
Además de una búsqueda general, se realiza una específica a través de medios selectivos y diferenciales, en la cual se pretende aislar ciertos morfotipos como las *Pseudomonas* y bacterias lactosa positivas –bacterias capaces de utilizar la lactosa, debido a su bien conocida actividad degradadora de hidrocarburos.

Luego, estas diluciones son sembradas en diferentes medios de cultivo donde grandes familias de morfotipos se hacen presentes; éstas varían en densidad y diversidad. La diversidad está determinada por los morfotipos recuperados que se diferencian según su morfología macroscópica –su aspecto físico–, mientras que la densidad está determinada por el número total de individuos que pertenecen a un grupo con una morfología macroscópica común.

Estos datos de densidad y diversidad son de gran valor. Primero, porque nos indican acerca de la calidad microbiana del suelo, ya que un suelo que tiene gran número de morfotipos, es un suelo que tiene vida y por ende presenta una buena

prospección para la biorremediación debido a su posible alta actividad microbiana. Segundo, porque aquellos morfotipos que se encuentren en mayor número serán seleccionados por su habilidad para sobrevivir a la presión selectiva del contaminante y para usarlo como fuente de energía y carbono, pues por eso están creciendo.

Figura 2. 11: Diversidad microbiana en una muestra contaminada con crudo



Fuente: Centro de investigaciones microbiológicas, CIMIC, 2018

Ya seleccionados los morfotipos se conforma un consorcio o pool de microorganismos degradadores de hidrocarburos y, utilizando la estrategia de bioaumentación, se hace una producción a mayor escala y en proporciones estratégicas de estos. En esta producción debe tenerse en cuenta el volumen de suelo contaminado para biorremediar, la concentración del contaminante y las clases de morfotipos que se aislaron.

2.7.4 IMPORTANCIA DEL POOL MICROBIANO

La formulación de un pool microbiano permite combinar y complementar sus funciones metabólicas para que colectivamente biodegraden un compuesto. En muchos casos algunos morfotipos sólo pueden realizar una parte de toda una cadena de reacciones químicas para llegar a compuestos que puedan ser fácilmente utilizados por los organismos del mismo consorcio u otros que estén

presentes en el ambiente. Además, al estar en grupo los morfotipos pueden tolerar los cambios físico-químicos que se den en el ambiente durante el proceso de biorremediación.

Figura 2. 12: Formulación de un polo degradados de hidrocarburos a gran escala



Fuente: Centro de investigaciones microbiológicas, CIMIC, 2018

Cabe aclarar que se necesita un análisis más profundo para la identificación de los morfotipos que serán usados en la biorremediación, ya que alguno de estos puede ser patógeno para plantas, animales o el hombre por el proceso de bioaumentación. Sin embargo, partimos del principio de que son morfotipos ambientales, los que inmediatamente se acabe su fuente de alimento bajan a un número que no cause disturbio en el ambiente. Además se realiza una cuidadosa revisión de reportes de enfermedades de origen bacteriano en la zona.

El pool que se formuló es aplicado en el suelo contaminado por técnicos e ingenieros ambientales para dar inicio a la biorremediación. Durante el tratamiento se hace el monitoreo de las poblaciones microbianas, con el fin de determinar si la cantidad inicial de microorganismos aumenta o disminuye después de ser adicionado al suelo contaminado. Así mismo se realiza la determinación de TPHs – hidrocarburos totales de petróleo–, con el fin de observar si hubo o no degradación

CAPITULO III

METODO DE CONTENCION DE DESPERDICIOS LIQUIDOS

3.1 INTRODUCCIÓN

El adecuado manejo de los Fluidos contaminados inicia con la prevención de la contaminación, que involucra la eliminación, reducción o cambios en las prácticas operativas que afectan las emisiones al agua, suelo y aire.

Este principio debe de ser incorporado en el diseño, operación de instalaciones de exploración y producción, así como en la planeación de actividades asociadas. Si la eliminación de la generación del residuo no es posible, debe entonces aplicarse medidas de minimización.

El establecimiento de un manejo responsable de Fluidos contaminados se acompaña de la aplicación jerarquizada de prácticas de:

- Reducción (generación de menos Fluidos contaminados a través de prácticas más eficientes).
- Reúso (el uso de materiales o productos que son reusables en su forma como se generan).
- Reciclaje /recuperación (la conversión de Fluidos contaminados e materiales utilizables y/o la extracción de ellos de energía o materiales de valor).
- Tratamiento (la destrucción, detoxificación y neutralización).
- Disposición fina (depósito de los Fluidos contaminados en terrenos, agua usando procedimientos adecuados para una situación determinada).

En esta etapa se definen los procedimientos específicos para la recolección, almacenamiento, transporte, en cuanto a reuso y reciclaje/recuperación se mencionan los Fluidos contaminados factibles de ello, mencionándose las tecnologías de tratamiento y de disposición final factibles de su aplicación, en nuestro país para los Fluidos contaminados provenientes de la perforación, explotación y extracción de petróleo y gas.

De igual manera, se enuncian las medidas de seguridad a considerar en la realización de estas actividades.

3.1.1 MÉTODO DE CONTENCIÓN FÍSICA

3.1.1.1 Sistema de control de sólidos:

Por lo general este tipo de sistemas debe de encontrarse integrado en la instalación de perforación. En el diseño de esta debe incluirse, o sí los trabajos de perforación los realiza un tercero en el paquete de servicio deberá incluir dicho sistema, tanto en actividades en tierra como costa afuera.

3.1.1.2 Centrifugación:

La Centrifugación por lo general forma parte del equipo de control de sólidos, necesario en toda actividad de perforación. La disponibilidad de un equipo adicional es esencial si se tienen grandes cantidades de lodo cuya fase líquida debe de ser extraída y los sólidos removidos para su disposición final.

3.1.1.3 Desmenuzamiento:

El desmenuzamiento es un proceso eficaz para reducir el volumen. Los materiales desmenuzados (papel, plástico, barriles, etc.) generalmente son enviados a operaciones de reciclaje. No es necesaria la disponibilidad del equipo en la instalación.

3.1.1.4 Desagüe:

El proceso de desagüe es simplemente la separación del componente de agua de la presa. El componente sólido que queda debe ser eliminado adecuadamente y posiblemente requiera de tratamiento adicional, los líquidos recuperados pueden ser eliminados fosa abajo, recirculados o descargados. El proceso de desagüe es muy importante para reducir el volumen de la presa y por lo tanto para hacerlo más fácil de manejar.

Los métodos de desagüe incluyen la filtración mecánica, centrífugas y tanques de depósitos a través de la floculación y coagulación. Actualmente se están desarrollando técnicas más innovadoras para este proceso. Estos procedimientos pueden ser llevados a cabo por un contratista.

3.1.1.5 Secado:

El proceso de secado es similar al desagüe, donde los componentes líquidos de desperdicio se evaporan. Generalmente, se usan plataformas de cementos para secar y con un control adecuado se pueden cantidades significativas de lodos. Las plataformas deben ser diseñadas de manera que puedan contener los líquidos que se escurran.

Esta restricción es particularmente importante donde las operaciones puedan ser afectadas por inundaciones repentinas o lluvias tropicales abundantes. Mismo si el proceso de secado es un método económico de desaguar en ciertos lugares, se debe considerar la posibilidad de cubrir las plataformas para desviar la lluvia. Necesariamente este procedimiento deberá efectuarse en el sitio.

3.1.2 MÉTODO DE CONTENCIÓN FÍSICO QUÍMICO

3.1.2.1 Neutralización:

Los desperdicios líquidos que contengan sólidos carácter ácido (con un PH menor que 6) deben ser neutralizados antes de su eliminación y opcionalmente ser tratados para reducir su naturaleza corrosiva, estos desperdicios pueden ser ácidos variados, bases, aguas de estanque y también pueden presentar carácter alcalino.

Solidificación/estabilización:

La técnica de solidificación consiste de la adición de agentes químicos al lodo los que reaccionan con él para formar un material sólido que puede ser dispuesto.

Solidificación y estabilización son procesos de tratamiento usados para mejorar las características físicas y de manejo de los Fluidos contaminados, disminuir el área de contacto con los contaminantes que puedan ser transferidos al lixiviado, limitar la solubilidad o detoxificar los constituyentes peligrosos. Existen compañías que ofrecen este servicio, incluyendo adicionalmente el encapsulamiento de los mismos.

El encapsulamiento es un proceso que incluye el completo recubrimiento o aislamiento de las partículas tóxicas, sólidos aglomerados con una nueva sustancia poniendo una capa impermeable entre el residuo y el medio ambiente.

3.1.3 MÉTODO DE CONTENCIÓN TÉRMICA

3.1.3.1 Quemado en cámara abierta:

Básicamente se usa en instalaciones en tierra, los Fluidos contaminados generados en instalaciones costa afuera deberán ser transportados hasta la instalación. Se usa por lo general para hidrocarburos, materiales con características inadecuadas para su reciclaje.

3.1.3.2 Incineración:

La aplicación de esta tecnología acorde al estado de la misma implica un alto costo. La incineración es útil para componentes orgánicos primarios, pero puede tratar fluidos contaminados que no tengan una forma definida. Este proceso puede ser muy eficiente pero también muy caro. Se requiere de un control atmosférico, a menos que el residuo destruido sea un hidrocarburo de composición uniforme.

Las ventajas principales de la incineración son la gran reducción en la cantidad de fluidos contaminados por manejarse y la destrucción casi completa de sustancias peligrosas orgánicas. La ceniza es generalmente inerte y se puede sepultar en un sitio de confinamiento o tratarse mediante los procesos de fijación química. Los metales pesados se transforman generalmente en óxidos menos tóxicos. Los compuestos combustibles carcinógenos y biológicos activos son destruidos eficientemente.

En las zonas de actividades de extracción de petróleo y gas no existe alguna compañía que pueda ofrecer un servicio integral de incineración, por lo que actualmente este método no es factible su aplicación.

3.1.4 MÉTODO DE CONTENCIÓN BIOLÓGICA

3.1.4.1 Dispersión sobre terreno:

La dispersión sobre terreno es un proceso biológico aerobio el cual se basa en la presencia natural de bacterias en el suelo para degradar los hidrocarburos contenidos en el lodo o recortes que se aplican mediante procedimiento controlado. Trabajos en campo han demostrado que la presencia natural de bacterias y enzimas en el suelo es suficiente para lograr una buena degradación una vez adaptadas al residuo y tan efectivas en su función como una cepa producida especialmente para tal fin.

Aunque se usa más para suelos contaminados con aceite crudo, puede aplicarse para lodos o recortes contaminados con aceite, dispersando estos y posteriormente mezclándolos en la zona de incorporación entre una profundidad de 30 a 60 cm. Este proceso requiere de mantener un determinado balance de carbón, nitrógeno y fósforo, control de humedad y pH, asimismo es necesaria promover la aireación del suelo y el mezclado de los hidrocarburos en el mismo.

3.1.4.2 Composteo:

Este es un proceso natural donde el carbón y otros nutrientes de detritus animal y vegetal son reciclados por microorganismos del suelo. Puede aplicarse a los recortes de perforación los que se mezclan con agentes voluminosos y la composta mezclada se coloca en forma apilada. La pila retiene el calor producido por la actividad microbiana que precede a la biodegradación. El agente voluminoso adicionado sirve para incrementar la capacidad de retención del agua, permeabilidad y porosidad. Para pilas estáticas o pilas cerradas la aireación se logra forzando el paso de aire a través de un soplador.

3.2 REDUCCIÓN DE DESPERDICIOS

La importancia de la reducción del volumen total de desperdicios es un tema bien reconocido y es tratado a fondo por Thumber (1991). En términos de control de fluidos, un potencial significativo de ahorros en la eliminación de líquido de perforación, se basa en la buena administración de agua durante las operaciones de perforación. Si se implementan las siguientes recomendaciones, se reducirán los gastos de eliminación de fluidos y otros aspectos de las operaciones de perforación:

Se deberán usar sumideros circulantes para asentar los sólidos y recircular el agua recuperable para la composición de fluidos.

Se deberán usar mangueras de alta presión con válvulas de paso automáticas para limitar el uso total de agua y reducir la cantidad de detergentes

Se deberán usar medidores de agua en la línea de confección de lodos. Una tabulación de los volúmenes usados proveería un incentivo para reducir el uso de agua permitiendo medir los fluidos que se pierden en las formaciones.

El mantenimiento apropiado de los equipos de control de sólidos tales como las desarenadoras, desedimentadoras, centrifugas, etc. reducirá el volumen de lodo descargado al sumidero y, consecuentemente, los gastos de confección. Esto probablemente aumentará los porcentajes de penetración, extenderá la vida de los equipos y disminuirá los gastos de restauración.

Fosas aisladas o preferiblemente tanques deberán ser usados para segregar los diferentes fluidos, especialmente lodos KCl, lavados de perforadoras, fluidos de fracturación y de terminación. Esto disminuye el riesgo que los contaminantes se crucen y simplifica la restauración.

El drenaje en la superficie debe ser controlado de manera que el agua no contaminada sea dirigida lejos del sumidero. Si esto se hace con una plataforma de perforación elevada, la concesión queda en mejor estado para las operaciones de producción.

Deberán usarse menos componentes tóxicos para los líquidos de perforación.

CAPITULO IV

METODO DE BIOREMEDIACION

4.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se describe las tecnologías para la biorremediación y las ventajas y limitaciones que cada una de estas pueda tener para la mejora en el campo santa rosa (SRS 10).

4.2 BIOREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS

Las medidas biocorrectivas o los sistemas de biorremediación consisten principalmente en el uso de los microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) existentes en el medio para descomponer o degradar sustancias peligrosas en sustancias de carácter menos tóxico o bien inocuas para el medio ambiente y la salud humana.

Estas técnicas biológicas pueden ser de tipo aerobio, si se producen en condiciones aerobias (presencia de un medio oxidante), o bien de tipo anaerobio, en condiciones anaerobias (medio reductor). El presente trabajo se centrará en tres tipos de medidas biocorrectoras de tipo aerobio: la ventilación forzada del aire en el suelo o **bioventing**, el compostaje de suelos o **biopilas**, y la biorrecuperación natural del suelo o **atenuación natural**.

4.2.1 FUNDAMENTIO BIOQUIMICO DE LA BIODEGRADACION

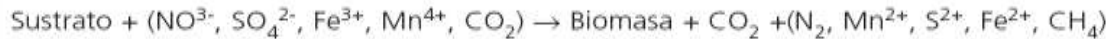
A continuación se presenta el fundamento

Figura 4. 1: Fundamento bioquímico de la biodegradación

Degradación aerobia:



Degradación anaerobia:



Fuente: García y Aguirre, 2014

El sustrato actúa como dador de electrones el metabolismo interno del microorganismo termina por degradarlo.

4.2.2 FACTORES QUE INFLUENCIAN EL CRECIMIENTO BACTERIANO

- Necesidad de nutrientes (Micro y Macro nutrientes necesarios para el crecimiento bacteriano)
- pH del suelo (optimo entre 6 y 8)
- Temperatura (optima entre 15 y 45°C (condiciones mesófilas a temperaturas menores a 15 las enzimas se inhibe y a mayores de 45 se desnaturalizan)
- Humedad (agua como transportador de diferentes sustancias)
- Estructura química del hidrocarburo (hidrocarburos halogenados, ramificados, poco solubles acarrear una mayor dificultad en la biodegradación)

4.2.3 METODOS DE BIOREMEDIACION

a. Bioventing

- Inyección de aire al suelo (inyección a presión de oxígeno)
- Técnica "In-situ" (La biorremediación se hace en el lugar)
- Degradación por volatilización del hidrocarburo y por aumento del oxígeno que favorece el crecimiento bacteriano

b. Biplas

- “Ex-situ” consiste en la formación de pilas de material biodegradable de dimensiones variables, formadas por suelo contaminado y materia orgánica (compost) en condiciones favorables para el desarrollo de los procesos de biodegradación de los contaminantes. Estas pilas de compost pueden ser aireadas de forma activa, volteando la pila, o bien de forma pasiva, mediante tubos perforados de aireación.
- Preferiblemente hidrocarburos no halogenados
- Necesidad de una densidad de poblaciones microbianas (>1.000 CFU/gramo de suelo), Condiciones de humedad (40-85% de capacidad de campo), temperatura (10 y 45°C),
- La concentración de nutrientes en el suelo cuyo rango normal de C:N:P sea de 100:10:1.
- El tiempo de actuación puede ser alto (meses a años) y el coste bajo.

4.2.3.1 Atenuación Natural

Su característica principal es la utilización de los procesos fisico-químicos de interacción contaminante-suelo y los procesos de biodegradación que tienen lugar de forma natural en el medio. Estos procesos se conocen como procesos de biotransformación natural. Los procesos de biotransformación natural son aquellos que van a reducir la concentración de los contaminantes y entre los que se encuentran la dilución, dispersión, volatilización, adsorción, biodegradación y aquellas reacciones químicas que se producen en el suelo o en el agua y que contribuyen de alguna forma a la disminución de la contaminación.

Esta técnica se aplica en aquellos casos en los que exista contaminación tanto en suelos como aguas subterráneas producida por hidrocarburos de tipo halogenado o no halogenado.

A tener en cuenta:

- La exigencia de protección y el riesgo de los potenciales receptores durante el tiempo que dura la atenuación.
- La existencia de unas condiciones geológicas y geoquímicas favorables.
- Confirmación de la existencia de los tipos y número de poblaciones de Microorganismos que puedan biodegradar los contaminantes.
- La concentración de los compuestos utilizados como aceptores de electrones en condiciones anaerobias debe ser superior a 0,21 mg/l para nitratos, la de Fe³⁺ para que pueda ser reducido a Fe²⁺ debe ser superior a 21,8 mg/l y la de sulfatos mayor de 0,21 mg/l.

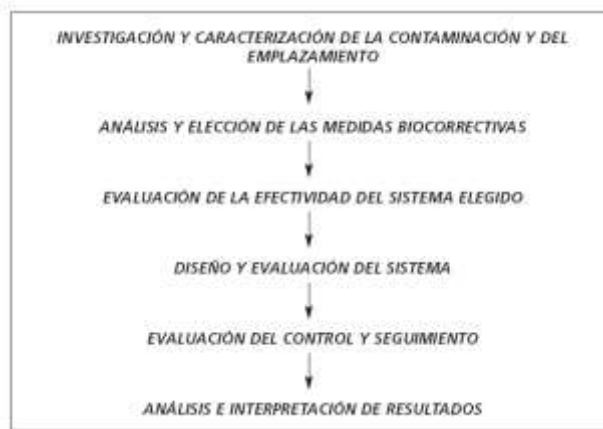
a. Landfarming

- “In-situ” y “Ex-situ”
- Oxidación de hidrocarburos por microorganismo
- Muy fácil de implementar (costos, Fluidos contaminados, etc)

4.2.4 DISEÑO Y APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BIOTRATAMIENTO

A continuación se expone el método en el cual se basa la biorremediación en base aceite:

Figura 4. 2: investigación y caracterización de la contaminación



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

Para el fundamento del proyecto de grado el sistema que se escoge es el de siembra de bacterias con fluido en base aceite



CAPITULO V

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE BIOREMEDIACION DE PERFORACIÓN DE POZO SRS-10

5.1 INTRODUCCIÓN

Como marco de referencia para este proyecto se ha tomado referencia lecciones aprendidas de anteriores pozos.

Aunque todos los pozos sean diferentes, es posible mejorar de forma continua desde el punto de vista tanto técnico como el económico e identificar nuevas oportunidades de ahorro para el pozo santa rosa 10.

Propongo en lo posible minimizar gastos para hacer del proyecto más rentable, pero sin poner en riesgo la calidad técnica así también minimizar el impacto ambiental en lo posible.

Uno de los problemas ambientales más graves de Bolivia es precisamente el uso de cauces de ríos, estuarios y lagos como receptores de vertidos de aguas residuales (municipales, domésticas e industriales) sin ningún tratamiento previo. El proceso de Fluidos contaminados líquidos urbanos e industriales es casi inexistente, apenas el 7%.

En diferentes puntos de la localidad, las cuales no cuentan con un tratamiento adecuado de sus aguas residuales, y se encuentran cargadas de hidrocarburos totales del petróleo y sus derivados.

El petróleo crudo tiene una composición química compleja y variable, dependiendo de su origen. Está formado entre un 50-90% de sustancias hidrocarbonadas que son: n-alcanos, alcanos ramificados (28,0-34,1%), ciclo alcanos (20,3-44,8%) e

hidrocarburos aromáticos (18,6-24,2%). También están presentes pequeñas cantidades de otros elementos como N (0-0,5 %), S (0-6 %) y O (0-3,5 %), y algunos metales en forma de complejos y partículas coloidales (V, Ni , Co , Fe...) Son compuestos orgánicos que requieren del consumo de oxígeno para su degradación, por lo tanto, las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas disminuyen y sus componentes pueden ocasionar efectos tóxicos.

Existen diferentes tecnologías aplicables para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con hidrocarburos.

A diferencia de los métodos químicos y físicos, los procesos de bio remediación ofrecen varias ventajas, como bajo costo, manejo seguro y nulo impacto ambiental. La bio remediación se define como el proceso mediante el cual los microorganismos presentes en un sitio producen la eliminación de un contaminante. Las técnicas clásicas de bio remediación son la bio aumentación y la bio estimulación, ambas con posibilidad de ser aplicadas in situ o ex situ. La bio aumentación, que es la que se aplica en este trabajo, es la incorporación de microorganismos especializados al sitio contaminado con el fin de mejorar el desempeño del proceso de bio remediación.

Los microorganismos capaces de biodegradar los hidrocarburos están muy extendidos en la naturaleza, ya que el petróleo es un producto natural y la contaminación crónica resultante durante muchos años ha determinado la adaptación local de los microbios para metabolizar estos compuestos.

