



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE SUSTANCIAS,  
MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS EN EL CAMPO PETROLERO  
OROCUAL PDVSA DISTRITO FURRIAL, ESTADO MONAGAS**

**REALIZADO POR:  
JUAN ALBERTO GONZÁLEZ PERNETH**

**Trabajo Especial de Grado Presentado como Requisito Parcial para Optar Al  
Título de:**

**INGENIERO DE PETRÓLEO**

**MATURÍN, JULIO 2010**



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE SUSTANCIAS,  
MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS EN EL CAMPO PETROLERO  
OROCUAL PDVSA DISTRITO FURRIAL, ESTADO MONAGAS**

**REALIZADO POR:**

**GONZÁLEZ PERNETH JUAN ALBERTO  
C.I: 16.940.007**

**REVISADO POR:**

---

**Ing. Bello G. Noris I  
C.I.: 4.714.349  
Asesor Académico**

---

**Ing.MSc. Arenas Ana  
Asesor Industrial**

**MATURÍN, JULIO 2010**

# ACTA DE APROBACION



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
Maturín / Monagas / Venezuela

## ACTA PRELIMINAR DE TRABAJOS DE GRADO\*

Nº 1250

A los **28** días del mes de **Julio/2010**, siendo las **4:00 p.m.** En la Sala “Dr. Luis Manuel Peñalver”, **Campus Los Guaritos, Núcleo Monagas de la Universidad de Oriente.**

A fin de cumplir con el requisito parcial exigido por el reglamento vigente para obtener el título de Ingeniero de Petróleo, se procedió a la presentación y discusión del Trabajo de Grado del Bachiller: **Juan Alberto González Parneth C.I. 16.940.007.** Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS EN EL CAMPO PETROLERO OROCUAL PDVSA DISTRITO FURRIAL, ESTADO MONAGAS.** Estando presentes los Miembros del Jurado: **Ing. Noris bello, Ing. María Gamboa, Ing. Rubén Vega, Ing. Ana Arenas.** Se dio curso a la presentación, discusión y defensa del mencionado Trabajo, el cual se decidió Aprobar Por Unanimidad.

Prof. Ing. Noris Bello  
C.I. 4.714.349  
Asesor Académico

Prof. Ing. María Gamboa  
C.I. 5.323.035  
Jurado

Prof. Ing. Rubén Vega  
C.I. 10.100.632  
Jurado

Ing. Ana Arenas  
C.I. 9.270.311  
Asesor Industrial



Comisión Trabajos de Grado

\* NOTA: Para que esta acta tenga validez debe ser asentada en la hoja N° 066 del 8° libro de Actas de Trabajos de Grado de la Escuela de Petróleo de la Universidad de Oriente y estar debidamente firmada por el asesor y miembros del jurado.



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

## **RESOLUCIÓN**

*DE ACUERDO AL ARTÍCULO 41 DEL REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADO:  
“LOS TRABAJOS DE GRADO SON DE EXCLUSIVA PROPIEDAD DE LA  
UNIVERSIDAD DE ORIENTE Y SÓLO PODRÁN SER UTILIZADOS A OTROS  
FINES CON EL CONSENTIMIENTO DEL CONSEJO DE NÚCLEO RESPECTIVO,  
QUIEN LO PARTICIPARÁ AL CONSEJO UNIVERSITARIO”.*

## INDICE GENERAL

<b>ACTA DE APROBACION .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESOLUCIÓN .....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE GENERAL.....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>x</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	4
1.2.1 Objetivo General .....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2 BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1 Ubicación Geográfica.....	8
2.2.2 Antecedentes de las Instalaciones.....	9
2.2.2.1 Estructura Geológica del Area de Orocual.....	10
2.2.2.2 Configuración Estratigráfica del Area de Orocual.....	11
2.2.3 Filosofía de Operación de las Plantas Orocual.....	13
2.2.4 Descripción de Estaciones de Flujo en el Area de Orocual .....	14
2.2.4.1 Estación de Flujo Orocual 01 (EF-ORC-01).....	14
2.2.4.2 Estación de Flujo Orocual 02 (EF-ORC-02).....	15
2.2.4.3 Estación de Flujo Orocual 03 (EF-ORC-03).....	16
2.2.4.4 Estación de Flujo Orocual 04 (EF-ORC-04).....	17
2.2.5 Desecho .....	17
2.2.5.1 Desechos Peligrosos.....	18
2.2.5.2 Desechos Domésticos .....	23
2.2.5.3 Desechos Inorgánicos .....	23
2.2.5.4 Desechos Reciclables.....	23
2.2.5.5 Gestión de Residuos Sólidos .....	23
2.2.6 Materiales y Sustancias Peligrosas .....	25
2.2.6.1 Clasificación de los Materiales Peligrosos.....	25
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL EN ESTUDIO .....	29
2.3.1 Bases Legales .....	29
2.3.2 Convenios.....	38

2.3.2.1 Convenio de Basilea .....	38
2.3.2.2 El Convenio de Estocolmo .....	39
2.3.2.3 Convenio de Róterdam .....	39
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	39
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>41</b>
3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	42
3.4.1 Determinación de la Cantidad de Sustancias, Materiales y Desechos Generados por PDVSA Distrito Furrial en el Campo Petrolero Orocuál a Través de una Encuesta Adaptada a las Actividades Petroleras .....	42
3.4.3 Especificación de los Aspectos Ambientales Significativos Asociados a los Procesos Operacionales y Actividades Realizadas por PDVSA en el Área Bajo Estudio .....	43
3.5 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	44
3.6 RECURSOS.....	45
3.6.1 Humanos.....	45
3.6.2 Financieros y Materiales .....	45
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>46</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
4.1 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS POR PDVSA DISTRITO FURRIAL EN EL CAMPO PETROLERO OROCUAL A TRAVÉS DE UNA ENCUESTA ADAPTADA A LAS ACTIVIDADES PETROLERAS .....	46
4.2 EXPLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LAS SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS LLEVADOS POR PDVSA EN ESTA ÁREA .....	52
4.2.1 Descripción General de las Estaciones de Flujo.....	53
4.2.1.1 Estación de Flujo Orocuál 1 (EF-ORC-1).....	53
4.2.1.2 Estación de Flujo Orocuál 2 (EF-ORC-2).....	56
4.2.1.3 Estación de Flujo Orocuál 3 (EF-ORC-3).....	59
4.2.1.4 Estación de Flujo Orocuál 4 (EF-ORC-4).....	61
4.2.2 Descripción General de las Plantas Compresoras .....	63
4.2.2.1 Plantas Compresoras Orocuál 1, 2, 3 y 4 (actualmente 2, 3, 4 y 7).....	63
4.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS ASOCIADOS A LOS PROCESOS OPERACIONALES Y ACTIVIDADES REALIZADAS POR PDVSA EN EL ÁREA BAJO ESTUDIO.....	67
4.4 PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORAS EN LAS ACTIVIDADES OPERACIONALES QUE GARANTICEN QUE LOS MÉTODOS DE MANEJO DE LAS SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS, SEAN EFICIENTES .....	74

**CONCLUSIONES..... 93**  
**RECOMENDACIONES..... 94**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 95**  
**ANEXOS ..... 97**



## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica del Centro Operativo Orocual.....	8
Figura 2.2 Columna estratigráfica del Campo Orocual .....	11
Figura 2.3 Esquema General del manejo de Gas, Campo Orocual .....	12
Figura 2.4 Esquema Red Estaciones de flujo.....	14
Figura 2.5 Clasificación de los desechos.....	18
Figura 4.1 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-1 .....	54
Figura 4.2 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-2 .....	57
Figura 4.3 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-3 .....	59
Figura 4.4 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-4 .....	61
Figura 4.5 Recolección de materiales y desechos de origen Laboral en el campo de Orocual. ....	65
Figura 4.6 Recolección de materiales y desechos de origen Laboral en el campo de Orocual. ....	66
Figura 4.7 Localización Provisional de materiales y desechos de origen Ferroso en el campo de Orocual. ....	66
Figura 4.8 Remoción de materiales y desechos en el campo de Orocual. ....	67
Figura 4.9 Vista Sur de la Macrofosa ORC-1 .....	73
Figura 4.10 Equipos pesados presentes en la Macrofosa ORC-1.....	73
Figura 4.11 Esquema de una biopila, con un sistema de adición de nutrientes y recolección de lixiviados .....	90
Figura 4.12 Diagrama de flujo para tratamiento de lodos petrolizados empleando biorreactores. ....	91
Figura 4.13 Croquis de PDVSA Orocual.....	98
Figura 4.14 Área de almacenamiento de productos químicos y establecimiento de materiales ya utilizados como tuberías y tanques .....	99
Figura 4.15 Área de almacenamiento de productos químicos (Además que se observa el grado de contaminación e impacto ambiental causado) .....	99
Figura 4.16 Fosa API de 3.50x3.00x2.00 de la Estación de flujo Orocual 1 .....	100
Figura 4.17 Detalles de las Fosas API de la Estación de flujo Orocual 1 .....	100
Figura 4.18 Tanque de Estabilización T-1501 para la Recolección de las Aguas Aceitosas de las Plantas Compresoras .....	101
Figura 4.19 Ejecución de jornadas de limpieza realizadas para el mejoramiento del ambiente de trabajo .....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1 Condiciones Ambientales del campo Orocual.....	12
Tabla 2.2 Ejemplos de desechos Peligrosos generados por negocios e Industrias .....	19
Tabla 2.3 Características Peligrosas de los desechos peligrosos según .....	20
Tabla 2.4 Clases de Riesgo de los desechos peligrosos según decreto .....	22
Tabla 4.1 Resultados de Análisis de las Muestras Recolectadas en Tanquillas de (Muestra Estación de Flujo Orocual 1) .....	70
Tabla 4.2 Descripción de Fortalezas y Debilidades de las Opciones de Instalaciones de Manejo de sustancias, materiales y desechos en el área .....	80
Tabla 4.3 Descripción de Fortalezas y Debilidades de las Posibles Opciones de Localizaciones para el Tratamiento de materiales, desechos y sustancias en el área.....	82
Tabla 4.4 Tecnologías para tratamiento de residuos y tipos de tratamiento .....	84
Tabla 4.5 Técnicas de tratamiento empleadas para residuos de PRODUCCIÓN .....	84
Tabla 4.6 Técnicas de tratamiento empleadas para residuos de refinación.....	85
Tabla 4.7 Tecnologías Aplicables a Etapas de Tratamiento de desechos, materiales y sustancias.....	85
Tabla 4.8 Descripción de Fortalezas y Debilidades de algunas tecnologías aplicables en Etapa del Tratamiento de sustancias, materiales y desechos.....	86



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE MONAGAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO  
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**RESUMEN**

**EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE SUSTANCIAS,  
MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS EN EL CAMPO PETROLERO  
OROCUAL PDVSA DISTRITO FURRIAL, ESTADO MONAGAS**

**AUTOR:**  
**González Perneth Juan Alberto**  
**C.I. 16.940.007**  
**Junio 2010**

**ASESORES:**  
**Ing. Bello Noris**  
**Ing. MSc. Arenas Ana**

El campo petrolero Orocuál Distrito Furrial, está ubicado 30 kilómetros al noroeste de la ciudad de Maturín, Estado Monagas. En el Campo la producción de crudo de los pozos se maneja a través de cuatro estaciones de flujo identificadas como EF-ORC-1, 2, 3, 4 y una Plantas compresora. Las aguas contaminadas con hidrocarburos que se generan en cada estación, producto de los drenajes de equipos, aguas de lluvia confinadas dentro de las áreas de proceso y muros de contención de tanques de crudo, aguas de limpieza y mantenimiento de equipos; son recolectadas mediante tanquillas y tuberías de drenaje ubicadas en estos sitios, y concentradas en fosas de recolección, luego desde éstas, el agua es bombeada a la fosa de efluentes de Orocuál (Macrofosa), utilizando camiones de vacío. Los desechos y materiales existentes en las áreas operacionales no están clasificados según su estado, origen, ni según el tipo de manejo por lo cual se requiere de un plan de manejo de sustancias, materiales y desechos.

## INTRODUCCION

La industria petrolera constituye el factor más importante de la economía venezolana .La actividad petrolera, por su naturaleza, ocasiona efectos no deseados sobre el ambiente, los cuales sin un tratamiento adecuado pueden convertirse en daños irreversibles para los recursos naturales en el entorno que rodea a dichas actividades, razón por la cual la protección del ambiente representa un derecho prioritario consagrado en la Constitución, y por lo tanto, para Petróleos de Venezuela (PDVSA), como empresa responsable de las labores de exploración, aprovechamiento y transformación del petróleo, es impostergable y de vital importancia el logro del desarrollo de esa industria en armonía con su entorno ecológico.

Por ello, Petróleos de Venezuela (PDVSA), busca combatir de manera eficaz los frecuentes accidentes conexos a sus actividades, como lo son los derrames de crudo o productos de hidrocarburos, permitiendo con ello desarrollar la actividad en el marco de los considerados daños “ambientalmente permisibles” Actualmente, los directivos de las empresas, conscientes de que en muchos casos desarrollan actividades susceptibles de degradar el ambiente, están incorporando la variable ambiental al proceso productivo, a fin de minimizar el impacto sobre el entorno. La incorporación de la dimensión ambiente en la estructura empresarial, representa una herramienta que la conduce a una mayor competitividad, al promover la optimización de sus procesos y fortalecer las acciones empresariales con una visión de sustentabilidad. Es por ello que, el presente trabajo tiene como propósito realizar la “EVALUACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS EN EL CAMPO PETROLERO OROCUAL PDVSA DISTRITO FURRIAL, ESTADO MONAGAS”, donde se establezcan lineamientos para la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos generados en las diversas actividades de la

industria petrolera ,sean estos peligrosos o no peligrosos; así como también facilitar su aplicabilidad y garantizar el cumplimiento de lo establecido en la Normativa Legal Ambiental.



# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la tendencia mundial, se buscan métodos capaces de aportar soluciones innovadoras para remediar y recuperar escenarios naturales. Por lo tanto, la industria petrolera en los últimos años ha manifestado una preocupación creciente por los posibles efectos negativos que sobre el ambiente pudiera causar el aumento progresivo de contaminantes en la atmósfera como consecuencia de las actividades humanas, dentro de las cuales se encuentra la actividad industrial, acompañada regularmente de desechos y sustancias con relación a las actividades petroleras y sus contaminantes, implementando un sistema de recolección de las informaciones a fin de resolver los problemas ambientales que presenta el estado Monagas. De allí surge la idea de evaluar las técnicas de manejo de sustancias, materiales y desechos en el campo petrolero Orocuai, el cual está situado aproximadamente a 20 km al noroeste de la ciudad de Maturín, en el municipio Piar del estado Monagas.

La actividad petrolera, por ser considerada responsable en gran parte de degradar el ambiente, tiene una incidencia directa en el lugar en que opera. Las empresas que operan en el sector del petróleo desarrollan sus actividades dedicando especial atención a la conservación del ambiente; además del cumplimiento de la normativa internacional y nacional, las propias compañías petroleras aportan iniciativas de cara a la protección del medio ambiente en respuesta a las propias exigencias del mercado, que pide cada vez mayor calidad en los productos con el máximo respeto a las condiciones ambientales. Se deben implantar controles normativos precisos para su ejecución, con el fin de garantizar un desarrollo sostenible en armonía con el ambiente, especialmente en las áreas donde tradicionalmente esta actividad se desarrolla. El campo Orocuai, a pesar de no tener

mucho tiempo de activado, fue uno de los productivos en la década de los ochenta y por su intensa actividad se desarrollaron diversas instalaciones de superficies para la producción y manejo de los fluidos; muchas de éstas en la actualidad se encuentran abandonadas por cuanto no ofrecen condiciones favorables para la producción y representan pasivos petroleros que pudieran estar produciendo efectos sobre el ambiente con incidencia directa e indirecta sobre el entorno y sus poblaciones.

Por tal razón, resalta la importancia de evaluar el manejo y tratamiento de fluidos y rípios de perforación, así como también buscar posibles mejoras en las técnicas aplicadas por el centro de tratamiento y recuperación de desechos para el tratamiento de éstos, que permita establecer estrategias orientadas a minimizar, prevenir y controlar los impactos ambientales y cumplir con los parámetros establecidos en la normativa ambiental vigente según lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en especial los Decretos N° 2.635 y N° 883 para la disposición final de los desechos.

## **1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar las técnicas de manejo de sustancias, materiales y desechos generados en el campo petrolero Orocuai, PDVSA Distrito Furrial, estado Monagas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la cantidad de sustancia, materiales y desechos generados por PDVSA Distrito Furrial en el campo petrolero Orocuál a través de una encuesta adaptada a las actividades petroleras.
- Explicar los procedimientos para el manejo de las sustancias, materiales y desechos peligrosos llevados por PDVSA en esta área.
- Especificar los aspectos ambientales significativos asociados a los procesos operacionales y actividades realizadas por PDVSA en el área bajo estudio.
- Proponer medidas de mejoras en las actividades operacionales que garanticen que los métodos de manejo de las sustancias, materiales y desechos, sean eficientes

### **1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Actualmente, las empresas operadoras buscan que los desechos generados por las actividades de perforación sean controlados de manera segura al momento de disponerlos en el ambiente, de manera que a corto, mediano o largo plazo no ocasionen impacto ambiental negativo que les cause problemas legales y económicos a la empresa.

El campo petrolero Orocuál es un área con alta sensibilidad por presencia de elementos ambientales y de los distintos problemas ambientales existentes ocasionados por los llamados pasivos ambientales producto de la explotación de hidrocarburos, poniendo en peligro la calidad de vida de los habitantes, el desarrollo del sector y la armonía con el ambiente. Este campo presenta una extensa vegetación en sus alrededores, por lo que es de vital importancia el seguimiento de las normativas ambientales que permita el manejo y conservación de los recursos naturales para garantizar su permanencia en el tiempo y el espacio.

El campo Orocual es un área de producción de hidrocarburos, ubicado al norte del estado Monagas, donde se ha desarrollado una intensa actividad petrolera y en el cual existen grandes reservas de hidrocarburos, de relevante importancia para Venezuela, para cumplir con las cuotas preestablecidas de producción y de acuerdo con los compromisos adquiridos a corto y mediano plazo por el estado venezolano. En vista de la importancia antes citada, se puede comprender que es urgente y necesario la elaboración y ejecución de un plan de exploración, desarrollo y explotación del campo Orocual, en concordancia con el ambiente, de manera tal que se garantice la integridad del ambiente y los recursos naturales presentes en él. La confirmación de las reservas probadas, la determinación de las reservas probables y la existencia de posibles nuevas reservas de hidrocarburos, en esta área, justifica las inversiones para aumentar la producción de crudo; Por lo tanto a través de la exploración y desarrollo del campo, se pretende definir características de los yacimientos, su riqueza y potencial.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Velásquez, José (2006). En su trabajo titulado: “Evaluación de pruebas piloto para el proceso de recuperación de desechos de crudo presentes en la macro fosa Orocuál de PDVSA. Estado Monagas”

Concluye que no existe una disminución de la contaminación ambiental con la recuperación de desechos de hidrocarburos a corto plazo, se necesita de mucho más tiempo para observar y cuantificar cambios significativos. Lo que si se observó fue una disminución del riesgo ambiental ya que disminuyeron los niveles de fluido de la macro fosa.

AJMAD, M (2003) presentó a la Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, un trabajo de investigación titulado: “Estudio del Plan de Saneamiento Integral de Fosas y Muros Quemadores, en los Campos Petroleros Oritupano, Onado y Acema, Distrito San Tomé, Estado Monagas”. Teniendo como objetivo principal examinar las condiciones ambientales presente en los campos y revisar los aspectos más resaltantes de las fosas y muros quemadores, para así comparar las características físico – químicas de los desechos sólidos peligrosos y de los efluentes líquidos según los artículos N° 49, N° 50 y N° 10 de los decretos N° 2.635 y N° 883, respectivamente, de la normativa legal ambiental vigente en Venezuela. Concluyendo que las 46 fosas y muros quemadores se trataron mediante los procesos estipulados en la normativa legal ambiental, y de igual forma la recuperación de hidrocarburos de la actividad de saneamiento realizada en el área fue considerable en cuanto a volúmenes se refiere. También concluyó que el proyecto se realizó de forma eficiente tomando en consideración los beneficios en cuanto

a recuperación de hidrocarburos y a la normativa ambiental vigente en Venezuela y el Sistema de Gestión Ambiental (ISO- 14.001)

## 2.2 BASES TEÓRICAS

### 2.2.1 Ubicación Geográfica

El Centro Operativo Orocuál se encuentra ubicado aproximadamente a 20 km. al noroeste de la ciudad de Maturín, en el municipio Piar del estado Monagas, dentro de los límites del campo Orocuál (fig 2.1), de donde proviene la mayor parte de la producción que allí se maneja.

Figura 2.1 Ubicación geográfica del Centro Operativo Orocuál



Fuente: PDVSA 2009

## 2.2.2 Antecedentes de las Instalaciones

En 1918 la Caribbean Petroleum Company (Grupo Shell) perforó en el área de Orocual, por indicación de los geólogos de campo, los pozos Molestia-1 y Molestia-2 (el pozo más profundo de Venezuela para aquella época, 3.240'). En abril de 1933 la Shell encontró petróleo de la Formación Las Piedras a 3.040'. Volvió a perforar durante 1944 y en 1958 comenzó la explotación del campo Orocual.

En el año 1979, se inicia el proceso de compresión en el campo Orocual, del gas natural asociado a la producción. Estas actividades de PLANTAS comenzaron con la instalación de la Planta Compresora Orocual 1 (PC-ORC-1), conformada por dos unidades C1 y C2, su objetivo fue comprimir el gas de 40 psig hasta 500 psig proveniente de las estaciones de flujo Orocual 1, Orocual 2, Orocual 3 y Orocual 4, también contaba con facilidades para recibir gas de la Estación de Flujo Boquerón y su descarga fue dirigida, inicialmente, a Plantas Jusepín y a partir del año 1993 su descarga fue dirigida al múltiple de succión de la Planta Compresora Orocual 2 (PC-ORC-2) para su compresión desde 500 psig hasta 1.300 psig.

En el año 1995 la PC-ORC-1 queda fuera de servicio debido a la no-disponibilidad de sus unidades, fecha desde la cual el gas de baja presión (40 psig) es manejado por la Planta Compresora Orocual 4 (PC-ORC-4) la cual está bajo la modalidad de alquiler con la empresa HANOVER. El contrato con la empresa HANOVER culminó en el año 2009.

En el año 1993, la Planta Compresora 3 inicia sus operaciones bajo el Proyecto “Recuperación de Crudo en Orocual”, la cual comprime el gas proveniente de la descarga de la planta Deshidratadora Orocual 01 (PD-ORC-01) o de Quiriquire (QQ-02) hasta 6.500 psig para ser inyectado a los pozos ORS-54 y ORS-56.

Actualmente el campo Orocual, para manejar el gas producido proveniente de las estaciones de flujo (Orocual 1, 2, 3 y 4), está conformado por cuatro plantas compresoras y dos plantas Deshidratadoras. Estas Plantas son: Compresora Orocual 2 (PC-ORC-2), Orocual 3 (PC-ORC-3), Orocual 4 (PC-ORC-4) y Orocual 7 (PC-ORC-07) y las Deshidratadora Orocual 1 y 2 (PD-ORC-1) y (PD-ORC-2)

### **2.2.2.1 Estructura Geológica del Area de Orocual.**

Geológicamente se encuentra ubicado en el flanco Norte de la Subcuenca de Maturín, en la Sub-Provincia septentrional de la Cuenca Oriental de Venezuela. Encontrándose limitado al Sureste por el Campo Jusepín y al Noreste por el Campo Quiriquire, y dividido por razones prácticas en Orocual Profundo y Orocual Somero. Orocual Profundo se encuentra constituido por las formaciones San Juan, Vidoño, Caratas, Los Jabillos, Areo y Carapita, con edades que van del Cretáceo al Mioceno, crudos desde medianos hasta condensados, profundidades entre 5.000 y 16.000 pies.

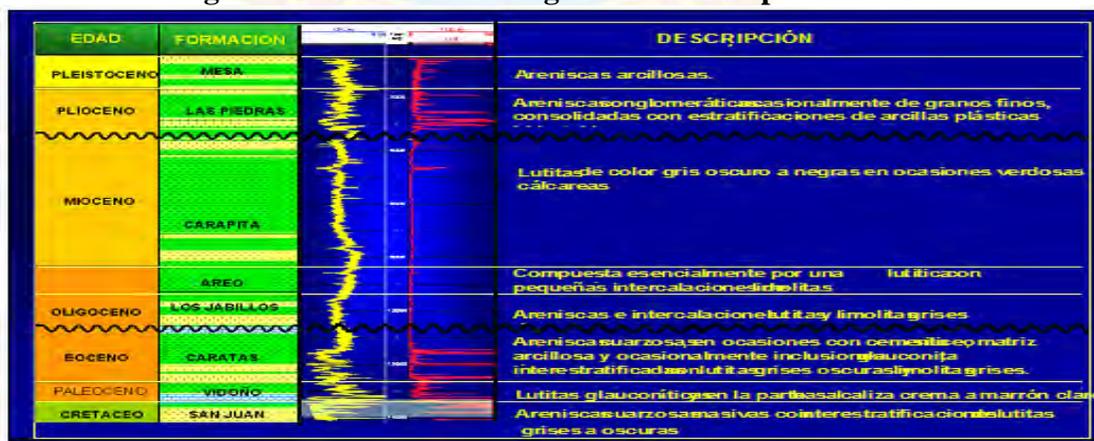
Para el tiempo geológico de sedimentación de la Formación Las Piedras ya estaba levantada la Serranía del Interior, la misma era fuente de sedimentos de la formación en estudio; la distancia recorrida por estos sedimentos no fue lo suficientemente trabajados (tamizados) en el recorrido hasta su espacio de acomodo. Las rocas que componen la Serranía del Interior poseen una alta proporción de granos finos, en consecuencia, el sedimento aportado aguas arriba tiene una importante contribución de material tamaño limo-arcilloso el cual pasa a formar parte de las rocas de reservorios de la Formación Las

Piedras. En este tipo de reservorio es de hacer notar que además de ser rocas poco consolidadas, las altas viscosidades de los crudos favorecen la migración de finos en el caudal de los hidrocarburos cuando es puesto en producción.

### 2.2.2.2 Configuración Estratigráfica del Area de Orocuál

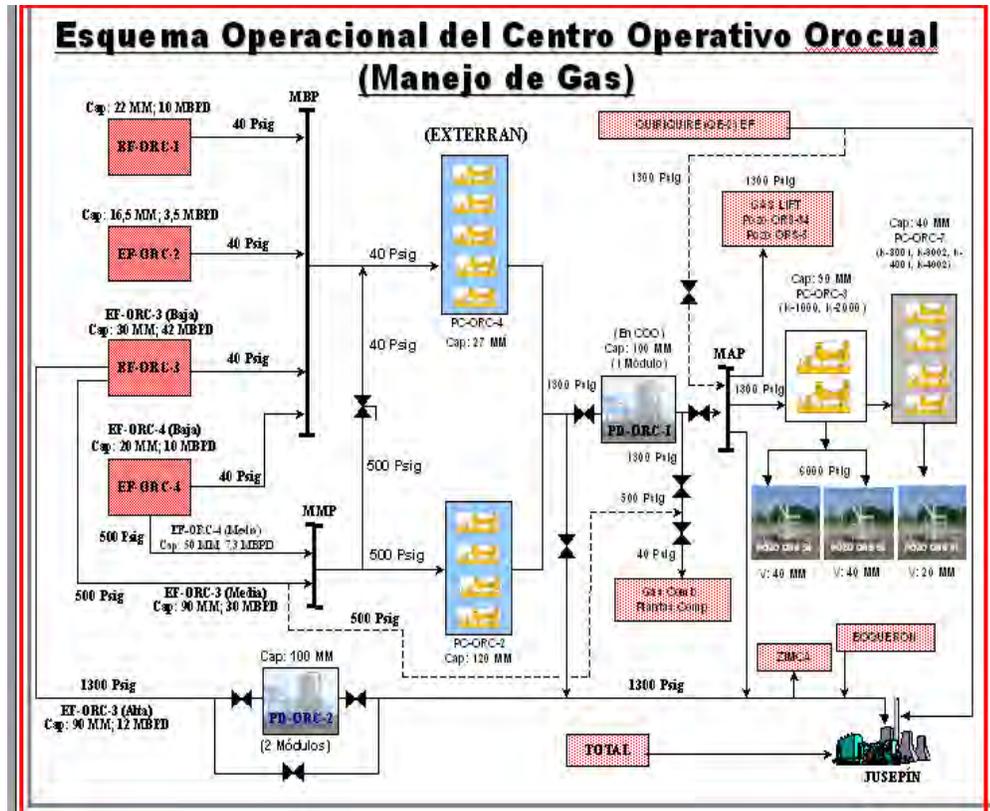
El estudio estratigráfico abarca una descripción de la columna geológica del área, la información por los registros de pozo y un estudio del sistema deposicional a partir de la sísmica. La acumulación de petróleo se desarrolla por la combinación de trampas estratigráficas y estructurales. La columna estratigráfica de la zona del Campo Orocuál (figura 2.2) está integrada por una secuencia sedimentaria que abarca desde el Cretácico Medio hasta el reciente Pleistoceno. Estas secuencias incluyen las siguientes unidades estratigráficas: Formación San Antonio (Cretácico Medio), Formación San Juan (Cretácico Superior), Formación Vidoño (Paleoceno), Formación Caratas (Eoceno), Formación Los Jabillos y Areo (Oligoceno), Formación Carapita (Oligoceno Superior - Mioceno), Formación Las Piedras y Formación Mesa (Pleistoceno) (Intevep, 1998, p 5).