Los microorganismos fácilmente reducen los hidrocarburos lineales, especialmente aquellos que contienen menos de 28 carbonos, aunque el vinagre del hidrocarburo ha descrito hasta 44 carbón de carbono, liga hidrocarburo o liga es menos gradualmente desde lineal. Con respecto a los hidrocarburos aromáticos, porque el número de bucles y la presión arterial alta aumenta su peso molecular aumenta la capacidad de combatir la descomposición biológica. Esto se debe principalmente al

hidrógeno, por lo que no está disponible para microorganismos y los tiempos de consumo varían de 16 y 126 días para impuestos y aproximadamente 1,400 días dijeron que las diferentes bacterias interfieren durante la reflexión del petróleo, gracias a la participación y una combinación de diferentes metabolismos de las bacterias en el entorno del agua, la tasa de consumo podría alcanzar el 100%. Que la diversidad de especies y géneros se debe a que diferentes bacterias se relacionan con algunos hidrocarburos.

5.2 PARTE LEGAL

El tratamiento y disposición de cualquier desecho industrial sea este de naturaleza física, química o biológica; de estado líquido o sólido ha sido a lo largo de los años un inconveniente para la industria en general.

Se ha establecido normas técnicas legales dirigidas a la regulación de todas las etapas de los procesos, especialmente a la generación, manejo y disposición de cada uno de los desechos industriales para así promover técnicas y procesos más limpios con el menor impacto posible al ambiente y así poder proteger el medio ambiente y es de vital importancia conocer la ley vigente aplicable a los desechos generados en cada una de las operaciones hidrocarburíferas, especialmente los encaminados al manejo y disposición de los cortes y ripios de perforación en los procesos de perforación petroleras.

5.3 DESCRIPCIÓN DEL CAMPO

5.3.1 FORMACIONES PRODUCTORAS

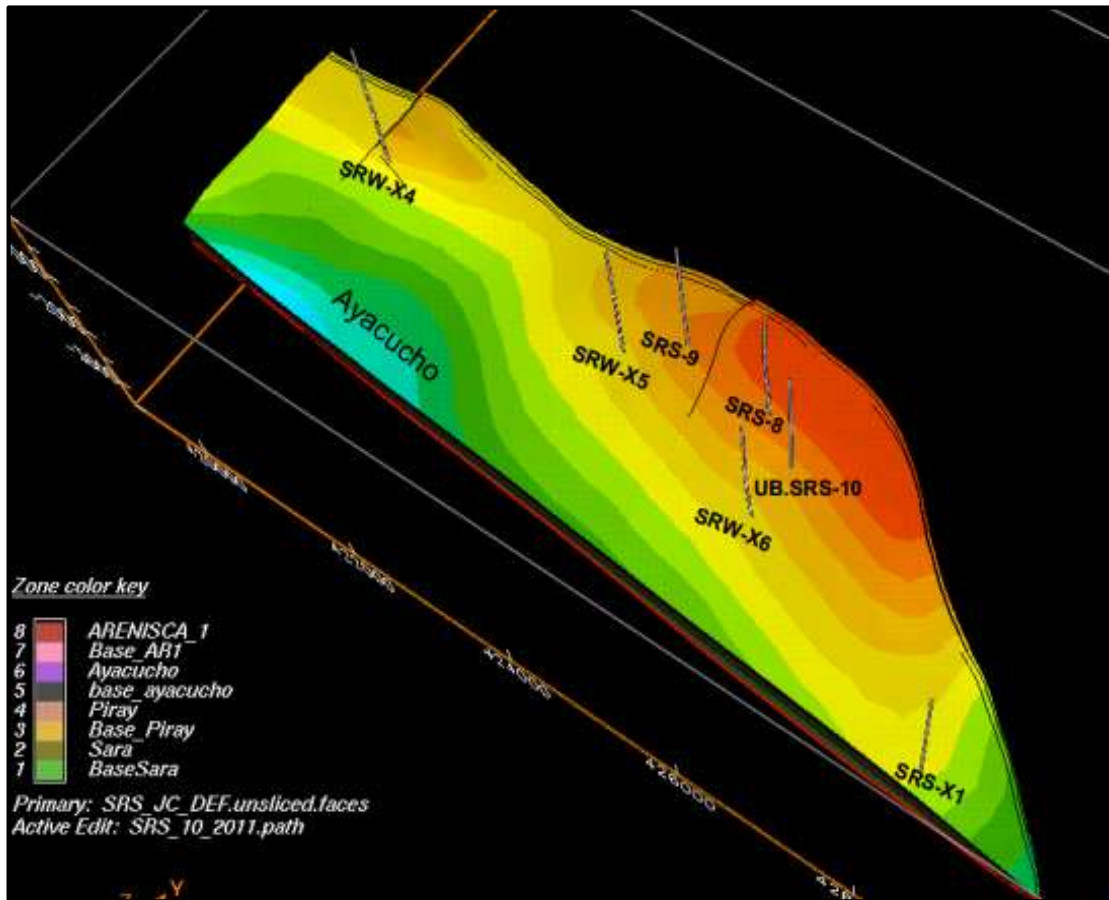
Objetivo Primario: Reservorio Ayacucho.

Coordenadas de Ubicación: X= 425.706 m Y=8.123.467 m

Profundidad: 1967 m MD 1967 m TVD - 1673 m SS

Desplazamiento desde locación: 0 m: 0 m

Figura 5. 1: Ubicación estratigráfica de los pozos.



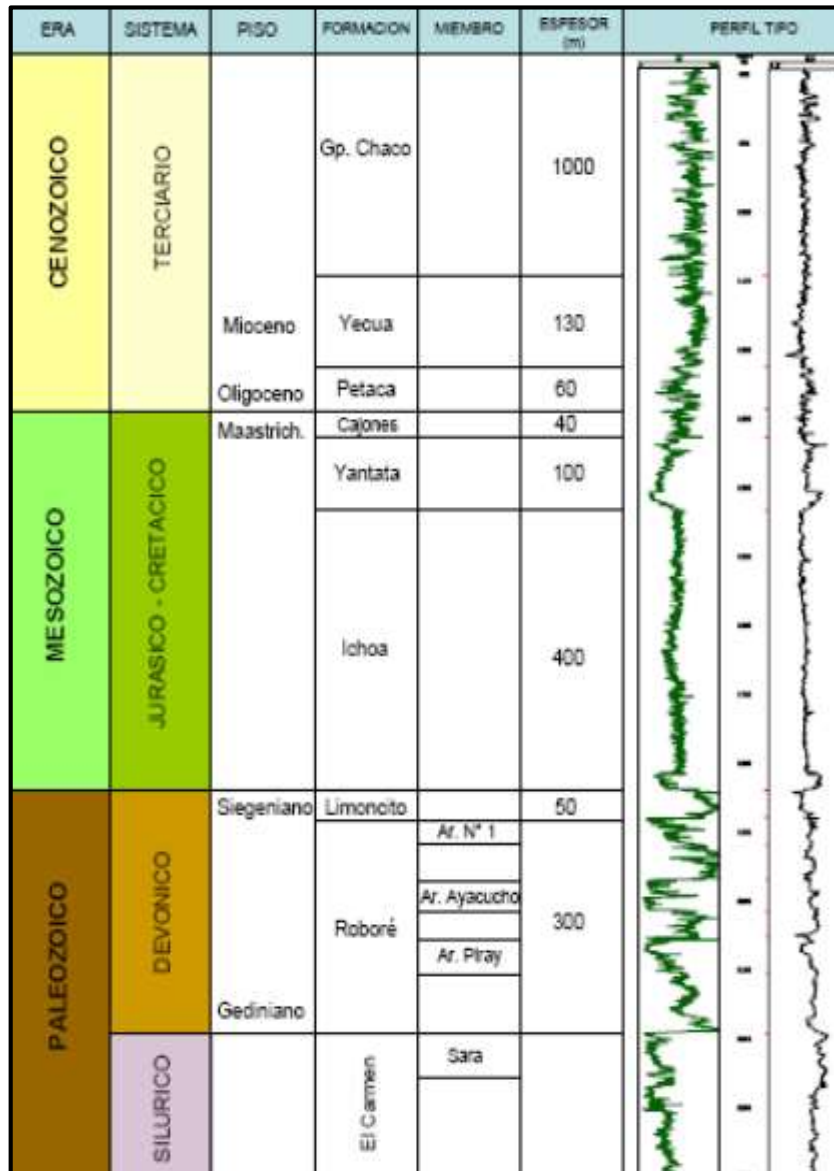
Fuente: YPFB Chaco.

5.3.2 SECUENCIA ESTRUCTURAL

La secuencia estratigráfica que atravesará el pozo SRS-10 estará constituida por rocas de edad Terciaria, Cretácica, Devónica y Silúrica.

Los reservorios Ayacucho y Piray, pertenecen a la Formación Roboré, de edad Devónica; en cambio el reservorio Sara, perteneciente a la Formación El Carmen, es de edad Silúrica.

Figura 5. 2: Estratigrafía del campo Santa Rosa.



Fuente: Estudio de la geología YPFB Chaco.

5.4 SISTEMA DEVÓNICO

Formación: Limoncito

1575 m MD 1575 m TVD -1287 m TVDSS

Horizonte pelítico de gran desarrollo en el área, conformado en su parte superior por lutitas de color marrón violáceo, aspecto tabular, laminar, físil y micáceo.

Por debajo del horizonte mencionado, se desarrollan limolitas y lutitas de color gris claro y gris oscuro, de aspecto tabular, compacto y micáceo.

Esta unidad formacional constituye la capa sello para el reservorio Arenisca N°1.

Formación: Roboré

Unidad conformada por cuatro niveles de arenisca cuarcítica.

Reservorio: Arenisca N°1

1868 m MD 1868 m TVD -1580 m TVDSS

Nivel representado por areniscas cuarcíticas de color gris blanquecino, grano fino a medio, escaso medio, buena selección, cemento mayoritario silíceo, sin UV.

También se observan niveles de arenisca de grano fino a muy fino, buena selección y abundante matrix limosa.

Reservorio: Arenisca N°2

1923 m MD 1923 m TVD -1635 m TVDSS

Nivel delgado de arenisca cuarcítica, de coloración gris blanquecino, grano fino a muy fino, buena selección, escasa matriz, cemento silíceo, compacta, sin UV.

Reservorio: Ayacucho

1967 m MD 1967 m TVD -1673 m TVDSS

Reservorio conformado por dos capas de areniscas cuarzosas y compactas, separados por una delgada capa de limolita gris oscuro. Ambos niveles presentan coloración gris blanquecino, grano fino a muy fino, buena selección, escasa matriz arcillosa, cemento silíceo, sin UV.

Reservorio: Piray

2051 m MD 2051 m TVD -1762m TVDSS

Constituído por un solo paquete de arenisca cuarcítica, de coloración gris blanquecina, compacta, grano fino a muy fino, escasa matriz limosa, cemento silíceo, buena selección, poca presencia de mica, sin UV.

Hacia la base, y previo al ingreso al reservorio Sara, se desarrolla un cuello pelítico de limolitas oscuras, tabulares y compactas.

Formación: El Carmen

Reservorio: Sara

2156 m MD 2156 m TVD -1868 m TVDSS

La arenisca Sara está integrada por areniscas gris blanquecinas, grano fino a muy fino, menor grano medio, buena selección, escasa matriz arcillosa, cemento silíceo, micáceas, sin UV.

La zona inferior presenta niveles menos compactos de arenisca, recuperados como granos sueltos, buena selección, sin UV.

5.5 PROCESO DE MANEJO DE DESECHOS

Fijar normar para el manejo, disposición y eliminación de los Fluidos contaminados generados en le Perforación del pozo Santa Rosa 10, afín de minimizar los impactos ambientales significativos que pudieran ocasionar daño al medio ambiente y de esta manera cumplir con la ley vigente 1333.

- Verificar y controlar que todos los parámetros de los desechos líquidos y sólidos llevados a disposición final estén bajo los rangos y límites permisibles que nos dicta la ley 1333 de medio ambiente.
- Optimizar del área de remediación de desechos sólidos.
- Cumplir con las regulaciones medio ambientales respecto a la calidad del agua irrigada, de acuerdo a lo que nos dice la ley 1333, Anexo 4, Sulfatos < 1200 mg/lit, Cloruros < 2500 mg/lit, Sólidos totales < 2500 mg/lit, Ph= 7.
- Minimizar el porcentaje de humedad de los sólidos, para su entierro en celdas de un área de 3 x 4 x 3 mt.

- Realizar análisis de contenido de humedad y cloruros a los desechos sólidos antes de ser enviados a su disposición final.
- Realizar compactación en el área de entierro de recortes para poder reutilizar el área en los siguientes pozos a perforar.
- Verificar que los líquidos y sólidos salados o contaminados con Cloruros altos sean lavados o diluidos con agua dulce, hasta obtener parámetros según ley del medioambiente, $Cl < 2500 \text{ mg/lit.}$
- Controlar y supervisar para que el agua contaminada sea irrigada o inyectada, previo análisis físico químico y tratamiento si es necesario.
- Verificar que, al finalizar el entierro de los desechos sólidos, esta área tiene que ser compactada y nivelada para realizar la entrega de la planchada a producción.

5.6 ALCANCE A TRATAR

Alcanzar en un 100 % todo lo propuesto en los objetivos, con un trabajo de calidad, ahorrando tiempo y dinero. Se propone indicadores de seguridad y medio ambiente.

Tabla 5. 1: Indicadores de seguridad

Indicadores De Seguridad	Propuesta
Apoyo en Seguridad SOC's (ISO-14001)	≥1/Mes
Análisis de riesgo de tarea y permisos de trabajo	diario
Análisis de riesgo de viaje	1 por cada viaje al campo
Capacitación	2 Por año
Pruebas de alcohol (Alcotest)	1 por cada viaje al campo

Fuente: YPFB Chaco.

Tabla 5. 2: Descripción de la propuesta

Descripción	Propuesta
Generación de Desechos (Etapa Perforación)	< 6.5 bbl /mt
Generación de Desechos (Etapa completación)	< 1.5 bbl/mt
Spills	0
Apoyo en Seguridad (SOC) y Medioambiente (ISO-14001)	≥ 1 /Mes
Máxima recuperación de volúmenes de fluido de completación para su reutilización	200 – 500 bbls

Fuente: YPFB Chaco.

5.7 PLANIFICACIÓN

5.7.1 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

En base a la inspección previa con estudios geológicos y a las Lecciones Aprendidas en anteriores proyectos, Y en coordinación con las Compañías respectivas, deberá elaborar lo siguiente:

- Plan de ubicación de equipos, tanques y líneas.
- Programa del manejo de desechos para el proyecto, tomando en cuenta el factor técnico económico, ya sea dewatering, land farm, locación seca, etc.
- Estimaciones de costos y volúmenes de desechos.
- Elaboración de un plan de almacenamiento y traslado del fluido y desechos sólidos a disposición final.
- Estado de la planchada para disposición de desechos (líquidos y sólidos).
- Realizar mediciones de la planchada, para instalación de la planta de lodos, planta de inyección y ubicación de skimmers.
- Diseñar la disposición de equipos, tanques y líneas.
- Seguridad-Medio Ambiente (ISO-14001).

- Planes de Contingencia.
- Flujo de Comunicación en caso de Emergencia.
- Primeros auxilios.
- Programa STOP

5.8 PROCEDIMIENTO A SEGUIR

5.8.1 MONTAJE DE EQUIPO

5.8.1.1 Tanques cilíndricos para el pozo SRS-10:

Tanques de 250 bbls = 1 tanque de oro

Tanques de 300 bbls = 8 Tk's grises para Plantas de lodos

Tanques de 500 bbls = 1 Tk epoxico para la etapa de completación

Tanques de 300 bbls = 3 Tk's epóxicos para salmuera en etapa de completación

Tanques de 300 bbls = 3 Tk's grises para planta de inyección

Volumen Total = En planta de lodos se tiene disponible 2400 bbls para desechos líquidos + 1400 bbl para almacenamiento de salmuera.

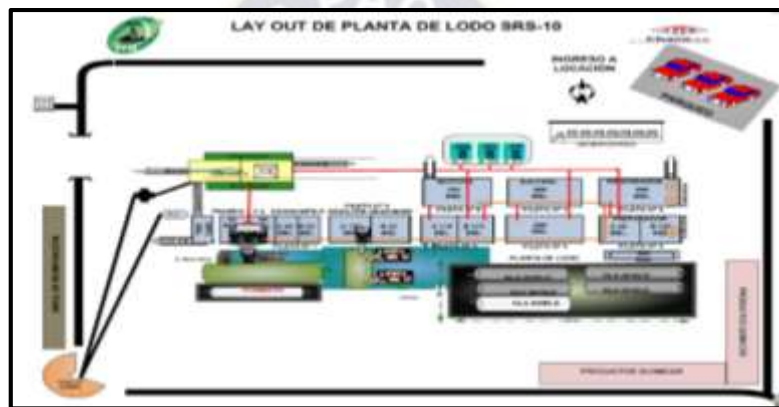
En planta de inyección 600 bbl para desechos líquidos y 300 bbl para agua de desplazamiento

- Instalación de planta de lodos: Inicialmente compactar el área donde será ubicada la planta de lodos, colocar arena sobre la superficie (Vol. Aprox. 12 m³), para nivelar el área posteriormente colocar las geo membranas y bermas. Para el montaje de dicha planta se deberá contar con una geo membrana de 18 x 26 mt, preferentemente todos los tanques en buen estado, con todo su accesorio de seguridad o sea marcadores de nivel funcionando correctamente, doble barrera y cuellos de gansos colocados. El área disponible contra derrames tiene que ser 22.7 x 16 x 0.35 m teniendo un

volumen de 685 Bbl de capacidad contra derrames, es decir cumpliendo a cabalidad la ley 1333 (110% de volumen, del recipiente de mayor capacidad).

- El lay out de la planta de lodos se montará dejando un espacio de 6,60 m de las piletas del equipo, distancia menor que en pozos anteriores, debido al espacio reducido y tomando las precauciones de que exista espacio para que ingrese la excavadora, volqueta y camiones.

Figura 5. 3: Planta de lodo LAYOUD



Fuente: YPFB Chaco.

- Instalación Planta de Inyección
- Instalación de Canaletas metálicas y skimmers.

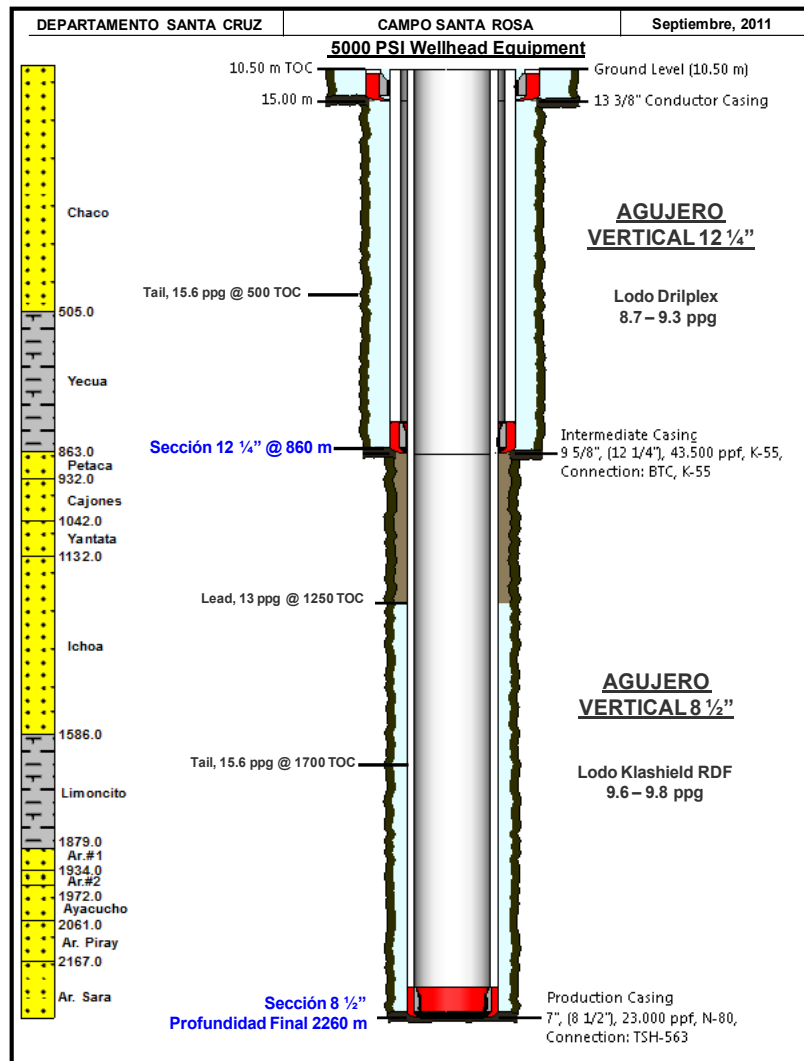
5.8.1.2 Geo membranas

Se debe prever la cantidad y el tamaño suficiente de geo membranas y bermas que se usaran durante la operación para cuidar el medioambiente. Los mismos deben ser colocados en las siguientes áreas:

- Piletas de lodo del equipo.
- Planta de lodos (WBM y Salmuera).
- Planta de inyección.
- Productos químicos.

- Área de herramienta y equipos contaminados con aceite.
- Tanque de combustible.
- Bombas.

Figura 5. 4: Programa de perforación del pozo SRS-10



Fuente: YPFB Chaco.