**Figura 2.2** Columna estratigráfica del Campo Orocuál



Fuente: Código Estratigráfico de Venezuela Versión Electrónica

Figura 2.3 Esquema General del manejo de Gas, Campo Orocual



Fuente: PDVSA, 2009

Tabla. 2.1 Condiciones Ambientales del campo Orocual

Elevación sobre el nivel del mar	99,4 m
Humedad relativa	80%
Velocidad del viento	15 Km./h
Temperatura ambiental	32,2 °C (90 °F)
Dirección prevaleciente del viento	Norte
Precipitación máxima diaria	73 mm
Días con tormenta en el año	19

Fuente: Informe PDVSA Orocual 2009

### **2.2.3 Filosofía de Operación de las Plantas Orocual**

#### **A. Operación normal (Flujo Provenientes de PC-ORC-2 y PC-ORC-4)**

La operación normal de la planta compresora PC-ORC-3 es tomando como alimentación principal el gas proveniente de PC-ORC-2 y PC-ORC-4 que previamente ha sido deshidratado en PD-ORC-1 (90 MMPCND).

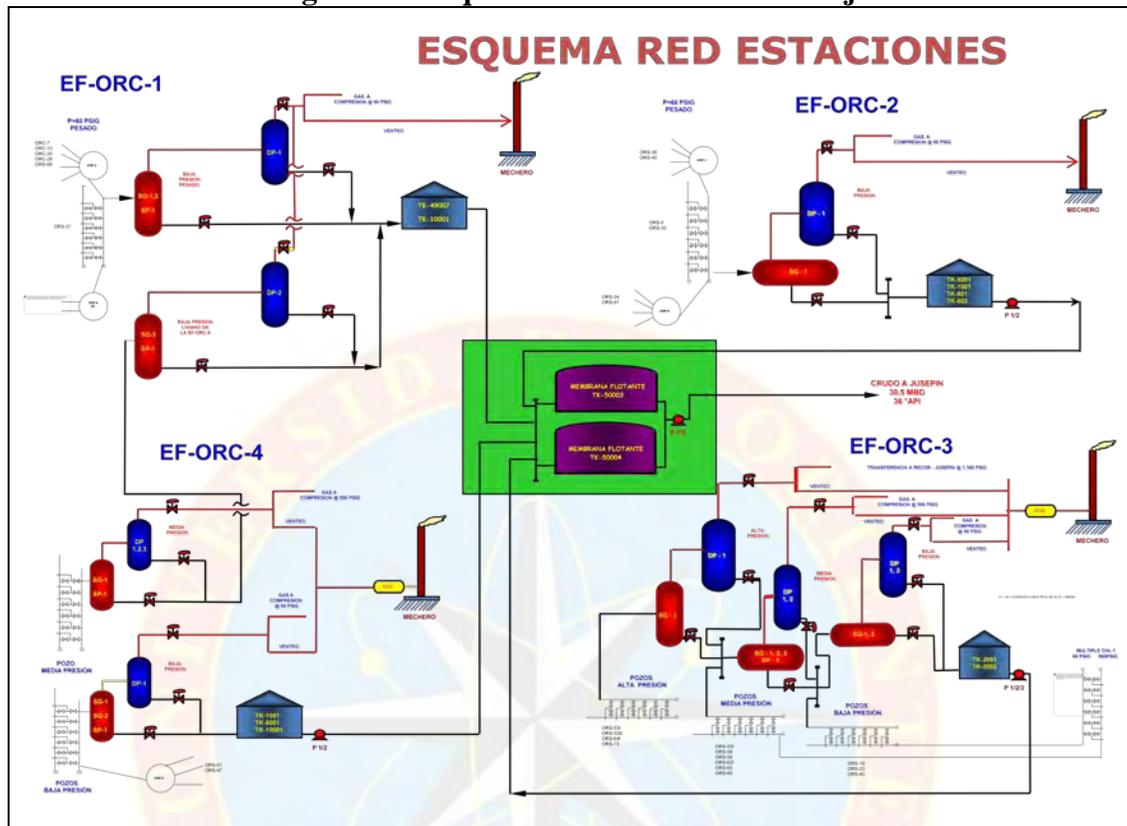
#### **B. Operación con gas desde Quiriquire (PC-ORC-2 y PC-ORC-4 fuera de servicio)**

Cuando el flujo de gas proveniente de PC-ORC-2 y PC-ORC-4 no es suficiente se toma gas adicional de la línea de 16" que viene de Quiriquire o desde Jusepín.

#### **C. Operación con paro parcial o total de la planta compresora PC-ORC-3**

La Planta Compresora Orocual 3 maneja un flujo promedio de 90 MMPCND, esta planta comprime el gas desde 1.300 psig hasta 6.500 psig para ser inyectado al yacimiento San Juan, como operación normal el gas manejado por esta planta será el proveniente de las Plantas PC-ORC-2 y PC-ORC-4 previamente deshidratado en PD-ORC-1. Cuando ocurre un paro parcial o total de la planta PC-ORC-3 el gas comprimido por las PC-ORC-2 y 4 es enviado hacia Jusepín para evitar el paro de las Plantas Compresoras 2 y 4 por alta presión en la descarga.

Figura 2.4 Esquema Red Estaciones de flujo



Fuente: Informe PDVSA, 2009

## 2.2.4 Descripción de Estaciones de Flujo en el Area de Orocuál

### 2.2.4.1 Estación de Flujo Orocuál 01 (EF-ORC-01)

La Estación de Flujo Orocuál 1 está ubicada dentro de los límites del Campo Orocuál, Yacimiento Las Piedras, en el municipio Piar del estado Monagas, aproximadamente a 20 Km al Norte de la Ciudad de Maturín. La estación recibe para su procesamiento diferentes pozos asociados al campo Orocuál a baja presión (60 Lppc) y crudos de otras estaciones para su separación final, con gravedades API comprendidas entre 10° y 45,6°. Esta estación tiene como objetivo describir cualitativa y

cuantitativamente la funcionalidad, desde el punto de vista de procesos, de la EF-ORC-01, desde la recepción de crudo hasta la transferencia de productos a su destino final, así como la seguridad y protección de personal, equipos y medio ambiente.

La capacidad de procesamiento actual de la EF-ORC-01 es de 8.982 BBFD de crudo y 30.991 MPCD de gas, resultando una relación de gas/petróleo (RGP) de 3450. La capacidad instalada de la estación de flujo Orocual-1, de acuerdo a la capacidad de los equipos existentes es la siguiente: La estación puede procesar 12,6 MBFD de crudo y 37,4 MMPCD de gas (2 separadores) y los separadores de prueba pueden manejar un máximo de 4 MBFD de crudo y 16,3 MMPCD de gas (2 separadores). La capacidad del depurador N°1, de acuerdo al diámetro (48 pulg) y a su longitud (12 pies) es de 16,5 MMPCD; y el depurador N°2, de acuerdo al diámetro (42 pulg) y a su longitud (10 pies), puede manejar 10 MMPCD.

#### **2.2.4.2 Estación de Flujo Orocual 02 (EF-ORC-02)**

La Estación de Flujo Orocual 2 está ubicada dentro de los límites del Campo Orocual, Yacimiento Las Piedras, en el municipio Piar del estado Monagas, aproximadamente a 30 Km al Norte de la Ciudad de Maturín. La estación recibe para su procesamiento diferentes pozos asociados al campo Orocual a baja presión (60 Lppc), con gravedades API comprendidas entre 10,1° y 38,2°. Su objetivo es describir cualitativa y cuantitativamente la funcionalidad, desde el punto de vista de procesos, de la EF-ORC-02, desde la recepción de crudo hasta la transferencia de productos a su destino final, así como la seguridad y protección de personal, equipos y medio ambiente.

La capacidad de procesamiento actual de la EF-ORC-02 es de 1.186 BBFD de crudo y 5.210 MPCD de gas, resultando una relación de gas/petróleo (RGP) de 4.393. La capacidad instalada de la estación de flujo Orocual-2, de acuerdo a la capacidad de los equipos existentes es la siguiente: La estación puede procesar 5,5 MBFD de crudo y 15

MMPCD de gas (1 separador) y el separador de prueba puede manejar un máximo de 5,4 MBFD de crudo y 8,4 MMPCD de gas. La capacidad del depurador existente D-1, de acuerdo al diámetro (42 pulg) y a su longitud (10 pies) es de 3 MBFD de crudo y de 20 MMPCD de gas.

#### **2.2.4.3 Estación de Flujo Orocual 03 (EF-ORC-03)**

La Estación de Flujo Orocual 3 está ubicada dentro de los límites del Campo Orocual, Yacimiento Las Piedras, en el Municipio Piar del estado Monagas, aproximadamente a 30 Km al Norte de la Ciudad de Maturín. La estación recibe para su procesamiento diferentes pozos asociados al campo Orocual en baja, media y alta presión (60, 550 y 1300 Lppc), con gravedades API comprendidas entre 26,6° y 47,6°. Su objetivo es describir cualitativa y cuantitativamente la funcionalidad, desde el punto de vista de procesos, de la EF-ORC-03, desde la recepción de crudo hasta la transferencia de productos a su destino final, así como la seguridad y protección de personal, equipos y medio ambiente.

La capacidad de procesamiento actual de la EF-ORC-03 es de 10.654 BBFD y 86.893 MPCD de gas, resultando una relación de gas/petróleo (RGP) de 8.156. Considerando las capacidades de los separadores y depuradores existentes en la Estación Orocual 3, incluyendo sus boquillas (limitaciones por capacidad de las mismas), las capacidades son las siguientes: La estación puede procesar 25.000 BPD de crudo y 60 MMPCD de gas de alta presión (1 separador), 21.000 BPD de crudo y 132,6 MMPCD de gas en el nivel de media presión (3 separadores) y 38.000 BPD de crudo y 60 MMPCD de gas en el nivel de baja presión (2 separadores). El separador de prueba de alta puede manejar un máximo de 8.000 BFD de crudo y 35 MMPCD de gas. El separador de prueba de baja puede manejar un máximo de 16.000 BPD de crudo y 38 MMPCD de gas.

#### **2.2.4.4 Estación de Flujo Orocual 04 (EF-ORC-04)**

La Estación de Flujo Orocual 4 está ubicada dentro de los límites del Campo Orocual, Yacimiento Las Piedras, en el municipio Piar del estado Monagas, aproximadamente a 30 Km al Norte de la Ciudad de Maturín. La estación recibe para su procesamiento diferentes pozos asociados al campo Orocual a baja, y media presión (60 y 550 Lppc), con gravedades API comprendidas entre 7,2° y 41,9°.

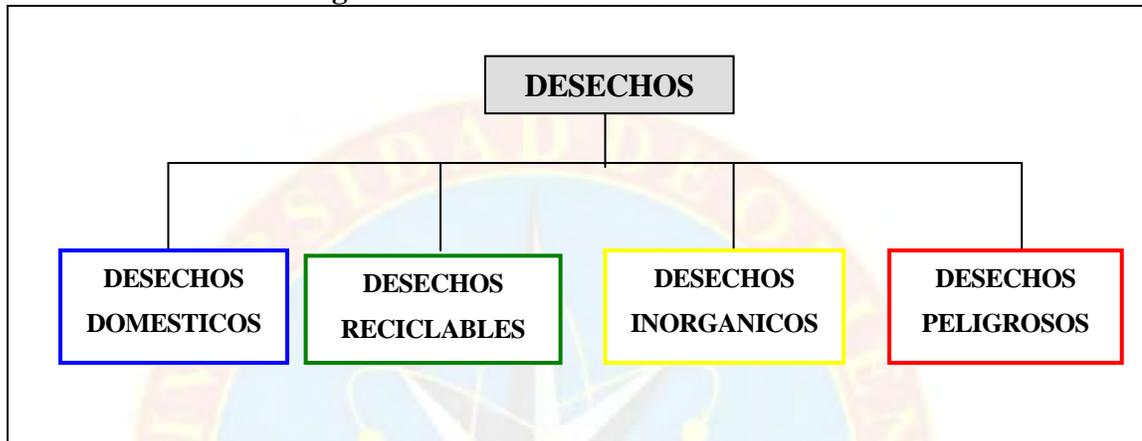
Su objetivo es describir cualitativa y cuantitativamente la funcionalidad, desde el punto de vista de procesos, de la EF-ORC-04, desde la recepción de crudo hasta la transferencia de productos a su destino final, así como la seguridad y protección de personal, equipos y medio ambiente. La capacidad de procesamiento actual de la EF-ORC-04 es de 405 BBFD de crudo y 3.859 MMPCD de gas, resultando una relación de gas/petróleo (RGP) de 9.528. La capacidad instalada de la estación de flujo Orocual-4, de acuerdo a la capacidad de los equipos existentes es la siguiente: La estación puede procesar 8.000 BFD de crudo y 56 MMPCD de gas de media presión (1 separador), 20.000 BFD de crudo y 40 MMPCD de gas en el nivel de baja presión (2 separadores). El separador de prueba de media presión puede manejar un máximo de 2.500 BFD de crudo y 18 MMPCD de gas y el separador de prueba de baja puede manejar un máximo de 2.000 BFD de crudo y 17 MMPCD de gas. Según el arreglo existente (separador de producción/depurador) a diferentes niveles de presión, la estación puede procesar 28.000 BFD de crudo y sólo 95 MMPCD de gas, correspondiente a la capacidad de procesamiento de los depuradores.

#### **2.2.5 Desecho**

Es aquel material para el cual no se prevé un destino inmediato y deba ser eliminado o dispuesto en forma permanente (Todo aquello que no se convirtió en

producto.) La producción de grandes cantidades de residuos sólidos plantea el problema de su manejo, almacenamiento, tratamiento, transporte y disposición final.

**Figura 2.5 Clasificación de los desechos**



Fuente: Internet. [www.ingenieroAmbiental.com](http://www.ingenieroAmbiental.com)

### 2.2.5.1 Desechos Peligrosos

Desecho en cualquier estado sólido, líquido o gaseoso que presenta características peligrosas y que no conserva propiedades físicas ni químicas útiles y por lo tanto no puede ser reusado, reciclado, regenerado u otro diferente. Decreto N° 2.635 Ley Penal del Ambiente. En la siguiente tabla se puede observar los desechos peligrosos generados por negocios e industrias:

**Tabla 2.2 Ejemplos de desechos Peligrosos generados por negocios e Industrias**

<b>Generador de Desecho</b>	<b>Tipos de Desechos</b>
Industria química	Ácidos y bases fuertes, solventes usados, desechos radiactivos
Industria Petrolera	Sedimentos, sustancias inflamables, estanque de almacenamiento, gases tóxicos, etc.
Imprentas y afines	Soluciones de metales pesados, desechos de tinta, solventes usados, desechos de anodizado, o galvanizado, barros de tinta conteniendo barros pesados
Manufacturas de cuero	Desechos de tolueno y benceno
Industria del papel	Desecho de pintura que contienen metales pesados, solventes inflamables, ácidos, bases fuertes.
Manufactura de cosméticos y agentes de limpieza	Polvos con metales pesados, residuos inflamables, solventes inflamables, ácidos y bases fuertes
Manufactura de metales	Restos de pintura que contienen metales pesados, residuos de cianuro, barros con metales pesados, ácidos y bases fuertes.
Talleres mecánicos	Residuos de pintura en base de metales pesados, residuos inflamables, baterías plomo/ácido usadas, solventes usados.

Fuente: Decreto N° 2.635 art 6

### **Identificación de un desecho peligroso**

De acuerdo a lo establecido en el Decreto N° 2.635 “ Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de Desechos Peligrosos.” Art. 6

código de Naciones Unidas (H1-H13) de la Normativa Ambiental Vigente Venezolana; Un Desecho es peligroso si exhibe una o más de algunas de las características que se describen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.3 Características Peligrosas de los desechos peligrosos según**

H1	<b>Explosivos:</b> Sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.
H2	<b>Gases a presión, inflamables, no inflamables, venenosos o corrosivos.</b>
H3	<b>Líquidos inflamables:</b> Líquidos, o mezclas de líquidos o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc., pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emiten vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60,5 °C, en ensayos con cubeta abierta.
H4.1	<b>Sólidos inflamables:</b> Sólidos o desechos sólidos distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalecientes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo debido a la fricción.
H4.2	<b>Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea:</b> sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontaneo en las condiciones normales de transporte, o de calentamiento en contacto con el aire y que pueden entonces encenderse.
H4.3	<b>Sustancias o desechos que en contacto con el agua, emiten gases inflamables:</b> sustancias o desechos que por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontanea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
H5.1	<b>Oxidantes:</b> Sustancias o desechos que sin ser necesariamente combustibles, pueden en general al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
H5.2	<b>Peróxidos orgánicos:</b> Sustancias o desechos orgánicos que contiene la estructura bivalente –O-O, son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.
H6.1	<b>Tóxicos(venenos) agudos:</b> Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel

H6.2	<b>Sustancias infecciosas:</b> Sustancias o desechos que contiene microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
H7	<b>Materiales y desechos radiactivos.</b>
H8	<b>Corrosivos:</b> Sustancias o desechos que por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan o que en caso de fuga, pueden dañar gravemente o hasta destruir otras mercaderías o los medios de transporte, o pueden también provocar otros peligros.
H10	<b>Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua:</b> Sustancias o desechos que por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
H11	<b>Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos):</b> Sustancias o desechos que de ser aspirados o ingeridos o de penetrar en la piel, pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogena.
H12	<b>Ecotóxicos:</b> Sustancias o desechos que si se liberan tiene o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el ambiente, debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.
H13	Sustancias que pueden por algún medio, después de su tratamiento o eliminación, dar origen a otra sustancia que también presenta características peligrosas o generar un producto de lixiviación que exceda las concentraciones máximas permisibles para lixiviados indicadas en el decreto 2635.

Fuente: Decreto N° 2.635 Art. 6: Código de Naciones Unidas (H1-H13)

**Tabla 2.4 Clases de Riesgo de los desechos peligrosos según decreto**

Clase 1	Se aplica a compuestos en estado sólido, poco solubles, no inflamables, ni reactivos, ni corrosivos que aunque contienen elementos que pueden ser perjudiciales al ambiente, los mismos no se liberan ni pasan al ambiente en forma inmediata; si se dispersan sobre el suelo, pueden ser recolectados con utensilios manuales o mecánicos sin exigir equipos de protección completa del trabajador.
Clase 2	Materiales y desechos semisólidos o líquidos, hidrosolubles, no inflamables ni reactivos, ni corrosivos, con elementos tóxicos en concentraciones que no puedan causar un envenenamiento masivo, ni perdurable en el ambiente; no son irritantes ni tóxicos por inhalación; su riesgo mayor está relacionado con su condición fluida que dificulta su recuperación en caso de derrame.
Clase 3	Sólidos o líquidos, combustibles o inflamables solo en presencia de llama, pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total; potencial de dispersión limitado, cantidad transportada que no exceda de 3 toneladas, ni 25 metros cúbicos, con un daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente.
Clase 4	Sólidos o líquidos, explosivos o inflamables sin presencia de llama, corrosivos, reactivos o tóxicos; con efectos potenciales peligrosos y perdurables en la personas o el ambiente, pero en razón a las cantidades transportadas no es factible que ocurran situaciones de destrucción ni contaminación alejadas del lugar del accidente, hay posibilidades técnicas de controlar la diseminación del agente o detener su efecto.
Clase 5	Sólidos, líquidos o gases que pueden producir reacciones explosivas, o ser fácilmente inflamables, muy reactivos, corrosivos, desprenden gases y vapores tóxicos, alto potencial de propagación o diseminación, efecto letales a las personas o letales y persistentes al ambiente, pueden causar destrucción o contaminación a decenas de metros del accidente.

Fuente: Decreto N° 2.635, art.8

### **2.2.5.2 Desechos Domésticos**

Los desechos domésticos no se consideran normalmente peligrosos, dado que casi siempre son materiales que han sido manipulados por personas antes de desecharse. Sin embargo, su composición puede ser muy variable, en gran medida dependiendo del modo de vida del generador. Entre los desechos recogidos de los hogares hay también, pañales desechables, heces animales y basura asociada, junto con productos alimentarios desechados que se degradan rápidamente y emiten un olor desagradable.

### **2.2.5.3 Desechos Inorgánicos**

Proviene de la materia inerte como, plástico, vidrio, metales y otros materiales, estos no se descomponen fácilmente si no que duran un tiempo más en hacerlo.

### **2.2.5.4 Desechos Reciclables**

Los residuos o materiales de desperdicios que en cualquier proceso son recolectados y transformados en nuevos materiales que puedan ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

### **2.2.5.5 Gestión de Residuos Sólidos**

Reducción, Reutilización y Reciclaje

La reducción, reutilización y el reciclaje son los tres pilares de la gestión integral de los residuos sólidos, pero entre ellas se destaca la reducción, que consiste en un cambio de cultura y hábitos consumistas buscando la no-generación de los residuos.

**La reutilización:** Se refiere a la prolongación de la vida útil de los materiales con los cuales están conformados los residuos sólidos recuperados y que mediante procesos se le devuelven a los materiales sus posibilidades de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación.

**El reciclaje:** Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos.

Éste proceso puede constar de varias etapas como: separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, reconversión industrial, transformación, y comercialización. El reciclaje trae múltiples ventajas, puesto que además de mitigar la contaminación, se obtienen beneficios económicos; el material reciclado se usa como materia prima en el proceso industrial, disminuyendo, los costos de fabricación de nuevos productos.

Pero hay algo de mayor importancia, muchos de los materiales que se reciclan son fabricados a partir de los llamados recursos no renovables, es decir, su consumo agota los depósitos terrestres, tales como el petróleo, los metales y materiales minerales.

Otros beneficios de manejar los residuos sólidos adecuadamente son:

- ✓ Incremento de los niveles de salud. Se busca evitar la posibilidad de una infección por agentes patógenos o vectores que provengan de algún residuo.
- ✓ Reducción del impacto ambiental. Reducción de residuos comunes, transformación de residuos orgánicos en abono, buena disposición de los residuos, se evita mezclar

residuos contaminados que generan riesgos a las personas y al ambiente, se evita que residuos reciclables vayan al relleno sanitario.

## **2.2.6 Materiales y Sustancias Peligrosas**

Según diferentes organismos internacionales un **material peligroso** es aquel que, durante su normal manejo, transporte y almacenamiento, puede representar un peligro para la integridad de los seres humanos, animales y medio ambiente. También llamado por su sigla en inglés Hazmat (hazard material).

### **2.2.6.1 Clasificación de los Materiales Peligrosos**

La Organización de las Naciones Unidas clasifica en esta forma los materiales y desechos peligrosos:

#### **Clase 1: Explosivos**

Comprende de sustancias explosivas, artículos explosivos y sustancias que producen efecto explosivo pirotécnico. Se subdivide en seis subclases:

- Materiales y artículos que presentan riesgo de explosión de toda la masa (como la nitroglicerina y la dinamita).
- Materiales y artículos que presentan riesgo de proyección, pero no de explosión de toda la masa.
- Materiales y artículos que presentan riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda de choque o proyección, pero no un riesgo de explosión de toda la masa.

- Materiales y artículos que no presentan riesgos notables. Generalmente se limita a daños en el embalaje.
- Materiales muy poco sensibles que presentan riesgo de explosión de toda la masa pero que la posibilidad de explosión es remota.
- Materiales extremadamente insensibles que no presentan riesgo de explosión de toda la masa.

### **Clase 2: Gases**

Se refiere a cualquier tipo de gas comprimido, licuado o disuelto bajo presión.

Se distinguen tres subclases:

- Gases inflamables. Incluyen generalmente a hidrocarburos procedentes de la destilación del petróleo o de fuentes de gas natural (propano, hidrógeno).
- Gases no inflamables, no venenosos y no corrosivos. Son gases que no se queman con facilidad, y la combustión puede llevarse a cabo solo en condiciones extremas (nitrógeno, helio).
- Gases venenosos. Conformado por mezclas estables de gases, pero capaces de reaccionar con los compuestos orgánicos de las células produciendo la muerte (Cloro, fosgeno).

### **Clase 3: Líquidos inflamables**

Son líquidos, mezclas de líquidos, o líquidos conteniendo sólidos en solución o suspensión, que liberan vapores inflamables a temperaturas relativamente bajas. Estas se clasifican de acuerdo al punto de inflamabilidad, esto es, la temperatura más baja a

la que el líquido desprende vapores en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable en las proximidades de su superficie (Gasolina).

- Punto de inflamabilidad bajo (inferior a  $-18^{\circ}\text{C}$ ).
- Punto de inflamabilidad medio (igual o superior a  $-18^{\circ}\text{C}$  e inferior a  $23^{\circ}\text{C}$ )
- Punto de inflamabilidad alto (igual o superior a  $23^{\circ}\text{C}$  e inferior a  $61^{\circ}\text{C}$ )

#### **Clase 4: Sólidos inflamables**

Incluye a las sustancias espontáneamente inflamables y sustancias que en contacto con el agua emiten gases inflamables. Son las sustancias que se encienden con facilidad, y que en consecuencia representan un peligro de incendio bajo las condiciones industriales normales.

- Sólidos inflamables. Son sólidos que en condiciones normales de transporte son inflamables y pueden favorecer incendios por fricción (Magnesio, fósforo rojo).
- Sustancias que pueden presentar combustión espontánea. Son espontáneamente inflamables en condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire (Fósforo blanco).
- Sustancia que en contacto con el agua desprende gases inflamables o tóxicos (Sodio, potasio).

#### **Clase 5: Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos**

- Oxidantes. Son sustancias que, aun sin ser combustibles, causan o contribuyen a la combustión al liberar oxígeno. No se confunda con las sustancias oxidantes o receptoras de electrones en reacciones químicas (ver Reducción-oxidación) (Nitrato de amonio, peróxido de hidrógeno).

- Peróxidos orgánicos. Compuestos orgánicos con estructura bivalente O-O, térmicamente inestables, capaces de descomponerse en forma explosiva y violenta. Son sensibles al calor o a la fricción.

#### **Clase 6: Sustancias venenosas y sustancias infecciosas**

- Sustancias venenosas. Son sólidos o líquidos que pueden causar efectos graves y perjudiciales para la salud del ser humano si se inhalan sus vapores entran en contacto con la piel (cianuro de potasio, cloruro de mercurio).
- Sustancias infecciosas. Son materiales que contienen microorganismos patógenos viables o toxinas de los que se sabe o se sospecha pudieran originar enfermedades en humanos y en animales (Ántrax, VIH).

#### **Clase 7: Materiales radioactivos**

Se entiende por material radiactivo a todos aquellos que poseen una actividad mayor a 70 kBq/Kg (Kilobequerelios por kilogramo) o su equivalente de 2 nCi/g (Nanocurios por gramo) (Uranio, plutonio).