5.9 NORMAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

Para la elaboración de este punto, se tomó en cuenta la evaluación del manejo de Fluidos contaminados sólidos, realizada en campo, los dispositivos legales

existentes en Bolivia, las prácticas y procedimientos en otros países sobre el manejo de Fluidos contaminados y las posibilidades de la empresa YPFB

5.9.1 MINIMIZACIÓN

Consiste en reducir la cantidad y/o toxicidad de los Fluidos contaminados generados, permitiendo reducir el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La minimización puede obtenerse empleando estrategias preventivas, métodos o técnicas dentro de la actividad de perforación.

Tabla 5. 3: Técnicas de Minimización

Fluidos contaminados	Actividad Generadora	Técnica de Minimización
Sólidos		
Envases plásticos contaminados con insumos químicos.	Proceso de perforación	Comprar los insumos en envases de mayor volumen y entregara la empresa proveedora los envases vacios. No es echar dentro del proceso de perforación
Recipientes de metal contaminados con restos de aceites.	Proceso de perforación	Comprar los insumos en envases de mayor volumen y entregara la empresa proveedora los envases vacios. No es echar dentro del proceso de perforación
Fluidos contaminados de trapos impregnados con grasa y lubricante.	Limpieza de equipos y maquinarias.	Concientizar al personal para consumir lo mínimo en materiales de limpieza.

Fuente_Elaboración propia.

Debido a las características de los Fluidos contaminados sólidos identificados, es posible plantear algunas técnicas de minimización dentro de las actividades de la empresa. En el cuadro se hace referencia de las técnicas propuestas.

5.9.2 SEGREGACIÓN DE PELIGROS

La segregación implica el proceso de selección o separación de un tipo de residuo específico, considerando sus características físicas y químicas.

La separación de los componentes de los Fluidos contaminados sólidos en el punto de generación es una de las formas más eficaces de implementar las técnicas de reaprovechamiento, sin embargo, para optimizar la separación, el personal de la empresa debe ser consciente de la importancia de esta etapa, debido a que además de clasificarlos, se minimizarán los riesgos de aquellos que presenten características de peligrosidad, por lo cual deberán ser capacitados.

Se deben tomar acciones correctivas para la reducción de volúmenes de Fluidos contaminados peligrosos, tal como se muestra en el cuadro

Tabla 5. 4: Análisis de Causas y Efectos del Manejo Actual de Fluidos contaminados

Causa (Problema)	Fluidos contaminados Peligros	Efecto (Diagnóstico)	Acción Correctiva
Mezcla de Fluidos contaminados peligrosos en recipientes de almacenamiento.	Fluidos contaminados de trapos impregnados con aceites y grasas Cajas con Fluidos contaminados contaminantes	Aumentar la potencialidad de peligro de los Fluidos contaminados mezclados. Deficiencia en la implementación de técnicas de reaprovechamiento y/o comercialización.	Separar los Fluidos contaminados peligrosos generados, disponiéndolos de acuerdo a sus características

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo de esta actividad, el personal encargado deberá contar con todos los implementos de seguridad, teniendo especial cuidado en el manejo de Fluidos contaminados peligrosos.

5.9.3 REAPROVECHAMIENTO

Implica obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se consideran como técnicas de reaprovechamiento el reciclaje, reúso y la recuperación.

Tabla 5. 5: Técnicas de Reaprovechamiento de Fluidos contaminados Sólidos

Fluidos contaminados	Reaprovechamiento			Comercialización y/o Devolución al Proveedor	Descripción del Tipo de Reaprovechamiento	Área Destinada para el Residuo Reaprovechado y/o Comercializado
	Recuperar	Reusar	Reciclar			
Aceite residual				X	El aceite usado recuperado es comercializado para su posterior uso como lubricante.	Almacén Temporal de Fluidos contaminados Sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

	Reaprovechamiento	Comercialización y/o	Descripción del Tipo de	Área Destinada
--	-------------------	----------------------	-------------------------	----------------

Recipientes metálicos contaminados con restos de grasas y aceites.		X		X	Los cilindros de metal se utilizan para acopio de aceite residual, así como de los	Almacén Temporal de Fluidos contaminados Sólidos.
Fluidos contaminados	Recuperar			Devolución al Proveedor	Reaprovechamiento	para el Residuo Reaprovechado y/o Comercializado
Chatarra		X		X	Tapas de metal, restos de chatarra proveniente de recambios o reparación de equipos y/o maquinarias, vigas, estrobos, virutas, tubos, cables, entre otros.	Almacén Temporal de Fluidos contaminados Sólidos.
Baterías				X	La baterías son comercializados	Almacén Temporal de Fluidos contaminados Sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

5.9.4 ALMACENAMIENTO INTERMEDIO O CENTRAL TEMPORAL



Los lugares definidos para el almacenamiento intermedio y/o central de los Fluidos contaminados sólidos, deben seleccionarse tomando en cuenta las características de los Fluidos contaminados, ya que la humedad puede contribuir a su alteración, lo cual depende del tiempo que permanecerán almacenados.

También se debe tomar en cuenta la incompatibilidad con otros Fluidos contaminados. Así mismo se deben colocar en recipientes adecuados y en buenas condiciones. Los tipos y capacidades de los recipientes, dependen del residuo a contener, frecuencia de recojo y espacio disponible, lo cual será evaluado por el Comité de Gestión de Fluidos contaminados Sólidos.

En el cuadro se presenta el color del recipiente empleado para el almacenamiento intermedio temporal de Fluidos contaminados sólidos dentro de la unidad minera.

Tabla 5. 6: Clasificación de los Recipientes para Fluidos contaminados Sólidos por Colores

TIPO DE RESIDUO	COLOR DEL RECIPIENTE
FLUIDOS CONTAMINADOS METALICOS	
FLUIDOS CONTAMINADOS DÓMESTICOS	
FLUIDOS CONTAMINADOS INFLAMABLES	
FLUIDOS CONTAMINADOS RECICLABLES	

TIERRA CONTAMINADA	
FLUIDOS CONTAMINADOS HOSPITALARIOS	

Fuente: Reglamento de Seguridad e Higiene

El almacenamiento central temporal dentro de las instalaciones debe realizarse de acuerdo al espacio disponible, iluminación del ambiente, condiciones de conservación de Fluidos contaminados y vías de acceso de los vehículos de transporte de los mismos.

Las especificaciones sobre el almacenamiento de los Fluidos contaminados sólidos, se definen en los artículos de la Sección I – Capítulo III del Reglamento de la Ley General de Fluidos contaminados Sólidos.

A continuación, se presentarán las pautas para el correcto manejo del almacenamiento intermedio o parcial:

5.9.4.1 De las Condiciones de Operación

Las condiciones de operación se refieren a las instrucciones escritas que deben de manejarse para el buen almacenamiento de los Fluidos contaminados sólidos. Entre ellas se incluyen a:

Operaciones sobre emergencias (se describe en el plan de contingencias).

Operación correcta y segura de almacenamiento de Fluidos contaminados Peligrosos, teniendo en cuenta las características del residuo sólido.

Procedimientos sobre Higiene y Seguridad (Manual de Buenas Prácticas).

Inventario de todos los productos transportados y almacenados.

5.9.4.2 Del Etiquetado

Los recipientes de los Fluidos contaminados estarán debidamente rotulados, de tal manera que puedan ser fácilmente identificados y evitar confusiones durante el transporte de los Fluidos contaminados.

El rótulo a emplearse deberá reunir la información básica del residuo contenido en el recipiente.

5.9.4.3 Del Lugar de Almacenamiento

La disposición de los recipientes en los lugares de almacenamiento, se hará de acuerdo a la necesidad del usuario.

5.9.4.3.1 Almacenamiento de Materiales Inflamables

Los materiales inflamables no deben almacenarse jamás cerca de ácidos.

Las áreas de almacenamiento deben estar suficientemente frías para evitar la ignición en el caso de que los vapores se mezclaran con el aire.

Las áreas de almacenamiento deben de estar bien ventiladas para evitar la acumulación de vapores.

Las áreas de almacenamiento deben tener materiales de limpieza de derrames y equipo adecuado contra incendios en las proximidades.

Los extintores portátiles deben ser de espuma química seca o de dióxido de carbono.

Las áreas de almacenamiento deben revisarse periódicamente para detectar deficiencias y los materiales inflamables deben almacenarse en cantidades mínimas.

Los líquidos inflamables deben separarse en categorías dependiendo de su punto de ignición.

5.9.4.3.2 Almacenamiento de Sustancias Corrosivas

Los materiales corrosivos se deben almacenar cerca del suelo para minimizar el peligro de caída de las estanterías. Se deben almacenar en áreas frías, secas y bien ventiladas, alejadas de la luz solar.

El área de almacenamiento no debe estar sometida a cambios bruscos de temperatura.

5.9.4.3.3 Almacenamiento de Sustancias Tóxicas

Los compuestos tóxicos deben tratarse con precauciones extremas.

Para el almacenamiento estas sustancias necesitan estar alejadas de los demás reactivos.

Se debe utilizar delantal de laboratorio, guantes, gafas de seguridad.

5.9.4.3.4 Almacenamiento de Sustancias Reactivas

- Debe evitarse mezclar sustancias químicas inflamables con oxidantes.
- Debe evitarse fugas de gases inflamables.
- Debe evitarse calentar gases comprimidos o licuados.

5.9.4.4 Del Transporte Interno

El transporte interno de los Fluidos contaminados sólidos, debe de realizarse siguiendo las buenas prácticas de manipulación, se debe de contar con los accesorios necesarios para la buena disposición intermedia.

Para el traslado interno se debe de considerar lo siguiente:

Conocer las características, cantidad, y las condiciones de manejo de los Fluidos contaminados sólidos.

Tener una clara distribución de los productos almacenados

Mostrar la naturaleza de peligrosidad en cada sección de almacenamiento.

Tener la documentación apropiada

5.10 PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN CON BACTERIAS PLANTEADO

Los líquidos residuales de una perforación contienen grandes cantidades de hidrocarburos que son vertidos al sistema de lodos y al mismo suelo o terreno sin el tratamiento adecuado, en violación de las normas. En este trabajo se evaluó el proceso de biorremediación de hidrocarburos totales en los Fluidos contaminados líquidos de la perforación en Santa Cruz, para ello se planteó teóricamente un cultivo mixto de microorganismos degradadores de hidrocarburos y derivados, mediante la técnica de bioaumentación (aplicación directa de microorganismos).

Para ello se realiza una caracterización de los Fluidos contaminados líquidos, además se determinó el contenido de hidrocarburos totales de petróleo (HTP) y el caudal durante siete días. Se aplica un tratamiento consistente en una mezcla de bacterias: *Acinetobacter* sp., *Pseudomonas* sp. y *Mycobacterium* sp en forma sólida (tableta de 80 g) con una concentración mínima de 4×10^8 UFC/ml soluble en agua, utilizando dos tabletas durante 30 días. La concentración de TPH se determina semanalmente, graficando la variación temporal y cuantificando el % de remoción.

García y Aguirre (2014), plantean un grupo de géneros bacterianos que degradan diversos hidrocarburos (Tabla 11). También se ha reportado el uso de cianobacterias filamentosas de los géneros *Fischerella*, *Phormidium* y *Spirulina* en la descomposición de hidrocarburos presentes en aguas residuales

Tabla 5. 7: Géneros bacterianos

Compuesto	Bacteria	Compuesto	Bacteria
Alcanos	<i>Acinetobacter</i> sp.	Mono-aromáticos	<i>Ralstonia</i> sp.
	<i>Actinomyces</i>		<i>Rhodococcus</i> sp.
	<i>Arthrobacter</i>		<i>Pseudomonas</i> sp.
	<i>Bacillus</i> sp.		<i>Alteromonas</i> sp.
	<i>Micrococcus</i> sp.	Poli-aromáticos	<i>Arthrobacter</i> sp.
	<i>Planococcus</i>		<i>Bacillus</i> sp.
	<i>Rhodococcus</i> sp.		<i>Mycobacterium</i>
	<i>Pseudomonas</i> sp.		<i>Pseudomonas</i> sp.

Fuente: García y Aguirre, Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

El objetivo de este trabajo es evaluar también la biorremediación de hidrocarburos totales de Fluidos contaminados líquidos, utilizando microorganismos degradadores de hidrocarburos y sus derivados, mediante técnicas de bio enriquecimiento.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Donde,

Q = Caudal (l/s)

V = Volumen (l)

t = tiempo (s)

5.10.1 ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Los parámetros y métodos de prueba realizados se detallan en la Tabla

Tabla 5. 8: Parámetros y métodos de prueba

Parámetros Técnicas y Métodos de Referencia			
Parámetro	Unidad	Técnica	Método de Ensayo

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg.l-1	Volumetría	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg.l-1	Método de reflujo cerrado/volumétrico	APHA 5220 C
Aceites y grasas	mg.l-1	Gravimetría	APHA 5520 - B,
Ph	Unidades Ph	Electrometría	APHA 4500 - H*B
Tensoactivos	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 5540 C
Hidrocarburos totales de Petróleo (TPH)	mg.l-1	cromatografía de gases	EPA 8015 C
Solidos totales	mg.l-1	Gravimetría	APHA 2540 B
Cloro Activo	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 4500 Cl G
Cromo Hexavalente	mg.l-1	colorimetria	APHA 3500 Cr B
Sulfatos	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 4500 - SO4 E
Cadmio	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B
Plomo	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B

Zinc	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B
Aluminio	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B

Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

5.10.2 RÉGIMEN DE TRATAMIENTO

En la biorremediación se plantea una mezcla de bacterias responsables de la descomposición de diferentes hidrocarburos: Acinetobacter sp., Pseudomonas sp. y Mycobacterium sp. Según García y Aguirre (2014), al intentar simular la descomposición del petróleo se utiliza una mezcla de bacterias, no una sola. La mezcla bacteriana está formulada como tabletas sólidas de 80 g, con una concentración microbiana mínima de 4×10^8 CFU/mL, que se pueden usar fácilmente o disolver en agua.

Cuando el agua llega a la cámara final, los gránulos se colocan en la salida de aguas residuales y se permite que los gránulos se consuman mientras circulan los lodos residuales. Mientras tanto, el agua de alimentación microbiana es bombeada a un tanque de 7,28 m³, donde realiza la función de descomponer los hidrocarburos presentes en el agua mientras permanecen en el tanque (7 días). Después de llenarlo, el agua tratada se drena al alcantarillado general. Se utilizaron dos tabletas de pro biótico, una para consumir durante un período de 15 días y otra para reposicionar, para completar un total de 30 días de aplicación del tratamiento

5.10.3 VARIABLES DEL PROCESO DE BIORREMEDIACIÓN

Para lograr el cumplimiento de los objetivos y como resultado de la revisión bibliográfica de los métodos, para determinar los parámetros de la factibilidad de

aplicar la biorremediación en suelos contaminados con hidrocarburos, se describen a continuación las variables que influyen en su determinación, así como las variables a medir para determinar la factibilidad del proyecto. Entre estos se encuentran:

- **Tiempo de degradación.**- El trabajo se realizó en un lapso de 80 días.
- **Humedad.**-Cantidad de agua presente en el suelo cada 20 días mediante desecamiento hasta obtener un peso constante.
- **Potencial de hidrogeno.**- Se llevó a cabo la disolución del suelo en agua destilada para determinar el pH mediante un potenciómetro.
- **Densidad poblacional de microorganismos.**- mediante el recuento de colonias en placa.
- **Concentración de hidrocarburos totales.**
- **Masa de sustrato.**
- **Concentración de nutrientes.**
- **Temperatura ambiente y presión atmosférica.**
- **Delimitación de campo de estudio.**

Los tratamientos de biorremediación ex situ, se deben llevar a cabo durante un periodo total de 80 días de tratamiento, dentro de una cámara de biorremediación.

5.10.4 TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO GENERAL.

La investigación se centró en la biorremediación, mediante la degradación de los hidrocarburos en suelos crónicamente contaminados, realizando esta investigación de forma teórica a través de la evaluación de 6 tratamientos diferentes y un blanco en estudio, los cuales permiten determinar el tratamiento más eficiente en la degradación de Hidrocarburos.

5.10.5 RECOLECCIÓN Y ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Los datos para evaluar del proceso de biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, por medio de bioaumentación y bioestimulación de cepas bacterianas autóctonas.

5.10.6 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO.

- Obtención y reproducción de cepas bacterianas autóctonas para producción de un cultivo microbiológico usado para la bioaumentación.
- Se preparan seis diferentes tratamientos, con diferentes porcentajes de suelo contaminado, materia orgánica, cantidades diferentes de adición de cultivo bacteriológico y concentraciones de nutrientes.
- Posteriormente de la aplicación del cultivo microbiológico, nutrientes y aireación, se realizan las pruebas de pH, temperatura, recuento de colonias en placas e hidrocarburos totales de petróleo a los 20, 40, 60 y 80 días de tratamiento evaluando así la degradación de los hidrocarburos totales y el desarrollo de los microorganismos en el tiempo.

5.10.6.1 MUESTREO

La recolección de la muestra se realiza en un área de 300 metros recolectando 10 muestras al azar a una profundidad de 20 cm. Luego se procede a colocar la muestra base aceite en una lona o plástico limpio.

5.11 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR BIORREMEDIACIÓN DE FLUIDOS EN BASE ACEITE

- Se construye una celda de tratamiento.
- Se transfiere a ésta los suelos a tratar.
- Se prepara una solución acuosa con los insumos.

- Periódicamente se aplica agua para humedecer la mezcla y se continúa con la aireación-mezclado-homogeneización mecánica de los suelos en tratamiento.
- El muestreo y la determinación analítica de los parámetros establecidos en la normatividad vigente serán realizados por laboratorios acreditados
- El trabajo concluye al lograr los máximos permisibles establecido en la normatividad vigente.
- El suelo ya tratado y acondicionado será depositado en el lugar del cual fue extraído.

5.11.1 PRIMERA FASE DE LA TECNICA DE LANDFARMING

- Preparación del terreno
- Construcción de la cámara de recolección de lixiviados
- Impermeabilización de celda de tratamiento
- Sistema de riego
- Transporte de material contaminado
- Recepción de material contaminado

5.11.2 TIEMPO DE TRATAMIENTO

Los tiempos que se manejan en base a todos estos parámetros son amplios, el rango de tratamiento varía entre 6 y 18 meses.

Los valores ideales indican una media de 5 a 9 meses de tratamiento, siendo poco convenientes que los mismos pasen de los 12 meses.

5.11.3 CAPACIDAD EN OPERACIÓN

La capacidad fluctúa entre las 20 y 60 toneladas de residuo seco por hectárea por año (rango base de piso).

5.11.4 VOLTEO

Está previsto realizar un trabajo intensivo a fin de homogeneizar y permitir la aireación del blending cada 21 días, con múltiples volteos con sistema de arado de discos a fin de alcanzar la aireación prevista.

5.11.5 PROFUNDIDAD DE VOLTEO

De 0,10 m. a 0,30 m.

5.11.6 ASPECTOS SOBRESALIENTES

El Landfarming ha sido exitoso en el tratamiento de los hidrocarburos de petróleo tales como combustible diesel, aceites combustibles No. 2 y No. 4 , JP-5, lodos en base a aceite, preservantes de madera, hidrocarburos poli cíclicos (PAHs y creosote), desechos de coque, y algunos pesticidas. La eficacia del tratamiento es menor a medida que se incrementa el peso molecular de los contaminantes a ser degradados. También los compuestos clorados, o nitrogenados son por lo general difíciles para degradar.

CAPITULO VI

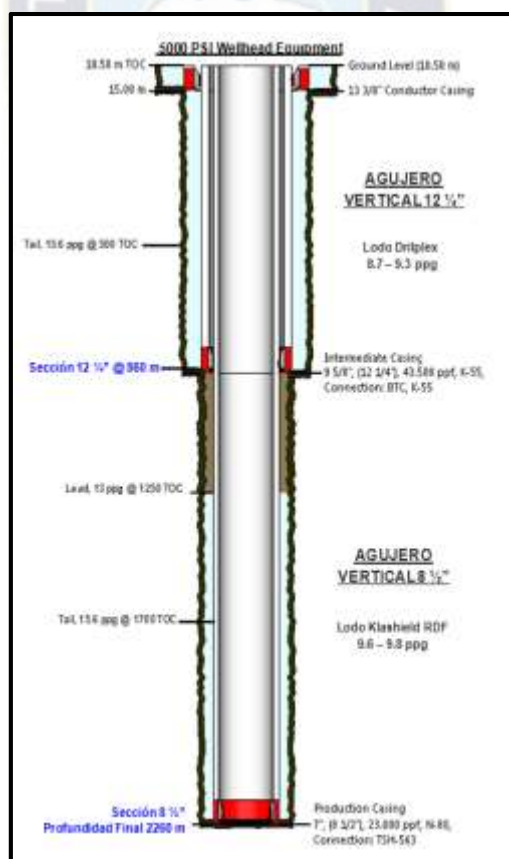
RESULTADOS

6.1 DETERMINACIÓN DE VOLÚMENES DE DESECHOS GENERADOS

La suma de los volúmenes de las secciones de este pozo será el volumen de recortes de perforación a ser extraídos, por lo cual se procede a utilizar la Ecuación (Ballesteros, 2007) y poder determinar dichos volúmenes.

$$V(bbl) = \left[\frac{\pi * R_{POZO}(in)^2 * 0.1781}{144} \right] * H_{TRAMO}(ft) \dots \dots (\alpha) \quad \text{Ec Ballesteros.}$$

Figura 6. 1: Volúmenes de Fluidos contaminados líquidos generados



Fuente: YPFB Chaco.

DATOS:

INTERVALO I – 12 ¼” (840m)

INTERVALO II – 8 ½” (1410m)

INTERVALO III – 7” COMPLETACION (2240m)

Por lo tanto, convirtiendo unidades:

$$H_1 = \frac{840m}{0.3048m} * 1ft = 2756ft$$

$$H_2 = \frac{1410m}{0.3048m} * 1ft = 4625ft$$

$$R_1 = 6.125in$$

$$R_2 = 4.25in$$

CALCULO DE VOLUMEN

$$V_T = V_1 + V_2 \dots \dots \dots (\theta)$$

Reemplazando @ en θ obtenemos:

$$V_T = V_1 + V_2 = \left[\frac{\pi * (R_1)^2 * 0.1781}{144} \right] * H_1 + \left[\frac{\pi * (R_2)^2 * 0.1781}{144} \right] * H_2$$

Factorizando y Reemplazando:

$$V_T = \pi * \frac{0.1781}{144} \{ (R_1)^2 * H_1 + (R_2)^2 * H_2 \}$$

$$V_T = \pi * \frac{0.1781}{144} (6.125^2 * 2756 + 4.25^2 * 4625)$$

Ordenando:

$$V_T = \pi * \frac{0.1781}{144} (103393 + 83539)$$

$$V_T = \pi * \frac{0.1781}{144} (186932)$$

$$V_T = 726.331 = 726 \text{ BBL}$$

Con experiencias de otros pozos se tiene una relación que el volumen de ripios esta entre 1,5 a 3 veces el volumen del hoyo. Para este caso se va a considerar 3 veces el volumen del pozo.

$$V_{\text{RIPIOS}} = 3 * V_T$$

$$V_{\text{RIPIOS}} = 3 * 726 \text{ BBL}$$

$$V_{\text{RIPIOS}} = 2178 \text{ BBL}$$

6.2 RESULTADOS

6.2.1 TRAMO - I

Para el inicio de la perforación del tramo 12 ¼", se preparó 800 Bbl lodo Drilplex de 8,5 ppg. Aproximadamente en 194 m, se densificó a 8.7 ppg para estabilizar el fluido. Finalizando el tramo perforado se terminó con un volumen total preparado de 1734 Bbl y una densidad de 9.3. De los cuales en formación se perdieron 44 Bbl y el resto se perdió en superficie entre floculado e inyectado.

Se generaron 1156 bbl de recortes, con una humedad promedio de 44%W y 500 ppm de cloruros (Cl-). En el área de remediación se abrieron fosas de 4,0 m x 3,0 m x 3,5 m (largo x ancho x profundidad), donde fueron mezclados con una proporción de 1:1, utilizando la tierra del costado de la fosa de quema, para luego volver a conformar la fosa con los recortes secados en superficie, lo cual nos permito optimizar el área de remediación solo utilizando un 30 %. Se utilizaron 45 horas de

excavadora y 40 horas de volqueta para la evacuación de 1122 Bbl de recortes de perforación, con una humedad promedio de 44% de agua.

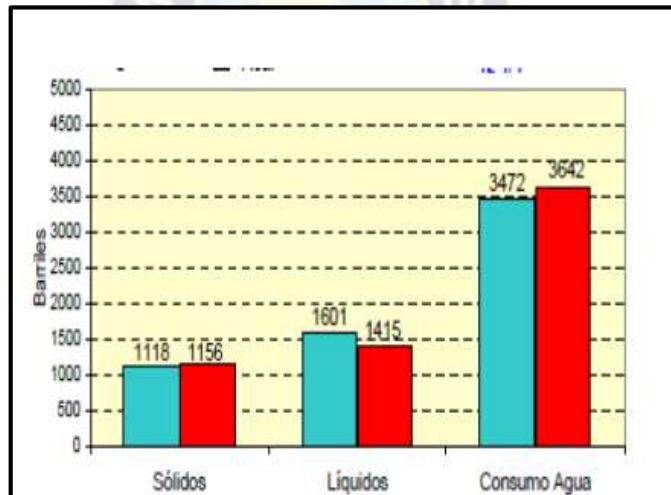
Obteniendo:

Tabla 6. 1: Desechos generados.

Desechos Generados		
Sólidos a fosas	Desechos Líquidos	Consumo de agua dulce
1556	1415	3642

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. 2: Características de los Fluidos contaminados líquidos de perforación



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 TRAMO – II

Al inicio de las operaciones de perforación del tramo de 8 1/2” se reutilizo 540 Bbl con una densidad de 9.6 ppg y se fue incrementando la densidad de acuerdo a programa hasta alcanzar 9.8 ppg al finalizar el tramo, obteniendo un total preparado de 1553 Bbl de los cuales se perdieron en formación 118 Bbl, en superficie 622 Bbl y se recuperó 66 bbl que fueron incorporado al sistema. Una vez se culminó el tramo en planta de lodo se recibió 1319 bbl de lodo kla shield con una densidad de 9.7 el cual se lo está almacenando para el próximo proyecto a ser ejecutado. Se generaron

820 Bbl de recortes, los cuales fueron evacuados a fosas de entierro, con una humedad promedio de 44,6%W y 783 ppm de cloruros (Cl), para lo cual se utilizaron 66 horas de excavadora, 24 horas de volqueta para remediar los 838 bbl de recortes de este tramo.

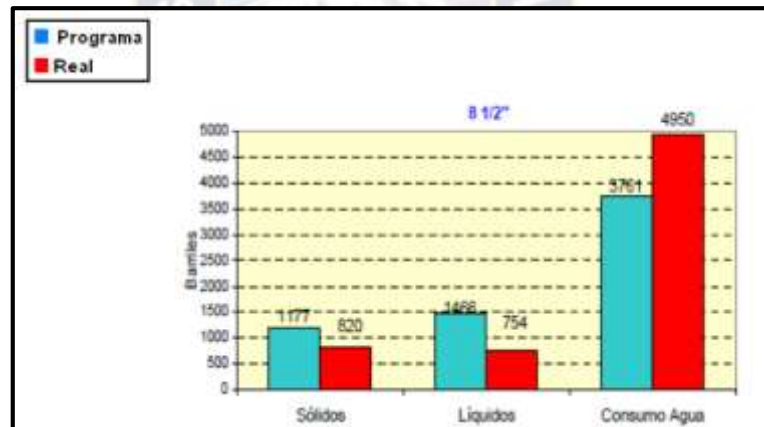
Obteniendo:

Tabla 6. 2: Desechos generados.

Desechos Generados		
Sólidos a fosas	Desechos Líquidos	Consumo de agua dulce
820	724	4950

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. 3: Comparación de desechos.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 TRAMO III COMPLETACION

Antes de iniciar la etapa de completacion dejo en el interior del casing de 7" agua para luego realizar el cambio de fluido por Formiato de potasio. Se inicia el tramo preparando baches con formiato de sodio de 10 ppg para realizar el cambio de fluido, enviando bache viscoso, Bache Safe T Pickle al 10% vol, Bache Safe Surf W 10% vol, Bache viscoso con Duovis y agua 8,4ppg, 90 bbls de B. Filter Flocc con

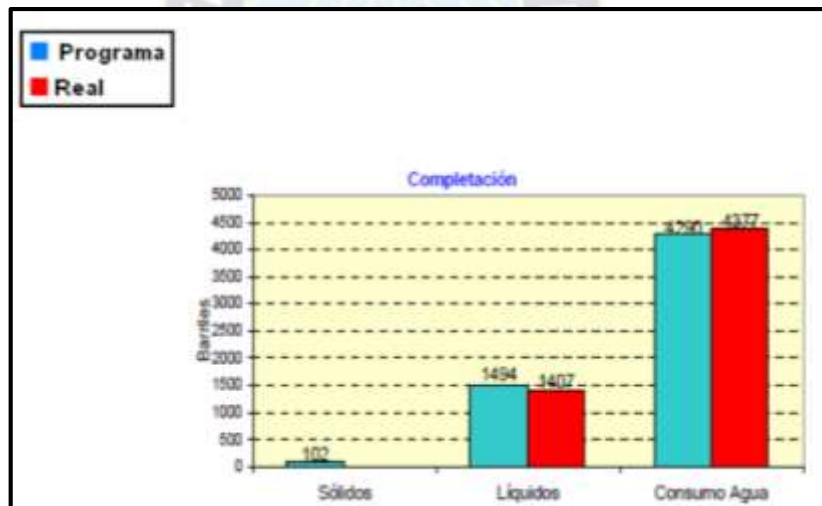
agua y Soda cáustica 8,4ppg. Para el inicio de la etapa de completacion se reutilizo 1120 Bbl de formiato de potasio más 138 Bbl preparado haciendo un volumen total de 1258 Bbl de los cuales se perdieron en formación 262 bbl y en superficie 280 Bbl. Al final se recuperó un volumen total de 443 Bbl. Una vez culminado la etapa de completación todo el volumen recuperado se llenó a IBC para su envío a santa cruz.

Tabla 6. 3: Desechos generados.

Desechos Generados (BBL)		
Sólidos a fosas	Desechos Líquidos	Consumo de agua dulce
-	1407	4377

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. 4: Comparación de desechos.



Fuente: Elaboración propia.

6.3 EFICIENCIA Y MEJORA

- Se supervisa para tener un ahorro en el costo de los equipos de control de sólidos según programa propuesto.
- Se Minimizó la generación de volumen de desechos.
- Se realizó la supervisión de los desechos líquidos de acuerdo a la normativa y procedimiento establecido, así mismo al funcionamiento y estado de la

bomba, también el control de parámetros de los recortes que se llevaron a entierro de la misma manera el suelo del área de remediación.

- Se supervisó y se llevó control por planilla del consumo de agua en campamento, mini- campamento y piletas del equipo. Optimizando en consumo de agua en lavado de piletas y equipos de control de sólidos.

Para este proyecto se ha tomado como marco de referencia las lecciones aprendidas del pozo SRS-9, SRS-8, con la finalidad de resolver y prevenir problemas asociados con el fluido de perforación, manejo de desechos, medio ambiente, seguridad, logística y seguimiento a la ISO 14001.

6.4 RESULTADOS DE LA BIOREMEDIACION

6.4.1 EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO

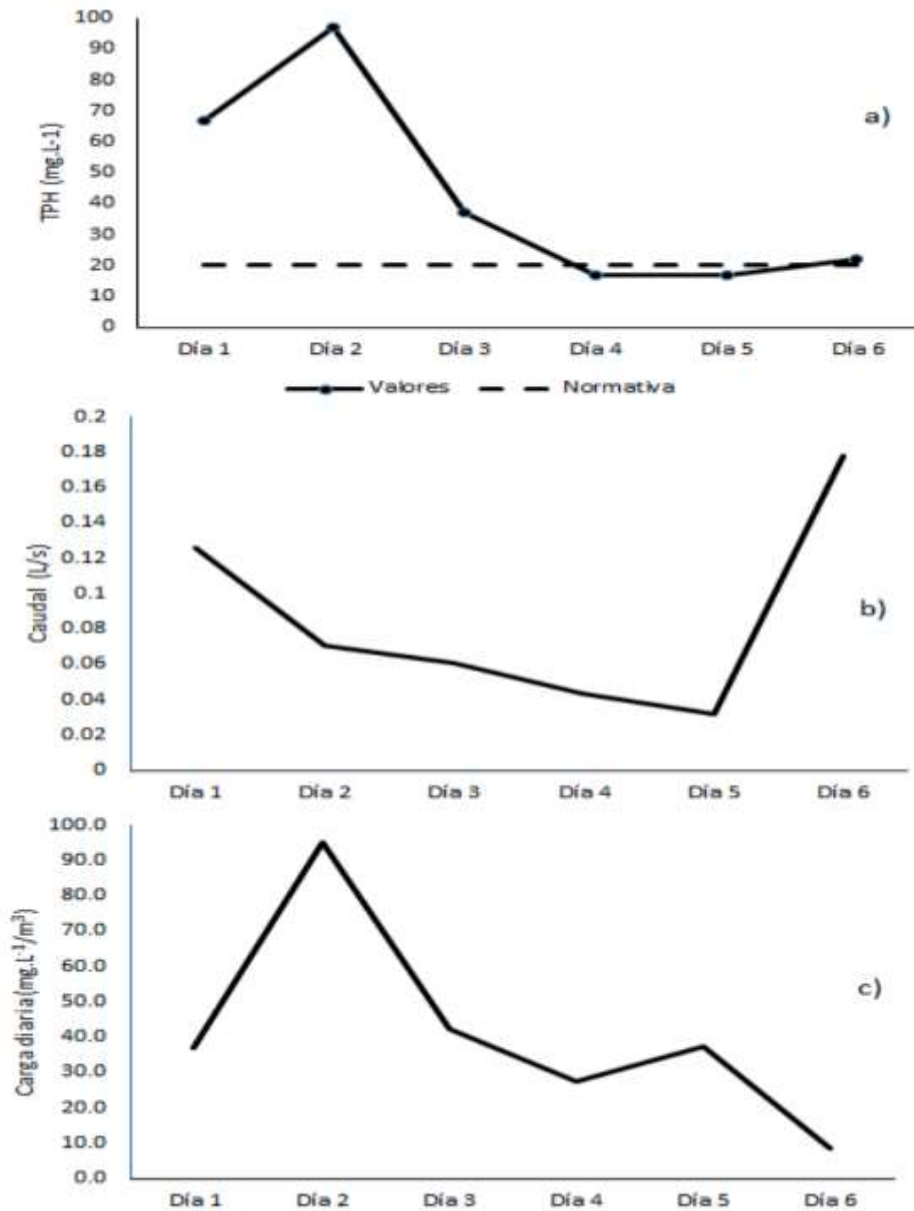
Durante el mes de aplicación del tratamiento microbiológico se toman muestras recolectadas semanalmente (en 4 puntos del tanque). La cantidad de hidrocarburos de petróleo, su variabilidad en el tiempo y el porcentaje de remoción planificada se analizaron de acuerdo con la Ecuación siguiente.

$$\% \text{ de remocion} = \frac{\text{Concentracion inicial} - \text{concentracion final}}{\text{concentracion inicial}} * 100 \quad (2)$$

6.4.2 RESULTADOS DE FLUJO E HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO EN EL TERRENO

La cantidad total media de hidrocarburos de petróleo fue de 38,3 mg/L, con una desviación estándar de 32 mg/L desde un mínimo de 11 mg/L hasta un máximo de 97 mg/L, lo que significa que supera el límite permisible de 20 mg/L según ley aplicable Es una gran diferencia, con un ($p = 0.0099$).

Figura 6. 5: Características de los Fluidos contaminados líquidos de perforación



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

a) el valor total de los hidrocarburos de petróleo (TPH) en mg/l; b) caudal l/s; c) Carga diaria de TPH por metro cúbico de lodo contaminado residual.

Comportamiento del caudal de Fluidos contaminados de lodos de perforación para diferentes días de la semana (Fig. 6.5 b). Se puede observar que el día 1 y el día 6 representan el valor más alto, porque el lunes y el sábado son los días con mayor cantidad de flujo de aceite, y por lo tanto el flujo será mayor, en lugar de 2-5, es

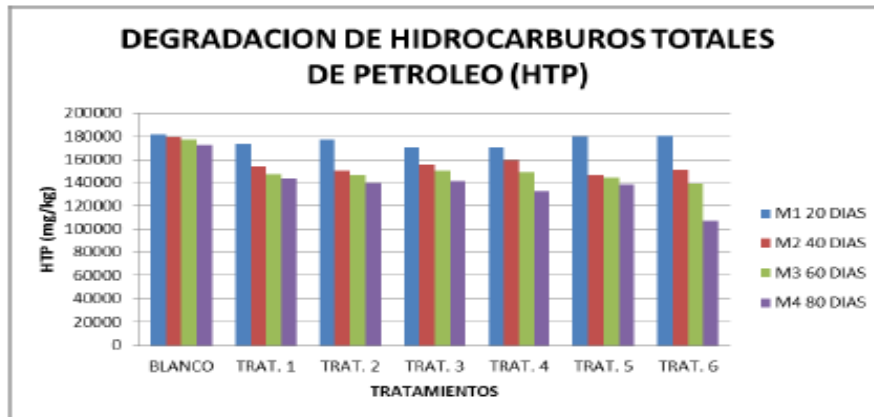
decir, de martes a El viernes se mantiene en el mismo nivel. El caudal medio fue de 0,085 L/s, y dado que la salida de aguas residuales se mantuvo constante durante las 8 horas de trabajo, se estimó 4 horas/g, resultando un caudal de líquidos residuales de 1.224 m³/g.

La carga diaria de contaminantes de hidrocarburos de petróleo por metro cúbico de terreno es variable.

6.4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS FLUIDOS CONTAMINADOS LÍQUIDOS DE PERFORACIÓN

Se evalúan las diferentes variables, que determinan las condiciones del suelo contaminado con hidrocarburos de petróleo, con el objetivo de hacer evidente el proceso de biorremediación, logrando alcanzar los parámetros de sanidad que caracterizan a un suelo sano. En el tratamiento fue calificado como el más eficiente, en el se aplicó el inóculo bacteriano y a estos microorganismos se les proporcionaron las condiciones óptimas tanto del medio (humedad, temperatura, pH, aireación y sustrato) como de nutrientes (fósforo y nitrógeno) y carbono presente en el suelo contaminado, como única fuente de energía, metabolizándolos y logrando así la completa degradación de HTP. Con un 75 % de suelo contaminado y un 25 % de sustrato, en este tratamiento se alcanzó un alto índice de degradación en un tiempo relativamente corto.

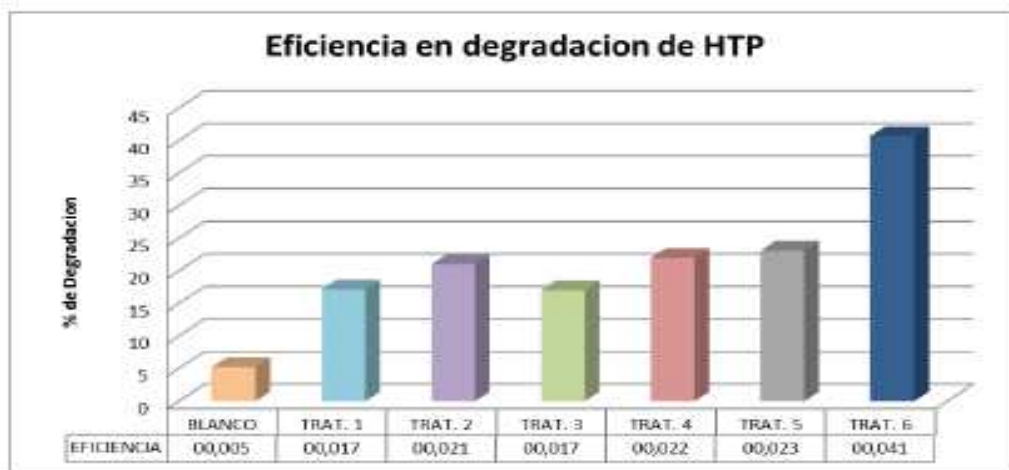
Figura 6. 6: Degradación de los hidrocarburos con la bioremediación



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

Lo antes expuesto nos demuestra la importancia de la biorremediación, ya que mediante esta se logra reducir el tiempo de degradación de los suelos contaminados con hidrocarburos, siendo esto sumamente importante para garantizar la eficiencia de cualquier proyecto de descontaminación; los cuales por el contrario, al no ser sometidos a ningún proceso de biorremediación, tardarían demasiado tiempo en degradar los HTP presentes, siendo esto una fuente potencial de riesgo de contaminación latente a largo plazo, por su alto contenido de tóxicos.

Figura 6. 7: Eficiencia de la biodegradación



Fuente: Elaboración propia en base a datos recopilados, 2021

6.4.4 VENTAJAS DE LA BIORREMEDIACIÓN

- Es útil en un amplio rango de hidrocarburos, por ejemplo:
 - Contaminación del terreno por derrames de hidrocarburos
 - Residuos de fondo de tanque
 - Recortes de perforación
 - Residuos de piletas API
- Independiente de las concentraciones presentes de los materiales
- Requiere poca maquinaria y la aplicación es segura y no aporta efectos adversos al medio ambiente durante su desarrollo, al no generar emisiones ni presentar afluentes residuales.
- Sus costos de operación son bajos en comparación con otras técnicas.
- Efectivos para la reducción de contaminantes orgánicos con tasa de biodegradación baja.
- Simple de diseñar e implementar.

6.4.5 DESVENTAJAS DE ESTE BIOTRATAMIENTO

- Este tratamiento presenta una serie de limitaciones, generalmente relacionadas con parámetros que puedan desacelerar la actividad biológica durante la biodegradación

- Es difícil predecir el tiempo de requerido para un proceso adecuado y el seguimiento y control de la velocidad y/o extensión del proceso. El proceso se retarda por inclemencias climáticas.

6.4.6 NORMAS DE BIO SEGURIDAD

- Uso de equipo de protección personal (guantes, mascarilla, delantal impermeable, botas de caucho, gorro).
- No comer ni beber durante las operaciones.
- Lavado de manos y de las botas antes de salir del área de tratamiento.
- Ventilar el área de tratamiento.
- Mantener el espacio inmediato limpio.
- Desinfectar los equipos y herramientas utilizados en los trabajos diarios.
- Uso de gafas o pantallas faciales. Cuando el sistema de tratamiento incluye Bioaumentación.
- Restringir al acceso, solo a personal capacitado.
- Aplicar normativas de seguridad biológica.
- Control inmunológico del personal.

6.4.7 MARCO LEGAL: LEY 1333

ARTÍCULO 28, INCISO C.- Establece la necesidad de minimizar olores a partir de operaciones o procesos de eliminación. El EEIA ha sugerido en atención a este artículo y a la preocupación indicada por la población a este respecto, que las operaciones de Landfarming se ejecuten en el área más alejada del predio disponible para esta operación.

ARTÍCULO 37.- Establece la manera en la que se debe llevar a cabo la restauración y abandono del sitio el EEIA cubre este requerimiento en el Plan de Abandono y Restauración correspondiente.