#### **Clase 8: Sustancias corrosivas**

Son sustancias ácidas o básicas que causan lesiones visibles en la piel y otros tejidos vivos o corroen los metales. Algunas de estas sustancias son volátiles y desprenden vapores irritantes; pueden desprender gases tóxicos cuando se descomponen (Hidróxido de Sodio, ácido sulfúrico).

#### **Clase 9: Sustancias peligrosas varias**

Son sustancias que presentan peligros para el hombre y el medio ambiente, pero sus efectos sobre éstos no clasifican como ninguna de las clases anteriores (por ejemplo el hielo seco).

- Cargas peligrosas que están reguladas en su transporte pero no pueden ser incluidas en ninguna de las clases antes mencionadas (asfalto caliente).
- Sustancias peligrosas para el medio ambiente.
- Residuos peligrosos.

### **Pasivos petroleros.**

A los efectos de esta investigación se denominan como pasivos petroleros a aquellas afectaciones del ambiente, producto del desarrollo de diversas actividades de perforación y producción que se manifiestan como pasivos ambientales, los cuales ameritan el saneamiento y restauración de las áreas afectadas o impactadas por las actividades petrolíferas, gasíferas y petroquímicas. (PDVSA, 2004).

Conceptualmente en términos financieros, pasivos ambientales vinculados con la actividad petrolera se consideran a aquellos que causan pérdidas de otros bienes y servicios que proporciona el capital natural del área; por lo mismo se considera que: activos (facilidades petroleras) y pasivos (daños/ pérdidas ambientales) son las dos caras de la misma actividad petrolera y, por lo mismo ambas tienen el mismo nivel de interés y rigor contable, para realizar una gestión ambiental y de producción exitosa. (PDVSA,2004)

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL EN ESTUDIO**

### **2.3.1 Bases Legales**

El marco legal que regula la gestión de los desechos sólidos en Venezuela está conformado por un amplio grupo de instrumentos normativos que incluyen Constitución

de la República Bolivariana de Venezuela, los acuerdos y tratados internacionales, las leyes orgánicas y especiales, los decretos y las resoluciones.

- **Constitución de la República Bolivariana de Venezuela(1999):**

Los principios que fundamenta la Legislación Ambiental Venezolana se encuentran consagrados en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su título III, de los Derechos Humanos, Garantías y los Deberes, Capítulo IX, de los Desechos Ambientales (contemplados en los artículos N° 127, N° 128 y N° 129),

- **El artículo N° 127 establece:**

“Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y el mundo futuro, toda persona tiene el derecho individual o colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y además áreas de espacial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado y la ley que se refiere a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley”.

- **El artículo N° 128 expresa:**

“El Estado desarrollará una política de ordenamiento del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la

información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento”.

- **El artículo N° 129 establece:**

“Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañados de estudios de impacto ambiental y socio-cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas, y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas. En los contratos que la república celebre con personas naturales o extranjeras, o en los permisos que se otorguen, que involucren los recursos naturales, se consideran incluida aun cuando no estuviera expresada la obligación de conservar el equilibrio ecológico, de permitir el acceso a la tecnología y la transferencia de la misma en condiciones mutuamente convenidas y de restablecer el ambiente a su estado natural si este resultara alterado, en los términos que fije la ley”.

**Ley Orgánica del Ambiente (2006).** Se encarga de "tipificar como delitos aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Así mismo, determina las medidas precautelarias, de restitución y de reparación a que haya lugar".

Entre las sanciones dictadas por la presente Ley, encontramos:

Sanciones principales:

1. Prisión.
2. Arresto.
3. Multa.
4. Trabajos comunitarios.

Las acciones tipificadas como delitos contra el ambiente, entre otras acciones, son las que describimos a continuación:

Será penalizada toda acción donde se vierta, descargue o arroje; sustancias, agentes biológicos o bioquímicos, efluentes o aguas residuales no tratadas, productos, materiales no biodegradables o desechos de cualquier tipo, en contravención a las normas técnicas vigentes, que contengan contaminantes o elementos nocivos para los cuerpos de aguas, sus riberas, cauces, cuencas, mantos acuíferos, lagos, lagunas o demás depósitos de agua, incluyendo el medio acuífero Lacustre, Marino y Costero. (Art.28 y Art.35).

Las Actividades que puedan ocasionar daños, contaminación o alteración de aguas subterráneas o de las fuentes de aguas minerales, capaces de contaminar las aguas subterráneas (Art. 32).

El que vierta, arroje, abandone, deposite o infiltre en los suelos o subsuelos, sustancias, productos o materiales no biodegradables, agentes biológicos o bioquímicos, agroquímicos, objetos o desechos sólidos o de cualquier naturaleza, en contravención de las normas técnicas que rigen la materia, que sean capaces de degradarlos o alterarlos nocivamente. (Art. 42 y Art.43).

Se penalizará a todo el que en contravención a las normas técnicas sobre la materia, genere y maneje desechos tóxicos o peligrosos. (Art. 62).

Esta Ley tiene por objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente, en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta, en interés de la humanidad.

- **Ley Forestal de Suelos y Agua (1966).** Rige la conservación, fomento y aprovechamiento de los recursos naturales que en ella se determinan y los productos que de ello se derivan.
- **Ley de Protección a la Fauna Silvestre (1970)** Rige la protección y aprovechamiento racional de la fauna silvestre y de sus productos, y el ejercicio de la caza.

**Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos (2001)** Tiene por objetivo regular la generación, uso, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las sustancias, materiales y desechos peligrosos, así como cualquier otra operación que los involucre, con el fin de proteger la salud y el ambiente.

En el artículo 6 se menciona la prohibición de descarga de sustancias, materiales o desechos peligrosos en el suelo, subsuelo, en las aguas y en el aire cuando no se aplica la reglamentación técnica que rige la materia, es decir, para poder disponer desechos es estrictamente necesario cumplir con la reglamentación existente.

En el artículo 40, está establecido que las operaciones de almacenamiento, tratamiento, eliminación y disposición final de desechos peligrosos, así como el de los sitios destinados para ello deben reunir las condiciones de seguridad y control de la contaminación, de manera que se garantice el cumplimiento de la normativa que rige la materia.

En el artículo 65, se establece que las personas naturales o jurídicas que manejen desechos peligrosos, deben tener su Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente, que es llevado por el Ministerio del Poder Popular Ambiente (MINAMB)

### **Ley Penal del Ambiente (1992)**

Determina los delitos ambientales definidos, de un modo general, como aquellos hechos que violen disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente. También establece las sanciones penales correspondientes a tales delitos. Igualmente crea sistemas de medidas precautelarias de restitución y reparación, tendentes a minimizar los daños ambientales.

A partir de la Ley Penal del Ambiente, se han formulado decretos específicos que contemplan las normativas técnico – ambiental aplicables a los procesos productivos y definen estrategias detalladas obligatorias para la implementación de todos aquellos aspectos que logren la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, con el fin de lograr el desarrollo sostenible. Además, sirven de base para los organismos encargados en materia ambiental.

- **Decreto 1.257** Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente” ( 1996).

El Objetivo de este decreto es establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente. Este decreto tiene relación directa con el artículo 129 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), la cual establece lo siguiente: “todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañados de estudios de impacto ambiental y socio- cultural”.

- **Decreto 2.635**, “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”( 1998).

Este decreto tiene por objetivo regular la recuperación de materiales y el manejo de desechos, cuando los mismos presentan características, composición o condiciones peligrosas representando una fuente de riesgo a la salud y al ambiente. Quedan sujetas al mismo, las actividades susceptibles de degradar al ambiente, caso industria petrolera, como generadora potencial de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos.

En el capítulo III de este decreto ( N°2.635), se establece el manejo de los desechos peligrosos y las condiciones para disponerlos, de las actividades de exploración y producción de petróleo e incluye, fluidos y ripios de perforación, lodos aceitosos, arenas de producción y suelos contaminados con hidrocarburos. En la Sección II de este capítulo, se establecen las disposiciones técnicas para el manejo de los desechos antes mencionados y en la sección III, se establece el control administrativo de los generadores de desechos de exploración y producción.

El artículo N° 48, establece que los ripios y fluidos de perforación elaborados en base agua, se podrán disponer conforme a las siguientes prácticas: confinamiento en el suelo, esparcimiento en suelos, disposición final en cuerpos de aguas superficiales e inyección en acuíferos no aprovechables, yacimientos petroleros o acuíferos asociados.

En artículo N° 49, establece las prácticas de confinamiento en el suelo, cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. El área de disposición final no debe ser inundable y poseer una capa o membrana impermeabilizante en sus paredes, fondo y tope. Cuando el desecho exceda las condiciones máximas permisibles de lixiviados establecidas en el Anexo D de dicho decreto (ver Anexo A), de lo contrario, deberán ser tratado hasta cumplir con los límites.

2. Los desechos deberán ser mezclados con suelo autóctono u otro material absorbente que les confiera la resistencia y compactación del suelo circundante.
3. La mezcla suelo / desecho resultante no debe de exceder 50% de humedad y deberá cumplir con los parámetros de este decreto.
4. El tope de la mezcla resultante se encontrará por lo menos a un metro de la superficie.
5. La profundidad del acuífero aprovechable más superficial será mayor de seis metros y el fondo de la fosa se encontrará por lo menos a 1.5 metros por encima del mismo.
6. El área de confinamiento deberá, sellarse con suelo y restablecer la cobertura vegetal, empleando plantas preferiblemente de especies propias de la localidad, que no sean frutales y que se adapten a las condiciones presentes.

En el artículo N° 50 de dicho decreto, se establecen las condiciones de esparcimiento en suelos de lodos y ripios base agua y aceite, respectivamente; y suelos contaminados con hidrocarburos, cumpliendo con las siguientes condiciones:

1. El área de disposición final debe estar alejada por lo menos 500 m de cuerpos de agua o fuera de la planicie de inundación de dichos cuerpos, de acuerdo a la información hidrológica existente.
2. La topografía del área de disposición final deberá tener una pendiente menor al 3%, orientada hacia el cuerpo de agua superficial más cercana.
3. El desecho no debe exceder las concentraciones máximas permisibles en lixiviados, establecidas en el anexo D de este decreto.
4. La mezcla suelo / desecho debe cumplir con los parámetros establecidos por este decreto.

La práctica de esparcimiento en suelos descrita en el artículo 50, también menciona las condiciones que debe la mezcla suelo/desecho, en las que se destaca que el contenido de aceites y grasas debe ser menor o igual a 1 (% en peso), un pH entre 5 y 8, los cloruros totales de 2.500 ppm y la conductividad eléctrica menor a 3,5 mmhos/cm.

- **Decreto N° 883**, “Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos” (1995)..

Este decreto establece las normas para el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos. Además, se señala la clasificación de los cuerpos de agua según sus usos, y también, los criterios y niveles de calidad exigibles de acuerdo al uso a que se destinen. En estos se consideran por parámetros específicos y elementos o compuestos, los límites o rangos máximos que son permisibles.

Tiene como objetivo principal controlar la calidad de los cuerpos de agua, tomando en consideración sus usos actuales y potenciales. Para lograr este objetivo, el decreto establece límites de efluentes y obliga a la creación de planes de calidad para cada uno de los cuerpos de agua, estableciendo prioridades dependiendo de los problemas de cada uno.

En el artículo N° 41, se establece que el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, llevará un registro de Laboratorios Ambientales cuyas instalaciones y funcionamiento están debidamente adecuados para efectuar, con un máximo de garantías, la captación y análisis de las muestras de los vertidos.

- **Decreto N° 2.216** “Normas para el manejo de los desechos de origen doméstico, comercial, industrial, o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos”. Regula las operaciones de manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial o de cualquier otra naturaleza, que no presente características de peligrosidad, con el fin de evitar riesgos de salud y al ambiente.
- **Decreto N° 2.219.** “Normas para regular la Afectación de Recursos Naturales Renovables asociada a la Exploración y Extracción de Minerales”. Promulgado el 27/04/1992.

### **2.3.2 Convenios**

#### **2.3.2.1 Convenio de Basilea**

El Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, fue firmado en El Salvador el 22 de marzo de 1990, ratificado el 13 de diciembre de 1991 y entró en vigencia el 5 de mayo de 1992, y tiene como objetivo:

1. Reducir al mínimo, controlar estrictamente los movimientos transfronterizos de desechos y eliminarlos de manera ambientalmente racional.
2. Reducir al mínimo la generación de residuos peligrosos tanto en términos de cantidad como de peligrosidad.
3. Eliminar los residuos peligrosos tan cerca como sea posible de la fuente de generación.

### 2.3.2.2 El Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes es un instrumento internacional, jurídicamente vinculante, que regula la utilización de ciertas sustancias químicas, que por sus características altamente tóxicas para los seres humanos y el ambiente, deben ser eliminadas de forma inmediata.

### 2.3.2.3 Convenio de Róterdam

El Convenio de Róterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional entró en vigor el 24 de febrero de 2004. El Convenio representa un paso importante para garantizar la protección de la población y el medio ambiente de todos los países de los posibles peligros que genera el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos. Contribuirá a salvar vidas y proteger el ambiente de los efectos adversos de los plaguicidas tóxicos y otros productos químicos.

## 2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Almacenamiento de desechos peligrosos:** Depósito temporal de desechos peligrosos bajo condiciones controladas y ambientalmente seguras, sin que se contemple ninguna forma de tratamiento ni transformación inducida.
- **Desecho:** material, sustancia, solución, mezcla u objeto para el que no se prevé un destino inmediato y debe ser eliminado o dispuesto en forma permanente.