ARTICULO 123.- En caso de derrames de petróleo, condensado, derivados de hidrocarburos, agua salada o de producción y/o químicos, la Responsable debe tomar acciones inmediatas para contener y limpiar completamente el derrame

ARTÍCULO 124.- Todos los derrames de hidrocarburos, agua salada o químicos fuera del sitio o dentro del sitio cuyos volúmenes sean superiores a 2 metros cúbicos, deben ser inmediatamente comunicados al OSC.

ARTÍCULO 117.- La Responsable de las actividades petroleras deberá preparar y presentar, como parte componente del EEIA o el (VIA, un Plan de Contingencias para contrarrestar emergencias y derrames de petróleo, derivados de hidrocarburos, agua de formación y químicos, de acuerdo con los Reglamentos de Prevención y Control Ambiental de la Ley de Medio Ambiente No 1333 y el presente Reglamento.

6.5 ANÁLISIS TÉCNICO

6.5.1 ANÁLISIS FODA

A continuación, se presenta el análisis FODA del análisis de fuga del TANQUE para poder determinar si el estudio es técnicamente factible

Tabla 6. 4: Análisis FODA

FACTIBILIDAD INTERNA	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> • Se predice mejor lo tiempo de fugas para determinar estrategias de seguridad • Se mejora la prevención de 	<ul style="list-style-type: none"> • Et metodología es nueva, por tanto es difícil su manejo para todo el personal • La simulación solo manejan las

	explosiones de tanque esférico	empresas extranjeras y YPFB no está capacitada
FACTIBILIDAD EXTERNA	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Al predecir las fugas evitamos accidentes y daño económico l país. • La empresa incrementa su conocimiento y queda mejor ante el control de accidentes. 	<ul style="list-style-type: none"> • El excesivo manejo de carga y descarga del tanque de GLP incrementa el peligro de fuga

Fuente: En base a datos de investigación

6.5.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA PROPUESTA

6.5.2.1 Ventajas

Las ventajas que presenta el proyecto de Biorremediación son las siguientes:

- Es económico y rentable a comparación de otros métodos de limpieza y de tratamiento de Fluidos contaminados, como pilares de orgánicos o tratamientos mecánicos.
- Es un proyecto fácil de planificaron y dirigirlo. Además de que genera fuentes de empleo y podría colaborar un ingeniero ambiental.
- El tratamiento no requiere del uso de maquinarias ni equipos pesados

- La Biorremediación es totalmente amigable con el medio ambiente
- La Biorremediación no representa ningún riesgo laboral.

6.5.2.2 Desventajas

Las desventajas que se ha negado considerar son:

- El proyecto tarda mucho en instalarse la biorreacción es lenta entre los componentes y el suelo contaminado.
- La biorremediación sólo tienen una eficiencia entre un 70 y 80%

6.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

Las fases para predecir la variación de los costos predicción de los ingresos y el rendimiento del proyecto se dividen de la siguiente manera:

Tratamiento predictivo

Acciones preventivas

Acciones correctivas

Este proyecto de ingeniería si se pretende realizar objetivamente, no puede dejar de lado el aspecto técnico sin considerar el aspecto económico del mismo. Este problema puede resolverse si se cuenta con la información necesaria que permiten conocer la variación del costo total del proyecto al cambiar los parámetros operativos del tratamiento de Fluidos contaminados.

6.6.1 ESTIMACIÓN DE INVERSIÓN TOTAL

La inversión que se necesita para el área de remediación y tratamiento de Fluidos contaminados es de 1.960.000,00 Bs (bolivianos) anualmente.

La inversión total está constituida por el capital fijo total que asciende 1.296.300,00 Bs (bolivianos); y un capital de trabajo u operación estimada en 663.700,00 \$ (bolivianos).

6.6.2 CAPITAL FIJO TOTAL

Costo fijo

El costo fijo está formado por la suma de los costos directos y los costos indirectos de la planta, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 6. 5: Costos fijos.

Detalle	Monto en Bs
Costo Directo	920.400,00 Bs
Costo Indirecto	375.900,00 Bs
Total	1.296.300,00 Bs

Fuente: Elaborado en base a datos calculados

El costo fijo total tiene un valor de 1.296.300,00 Bs

6.6.3 COSTO DIRECTO O FÍSICO

El costo directo trata de un tipo de gasto que tiene una relación directa a la realización de mantenimiento y operación, los cuales son detallados en la siguiente tabla:

Tabla 6. 6: Plan Global de Inversiones.

Detalle	Monto en Bs
Costo de equipos	40.700,00

Costos de instalación	20.400,00
Costo de instrumentación y control	90.760,00
Costo de mantenimiento en tuberías y equipos de perforación	460.750,00
Costo de procesos de remediación	10.400,00
Costo de equipos químicos	260.520,00
Costo de servicios	46.670,00
Total costos directos	930.200,00

Fuente: Elaborado en base a datos calculados

EL costo directo es 930.200,00 Bs. (bolivianos).

6.6.4 ANÁLISIS TIR/VAN

Para el análisis TIR y VAN realizamos un flujo de caja del costo del taque y los costos de mantenimiento que se previenen con la simulación

6.6.4.1 Cálculo del VAN:

Primero realizamos un esquema del flujo de caja, asumiendo que el proyecto durara 5 años con un interés de 16 %:

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{F}{(1+i)^t} - I_0$$

$$VAN = \frac{F_1}{(1+i)^1} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \frac{F_3}{(1+i)^3} + \frac{F_4}{(1+i)^4} + \frac{F_5}{(1+i)^5} - I_0$$

$$VAN = \frac{181797}{(1 + 0,16)^1} + \frac{126512}{(1 + 0,16)^2} + \frac{153417}{(1 + 0,16)^3} + \frac{137895}{(1 + 0,16)^4} + \frac{13456}{(1 + 0,18)^5} - 10000$$

$$VAN = 4211068,277$$

6.6.4.2 Cálculo del TIR

Para el TIR se utiliza la siguiente expresión:

$$0 = \sum_{i=1}^n \frac{F}{(1 + TIR)^t} - I_0$$

$$VAN = \frac{F_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{F_3}{(1 + TIR)^3} + \frac{F_4}{(1 + TIR)^4} + \frac{F_5}{(1 + TIR)^5} - I_0$$

$$0 = \frac{181797}{(1 + TIR)^1} + \frac{126512}{(1 + TR)^2} + \frac{153417}{(1 + TIR)^3} + \frac{137895}{(1 + TIR)^4} + \frac{13456}{(1 + TIR)^5} - 10000$$

$$TIR = 17,87 \%$$

6.6.5 FLUJO DE CAJA

Se hace una suposición anual de los ingresos. De ese análisis se obtiene el TIR y VAN para verificar si el proyecto es rentable o no.

Tabla 6. 7: Flujo de caja

	DEPRECIACIÓN	0	1	2	3	4	5
	Equipos de bioremediación		140.00 0	140.00 0	140.00 0	140.00 0	140.00 0

	Equipo Inicial		269.50 0	269.50 0	269.50 0	269.50 0	269.50 0
	TOTAL DEPRECIACIÓN		409.50 0	409.50 0	409.50 0	409.50 0	409.50 0
FLUJO DE CAJA - PROYECTO PURO							
	Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos sujetas a impuestos	Ventas		420.00 0	420.00 0	420.00 0	420.00 0	420.00 0
	Precio (\$/día)		50	50	60	60	60
	Proyección de Mantenimiento		21.000. 000	21.000. 000	25.200. 000	25.200. 000	25.200. 000
Costos	Costos Variables		- 12.600. 000	- 12.600. 000	- 12.600. 000	- 12.600. 000	- 12.600. 000
	Costos Fijos		- 140.00 0	- 140.00 0	- 140.00 0	- 140.00 0	- 140.00 0
	Gastos Admin y Ventas		- 350.00 0	- 350.00 0	- 350.00 0	- 350.00 0	- 350.00 0
	Comisiones		- 420.00 0	- 420.00 0	- 504.00 0	- 504.00 0	- 504.00 0

Gastos no desembolsables	Depreciación		- 409.50 0	- 409.50 0	- 409.50 0	- 409.50 0	- 409.50 0
	Utilidad Antes de Impuestos		7.080.500	7.080.500	11.196.500	11.196.500	11.196.500
Impuestos	IUE (25%)		- 1.770.125	- 1.770.125	- 2.799.125	- 2.799.125	- 2.799.125
	Utilidad Neta		5.310.375	5.310.375	8.397.375	8.397.375	8.397.375
Gastos no desembolsables	Depreciación		409.500	409.500	409.500	409.500	409.500
Inversión	Inversión Inicial	- 6.850.000					
	Inversión Ampliación						- 1.540.000
	Capital de Trabajo	- 13.510.000	0	-84.000	0	0	14.160
	FLUJO DE CAJA	- 20.360.000	5.719.875	5.635.875	8.806.875	8.806.875	7.281.035

	VAN	24.274. 309					
	TIR	34%					
	B/C	1,62					

Fuente: Elaborado en base a datos recopilados.

Se observa que el TIR y VAN dan resultados favorables, así que es propicio confirmar que el proyecto de análisis de biorremediación es rentable. Por otra parte, la optimización de los costos y parámetros observamos que el proyecto genera mayor rentabilidad y disminuye su costo de inversión.



CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El Manejo de Desechos es y seguirá siendo un aspecto importante en el éxito de las operaciones de Perforación, optimizando el desempeño en la perforación, minimizando los fluidos, desechos y otorgando un sistema que asegure descargas mínimas al campo mediante prácticas apropiadas que contribuyan al éxito de un proyecto.

Se describió los distintos sistemas tradicionales de biorremediación así como la mejora de tiempos de trabajo y cuidado del medio ambiente.

Se pudo describir los métodos de tratamiento adecuado con una estrategia bien ejecutada para el manejo de los Fluidos contaminados.

Se pudo elaborar el programa de biorremediación en el área de perforación del pozo SRS-10 para Fluidos contaminados líquidos. Los resultados de la biorremediación indican que la técnica de bioaumentación fue eficaz ($p=0,003$) en la eliminación de TPH, obteniendo porcentajes superiores al 86%. El momento de mayor remoción de TPH se obtuvo en la tercera semana de tratamiento con un 92%. Además, se obtuvieron remociones de DQO-40%, Aceites y grasas -50%, Surfactantes -43%, cumpliendo así con la normatividad vigente para descarga al alcantarillado público para los TPH.

La biorremediación de líquidos es muy eficiente pero se concluye también que se pueden aplicar más técnicas de esta metodología en el futuro y también métodos cuantitativos de control como la predicción bacteriana con cadenas de Markov que podrían mejorar los resultados en el futuro.

Se pudo realizar una evaluación técnica y económica del proyecto propuesto factible donde se demuestra que el proyecto es posible llevarlo a cabo con bajos costos y con una alta rentabilidad económica.

El landfarming o bioremediación de fluidos en base aceite para suelos contaminados es muy eficiente para este caso de la perforación ya que se aplica en varios países y en este estudio estadístico también se nota que va a funcionar y desarrollarse de una manera que se adapte al entorno laboral.

Los antecedentes del proceso de Landfarming determinan que es un método de tratamiento aplicable a varios tipos de hidrocarburos, en una amplia gama de concentraciones.

Por las características del tratamiento, el proceso de Landfarming puede ser aplicado tanto en el sitio de generación del material contaminado (in situ) como en un lugar destinado para ello

En conclusión, se determina que el proceso de Landfarming resulta aplicable para el tratamiento de materiales contaminados con hidrocarburos líquidos o fluidos base aceite, sin repercusiones significativas para el entorno, por lo que resulta un método factible para los fines de preservación y mejoramiento del medio ambiente.

7.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa YPFB adaptarse a los nuevos métodos de biotratamiento y de eliminación de Fluidos contaminados que actualmente se aplican a nivel mundial y son una solución efectiva para la biorremediación de suelos.

Existen varios métodos para la biorremediación y varios microorganismos que pueden ser utilizados, pero por el momento se recomienda simplemente utilizar

aquellos métodos que son más efectivos como ser el tratamiento con bacterias que se planteó en este proyecto.

Se recomienda seguir el proceso propuesto para cualquier contaminación de suelo con hidrocarburos en procesos de perforación y también de transportes.



BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed Tarek, 2001, Reservoir Engineering Handbook, Gulf Professional Publishing, Houston.
- Arboleda V. Jorge, 1973, Teoría, Diseño y Control de los procesos de clarificación del agua, CEPIS, Perú.
- Bennion D., Thomas F., Imer D., Ma T., Schulmeister B., Water Quality Considerations Resulting in the Impaired Injectivity of Water Injection and Disposal Wells, Hycal Energy Research Laboratories Ltd.
- Chopey, Nicholas P., 1986, Manual de cálculos de ingeniería química, McGraw Hill, México D.F.
- Guzmán C., Ramos L.R., Morataya C., Layrisse I., 1996, Criterios para el Diseño Conceptual de Procesos de Deshidratación/desalación Electrostática. Revista Visión Tecnológica Vol. Nº 3.
- Kemmer F., Callion J, 1989, Manual del agua. Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones, McGraw-Hill. Madrid.
- Marfisi Shierley, Salager Jean-Louis, 2004, Deshidratación de Crudo – Principios y Tecnología, Cuaderno FIRP 853PP, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.
- Orozco C., Pérez A., Gonzáles M., Rodríguez F., Alfayate J., 2005, Contaminación Ambiental – Una visión desde la Química, Thomson, Madrid-España.

- Padilla M. Fernanda, 2005, Remoción de Metales Pesados en Aguas Residuales Industriales por la Técnica de Precipitación Alcalina, Universidad de las Américas Puebla, Puebla-México
- Palacios J. Luis, 2010, Introducción a la Recuperación Secundaria de Petróleo, capacitación realizada por la empresa WET Chemical.
- Paredes E. Jorge, 2000, Manual Aguas de Inyección para Recuperación Secundaria, Oil Field Treatment.
- Patent D. H., 1980, How they Affect Other Living Things, Holiday House, New York.
- Patton C., 1995, Applied Water Technology, Published by the Campbell Petroleum Series. Second Edition. Dallas.
- Pineda A., López G., 1997, Evaluación de polímeros para clarificación y químicos anti-incrustantes en Plantas de inyección de agua, Universidad del Zulia, Trabajo Especial de Grado.
- Querétaro, 2004, Reporte Técnico CIMCOOL, Milacron Mexicana Sales, México.
- Ramos E., 2010, Conceptos Básicos de Corrosión, capacitación realizada por la empresa WET Chemical.
- Rigola Lapeña M., 1990, Tratamiento de aguas industriales: Aguas de proceso y residuales, Marcombo, Barcelona-España.
- Salager Jean-Louis, 1993, Emulsiones – Propiedades y Formulación, Cuaderno FIRP 231, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela.
- Staiss F., R. Bohm, R. Kupfer, 1991, Improved Demulsifier Chemistry: A novel approach in the Dehydration of crude oil, SPE Production Engineering.

Vega G. J. Carlos, Villacreses Z. J. Alfredo, 2006, Estudio del Fenómeno de Sedimentación en el Tratamiento del Agua en Tres Casos de Estudio, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.

JUANA B. EWEIS, SARINA J. ERGAS, DANIEL P. Y. CHANG y EDWARD D. SCHOROEDER (1999): <<Principios de Biorrecuperación>>, *Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico químicos*, págs. 185 – 199

Manual API para Practicas Recomendadas Procedimiento Estándar para Pruebas de Campo con Fluidos de Perforación de Base Agua, Sección 1, Pág. 11-30.

Paper << Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)>>, División de Toxicología TosFAQsTM, Agosto de 1999.

Drilling Fluids Technical Manual, Dowell, Schlumberger, 1994.

CHIRIBOGA A. “Información geológica”, Petroproduccion, Quito-Ecuador

DABOIN PRATT, N. LIZARAZO J. y VERA, F. (M-I SWACO), “Proyecto de re-inyección de recortes y fluidos ayuda a cumplir el objetivo de cero descargas en la Bahía de Campeche”, México

HALLIBURTON INTERNATIONAL BRANCHES, “Catalogo de Ventas”, 2004 – 2005

L. P. DAKE, “Fundamentals of Reservoir Engineering, (Elsevier), 1978

MEZA DIEGO, “Manual de Control de Sólidos” (Empresa Brandt)

M-I SWACO, “Manual de re-inyección de Recortes”

ANEXOS

ANEXO 1: INDICADORES DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

Indicadores De Seguridad	Propuesta
Apoyo en Seguridad SOC's (ISO-14001)	≥1/Mes
Análisis de riesgo de tarea y permisos de trabajo	diario
Análisis de riesgo de viaje	1 por cada viaje al campo
Capacitación	2 Por año
Pruebas de alcohol (Alcotest)	1 por cada viaje al campo

Descripción	Propuesta
Generación de Desechos (Etapa Perforación)	< 6.5 bbl /mt
Generación de Desechos (Etapa completación)	< 1.5 bbl/mt
Spills	0
Apoyo en Seguridad (SOC) y Medioambiente (ISO-14001)	≥ 1 /Mes
Máxima recuperación de volúmenes de fluido de completación para su reutilización	200 – 500 bbls

ANEXO 2: PARAMETRO AMBIENTALES YPFB CHACO PFM




Programa de Manejo de Desechos

PARAMETROS MEDIO AMBIENTALES

Límites permisibles para suelos en función al uso actual ó potencial concentración en mg/l de materia seca

Entierro de Recorte > 1.5 mts.

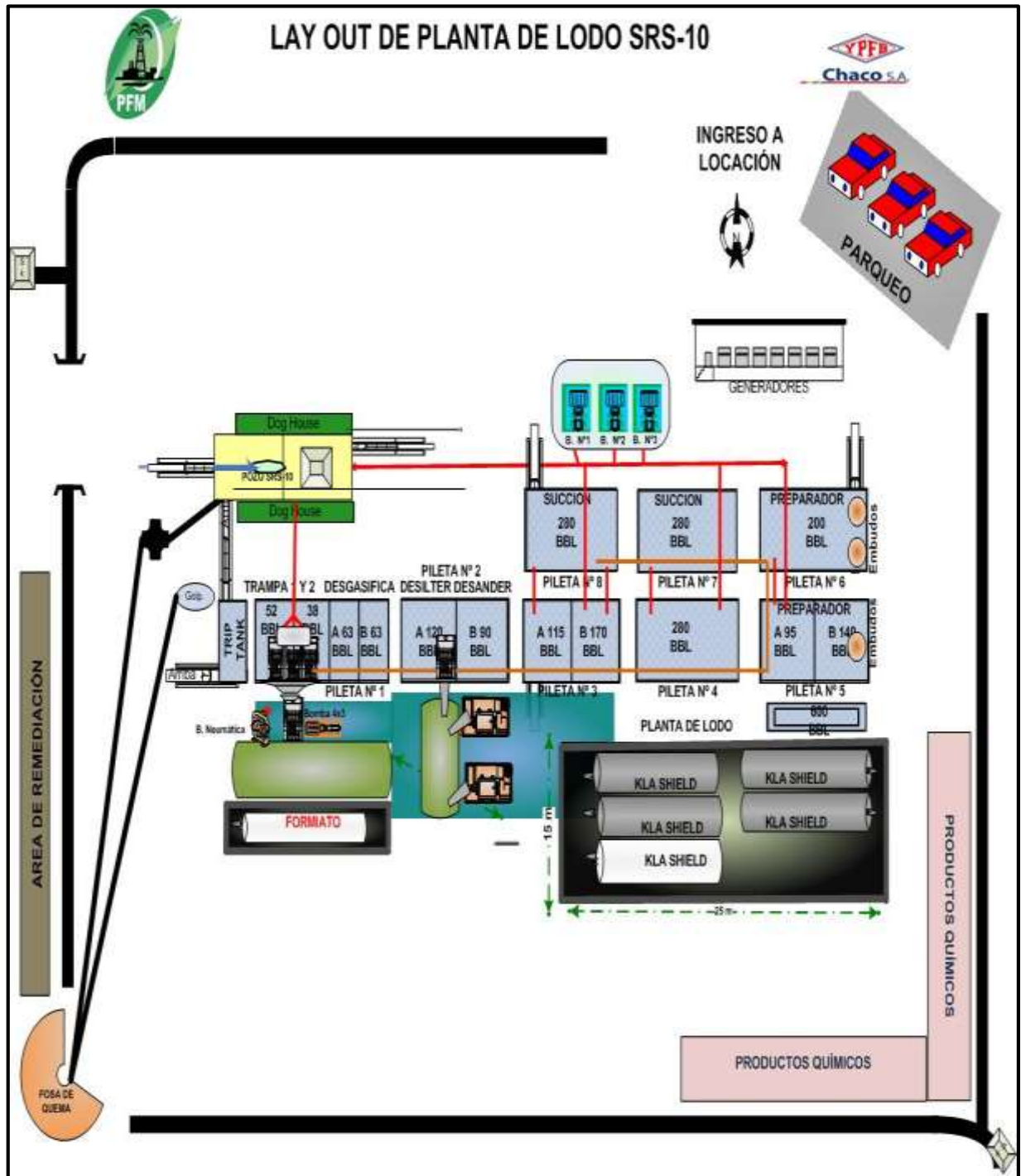
Parámetro	Unidad	Métodos de Ensayos	Límites Permisibles
TPH	mg / Kg	EPA 418.1	5000
Sulfato (ug/l = 50000)	mg / Kg	Fotométrico	N/a
Cloruros (ug/l = 400000)	mg / Kg	Cálculo API	N/a
SAR (Relación Adsorción Sodio)	Adimensional	Cálculo	12

Límites Máximos para suelos en función al uso actual ó potencial Suelo Industrial/ Comercial (de 0.0 a 1,5 m de metros de profundidad) según Anexo 7, Ley 1333 Medio Ambiente.

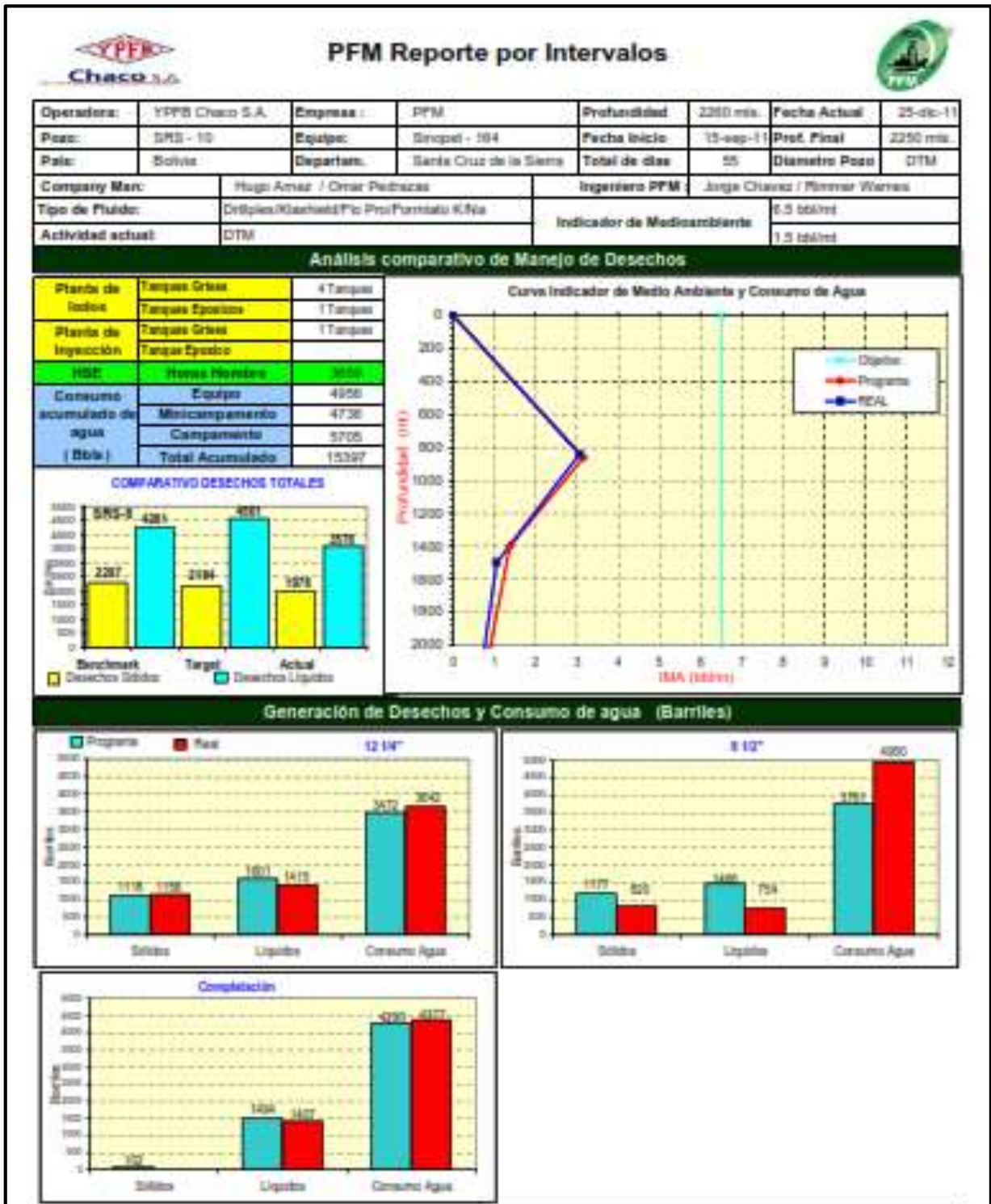
Límites permisibles transitorios para descargas líquidas

Parámetro	Unidad	Métodos de Ensayos	Límites Permisibles
Sulfato	mg / L	Cálculo API	< 1200
Cloruros	mg / L	Cálculo API	< 2500
Sólidos totales disueltos	mg / L	Cálculo API	< 2500
pH	Adimensional	Cálculo API	7

ANEXO 3: LAY OUT DE PLANTA DE LODO SRS-10



ANEXO 4: REPORTE DE DESECHOS SRS 10



ANEXO 5: REPORTE DE FLUIDOS DE PERFORACION

<p>YPFB Chaco S.A. P. F. M. Sistema de Gestión Ambiental</p>	<p>PERFORMANCE FLUIDS MANAGEMENT Reporte Diario PFM</p> <p>Nombre del Pozo: SRS-02 Reporte No: 00 Fecha: 31/12/2011</p>		<p>Unidad: 9 Fecha: Ago 12/11 Página: 1 de 1 Codigo: 0000 00 30</p>																																																																																												
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Corte</th> <th>Diario</th> <th>Acum.</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Ing. PFM</td> <td>304.0</td> <td>16.270.00</td> <td>31.8</td> </tr> <tr> <td>2 Ajustes Químicos</td> <td>130.0</td> <td>14.224.00</td> <td>24.8</td> </tr> <tr> <td>4 Hrs. Excavación</td> <td>382.8</td> <td>15.581.70</td> <td>27.0</td> </tr> <tr> <td>4 Hrs. Voladura</td> <td>174.0</td> <td>7.621.20</td> <td>13.2</td> </tr> <tr> <td>Cable</td> <td></td> <td>10.754.94</td> <td>18.8</td> </tr> <tr> <td>Inyección/Desplazamiento</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total Costo PFM S/NA</td> <td>891.80</td> <td>66.452.34</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Total Costo PFM C/NA</td> <td>862.87</td> <td>57.813.54</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Corte	Diario	Acum.	%	1 Ing. PFM	304.0	16.270.00	31.8	2 Ajustes Químicos	130.0	14.224.00	24.8	4 Hrs. Excavación	382.8	15.581.70	27.0	4 Hrs. Voladura	174.0	7.621.20	13.2	Cable		10.754.94	18.8	Inyección/Desplazamiento				Total Costo PFM S/NA	891.80	66.452.34	100	Total Costo PFM C/NA	862.87	57.813.54	100	<p>Preferencia: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>Movimiento de desechos</p> <p>Transporte de Desechos</p> <p>Tanque de uso:</p> <p>Desechos (litros)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Diario</th> <th>Acum.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sólidos Generados Día</td> <td></td> <td>1976</td> </tr> <tr> <td>Sólidos a base de Entierro</td> <td></td> <td>1877</td> </tr> <tr> <td>Líquidos Generados Día</td> <td></td> <td>2576</td> </tr> <tr> <td>Líquidos Inyectados</td> <td></td> <td>3816</td> </tr> <tr> <td>Líquidos Irregados</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Agua para Desplazamiento</td> <td></td> <td>580</td> </tr> <tr> <td>Lodo preparado por Centrifuga</td> <td></td> <td>614</td> </tr> <tr> <td>Volumen de Agua para Desecho</td> <td></td> <td>1818</td> </tr> </tbody> </table>		Diario	Acum.	Sólidos Generados Día		1976	Sólidos a base de Entierro		1877	Líquidos Generados Día		2576	Líquidos Inyectados		3816	Líquidos Irregados			Agua para Desplazamiento		580	Lodo preparado por Centrifuga		614	Volumen de Agua para Desecho		1818	<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Fecha Inicio</th> <th>Tiempo-Diario</th> <th>Sólidos</th> <th>Líquidos</th> <th>Costo Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>02/11/2011</td> <td>Rig Up</td> <td></td> <td></td> <td>748</td> </tr> <tr> <td>08/11/2011</td> <td>12 HR</td> <td>1100</td> <td>1410</td> <td>3842</td> </tr> <tr> <td>16/11/2011</td> <td>8 1/2</td> <td>800</td> <td>754</td> <td>3076</td> </tr> <tr> <td>04/12/2011</td> <td>Completación</td> <td></td> <td>1407</td> <td>4377</td> </tr> <tr> <td>31/12/2011</td> <td>Rig Up</td> <td></td> <td></td> <td>788</td> </tr> </tbody> </table>	Fecha Inicio	Tiempo-Diario	Sólidos	Líquidos	Costo Agua	02/11/2011	Rig Up			748	08/11/2011	12 HR	1100	1410	3842	16/11/2011	8 1/2	800	754	3076	04/12/2011	Completación		1407	4377	31/12/2011	Rig Up			788
Corte	Diario	Acum.	%																																																																																												
1 Ing. PFM	304.0	16.270.00	31.8																																																																																												
2 Ajustes Químicos	130.0	14.224.00	24.8																																																																																												
4 Hrs. Excavación	382.8	15.581.70	27.0																																																																																												
4 Hrs. Voladura	174.0	7.621.20	13.2																																																																																												
Cable		10.754.94	18.8																																																																																												
Inyección/Desplazamiento																																																																																															
Total Costo PFM S/NA	891.80	66.452.34	100																																																																																												
Total Costo PFM C/NA	862.87	57.813.54	100																																																																																												
	Diario	Acum.																																																																																													
Sólidos Generados Día		1976																																																																																													
Sólidos a base de Entierro		1877																																																																																													
Líquidos Generados Día		2576																																																																																													
Líquidos Inyectados		3816																																																																																													
Líquidos Irregados																																																																																															
Agua para Desplazamiento		580																																																																																													
Lodo preparado por Centrifuga		614																																																																																													
Volumen de Agua para Desecho		1818																																																																																													
Fecha Inicio	Tiempo-Diario	Sólidos	Líquidos	Costo Agua																																																																																											
02/11/2011	Rig Up			748																																																																																											
08/11/2011	12 HR	1100	1410	3842																																																																																											
16/11/2011	8 1/2	800	754	3076																																																																																											
04/12/2011	Completación		1407	4377																																																																																											
31/12/2011	Rig Up			788																																																																																											
<p>Datos por Tramos (Vol. en litros)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Propiedades de Inyección</th> <th>Velocidad</th> <th>4kg</th> <th>pH</th> <th>0.0</th> <th>PC</th> <th>0</th> <th>psi</th> <th>Qty PFM</th> <th>0.00</th> </tr> <tr> <th>Densidad</th> <th>0.0</th> <th>rag</th> <th>Penax</th> <th>0.0</th> <th>psi</th> <th>0</th> <th>psi</th> <th>Hrs Injec.</th> <th>0.0</th> </tr> </thead> </table>	Propiedades de Inyección	Velocidad	4kg	pH	0.0	PC	0	psi	Qty PFM	0.00	Densidad	0.0	rag	Penax	0.0	psi	0	psi	Hrs Injec.	0.0	<p>Plantas de Fluidos</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Tipo</th> <th>Ubicación</th> <th>Cap.</th> <th>Vol. Usado</th> <th>Fluido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Normal</td> <td>P. Lodo</td> <td>300</td> <td>270</td> <td>Res Sulfat</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Normal</td> <td>P. Lodo</td> <td>300</td> <td>272</td> <td>Res Sulfat</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Normal</td> <td>P. Lodo</td> <td>300</td> <td>283</td> <td>Res Sulfat</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Normal</td> <td>P. Lodo</td> <td>300</td> <td>276</td> <td>Res Sulfat</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Explosi</td> <td>P. Lodo</td> <td>300</td> <td>216</td> <td>Res Sulfat</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Explosi</td> <td>P. Lodo</td> <td>500</td> <td>0</td> <td>Vacio</td> </tr> </tbody> </table>	No	Tipo	Ubicación	Cap.	Vol. Usado	Fluido	1	Normal	P. Lodo	300	270	Res Sulfat	2	Normal	P. Lodo	300	272	Res Sulfat	3	Normal	P. Lodo	300	283	Res Sulfat	4	Normal	P. Lodo	300	276	Res Sulfat	5	Explosi	P. Lodo	300	216	Res Sulfat	6	Explosi	P. Lodo	500	0	Vacio																																
Propiedades de Inyección	Velocidad	4kg	pH	0.0	PC	0	psi	Qty PFM	0.00																																																																																						
Densidad	0.0	rag	Penax	0.0	psi	0	psi	Hrs Injec.	0.0																																																																																						
No	Tipo	Ubicación	Cap.	Vol. Usado	Fluido																																																																																										
1	Normal	P. Lodo	300	270	Res Sulfat																																																																																										
2	Normal	P. Lodo	300	272	Res Sulfat																																																																																										
3	Normal	P. Lodo	300	283	Res Sulfat																																																																																										
4	Normal	P. Lodo	300	276	Res Sulfat																																																																																										
5	Explosi	P. Lodo	300	216	Res Sulfat																																																																																										
6	Explosi	P. Lodo	500	0	Vacio																																																																																										
<p>Datos de Desechos enviados a:</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Parametro</th> <th>Lim. Permitido</th> <th>Análisis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cloruro ppm</td> <td>3000</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>PH</td> <td>7</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>% Sólido</td> <td>0</td> <td>% líquido 0</td> </tr> </tbody> </table>	Parametro	Lim. Permitido	Análisis	Cloruro ppm	3000	0	PH	7	0	% Sólido	0	% líquido 0	<p>Transporte Diario de Cortes WBM (Vol. Mts)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Corte</th> <th>Vol</th> <th>Corte</th> <th>Vol</th> <th>Corte</th> <th>Vol</th> <th>Corte</th> <th>Vol</th> <th>Corte</th> <th>Vol</th> <th>Corte</th> <th>Vol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>340</td> <td>B</td> <td>210</td> <td>C</td> <td>230</td> <td>D</td> <td>435</td> <td>E</td> <td>150</td> <td>F</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>102</td> <td>H</td> <td>100</td> <td>I</td> <td>111</td> <td>J</td> <td>130</td> <td>K</td> <td>100</td> <td>L</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>110</td> <td>N</td> <td>84</td> <td>O</td> <td>80</td> <td>P</td> <td>10</td> <td>Q</td> <td></td> <td>R</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> <td>T</td> <td></td> <td>U</td> <td></td> <td>V</td> <td></td> <td>W</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	A	340	B	210	C	230	D	435	E	150	F	101	G	102	H	100	I	111	J	130	K	100	L	80	M	110	N	84	O	80	P	10	Q		R		S		T		U		V		W		X																							
Parametro	Lim. Permitido	Análisis																																																																																													
Cloruro ppm	3000	0																																																																																													
PH	7	0																																																																																													
% Sólido	0	% líquido 0																																																																																													
Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol	Corte	Vol																																																																																				
A	340	B	210	C	230	D	435	E	150	F	101																																																																																				
G	102	H	100	I	111	J	130	K	100	L	80																																																																																				
M	110	N	84	O	80	P	10	Q		R																																																																																					
S		T		U		V		W		X																																																																																					
<p>Seguridad y Medio Ambiente</p> <p>ATS: <input type="checkbox"/> STOP <input type="checkbox"/> Perm Total</p> <p>Capacitación: <input type="checkbox"/> Riesgo</p>	<p>Datos de Consumo de Agua (m3)</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Equipo</th> <th>Mantenimiento</th> <th>Compartido</th> <th>Inyectado</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dato</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Actualizado</td> <td>738</td> <td>727</td> <td>807</td> <td>2422</td> </tr> </tbody> </table>	Equipo	Mantenimiento	Compartido	Inyectado	Total	Dato	10			10	Actualizado	738	727	807	2422																																																																															
Equipo	Mantenimiento	Compartido	Inyectado	Total																																																																																											
Dato	10			10																																																																																											
Actualizado	738	727	807	2422																																																																																											
<p>RIG Activity: En desmontaje de las partes de la corona del motor y cargando cargas</p> <p>PFM Comentarios:</p> <p>Hoy no se trabaja con excavación y voladura por motivo de lluvia. Ayudarse PFM al finalizar la tarde evaluar agua acumulada en fondo en plantas de lodo y si de ser a planificado. Se identificó la ubicación en planta de lodo colocándose el peso, volumen y MGT. Trabajo pendiente que no se realizó por motivo de lluvia el compactado del área donde se encontraba el le de otro remediador de suelo evaluado y confirmado de la fase de guerra.</p> <p>Nota: Sin presencia de fozal de YPFB</p> <p>Temas a tratar:</p> <p>Recepción sólido evaluado del le de otro, compactar area del le de oca y confirmado de la fase de guerra.</p>																																																																																															
<p>Mud Engineer:</p> <p>Superv. M Swaco</p> <p>Ayudantes Químicas</p>	<p>Ricard Warren</p> <p>Rosali Miranda</p> <p>Co Man YPFB CHACO S.A.</p> <p>Fiscal Y.P.F.B.</p>	<p>Sin Fiscal</p>	<p>Fernando Ayala, Raúl Rosales</p>																																																																																												

ANEXO 6: REPORTE DE MANEJO DE FLUIDOS

CHACO S.A. Sistema de Gestion Ambiental		REGISTRO DIARIO DE DESECHO MANEJO TOTAL DE FLUIDOS (LIQUIDOS Y SOLIDOS TRANSPORTADOS A LAND FARM, LAND SPREAD E INYECCION)														Emission: 02 Fecha: 15/02/2008 Página: 1 Codigo: R009.00.60					
Pozo: SRS-10		DESECHOS SOLIDOS				DESECHOS LIQUIDOS										TOTAL DESECHOS					
		FOSAS		LAND FARM		PREPARADO		DESECHOS DEWATERING IRRIGACION		INYECCION						TOTAL SOLIDOS	TOTAL LIQUIDOS	ACUMUL. TOTAL DESECHOS			
		Cantidad de Sólidos a Fosas (Skts), Bols		Cantidad de Sólidos al Land Farm (Skts), Bols		Lodo preparado, Bols		Líquidos impastos, Bols		Volumen Agua p/Dilucion, Bols		Volumen Agua P/Inyección Bols		Pérdidas en superficie, Bols		Líquidos Inyectados Bols		TOTAL SOLIDOS	TOTAL LIQUIDOS	ACUMUL. TOTAL DESECHOS	
Fecha	No. Rep	Prof. m	Tramo	Dias	Areas	Dias	% Acum. (porcentaje)	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas			
08/11/2011	7	0	2						850	800											
09/11/2011	8	85	2						83	893							47	47			
10/11/2011	9	194	2						86	959							83	110			
11/11/2011	10	486	2	346	346				950		336	336					103	213	346		346
12/11/2011	11	715	2	210	356				255	1,214			253	580			221	434	210		210
13/11/2011	12	840	2	210	758				134	1,348			130	716			80	527	210		210
14/11/2011	13	840	2	105	811					1,348				716			5	532	105		105
15/11/2011	14	840	2		811				39	1,387			30	746				532			
16/11/2011	15	840	2	150	1,021					1,387				746				532	150		150
17/11/2011	16	0	2	101	1,122					1,387				746				532	101		101
18/11/2011	17	1,011	3		1,122				417	1,804				746			40	972	210	210	210
19/11/2011	18	1,236	3	100	1,224				100	1,904				746			84	656	237	447	237
20/11/2011	19	1,535	3	100	1,324				72	1,976				80	806			77	733	447	106
21/11/2011	20	1,676	3	111	1,435				110	2,086				90	896	100	100	27	760	544	991
22/11/2011	21	1,670	3	120	1,555				93	2,179				896	100	128	896		991	128	128
23/11/2011	22	1,982	3	46	1,601				404	2,583				896	100	120	1,006		991	46	46
24/11/2011	23	2,140	3	63	1,664				171	2,754				896	100	44	1,052		991	63	63
25/11/2011	24	2,250	3	118	1,782				110	2,864			50	946	100	200	32	1,084	309	118	309
26/11/2011	25	2,250	3	32	1,812					2,864				946	100	300		1,084	350	1,649	32
27/11/2011	26	2,250	3		1,812				10	2,874				946	300	5	1,089		1,649		
28/11/2011	27	2,250	3	42	1,854					2,874				946	300	25	1,114		1,649	42	42
29/11/2011	28	2,250	3	47	1,901				5	2,879				946	300	10	1,124		1,649	47	47
30/11/2011	29	2,250	3	10	1,911					2,879				946	300	8	1,132		1,649	10	10
01/12/2011	30	2,250	3		1,911				77	2,956				946	40	340	70	1,211	170	1,819	170
02/12/2011	31	2,250	3		1,911					2,956				946	40	380		1,211	180	1,999	180
03/12/2011	32	2,250	3	50	1,961					2,956				946	100	480		1,211	240	2,239	360
04/12/2011	33	2,250	4	16	1,977					2,956				970	1,816		480		1,211	2,239	16
09/12/2011	38	2,250	4		1,977				100	3,056				1,816		480	115	1,333	2,239		16

CHACO S.A. Sistema de Gestion Ambiental		REGISTRO DIARIO DE DESECHO MANEJO TOTAL DE FLUIDOS (LIQUIDOS Y SOLIDOS TRANSPORTADOS A LAND FARM, LAND SPREAD E INYECCION)														Emission: 02 Fecha: 15/02/2008 Página: 2 Codigo: R009.00.60					
Pozo: SRS-10		DESECHOS SOLIDOS				DESECHOS LIQUIDOS										TOTAL DESECHOS					
		FOSAS		LAND FARM		PREPARADO		DESECHOS DEWATERING IRRIGACION		INYECCION						TOTAL SOLIDOS	TOTAL LIQUIDOS	ACUMUL. TOTAL DESECHOS			
		Cantidad de Sólidos a Fosas (Skts), Bols		Cantidad de Sólidos al Land Farm (Skts), Bols		Lodo preparado, Bols		Líquidos impastos, Bols		Volumen Agua p/Dilucion, Bols		Volumen Agua P/Inyección Bols		Pérdidas en superficie, Bols		Líquidos Inyectados Bols		TOTAL SOLIDOS	TOTAL LIQUIDOS	ACUMUL. TOTAL DESECHOS	
Fecha	No. Rep	Prof. m	Tramo	Dias	Areas	Dias	% Acum. (porcentaje)	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas	Dias	Areas			
10/12/2011	39	2,250	4		1,977				38	3,094				1,816		480	14	1,347	312	2,551	312
11/12/2011	40	2,250	4		1,977					3,094				1,816	100	580	11	1,358	430	2,981	430
12/12/2011	41	2,250	4		1,977					3,094				1,816		580	7	1,365	330	3,311	330
27/12/2011	56	2,250	5		1,977					3,094				1,816		580		1,472	305	3,616	365
																			1,977	3,616	5,593

ANEXO 7: NORMATIVA AMBIENTAL

DE : DGMA-UBRFPYA

NO. DE FOLIO : 2111066

08 JUL 2011 16:27 Pt.



Estado Plurinacional de Bolivia



DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA)

070602 - 04 - DIA - N° 4632/11

LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE NACIONAL CERTIFICA:

Que, dando cumplimiento al artículo 25° de la Ley N° 1333 del Medio Ambiente, y con ajustes al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental del Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), la Empresa YFPB CHACO S.A., representada legalmente por la Sra. Cecilia Suznabar ha presentado la Ficha Ambiental N° 4632/11 y el correspondiente Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Específico, del Proyecto: **PERFORACIÓN DEL POZO SRS-10**, el mismo se encuentra ubicado en el Municipio de Santa Rosa del Sara, Provincia Sara del Departamento de Santa Cruz, habiéndose cumplido con los requisitos mínimos desde el punto de vista ambiental y de conformidad a lo establecido en el Informe Técnico y Jurídico MMAyA-VMA-DGMACC- N° 2150/11, por lo cual queda autorizada la implementación del Proyecto.