- **Desecho peligroso:** Material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que presenta propiedades peligrosas o que están constituido por sustancias peligrosas, que conservan o no sus propiedades físicas químicas o biológicas y para el cual no se encuentra ningún uso, por lo que debe implementarse un método de disposición final. El término incluye los recipientes que lo contienen o los hubieren contenido.
- **Disposición final de desechos peligrosos:** operación de deposición permanente que permite mantener minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho peligroso al ambiente, de conformidad con la reglamentación técnica que rige la materia.
- **Eliminación de desechos peligrosos:** Proceso de transformación de los desechos peligrosos, previo a la disposición final, cuyo objetivo no sea el aprovechamiento de algunos de sus componentes ni de su contenido energético, ni conduzca a la recuperación de los componentes resultantes.
- **Sustancia peligrosa:** Sustancia líquida, sólida o gaseosa que presenta características explosivas, inflamables, reactivas, corrosivas, combustibles, reactivas, biológicas perjudiciales, en cantidades o concentraciones tales que representa un riesgo para la salud y el ambiente.
- **Material peligroso:** Sustancia o mezcla de sustancias que por sus características físicas, químicas o biológicas es capaz de producir daños a la salud, a la propiedad o al ambiente. Incluye los materiales peligrosos recuperables. Para los fines de la presente, los materiales peligrosos estarán clasificados de acuerdo a lo especificado en la reglamentación técnica vigente y en los convenios y en los tratados internacionales ratificados por la República.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación para este trabajo de investigación fue de tipo descriptiva, ya que se realizó una observación detallada de los procedimientos llevados a cabo por el centro de tratamiento y recuperación de desechos para el manejo de fluidos, así como la evaluación de estos para su disposición final. Arias, Fideas (2004), expresa: “... los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aún cuando no se formulen hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación”. (p.23).

#### **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Con la finalidad de alcanzar los objetivos planteados y obtener un buen resultado en la investigación, este proyecto se realizó mediante un diseño de campo, puesto que los datos fueron obtenidos de manera directa en el campo petrolero Orocuál, siendo una de las características principales en esta investigación. Según Arias (2004), expresa en cuanto a la investigación de campo que “ Consiste en la recolección de datos en forma directamente de los sujetos investigados o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna.” (p.28).

#### **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Según Stracuzzi (2004), la población “es el conjunto de unidades de las que se desea obtener información y sobre las que se van a generar conclusiones”. (P.93). La

población del proyecto estuvo representada por el área de operación del Complejo Orocual y ésta a su vez formó parte de los sitios supervisados por la Unidad de Ambiente y Vegetación de la Gerencia de Mantenimiento PDVSA Distrito Furrrial. La muestra es un número determinado de unidades de la población; en este caso la muestra y la población son iguales debido a que se estudió toda la población del área de operación del complejo Orocual.

### **3.4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

#### **3.4.1 Determinación de la Cantidad de Sustancias, Materiales y Desechos Generados por PDVSA Distrito Furrrial en el Campo Petrolero Orocual a Través de una Encuesta Adaptada a las Actividades Petroleras**

Inicialmente se revisaron los archivos existentes en el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente acerca de las diferentes sustancias, materiales y desechos, específicamente para el Distrito Norte del estado Monagas, esto con el fin de realizar la encuesta la cual mostró todos los posibles elementos encontrados, como su ubicación, contenido y características en general; luego de esto se realizaron salidas al campo y su posterior estadía por lapso de 1 mes (Campo Orocual) para la elaboración de documentos o papeles de trabajo como minutas de inspección, y registros fotográficos en el sitio, se entrevistó al equipo de trabajo, se examinaron reportes de impactos ambientales, para así completar y certificar la información.

### **3.4.2 Explicación de los Procedimientos para el Manejo de las Sustancias, Materiales y Desechos Llevados por PDVSA en esta Area**

El procedimiento que se siguió para el desarrollo de este objetivo se realizó mediante la revisión y recopilación teórica referente al proceso de producción del crudo y del gas, además del manejo de las sustancias, materiales y desechos, observación en campo, verificación de planos de la estación, revisión de informes técnicos, memorias descriptivas de la estación, minutas de análisis de los procesos de estación de flujo y planta compresora.

### **3.4.3 Especificación de los Aspectos Ambientales Significativos Asociados a los Procesos Operacionales y Actividades Realizadas por PDVSA en el Area Bajo Estudio**

Esta etapa comprendió la determinación del grado de impacto ambiental que pueden generar los desechos considerados en el desarrollo de la etapa anterior. La evaluación del impacto ambiental consistió en la cuantificación de la magnitud del cambio, de propiedades o factores ambientales a través de análisis de reportes ambientales. Además de la revisión de informes de actividades realizadas en el campo y posterior corroboración en recorridos del mismo, con el fin de verificar la situación ambiental del área de acuerdo a los lineamientos ambientales.

### **3.4.4 Propuesta de Medidas de Mejoras en las Actividades Operacionales que Garanticen que los Métodos de Manejo de las Sustancias, Materiales y Desechos, sean Eficientes**

Durante esta etapa se buscaron diversas herramientas como lo son el caso de técnicas y practicas relacionadas al manejo de sustancias, materiales y desechos que ayudaron a definir en una forma clara y precisa, una estrategia que contribuyó a controlar

y mejorar efectivamente el manejo de las sustancias, materiales y desechos productos de las actividades de producción y tratamiento operadas por PDVSA en el campo Oroqual, apoyándose en leyes y decretos relacionados con la problemática estudiada.

### 3.5 TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

- **Revisión bibliográfica:** a través de las revisiones bibliográficas y antecedentes de la zona se buscó obtener la ubicación real de cada uno de los sitios descritos en el proyecto como su ubicación relativa, croquis de acceso, entre otros, que van a permitir tener una data de los aspectos físico-químicos de las áreas para así tener una base cierta de la información solicitada desde el punto de vista técnico ambiental.
- **Observación directa:** con este método se logró observar eficazmente el estado actual de las sustancias, materiales y desechos peligrosos en cuanto a sus cantidades, origen, clasificación, grado de complejidad, entre otros aspectos que garantizó el valor real de la recolección de los datos en las áreas que son objeto de estudio.
- **Entrevistas a personas conocedoras del tema:** En este sentido las consultas se realizaron a expertos técnicos y a conocedores de las áreas como por ejemplo los custodios de cada una de los sitios descritos por el proyecto con el fin de precisar el manejo de las sustancias, materiales y desechos peligrosos y así profundizar en detalle para su pronta recuperación.

## **3.6 RECURSOS**

### **3.6.1 Humanos**

Para la realización de la evaluación se contó con el apoyo del personal que integra la Dirección General de Calidad Ambiental (Nivel central), Coordinación de Conservación Ambiental (DEA Monagas) del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, personal de PDVSA Distrito Furrrial (Campo Orocuál), además se contó con el soporte de los asesores tanto industrial como académico.

### **3.6.2 Financieros y Materiales**

El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y PDVSA financió parte de los gastos generados en el desarrollo del proyecto, entre ellos se destacan fotocopias, impresiones, computadora personal, impresora, fotocopidora, GPS, informes técnicos y material bibliográfico en general.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS GENERADOS POR PDVSA DISTRITO FURRIAL EN EL CAMPO PETROLERO OROCUAL A TRAVES DE UNA ENCUESTA ADAPTADA A LAS ACTIVIDADES PETROLERAS**

El objetivo que tuvo el determinar la cantidad de sustancias, materiales y desechos en el área del Campo petrolero Orocuál fue el de mostrar todos los posibles elementos encontrados que ocasionaron algún impacto ambiental partiendo de información, como su ubicación, contenido y características en general del área. Además de una estadía por el lapso de un (01) mes (Campo Orocuál) para la revisión de documentos o papeles de trabajo como minutas de inspección, registros fotográficos en el sitio, entrevistas al equipo de trabajo. Se examinaron reportes de impactos ambientales y así se completó y certificó la información.

Conjuntamente a esta actividad, se diseñó un formato para el levantamiento de las observaciones en campo, en la planilla se describe la información recopilada durante el inventario, indicando entre otras cosas: identificación de la instalación inventariada, campo, unidad de explotación y distrito al cual pertenece, tipo de instalación, así como el nombre de las sustancias y químicos identificados, cantidades, tipos de empaque, condiciones de almacenamiento y un croquis que facilitó la ubicación del punto en estudio (ANEXO A) Al mismo tiempo se elaboró el procedimiento con el objeto de definir cada uno de los elementos considerados en el formato de inventario de campo de forma que facilitase el llenado de la misma.

Los informes para la realización del inventario se analizaron de forma diaria, cada informe presentó el compendio de la información levantada en campo por periodo (semanal), así como las actividades desarrolladas, puntos de atención, aspectos relevantes, próximos pasos (planificaciones) para así obtener una información final. Destacando que la forma en la cual se muestra la información dependió de la etapa y el distrito en la que se ubicó el proyecto.

El levantamiento de la información se realizó en el Distrito Furrrial, en instalaciones entre las que se encuentran: 4 estaciones de flujo y descarga, plantas compresoras, almacenes, patio de tanques y pozos; a partir de este listado se obtuvo una Lista, 131 Pozos crudo ( 98 automatizados ), 01 pozo productor de agua, 02 pozos inyectores de gas, 01 pozo inyector de agua, 02 plantas compresoras propias, 01 plantas compresoras alquilada, 02 plantas deshidratadoras, 21 separadores gas/líquido, 12 depuradores de gas, 04 despojadores de líquido, 45 bombas, 07 tanques de estabilización, tanques de pruebas, 05 mecheros, 1 planta de extracción, 2 subestaciones eléctricas, 02 centros de supervisión y control operacional, 01 sala de control de planta..

<b>ENCUESTA</b>			
<b>Nombre de la Empresa:</b> PDVSA .Planta Compresora Orocuál y Producción			
<b>Fecha:</b> 06/10/09			
<b>Nombre del Responsable:</b>			
<b>Dirección:</b> Orocuál se encuentra ubicado a 20 Km. al noroeste de la ciudad de Maturín, en el Municipio Piar del estado Monagas			
<b>Nº DE RASDA:</b> En espera de actualización			
<b>Año de Inicio:</b> 1979			
<b>Teléfonos:</b>		<b>Correo Electrónico:</b>	
<b>Actividad de la Empresa:</b> Tratamiento y compresión del gas Producción de petróleo			
<b>Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos</b>			
<b>Preguntas Sustancias</b>			
<b>1. ¿Utiliza Sustancias peligrosas en su proceso productivo?</b>			<b>Si : X</b>
			<b>No</b>
IMPORTADAS/PROCEDENCIA	CANTIDAD	ESTADO FISICO	ALMACENAMIENTO
No hay sustancias importadas conocidas en uso			

<b>COMPRA NACIONAL/PROVEEDOR</b>	<b>CANTIDAD</b> (Barriles de 208lts/55gal Dosificación: diaria)	<b>ESTADO FISICO</b>	<b>ALMACENAMIENTO</b>
<p>Inhibidor de corrosión</p> <p>Lubrigas</p> <p>Glicol</p> <p>Desengrasante</p> <p>Desoxiclean</p> <p>Dieléctrico</p> <p>Motor gas</p> <p>Refrigerante</p> <p><b>Demulsificantes</b></p> <p><b>Antiespumantes</b></p> <p><b>Proveedores :</b></p> <p>Lipesa (nacional) Av. Orinoco con calle Baruta Edificio LIPESA, Bello monte</p> <p>Servisuclean (nacional)</p> <p>Prolongación Av. Raúl Leoni, frente asoc. ganaderos 5-165, 6001 - Barcelona Anzoátegui - Venezuela</p> <p>PDV ( nacional)</p>	<p>1</p> <p>126</p> <p>10</p> <p>59</p> <p>12</p> <p>28</p> <p>50</p> <p>90</p> <p>29</p> <p>14</p>	<p>Líquidos</p>	<p>Tanques a cielo abierto</p>

<b>PREGUNTAS MATERIALES</b>		
<b>1. ¿Utiliza Materiales Peligrosos en su proceso productivo?</b>	Si <b>X</b>	No
<p><b>En caso afirmativo, indique cual o cuales materiales:</b></p> <p>Aceites, lubricantes, desengrasantes, baterías, filtros, material ferroso (tuberías, válvulas. envases metálicos con aceites, etc), envases plásticos, trapos y guantes o impregnados o sucios.</p>		
<b>Estado físico</b>	<b>Cantidad Utilizada</b>	
Solido <b>X</b>	De acuerdo a lo requerido o utilizado por el personal y equipo.	
Liquido <b>X</b>		
gaseoso		
<b>Tipo de almacenamiento:</b>	A cielo abierto	
<b>2. ¿Empresa o empresas que suministran los materiales?</b>		
PDVSA		
<b>PREGUNTAS DESECHOS PELIGROSOS</b>		
<b>1. ¿En qué fase del proceso se generan los desechos peligrosos e indique los tipos?</b>		
<p>Al momento de realizar el lubricado de los equipos , luego de utilizados los aceites y materiales además de realizar la limpieza de los equipos y del personal el cual los uso ejemplo:</p> <p>Guantes, tapa-oidos, lentes (desechables), filtros, mantos oleofilicos, trapos sucios o impregnados, desechos domésticos, tambores, material ferroso (tuberías, válvulas. Etc.)</p>		

<b>Estado físico</b> Solido <b>X</b> Liquido Gaseoso	<b>Cantidad Utilizada</b>  De acuerdo a lo requerido o utilizado por el personal y equipo.	
<b>Tipo de almacenamiento</b> A cielo abierto		
<b>2. ¿Los desechos peligrosos son dispuestos o eliminados?</b>	<b>Si X</b>	<b>No</b>
<b>En caso afirmativo, indique cual o cuales son dispuestos o eliminados e indique la empresa manejadora que prestara el servicio:</b> Todos son dispuestos. Por vehículos de aseo del gobierno hasta el botadero municipal otros como tanques y material ferroso en adyacencias del campo de Orocuál.		
<b>En caso negativo indique el destino que se le da a sus desechos</b>		
<b>3. ¿Cuáles son los planes para la disposición final o eliminación?</b>  La disposición final es reutilización si es posible o desecharlo semanalmente y colocarlo en un sitio provisional el cual no estorbe hasta ser removido por vehículos especiales y llevados al botadero municipal.		