La presente Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) se constituye conjuntamente el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental aprobado, en particular con el Programa de Prevención y Mitigación (PPM) y el Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA), en referencia para la realización de los Procedimientos de Inspección, vigilancia y control, establecidos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

En caso de no darse estricto cumplimiento a lo previsto en los planes anteriormente mencionados y el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, se aplicarán las sanciones previstas en la Ley N° 1333 sus Reglamentos y demás disposiciones conexas.

Es cuanto certifico para los fines consiguientes.

La Paz, 7 de julio de 2011.

Cecilia Suznabar
Viceministra de Medio Ambiente,
Biodiversidad, Cambio Climático y de
Gestión y Desarrollo Forestal

Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad,
Cambio Climático y Gestión y Desarrollo Forestal
Av. Comodoro 1471 entre calles Loayza y Suño
Teléfonos: (501-2) 2146382 - 2146383 - 2146385 - 2146374 Fax: 2146373-2146369
La Paz - Bolivia



Anexo 8 géneros bacterianos que degradan diversos hidrocarburos

Compuesto	Bacteria	Compuesto	Bacteria
Alcanos	<i>Acinetobacter</i> sp.	Mono-aromáticos	<i>Ralstonia</i> sp.
	<i>Actinomyces</i>		<i>Rhodococcus</i> sp.
	<i>Arthrobacter</i>		<i>Pseudomonas</i> sp.
	<i>Bacillus</i> sp.		<i>Alteromonas</i> sp.
	<i>Micrococcus</i> sp.	Poli-aromáticos	<i>Arthrobacter</i> sp.
	<i>Planococcus</i>		<i>Bacillus</i> sp.
	<i>Rhodococcus</i> sp.		<i>Mycobacterium</i>
	<i>Pseudomonas</i> sp.		<i>Pseudomonas</i> sp.

Anexo 9 Parámetros y métodos de prueba

Parámetros Técnicas y Métodos de Referencia			
Parámetro	Unidad	Técnica	Método de Ensayo
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg.l-1	Volumetría	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg.l-1	Método de reflujo cerrado/volumétrico	APHA 5220 C
Aceites y grasas	mg.l-1	Gravimetría	APHA 5520 - B,
ph	Unidades Ph	Electrometría	APHA 4500 - H*B
Tensoactivos	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 5540 C

Hidrocarburos totales de Petróleo (TPH)	mg.l-1	cromatografía de gases	EPA 8015 C
Solidos totales	mg.l-1	Gravimetría	APHA 2540 B
Cloro Activo	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 4500 Cl G
Cromo Hexavalente	mg.l-1	colorimetria	APHA 3500 Cr B
Sulfatos	mg.l-1	espectrofotometria colorimetrica	APHA 4500 - SO4 E
Cadmio	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B
Plomo	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B
Zinc	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B
Aluminio	mg.l-1	espectrometria de absorcion atomica de llama	APHA 3111-B

Anexo 10 Características de las aguas residuales del Lubricador Santa Cruz antes y después del tratamiento por Microbiología y sus límites de aceptación

Detalle	Unidad	Antes del Tratamiento	Limite Permissible**	Después del Tratamiento
Demanda Bioquímica de	mg.l-1	<80	250.0	<80

Oxígeno (DBO5)				
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg.l-1	751.32	500.0	452.83
Aceites y Grasas	mg.l-1	104.00	70	52.00
pH		7.20	6-9	6.51
Tensoactivos	mg.l-1	5.78	2.0	3.29
Hidrocarburos totales de Petróleo (TPH)	mg.l-1	38.30*	20.0	3.21*
Sólidos totales	mg.l-1	244.30	1600.0	234.60
Cloro Activo	mg.l-1	0.01	0.5	0.12
Cromo Hexavalente	mg.l-1	<0.05	0.5	<0.05
Cadmio	mg.l-1	<0.01	0.02	0,003
Sulfatos	mg.l-1	76.00	400.0	9.17
Plomo	mg.l-1	<0.40	0.5	<0.40
Zinc	mg.l-1	0.31	10.0	0.004
Aluminio	mg.l-1	1.20	5.0	0.80

Anexo 11 Norma Boliviana NB 751
Fluidos contaminados Sólidos - Determinación de Materia Orgánica

Norma Boliviana NB 751

Fluidos contaminados Sólidos - Determinación de Materia Orgánico

DE : DGM-UBRFYR NO. DE FAX : 2111066 09 JUL. 2011 16:27

 Estado Plurinacional de Bolivia 



DECLARATORIA DE IMPACTO AMBIENTAL (DIA)
070602 – 04 – DIA - N° 4632/11

LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE NACIONAL CERTIFICA:

Que, dando cumplimiento al artículo 25° de la Ley N° 1333 del Medio Ambiente, y con ajustes al Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental del Reglamento de Prevención y Control Ambiental (RPCA), la Empresa YPFB CHACO S.A., representada legalmente por la Sra. Cecilia Susznabar ha presentado la Ficha Ambiental N° 4632/11 y el correspondiente Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Específico, del Proyecto ; **PERFORACIÓN DEL POZO SRS-10**, el mismo se encuentra ubicado en el Municipio de Santa Rosa del Sara, Provincia Sara del Departamento de Santa Cruz, habiéndose cumplido con los requisitos mínimos desde el punto de vista ambiental y de conformidad a lo establecido en el Informe Técnico y Jurídico MMAyA-VMA-DGMACC- N° 2159/11, por lo cual queda autorizada la implementación del Proyecto.

La presente Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) se constituye conjuntamente el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental aprobado, en particular con el Programa de Prevención y Mitigación (PPM) y el Plan de Aplicación y Seguimiento Ambiental (PASA), en referencia para la realización de los Procedimientos de Inspección, vigilancia y control, establecidos en el Reglamento de Prevención y Control Ambiental.

En caso de no darse estricto cumplimiento a lo previsto en los planes anteriormente mencionados y el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, se aplicarán las sanciones previstas en la Ley N° 1333 sus Reglamentos y demás disposiciones conexas.

Es cuanto certifico para los fines consiguientes.

La Paz, 7 de julio de 2011.


Cristina Ariana Silva Morandi
Vocacional de Medio Ambiente,
Biodiversidad, Cambio Climático y de
Gestión y Desarrollo Territorial

Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad,
Cambio Climático y Gestión y Desarrollo Forestal
Av. Camacho 1471 entre calles Loaysa y Spino
Teléfonos: (591-2) 2146382 – 2146383 – 2146385 – 2146374 Fax: 2146371-2146369
La Paz - Bolivia


AÑO INTERNACIONAL
DE LA BIODIVERSIDAD 2010

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma, establece el método para la determinación de materia orgánica en los Fluidos contaminados sólidos municipales.

2. REFERENCIAS

NB 742 Fluidos contaminados Sólidos -Terminología sobre Fluidos contaminados Sólidos y Peligrosos.

NB 744 Fluidos contaminados Salidos -Preparación de Muestras en el laboratorio para su Análisis.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las establecidas en la Norma NB 742.

4. APARATOS Y EQUIPO

Equipo usual de laboratorio

5. MATERIALES Y REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser de grado analítico a menos que se indique otra cosa, cuando se hable de agua debe entenderse agua destilada.

-Sulfato ferroso 0,5 N.

-Dicromato de potasio 1 N.

-Difenilamina al 1 %

-Ácido sulfúrico concentrado al 98%

-Ácido fosfórico al 95 %.

6. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra se obtiene según la norma NB 744 en cantidad suficiente para efectuar la determinación con dos series de cinco pruebas cada una.

7. PROCEDIMIENTO

Simultáneamente correr un blanco por cada serie para obtener el factor de corrección.

Triturar la muestra en un mortero hasta obtener una consistencia similar al talco.

Pesar 0,1 g de la muestra y transferirlos a una matriz Erlenmeyer de 250 ml o mayor.

Agregar con bureta 10 ml de dicromato de potasio.

Agregar 20 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Agitar enérgicamente durante un minuto.

Dejar reposar durante 30 minutos.

Posteriormente agregar 100 ml de agua

Agregar 10 ml de ácido fosfórico.

Añadir 0,5 ml de difenilamina.

Titular con sulfato ferroso 0,5 N. hasta que vire de violeta oscuro a verde

8. REPRODUCCIÓN DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible entre dos series de pruebas, no debe exceder de +/-2% en el resultado, en caso contrario repetir la determinación.

Norma Boliviana NB 752

Fluidos contaminados Sólidos

Determinación de la Relación Carbono-Nitrógeno

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma, especifica un método para la determinación de la relación Carbono/Nitrógeno de los Fluidos contaminados sólidos municipales.

2. REFERENCIAS

NB 742 Fluidos contaminados Sólidos -Terminología sobre Fluidos contaminados Sólidos y Peligrosos.

NB 744 Fluidos contaminados Sólidos -Preparación de Muestras para su Análisis en el Laboratorio.

NB 748 Fluidos contaminados Sólidos -Determinación del Nitrógeno total.

NB 751 Fluidos contaminados Sólidos -Determinación de Materia Orgánica.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las establecidas en la Norma NB 742.

4. APARATOS Y EQUIPO

Son los utilizados en las determinaciones de materia orgánica y nitrógeno total.

5. MATERIALES Y REACTIVOS

Son los utilizados en las determinaciones de materia orgánica y nitrógeno total.

Norma Boliviana NB 743

Fluidos contaminados Sólidos

Prueba de Extracción para Determinar los Constituyentes que

Hacen a un Residuo Peligroso por su Toxicidad al Ambiente

1. OBJETO

Esta Norma, establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente y a la salud pública en general.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma debe observarse obligatoriamente en la generación y manejo de los Fluidos contaminados peligrosos.

3. REFERENCIAS

NB 742 Fluidos contaminados Sólidos -Terminología sobre los Fluidos contaminados Sólidos y Peligrosos.

NB 758 Medio Ambiente -Características, Listados y Definición de los Fluidos contaminados Peligrosos, No Peligrosos y de Bajo Riesgo.

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las que se establecen en la Norma NB 742.

5. RESUMEN DEL MÉTODO

5.1 El método PECT se resume de la siguiente manera

5.1.1 Para Fluidos contaminados líquidos (es decir aquellos que contiene menos del 0,5% de material sólido seco) después de la filtración a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,6 a 0,8 micrómetros, el filtrado se define como el extracto PECT.

5.1.2 Para Fluidos contaminados que contienen 0,5% o más de sólidos, el líquido se separa de la fase sólida y se preserva para su posterior análisis; el tamaño de la partícula de la fase sólida, se reduce en caso de ser necesario. La fase sólida se lleva al proceso de extracción con una cantidad del reactivo de extracción igual a 20 veces el peso de los sólidos. El reactivo de extracción empleado estará en función de la alcalinidad de la fase sólida y del tipo de residuo analizado.

Para extraer compuestos volátiles se requiere el equipo de extracción de volumen muerto cero (VMC) descrito en el numeral 7.2.1 de esta norma. Después de la extracción, el líquido se separa de la fase sólida usando un filtro de fibra de vidrio de 0,6 a 0,8 micrómetros.

5.1.3 Si la fase líquida inicial del residuo y el extracto son compatibles (es decir, al combinarse no forman fases múltiples) se pueden mezclar y analizar juntos. Si son

incompatibles, se analizan separadamente y los resultados se combinan matemáticamente para obtener una concentración promedio en volumen.

5.1.4 Si al efectuarse un análisis físico-químico completo del residuo en cuestión no se encuentran en el mismo los constituyentes regulados en la NB 758, o están presentes a bajas concentraciones de modo que no rebasen en los límites máximos permisibles, no es necesario llevar a cabo la prueba de extracción.

6. MUESTREO, PRESERVACIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS

Para llevar a cabo las pruebas de extracción de los constituyentes volátiles y no volátiles de un residuo, deberán tomarse previamente las muestras del mismo, de acuerdo con los siguientes requisitos:

- Se deben coleccionar en los términos de la norma aplicable, un mínimo de dos muestras representativas del residuo a analizar; la primera muestra se emplea para las pruebas preliminares, la segunda se emplea para la extracción.
- Las muestras y los extractos obtenidos deben ser preparados para el análisis tan pronto como sea posible. Si se requiere preservación, esta debe ser mediante refrigeración a 4 °C y por un periodo máximo de 14 días.
- Cuando el residuo va a ser evaluado para compuestos volátiles, se debe tener cuidado para minimizar las pérdidas de estos. Las muestras deben ser recolectadas y preservadas de modo que se prevenga la pérdida de compuestos volátiles (por ejemplo tomarse en frascos sellados y preservarse a 4 °C).
- Los extractos o porción de ellos para la determinación de metales, deben acidificarse con ácido nítrico a un pH menor de 2 si hay precipitación véase el numeral 10.15.1 de esta norma.
- En ningún caso se le deben agregar sustancias para preservar la muestra antes de la extracción.

7. APARATOS Y MATERIALES

7.1 Aparato de agitación. Debe ser capaz de rotar los recipientes de extracción de arriba para abajo a 30 +/- 2 revoluciones por minuto.

7.2 Recipientes de Extracción

7.2.1 Extracción de compuestos volátiles

- Se utilizan recipientes de extracción de volumen muerto cero (VMC), únicamente cuando el residuo se analiza para la movilidad de los constituyentes volátiles. Este tipo de recipiente permite la separación inicial líquido-sólido, la extracción y la filtración final sin necesidad de abrirlo. Debe tener un volumen interno de 500-600 ml y estar equipado para recibir un filtro de 90-110 mm.

- Este recipiente debe contar en su interior con un pistón provisto de empaques de VITON (anillos «0» de VITON) que sea capaz de moverse con una presión de 1 ,05 Kg/cm² o menos. Si se requiere mas presión para mover el pistón, los anillos «0» deben ser reemplazados.

- El VMC debe verificarse después de cada extracción, en busca de fugas. Para ello presurice a 3,5 Kg/cm², mantenga la presión por una hora y compruebe de nuevo la presión; o bien presurice y sumérjalo en agua y compruebe la presencia de burbujas de aire escapando por cualquiera de las uniones.

7.2.2 Extracción de compuestos no volátiles

Se necesitan frascos con suficiente capacidad para contener la muestra y el reactivo de extracción. No es necesario que estos frascos queden completamente llenos, pueden ser de diferentes materiales, dependiendo de los constituyentes a analizar y de la naturaleza del residuo. Cuando se van a evaluar los constituyentes inorgánicos, los frascos deben ser de vidrio borosilicado. Si son de plástico solo podrán ser de politetrafluoroetileno (PTFE). Cuando se usa este tipo de frasco, el aparato de filtración descrito se utiliza para la separación inicial líquido-sólido y para la filtración del extractor final.

7.3 Equipos de filtración. Es recomendable que todas las filtraciones se lleven a cabo en una campana de extracción.

7.3.1 Equipos de filtración para Fluidos contaminados con constituyentes volátiles. Para filtrar estos Fluidos contaminados se debe usar el recipiente de extracción VMC descrito en el punto 7.2.1 de esta norma. El equipo deberá ser capaz de soportar y mantener en su lugar el filtro de fibra de vidrio y resistir la presión requerida para lograr la separación (3,4 Kg/cm²).

7.3.2 Equipo de filtración para Fluidos contaminados con constituyentes no volátiles. Se puede utilizar cualquier portafiltros capaz de soportar un filtro de fibra de vidrio y la presión requerida para lograr la separación.

Estos equipos deben tener un volumen mínimo interno de 300 ml y estar equipados para recibir un tamaño de filtro mínimo de 47 mm. (es mejor utilizar porta-filtros con una capacidad interna de 1,5 L equipados para recibir un filtro de 142 mm. de diámetro).

7.3.3 Materiales de construcción: Los recipientes de extracción y equipos de filtración deben ser de material inerte que no lixivie o absorba los componentes del residuo.

7.4 Filtros: Los filtros deberán estar hechos de fibra de vidrio borosilicada, sin aglutinantes y tener un tamaño efectivo de poro de 0,6 micrómetros a 0,8 micrómetros o equivalente. No deben usarse prefiltros. Cuando se evalúe la movilidad de metales, cada uno de los filtros debe someterse a un lavado ácido antes de usarse, enjuagando con ácido nítrico 1 N seguido por tres enjuagues consecutivos de un litro de agua grado reactivo.

7.5 Potenciómetro: El medidor de pH deberá tener una exactitud de +/- 0,05 unidades a 25 °C.

7.6 Equipos para recolectar los extractos del VMC: Se pueden utilizar bolsas TEDLAR, jeringas herméticas de vidrio, acero inoxidable o PTFE para coleccionar la fase inicial líquida y el extracto final del residuo.

7.7 Equipos para la transferencia del reactivo de extracción al VMC: Es aceptable cualquier equipo capaz de transferir el reactivo de extracción al VMC sin cambiar la naturaleza del mismo, por ejemplo, una bomba de desplazamiento positivo o peristáltico o una jeringa.

7.8 Balanza de laboratorio: Se puede utilizar cualquier balanza de laboratorio con una exactitud de $\pm 0,01$ g.

7.9 Vasos de precipitado o matraces Erlenmeyer de vidrio de 250 ml a 500 ml.

7.10 Parrilla de calentamiento.

7.11 Vidrio de reloj: Del diámetro apropiado para cubrir el vaso de precipitado o el matraz Erlenmeyer.

7.12 Agitador magnético.

7.13 Estufa con control de temperatura para trabajar a $100 \pm 5^\circ\text{C}$.

7.14 Desecado.

8 REACTIVOS

-Agua desionizada o desmineralizada

-El agua grado reactivo para extracción de volátiles puede generarse pasando agua destilada a través de un filtro que contenga 500 g de carbón activado.

-Ácido clorhídrico HCl (1,0 N)

-Ácido nítrico HNO₃ (1,0 N)

-Hidróxido de sodio NaOH (1,0 N)

-Ácido acético glacial, CH₃ - COOH, grado reactivo analítico.

-Reactivos de extracción

-Reactivo de extracción 1: Añada 5,7 ml de ácido acético glacial a 500 ml de agua desionizada o desmineralizada, añada 64,3 ml de NaOH 1 N y afore a un litro. Cuando se prepara en forma correcta, el pH de este reactivo es de 4,93 +/-0,05.

Los reactivos de extracción deben ser verificados frecuentemente. El pH debe verificarse antes de usar el reactivo para asegurar que sea el correcto. Si se encuentran impurezas o el pH no esta dentro de los límites, se debe desechar el reactivo y preparar uno nuevo.

9. EVALUACIONES PRELIMINARES

Se deben llevar acabo evaluaciones preliminares de PECT en una alícuota de la muestra del residuo de un mínimo de 100 g. Esta alícuota se emplea únicamente para las evaluaciones preliminares que incluyen:

9.1 Determinación del porciento de sólido.

9.1.1 Si el residuo no produce líquido cuando esta sujeto a la presión de filtración (es decir, es 100% sólido) proceda según el numeral 9.3.

9.1.2 Si la muestra es liquida o de varias fases, se requiere la separación sólido-líquido para hacer la determinación preliminar del porciento de sólidos. Esto involucra el equipo de filtración descrito en el numeral 7.3.2 de esta norma.

9.1.2.1 Pesar el filtro y el recipiente que recibirá el filtrado.

9.1.2.2 Ensamblar el porta-filtros y coloque el filtro en el soporte y asegúrelo.

9.1.2.3 Pesar una parte de la muestra del residuo (100 g mínimo) y registrar el peso.

9.1.2.4 Los Fluidos contaminados que sedimentan lentamente pueden centrifugarse antes de la filtración. La centrifugación se usara solamente como una ayuda de la filtración. Si se usa primero el líquido debe ser decantado y filtrado y después filtrar la porción sólida.

9.1.2.5 Transferir cuantitativamente la muestra del residuo al equipo de filtración. Verter la muestra en forma uniforme sobre la superficie del filtro.

Si más del 1 % de la muestra se ha adherido al recipiente usado para transferirla al aparato de filtración, determinar el peso de este residuo y restar del peso de la muestra determinada en el numeral 9.1.2.3 de esta norma, para conocer el peso efectivo del residuo que se filtro.