**ENCUESTA DE INFORMACION GENERAL DE  
SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS  
PELIGROSOS EN LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE  
VENEZUELA**

<b>DIRECCION ESTATAL AMBIENTAL</b>	<b>FUNCIONARIO CONTACTO</b>
Fecha:	Teléfonos:  Correo Electrónico:

Fuente: Adaptado de MINAMB/ DGCA, 2009

**4.2 EXPLICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL MANEJO DE LAS  
SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS LLEVADOS POR PDVSA EN  
ESTA ÁREA**

Las Estaciones de Flujo 1, 2, 3 y 4 del Centro Operativo Orocuai (C.O.O) disponen de un sistema de manejo y recolección de agua de efluentes instalados en cada una de ellas, el cual canaliza los efluentes provenientes de las aguas de lluvias, aguas recuperadas en el proceso de separación líquido - líquido, agua aceitosas producto de limpiezas de los equipos de procesos y aguas normalmente no aceitosas provenientes de la acumulación de las lluvias en los diques de los tanques. Sin embargo, una vez recolectado los efluentes en las tanquillas principales de cada estación son enviados a la Macrofosa de Orocuai o incorporados al proceso mediante facilidades existentes al cañón de alimentación de los tanques de cada estación.

Actualmente se encuentra en desarrollo la ingeniería de detalle del proyecto “Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Efluentes Sólidos y Líquidos del Campo Orocual”, cuyo alcance comprende el diseño del sistema de tratamiento centralizado de las aguas aceitosas provenientes de los drenajes y sistemas de recolección de aguas de lluvia, aguas de limpieza, mantenimiento de equipos y los muros de los tanques pertenecientes al Campo Orocual. No obstante, es importante destacar que este proyecto no comprende el mejoramiento del manejo interno ni la optimización de la infraestructura existente de los sistemas de drenaje instalados en cada una de las estaciones de flujo del Campo Petrolero Orocual.

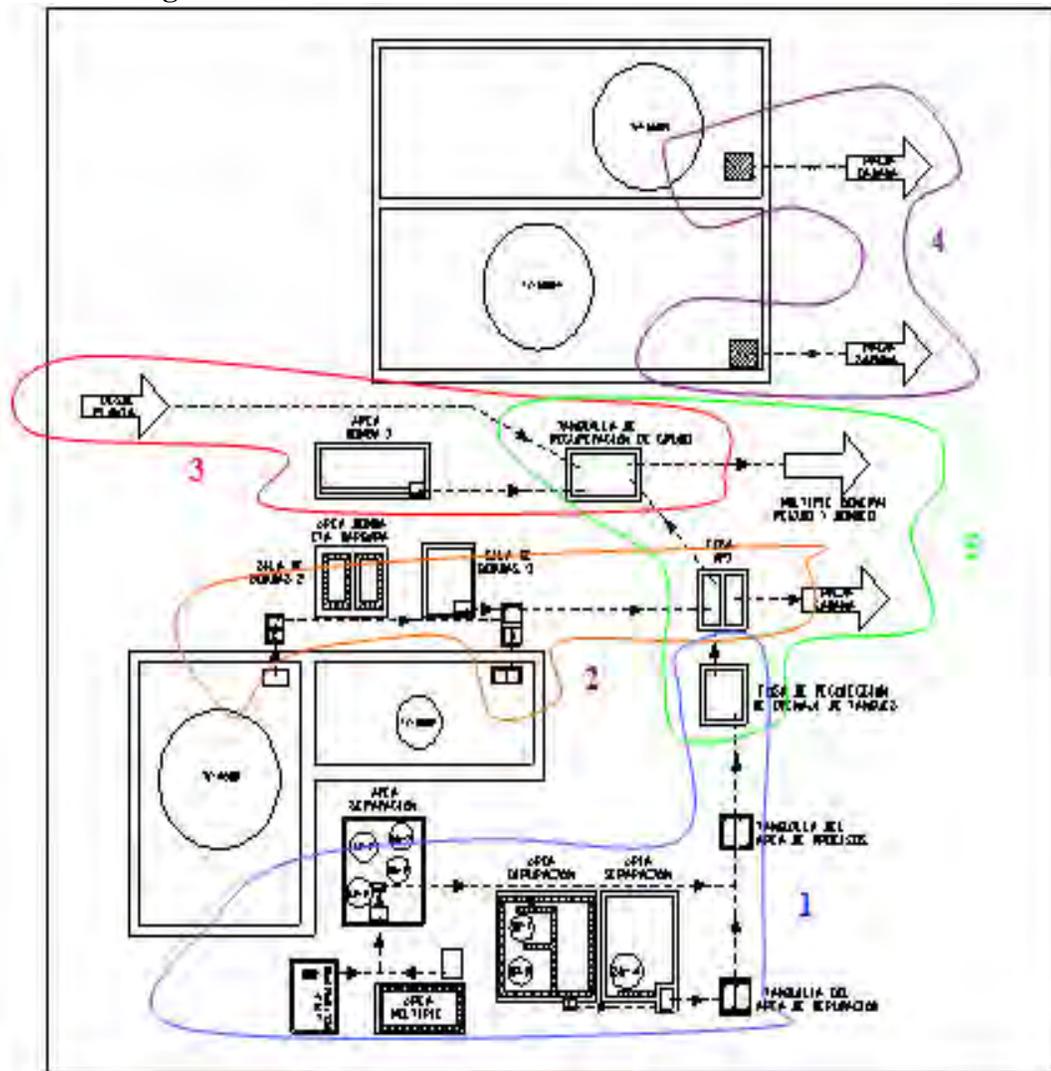
#### **4.2.1 Descripción General de las Estaciones de Flujo**

##### **4.2.1.1 Estación de Flujo Orocual 1 (EF-ORC-1)**

- **Descripción de las instalaciones existentes:**

La red de drenaje de la Estación de Flujo Orocual 1 está conformada por cinco (05) sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos, los cuales se muestran a continuación en la Figura 4.1

**Figura 4.1 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-1**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2009.

El primer sistema recoge las aguas de procesos y aceitosas provenientes de las áreas de separadores, depuradores, múltiple de producción de crudo y válvula multipuerto, ubicadas al noroeste de la estación. Estas aguas son conducidas a la tanquilla del área de depuración y a la del área de procesos, la cual se unen en una

sola corriente hasta converger a la fosa de recolección de drenaje de los tanques y área de procesos.

El segundo sistema recoge el agua captada en los diques de los tanques TK-10001, TK-49007, y la casa de bombas N° 2 y 3. Estas aguas son conducidas a una tanquilla y luego a la fosa API.

El tercer sistema está constituido por el sumidero del área de bomba 1, el cual converge en la tanquilla de recuperación de crudo. Es importante destacar que existe una facilidad para descargar efluentes a esta tanquilla provenientes desde Planta Compresora.

El cuarto sistema está constituido por los sumideros de los diques de los tanques TK-50003 y TK-50004, cuyas aguas son conducidas a la sabana.

El quinto sistema lo constituye la fosa de recolección de drenaje de los tanques, la fosa API y la tanquilla de recuperación de crudo. Cuando el agua libre drenada de los tanques o el agua recolectada del área de procesos son enviada a la fosa de recolección de drenaje, esta puede ser bombeada hacia la Macrofosa de Oroqual. No obstante, si el nivel de líquido se incrementa parte de los efluentes son enviados por gravedad a la fosa API, la cual recibe también los efluentes de los sistemas 2 y 3, en esta fosa API se realiza la separación líquido - líquido, y el agua separada es enviada a la sabana y el crudo recuperado es enviado por gravedad a través de una tubería hacia la tanquilla de recuperación de crudo la cual recibe a su vez los efluentes del sistema 4, esta tanquilla posee un sistema de bombas para incorporar el crudo recuperado al cañón de recibo de los tanques de almacenamiento.

- **Puntos relevantes:**

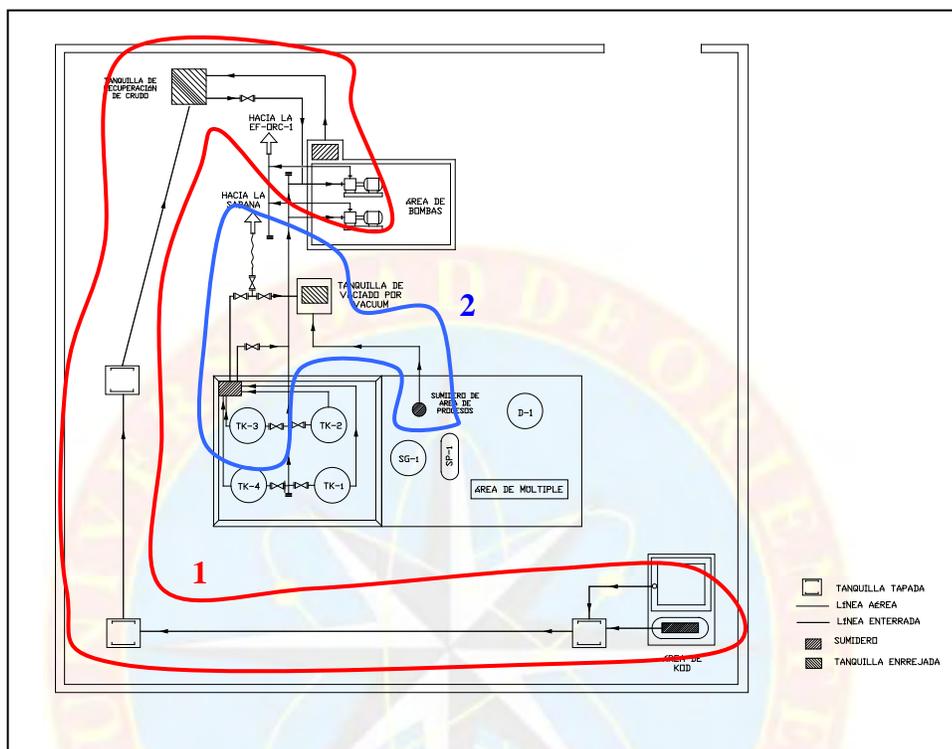
- La separación líquido - líquido en el separador de aceite API, no es realizada correctamente de tal forma que actualmente no es posible enviar agua a la sabana.
- La canalización de aguas de lluvias y la de recolección de aceites del área de proceso están en un mismo sistema.
- El agua recogida en los diques de los tanques identificados como TK-50003 y TK-50004 actualmente se descarga al canal de recolección de aguas de lluvia y es dirigida al terreno circundante de la estación de flujo. Es de notar, que existiendo dos (02) tanquillas en la salida de cada dique, las aguas son dirigidas indistintamente a la sabana circundante.
- Cavitación en la bomba de la tanquilla de recolección de drenaje de los tanques.

#### **4.2.1.2 Estación de Flujo Orocual 2 (EF-ORC-2)**

- **Descripción de las instalaciones existentes:**

Esta instalación está conformada por dos (02) sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvias y efluentes aceitosos de la estación (ver Figura 4.2).

**Figura 4.2 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-2**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2009.

El primer sistema está conformado por una (01) tanquilla general de recolección achicada únicamente por vacuum, esta centraliza los efluentes provenientes de la tanquilla ubicada en el área de proceso que recoge las aguas de lluvias y crudo proveniente del drenaje de los visores de los equipos, como también el agua captada en la tanquilla ubicada en el dique de los tanques. Es importante resaltar, que el agua recogida en el dique de los tanques puede conducirse a criterio del operador y mediante el uso de un juego de válvulas hacia la sabana en el caso de que el agua recolectada provenga exclusivamente de las lluvias.

El segundo sistema está conformado por una (01) tanquilla de recuperación de crudo la cual recibe los efluentes provenientes de la sala de bombas de transferencia y

el área del despojador de líquidos (KOD). El crudo recuperado en esta tanquilla puede ser incorporado a la producción mediante una interconexión existente a la succión de la bomba principal de transferencia de la estación.

- **Puntos relevantes:**

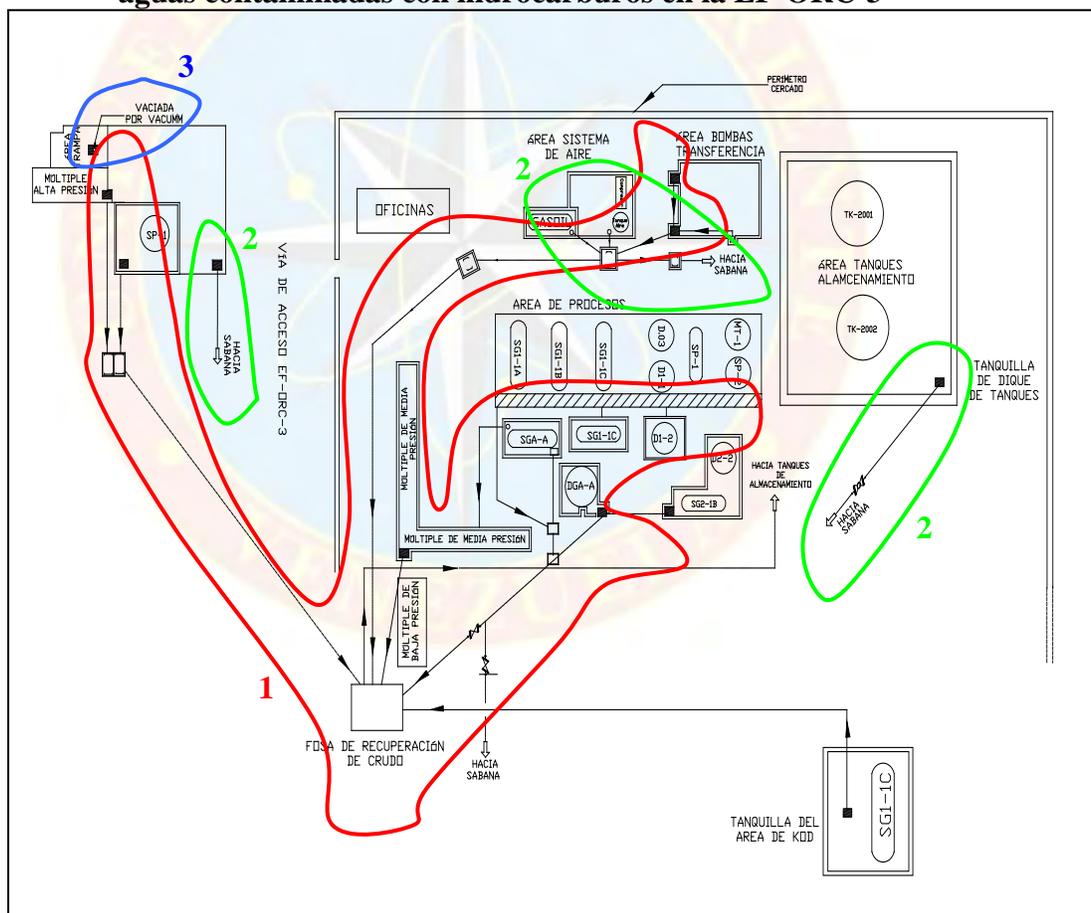
- Se apreció, que la tanquilla de vaciado por vacuum no posee una facilidad que le permita al operador, dependiendo de su criterio, bajar el nivel de líquidos recolectados para prevenir un posible derrame sin la necesidad de recurrir a un camión vacuum en el momento de tener un alto nivel en la tanquilla.
- La tanquilla de recuperación de crudo no cuenta con un sistema de bombeo independiente para bajar el nivel de líquido, actualmente se utiliza una de las bombas de transferencia para vaciar esta tanquilla mediante una facilidad que posee hasta el cañón de succión.
- Existe acumulación de sedimentos en el fondo de los tanques, originando obstrucción en las válvulas ubicadas en la parte inferior de los tanques impidiendo el drenaje del agua libre. No obstante, por las condiciones actuales de los tanques, no se recomienda realizar una inversión para realizar un mantenimiento mayor del mismo, debido a que la Gerencia de Ingeniería y Procesos de Superficies (GIPS) está desarrollando un proyecto que incluye el reemplazo de los tanques existentes.
- El área de proceso no posee losa de concreto para recuperar los efluentes específicamente en los equipos: múltiple, separador y depurador.