Aplicar gradualmente vacío o presión de 0,07 – 0,70 Kg/cm², hasta que el aire o el gas de presurización pase a través del filtro. Si este punto no se alcanza a 0,70 Kg/cm² y si no pasa líquido adicional por el filtro, en intervalo de 2 min., lentamente incremente la presión en intervalos de 0,7 Kg/cm² hasta un máximo de 3,5 Kg/cm² de filtración.

Cuando el gas de presurización comienza a pasar por el filtro, o cuando cesa el flujo de líquido a 3,5 Kg/cm² y en un periodo de 2 no hay un filtrado adicional, se detiene la filtración.

9.1.2.6 El material retenido en el filtro se define como fase líquida.

Algunos Fluidos contaminados, como los aceitosos y de pintura, contienen material que tiene la apariencia del líquido. Pero si después de aplicar el vacío o presión en el punto 9.1.2.5 de esta norma, este residuo no pasa a través del filtro, se clasifica como sólido. No reemplace el filtro original con uno nuevo.

Usar únicamente un filtro.

9.1.2.7 Determinar el peso de la fase líquida, restando el peso del recipiente vacío, del peso total del recipiente con el filtrado. Determinar el peso de la fase sólida de la muestra restando el peso de la fase líquida del peso total de la muestra, según se determino en los numerales 9.1.2.3 o 9.1.2.5 de esta norma.

9.1.2.8 Si el porcentaje de sólidos determinados en el punto 9.1.2.7 de esta norma, es igual o mayor que 015% prosiga, ya sea para determinar si el material sólido requiere reducción de tamaño de partícula, según los numerales 9.3 o 9.2, si se observa que el filtrado esta húmedo.

9.1.2.9 Si el porcentaje de sólidos determinado en el punto 9.1.2.7 es menor que 015 % proseguir el numeral 10.10 si se van a determinar los constituyentes no volátiles

y con el punto 11 con una nueva porción de muestra si se van a determinar los constituyentes volátiles.

9.2 Determinación del porcentaje de sólidos secos.

9.2.1 Remover la fase sólida y el filtro del aparato de filtración.

9.2.2 Secar el filtro con el sólido a 100 ± 5 °C hasta que dos pesadas sucesivas no varíen en $\pm 1\%$.

Registre el peso final.

9.2.4 Si el porcentaje de sólidos secos es menor que 0,5 %, proseguir según el numeral 10.10 si se va a realizar la prueba para constituyentes no volátiles y 11 si se realiza la prueba para constituyentes volátiles. Si el porcentaje de sólidos secos es mayor o igual a 0,5% y si la prueba de no volátiles se lleva a cabo, tomar una porción fresca del residuo, determinar si la reducción de tamaño de la partícula es necesaria según el numeral 9.3 de esta norma y reactivo de la extracción apropiado, según el punto 9.4 de esta norma.

9.3 Determinación de si el residuo requiere reducción del tamaño de la partícula. Proceder a triturar o moler los sólidos obtenidos en el numeral 9.1.2.7 de esta norma, si tienen una área menor de 3,1 cm²/g o un tamaño mayor a 1 cm. (es decir, cuando no pasan un tamiz estándar de 9,5 mm).

9.4 Selección del reactivo de extracción apropiado.

La PECT para constituyentes volátiles usa únicamente el reactivo de extracción 1, según el numeral 8.6.1 de esta norma, por lo tanto, si no se requiere extracción de no volátiles, proseguir según el punto 11.

Para realizar la extracción de los constituyentes no volátiles, determine el reactivo apropiado según los numerales 8.6.1 y 8.6.2 de esta norma, como sigue:

9.4.1 Pesar una fracción de la fase sólida, reducir (si es necesario) a un tamaño de partícula de aproximadamente 1 mm. de diámetro o menos y transferir 5,0 g a un matraz Erlenmeyer o a un vaso de precipitado.

9.4.2 Añadir 96,5 ml de agua desionizada o desmineralizada al matraz, cubrir con un vidrio de reloj y agitar vigorosamente por 5 minutos, usando un agitador magnético. Mida el pH Si el pH es menor de 5,0, usar el reactivo de extracción 1. Proseguir según el punto 10 de esta norma.

9.4.3 Si el pH del numeral 9.4.2 es mayor de 5,0 añadir 3,5 ml de HCl 1 N, mezclar y cubrir con un vidrio de reloj, caliente a 50 0(y mantener esta temperatura por 10 minutos.

9.4.4 Dejar la solución enfriar a temperatura ambiente y mida el pH. Si este es menor de 5,0 use el reactivo de extracción 1. Si es mayor de 5,0 use el reactivo de extracción 2. Prosiga según el numeral 10 de esta norma.

10 PROCEDIMIENTOS PARA DETERMINAR LOS CONSTITUYENTES NO VOLÁTILES

10.1 Se recomienda un tamaño mínimo de muestra de 100 g. Si la cantidad generada por una extracción PECT no es suficiente para llevar a cabo todos los análisis, realizar mas de una extracción y combinar los extractos.

10.2 Si el residuo no produce liquido, cuando se sujeta a la filtración (100% sólido) pesar una porción de la muestra (100 gramos minuto) y proseguir según el punto 9 de esta norma.

10.3 Si la muestra es liquida 0 multifacético, se requiere una separación liquido-sólido. Esto involucra el aparato de filtración descrito en numeral 7.3.2 de esta norma y continuar según el numeral 9.4d 10.4 Pesar el recipiente que recibirá el filtrado 10.5 Ensamblar el porta-filtro y colocar el filtro en el soporte y asegurarlo. Si se va evaluar la movilidad de metales, es necesario hacer un lavado ácido (vease numeral 7.4 de esta norma). 10.6 Pesar una fracción de muestra (100 g mínimo). Si el residuo contiene menos de 0,5 % de sólidos secos, la porción Liquida de Fluidos contaminados después de la filtración, se define como el extracto PECT. Por lo tanto, filtrar suficiente muestra para que la cantidad de líquido filtrado alcance para realizar todos los análisis requeridos. Para Fluidos contaminados que contienen mas del 0,5 % de sólidos secos, usar la información del porciento de sólidos obtenidos conforme al numeral 9.1 de esta norma, para determinar el tamaño optimo de la muestra (100 g mínimo) que se llevará a filtración.

10.7 Permitir que la fase sólida sedimente. Los Fluidos contaminados que sedimenten lentamente pueden ncentrifugarse antes de la filtración.

10.8 Transferir cuantitativamente la muestra del residuo (fase líquida y sólida) al equipo de filtración (véase numeral 7.3.2 de esta norma). Verter la muestra en forma uniforme sobre la superficie del filtro.

Seguir el procedimiento indicado en el numeral 9.1.2.5 de esta norma.

10.9 El material en EL porta filtros se define como la base sólida del residuo, el filtrado como la fase líquida. Pesar el filtrado, la fase líquida puede ser analizada o preservada a 4 °C y un tiempo máximo de 14 días.

10.10 Si el residuo contiene menos de 0,5% de sólidos secos proseguir según el numeral 10.14 de esta norma. Si el residuo contiene más de 0,5% de sólidos secos y fue necesaria la reducción de tamaño de partícula, proseguir según el numeral 10.11 de esta norma. Si el residuo pasa el tamiz de 9,5 mm. transferir cuantitativamente el material sólido a un frasco de extracción junto con el filtro (usado para el separar la fase líquida inicial de la fase sólida) y proseguir según el numeral 10.12. 10.11 Preparar la porción sólida del residuo para extracción, como se describe en el numeral 11.3 de esta norma. Cuando el tamaño de la partícula este preparado adecuadamente, transferir cuantitativamente el material sólido a una botella de extracción. Incluir el filtro usado para separar el líquido inicial de la fase sólida.

Para Fluidos contaminados que contienen mas del 0,5 % de sólidos secos, usar la información

del porcentaje de sólidos obtenidos conforme al numeral 9.1 de esta norma, para determinar el tamaño optimo de la muestra (100 g mínimo) que se llevará a filtración.

10.7 Permitir que la fase sólida sedimente. Los Fluidos contaminados que sedimenten lentamente pueden ncentrifugarse antes de la filtración.

10.8 Transferir cuantitativamente la muestra del residuo (fase líquida y sólida) al equipo de filtración (véase numeral 7.3.2 de esta norma). Verter la muestra en forma uniforme sobre la superficie del filtro.

Seguir el procedimiento indicado en el numeral 9.1.2.5 de esta norma.

10.9 El material en EL porta filtros se define como la base sólida del residuo, el filtrado como la fase líquida. Pesar el filtrado, la fase líquida puede ser analizada o preservada a 4 °C y un tiempo máximo de 14 días.

10.10 Si el residuo contiene menos de 0,5% de sólidos secos proseguir según el numeral 10.14 de esta norma. Si el residuo contiene más de 0,5% de sólidos secos y fue necesaria la reducción de tamaño de partícula, proseguir según el numeral 10.11 de esta norma. Si el residuo pasa el tamiz de 9,5 mm. transferir cuantitativamente el material sólido a un frasco de extracción junto con el filtro (usado para el separar la fase líquida inicial de la fase sólida) y proseguir según el numeral 10.12.

10.11 Preparar la porción sólida del residuo para extracción, como se describe en el numeral 11.3 de esta norma. Cuando el tamaño de la partícula este preparado adecuadamente, transferir cuantitativamente el material sólido a una botella de extracción. Incluir el filtro usado para separar el líquido inicial de la fase sólida.

10.13 Después de las 18 +1- 2 horas de extracción separar el material en el recipiente de extracción, en sus componentes líquido y sólido por medio de filtración a través de un filtro de fibra de vidrio nuevo, los filtros deberán tener un lavado oxidado si se evalúa la movilidad de los metales.

10.14 Preparación del extracto obtenido.

10.14.1 Si el residuo no contiene fase líquida inicial, el líquido filtrado obtenido en el numeral 10.12 de esta norma, se define como el extracto PECT. Proseguir según el numeral 10.15.

10.14.2 Si los líquidos son compatibles, combinar el líquido filtrado resultante en el numeral 10.13 de esta norma, con el líquido inicial del residuo obtenido en el numeral 10.8. Este líquido combinado se define como el extracto PECT. Proseguir según el numeral 10.15 de esta norma.

10.14.3 Si la fase líquida inicial del residuo, obtenida en el numeral 10.8 de esta norma, no es o no puede ser compatible con el líquido filtrado resultante del numeral 10.13. No combinar los líquidos y analizar por separado cada uno y combine los resultados matemáticamente, como se describe en el numeral 10.15.3.

10.15 Después de coleccionar el extracto PECT, medir el pH. Preservar el extracto para análisis. Las alícuotas para metales deben acidificarse con ácido nítrico o un pH menor a 2.

10.15.1 Prueba para detectar precipitación

A una pequeña porción del extracto agregar unas gotas de ácido nítrico, si se presenta precipitación el resto del extracto no se debe acidificar y deberá analizarse lo antes posible. En caso que no se presente precipitación, las demás alícuotas serán preservadas a 4 °C y 14 días máximos hasta que vayan a ser analizadas conforme a las normas correspondientes.

10.15.2 los extractos PECT que se analizan para metales, deben digerirse en ácido nítrico excepto en aquellos casos donde la digestión cause la pérdida de constituyentes metálicos. Si antes de la digestión el extracto muestra que cualquier constituyente controlado según las Norma NB 758, excede el nivel de tolerancia, automáticamente el residuo se considera peligroso y no es necesaria la extracción.

11 PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LOS CONSTITUYENTES VOLÁTILES

Usar el aparato VMC para obtener el extracto PECT y analizar únicamente compuestos volátiles. El extracto resultante no debe usarse para evaluar la movilidad de los constituyentes no volátiles.

11.1 Pesar el recipiente de recolección del filtrado (véase numeral 7.6 de esta norma).

11.2 Colocar el pistón del VMC dentro del cuerpo del aparato (puede ser útil humedecer ligeramente los anillos «O» del pistón con el reactivo de extracción). Ajuste el pistón dentro del cuerpo del aparato a una altura que minimice la distancia a la que el pistón tendrá que moverse una vez que sea cargado con la muestra. Asegurar la brida del fondo (entrada y salida del gas) en el cuerpo del VMC de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Asegurar el filtro de fibra de vidrio entre las mallas del soporte y dejarlo listo para usarse.

11.3 Si el residuo es 100% sólido pesar una porción de la muestra (25 g máximo) y proceder según el numeral 11.5 de esta norma.

11.4 Si el residuo contiene menos del 0,5% de sólidos secos, la porción líquida del residuo después de la filtración, se define como el extracto PECT. Filtrar suficiente muestra de modo que la cantidad de líquido filtrado sea la necesaria para realizar todos los análisis de constituyentes volátiles requeridos.

Para Fluidos contaminados que tienen más del 0,5% de sólidos secos, usar la información obtenida del porcentaje de sólidos para determinar el tamaño de muestra óptima a ser cargado al VMC. El tamaño de muestra recomendado es como sigue:

11.4.1 Para Fluidos contaminados que contienen menos del 0,5 % de sólidos, pesar una muestra de 500 g.

11.5 Si se requirió la reducción del tamaño de partícula, proseguir según el numeral 11.6 de esta norma. Si no se requirió, proseguir según el numeral 11.7.

11.6 Preparar el residuo para la extracción como se describe en el numeral 9.3 de esta norma. Los Fluidos contaminados y el equipo de reducción deben refrigerarse, de ser posible a 4 °C antes de la reducción de tamaño. Los medios usados para efectuar la reducción no deben generar calor. Si se requiere la reducción de la fase sólida, debe evitarse en lo posible la exposición de la muestra a la atmósfera.

11.7 Los Fluidos contaminados lodosos no deben asentarse; no centrifugar la muestra antes de la filtración.

11.8 Cuantitativamente transferir la muestra (fase líquida y sólida) rápidamente al VMC. Asegurar el filtro y las mallas de soporte en la brida superior del equipo y asegurar esta brida al cuerpo del VMC de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Apretar todos los aditamentos del VMC y colocar el equipo en la posición vertical (con la brida de entrada y salida de gases en el fondo).

Si más del 1 % del peso de la muestra original se adhirió, el recipiente usado para transferirla al VMC, determinar el peso de este residuo y restar del peso de la muestra determinado según el numeral 11.4 de esta norma, para calcular el peso efectivo de la muestra que será filtrada.

Conecte una línea de gas a la válvula de entrada y salida de gases (brida inferior) y con la válvula de entrada y salida de líquidos (brida superior) abierta, comenzar a aplicar presión suavemente de 0,07 - 0,7 Kg/ cm² o más si es necesario para eliminar el volumen muerto del equipo. Al aparecer líquido en la válvula de entrada y salida de líquidos, cerrar rápidamente la válvula y quitar la presión.

11.8.1 Si la filtración del residuo a 4°C reduce la cantidad de líquido filtrado comparada con la que se obtendría filtrada a temperatura ambiente, permitir que la muestra alcance la temperatura ambiente en el equipo antes de efectuar la filtración.

11.8.2 Si el residuo es 100 % sólido incrementar lentamente la presión a un máximo de 3,5 Kg/ cm², para eliminar la mayor cantidad de espacio muerto del equipo y proseguir según el numeral 11.1 2 de esta norma.

11.9 Unir el recipiente de recolección de filtrado, previamente pesado según el numeral 11.1 de esta norma, a la válvula de entrada y salida de líquidos y abrir la válvula. Comenzar aplicando presión suave de 0,07 -0,7 Kg/ cm² para pasar la fase líquida al recipiente recolector. Si no hay paso de líquido en 2 minutos, incremente lentamente la presión en intervalos de 0,7 Kg/cm² hasta un máximo de 3,5 Kg/cm² Cuando se alcance esta presión y no se produzca un filtrado adicional en el período de 2 minutos, detener la filtración. Cerrar la válvula de entrada y salida de líquidos, eliminar la presión al pistón, desconectar y pesar el recipiente de recolección de filtrado.

11.10 El material en el VMC se define como la fase sólida del residuo y el filtrado como la fase líquida.

11.10.1 Si el residuo original contenía menos 0,5% de 1 sólidos secos, este filtrado se define como ex- tracto PECT y es analizado directamente. Pro- seguir según el numeral 11 .15 de esta norma.

11.12 Procedimiento: Con el VMC en la posición vertical, conectar una línea a la válvula de entra- da y salida de líquidos. Esta línea debe llenarse con el reactivo de extracción y eliminar las burbujas. Liberar la presión de gas en el pistón VMC (por medio de la válvula de entrada y salida de gas), abrir la válvula de entrada y 1 salida de líquidos y comenzar a transferir el reactivo de extracción al VMC. Continuar presionando el reactivo de extracción, hasta que la cantidad apropiada haya sido introducida al equipo.

1.13 Después de añadir el reactivo de extracción, cerrar inmediatamente la válvula de entrada y salida de líquidos y desconectar la línea del reactivo de extracción. Revisar el VMC para asegurar que todas las válvulas están cerradas. Girar el equipo manualmente de arriba a bajo 2 a 3 veces. Regresar el VMC a la posición vertical con la válvula de entrada y salida de líquidos en la parte de arriba. Presurizar 00,035 -0,7 Kg/cm²y abrir lentamente la válvula de entrada y salida de líquidos para desplazar cualquier volumen muerto que pueda haber sido introducido al agregar el

reactivo de extracción. Este san- grado deberá hacerse repetidamente y detenerse en cuanto aparezca líquido en la válvula.

1.14 Colocar el VMC en el aparato de agitación rotatorio y gire a 30 +/- 2 RPM durante 18 +/- 2 horas. La temperatura debe mantener- se a 22 +/- 3 °C durante la agitación.

1.15 Después de las 18 +/- 2 horas de agitación, comprobar la presión en el pistón del VMC, abriendo y cerrando rápidamente la válvula de entrada y salida de gases y observando el escape de gas. Si la presión no ha sido mantenida (es decir, ya no hay escape de gas) el equipo tiene fugas, se debe repetir la extracción con una nueva muestra. Si la presión dentro del equipo se mantuvo, el material en el recipiente de extracción se separa de nuevo en sus componentes líquido y sólido. Si el residuo contenía una fase líquida inicial, el líquido puede filtrarse directamente en el mismo recipiente de recolección de filtrados (por ejemplo, la bolsa TEDLAR) que contiene la fase líquida inicial. Se debe usar recipiente de re- colección de filtrado separados, si forman fases múltiples o si no tiene capacidad suficiente. Filtrar a través del filtro de fibra de vidrio usando el aparato VMC como se describe en el numeral 11.9 de esta norma. Todos los ex- tractos deberán filtrarse y colectarse en las bolsas TEDLAR.

11.16 Si el residuo original no contenía inicialmente fase líquida, el líquido filtrado obtenido del numeral 11.15 de esta norma, se define como el extracto PECT. Si el residuo contenía una fase líquida inicial, ésta, más el líquido filtra- do obtenido son definidos como el extracto PECT.

11.17 Después de la recolección del extracto PECT, prepararlo inmediatamente para análisis o preservar con volumen muerto mínimo a 4 °C hasta que se vaya a analizar. Efectuar el análisis de acuerdo a los métodos analíticos apropiados. Si se van a analizar separadamente (es decir, no son miscibles), determinar el volumen de las fases individuales, realizar los análisis y combine los resultados matemática- mente, usando un promedio volumen -peso y empleando la ecuación que establece el numeral 10.15.3 de esta norma.

11.18 Compare la concentración de los constituyentes en el extracto PECT con los niveles máximos permisibles señalados en la Norma NB 758.

12 REQUISITOS DE CONTROL

Los procedimientos descritos anteriormente deberán cumplir con los siguientes requisitos de control:

12.1 Anotar todos los datos en registros y formatos adecuados y tenerlos siempre disponibles para su consulta e inspección.

12.2 Realizar por lo menos un ensayo en blanco (usando el mismo reactivo de extracción que se usa para la muestra) por cada 20 extracciones que se lleven a cabo en un mismo recipiente de extracción.

12.3 Preparar una matriz con testigo (es decir una muestra con una composición equivalente a la que se va a realizar, a la que se ha agregado una cantidad conocida de (o los) constituyente(s) tóxico(s) que esta(n) en estudio) para cada tipo de residuo (por ejemplo: lodos del tratamiento de aguas residuales, suelos contaminados, etc.) excepto cuando el resultado exceda el nivel permitido y los datos se emplean únicamente para demostrar que las propiedades del residuo exceden el nivel permitido.

12.3.1 Analizar una matriz con testigo por cada lote. La desviación tipo calculada en el análisis de la matriz con testigo se debe emplear para corregir los valores obtenidos.

12.3.2 Seguir las indicaciones proporcionadas por cada método analítico sobre las adiciones a la matriz con testigo.

12.3.3 Agregar los testigos después de la filtración del extracto PECT y antes de su conservación.

Los testigos no deberán agregarse antes de la extracción PECT de la muestra.

12.4 Agregar en la mayoría de los casos los testigos en una concentración equivalente a la del nivel permisible. Si la concentración del constituyente tóxico es menor que la mitad del nivel permitido, la concentración del testigo puede ser tan baja como la mitad de la concentración, pero no debe ser menor que 5 veces el límite de detección del método.

12.4.1 Agregar los testigos a un volumen igual al del extracto PECT que se analizó con testigo, a fin de evitar diferencias debidas al efecto de la matriz.

12.4.2 El propósito de la matriz con testigo es dar seguimiento a la aplicación de los métodos usados y determinar cuando existe una interferencia debido a la matriz.

12.4.3 El uso de otros métodos de calibración internos, modificaciones a los métodos analíticos o el uso de métodos analíticos alternativos pueden ser necesarios cuando la recuperación del testigo es menor de lo determinado por el método analítico.

13 VIGILANCIA

Las Secretarías Sectoriales a través del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma técnica boliviana.

14 SANCIONES

El incumplimiento de la presente norma técnica boliviana será sancionado conforme a lo dispuesto en la Ley No. 1333 de Medio Ambiente, su Reglamentación y demás disposiciones legales aplicables