### 4.2.1.3 Estación de Flujo Orocual 3 (EF-ORC-3)

- Descripción de las instalaciones existentes:

La Estación de Flujo Orocual 3 consta de tres (03) sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas efluentes provenientes del proceso como se muestra a continuación en la Figura 4. 3.

**Figura 4.3 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-3**



Fuente: Informe PDVSA, 2009.

El primer sistema está conformado por la tanquilla principal de recolección de líquidos, donde convergen todos los efluentes del área de proceso de la instalación, es decir, área de múltiples, separación, depurador, área de bombas y despojadores de líquido. Los líquidos recolectados en la tanquilla ubicada en el área del despojador de líquido son enviados por unas bombas a la tanquilla principal de recolección. Una vez recolectados los líquidos en esta tanquilla estos pueden ser incorporados a los tanques de la estación mediante un sistema de bombeo. Es importante resaltar, que el agua recogida en el área de separación y depuración puede conducirse a criterio del operador y mediante el uso de un juego de válvulas hacia la sabana en el caso de que el agua recolectada provenga exclusivamente de las lluvias.

El segundo sistema recolecta los efluentes y agua de lluvia del área de la losa del tanque de combustible y compresores para ser enviado a la sabana, como también el agua recolectada en la tanquilla ubicada en el dique de los tanques y área del separador de prueba de alta presión.

El tercer sistema consta de una (01) única tanquilla ubicada en el área de las trampas de envío y recepción de herramientas, una vez recolectados los efluentes son extraídos mediante vacuum y enviados a la Macrofosa de Orocuál.

- **Puntos relevantes:**

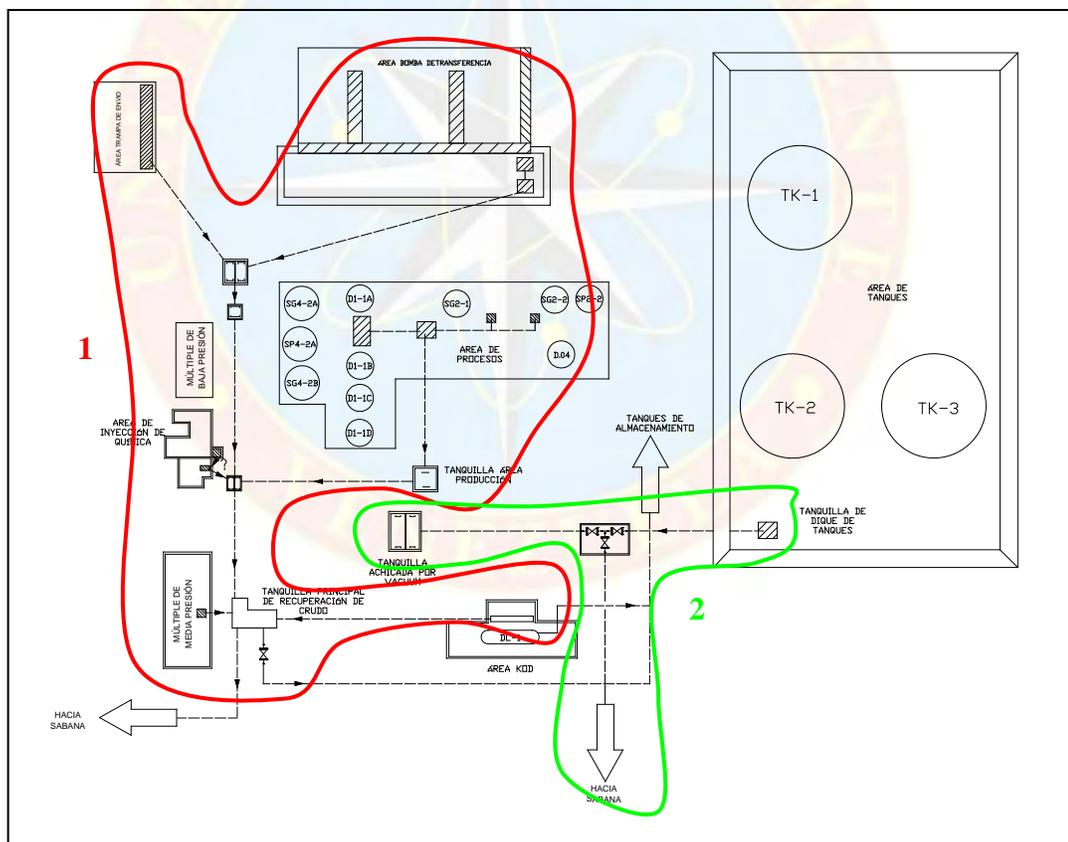
- El múltiple de baja presión no posee losa para canalizar cualquier fuga de líquido que pueda provenir de sus accesorios.
- El piso del dique de los tanques no se encuentra impermeabilizado y las aguas recogidas en él son vertidas en la sabana.
- Trazas de aguas aceitosas en la sabana.

#### 4.2.1.4 Estación de Flujo Orocual 4 (EF-ORC-4)

- Descripción de las instalaciones existentes:

Esta instalación está conformada por dos (2) sistemas independientes de recolección de aguas de lluvia y efluentes de la estación los cuales se muestran en la Figura 4.4.

**Figura 4.4 Sistemas independientes para la recolección de aguas de lluvia y aguas contaminadas con hidrocarburos en la EF-ORC-4**



Fuente: Informe PDVSA, 2009.

El primer sistema está constituido por una (01) tanquilla principal de recolección, la cual centraliza las aguas provenientes de la tanquilla de la caseta de bombas, de las trampas de envío, del área de inyección de química del área del múltiple media presión, del área del despojador de líquido y del área de separación y depuración de la etapa de media y baja de la estación, una vez recolectadas las aguas de lluvias y las aguas aceitosas de la estación estas son canalizadas a la tanquilla principal, la cual posee un sistema de bombeo que incorpora estos fluidos a la producción de la estación.

El segundo sistema está constituido por una tanquilla de recolección achicada únicamente por vacuum, esta recoge los efluentes y aguas de lluvias provenientes de la tanquilla ubicada en el dique de los tanques. Es importante resaltar, que el agua recogida en el dique de los tanques puede conducirse a criterio del operador y mediante el uso de un juego de válvulas hacia la sabana en el caso de que el agua recolectada provenga exclusivamente de las lluvias.

- **Puntos relevantes:**

- La tubería de drenaje del Separador SG-4B que descarga a la tanquilla principal, presenta una fuga de fluido debido a que durante su utilización se han presentado en el piso emanaciones de crudo.
- En el área correspondiente al múltiple de baja presión no presenta losa de piso de concreto ni facilidades para la recolección de las aguas aceitosas. No obstante, este múltiple quedará fuera de servicio por la incorporación de la válvula multipuerto ubicada en la estación.
- La tubería que comunica la tanquilla de recolección de líquidos del KOD con la tanquilla principal presenta obstrucción debido a que cuando llueve, ésta no

desaloja con facilidad y es necesario la utilización de un vacuum para achicar la tanquilla.

- Otro punto relevante es que actualmente los tanques de la EF-ORC-4 poseen una gran acumulación de sedimentos en el fondo, los cuales han originado una considerable obstrucción en las válvulas de drenaje de agua libre impidiendo su uso para su posterior drenaje. De igual forma por las mismas condiciones que presentan los tanques de la EF-ORC-2, en la EF-ORC-4 no se recomienda realizar una inversión que abarque la salida del servicio del tanque para realizar un mantenimiento interior, puesto que en la Gerencia de Ingeniería y Procesos de Superficies (GIPS) está en desarrollo un proyecto que incluye el reemplazo de los tanques existente debido a que estos están obsoletos, en muy mal estado y por su diseño están fuera de normas.

#### **4.2.2 Descripción General de las Plantas Compresoras**

A continuación se describen brevemente los sistemas existentes de recolección de aguas aceitosas de las Plantas Compresoras y de las Estaciones de Flujo 1, 2, 3 y 4 del Campo Orocual.

##### **4.2.2.1 Plantas Compresoras Orocual 1, 2, 3 y 4 (actualmente 2, 3, 4 y 7)**

El Complejo Orocual está constituido por cuatro (04) Plantas Compresoras: PC-ORC-01, PC-ORC-02, PC-ORC-03 y PC-ORC-04, y por una Planta Deshidratadora de Gas. Las aguas contaminadas con hidrocarburos que genera cada planta compresora, procedentes de las aguas de lluvias contaminadas con aceite en las áreas de proceso, de la limpieza y lavado de equipos en áreas de procesos, son recolectadas y concentradas en tanquillas de recolección, ubicadas en cada planta.

Actualmente, las aguas aceitosas de las cuatro (04) plantas compresoras se recogen en un tanque de 500 Bls, ubicado al Sur-Este del Complejo. Este tanque será desincorporado, una vez que se incluya al proceso el tanque de estabilización T-1501 de 1.500 Bls de capacidad, el cual tiene asociado una bomba de transferencia de Efluentes de 300 gpm, como parte del proyecto que contempla la recolección de los efluentes aceitosos de todas las Plantas Compresoras del Complejo. En la fotografía 2 del anexo 4, se presenta el tanque de estabilización T-1501.

La realización del proyecto del tanque de estabilización T-1501 implicó la construcción de nuevas tanquillas, con lo cual se desincorporarán algunas de las ya existentes. Las nuevas tanquillas corresponden a las Plantas Compresoras 2 y 4.

- **Puntos relevantes:**

- La tanquilla de 1,70x0,80x2,70 asociada a Planta Compresora 1, se encontraba desbordada para el momento de la visita. El operador de plantas indicó que era debido a problemas presentados en la bomba asociada. Esta, al igual que la tanquilla enrejada de 1,00x1,00x1,40, se mantendrán dentro del esquema de recolección de los efluentes aceitosos de la planta, cuando se incorpore el tanque de estabilización T-1501.
- En la Planta Compresora 3, de acuerdo a la información suministrada por el operador, no se contempla una nueva tanquilla para la incorporación del tanque de estabilización T-1501.
- Actualmente, las aguas aceitosas de la PC-ORC-04 se recogen en un tanque de aguas aceitosas de 3 m de diámetro y 5 m de altura, el cual según información del operador será desincorporado una vez que se incorpore al proceso el tanque de estabilización T-1501.

- Para el momento de la visita, la PC-ORC-01 estaba siendo desmantelada.
- El área donde se ubica el tanque de aceite mineral TK-2, al frente de la PC-ORC-02, posee losas pero no tiene brocales (ver fotografía 33 del anexo 4).

Entre los desechos y materiales de uso laboral se indica que estos se desechan a través de vehículos especiales enviados por empresas privadas las cuales son contratadas por PDVSA para que cumplan con este servicio dos (02) veces a la semana como se observa a continuación en fotografías:

**Figura 4.5 Recolección de materiales y desechos de origen Laboral en el campo de Orocual.**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010.

**Figura 4.6 Recolección de materiales y desechos de origen Laboral en el campo de Orocual.**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010.

Es importante acotar que algunos de los desechos y materiales de origen ferroso están localizados en las adyacencias del campo los cuales cada determinado tiempo son removidos por empresas contratadas para que se encarguen de su remoción.

**Figura 4.7 Localización Provisional de materiales y desechos de origen Ferroso en el campo de Orocual.**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010.

**Figura 4.8 Remoción de materiales y desechos en el campo de Orocual.**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010

#### **4.3 ESPECIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS ASOCIADOS A LOS PROCESOS OPERACIONALES Y ACTIVIDADES REALIZADAS POR PDVSA EN EL ÁREA BAJO ESTUDIO**

La Gerencia de Saneamiento y Restauración de Pasivos Ambientales de PDVSA del Distrito Furrrial tiene dentro de sus responsabilidades cuatro (4) áreas fundamentales: Saneamiento de Fosas, Recuperación de Hidrocarburo, Desmantelamiento de Instalaciones Abandonadas y Tratamiento de Productos Químicos y Desechos Tóxicos, con el objeto de disponer los pasivos ambientales existentes en las áreas operaciones de PDVSA E&P Oriente, para de esta manera dar cumplimiento a la normativa ambiental vigente en el país, específicamente las “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”, publicadas según Decreto N° 2.635 mediante Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.245 (Extraordinario), Agosto 3, 1998.

Esta gerencia, inicia sus actividades con el proyecto de Saneamiento de Fosas, seguidamente para el año 2006 se crea la Supervisión Mayor de Productos Químicos y Desechos Tóxicos, con la finalidad de atender los pasivos tipo químicos existentes en las áreas operacionales de PDVSA y así incluirlo dentro de marco del plan general de saneamiento de pasivos 2.006 -2012 de la empresa petrolera.

Esta Supervisión se encarga de dirigir de forma integral las actividades asociadas al proyecto Sustancias Químicas y Desechos Tóxicos en sus tres fases: primero el inventario preliminar en campo, seguidamente de la caracterización de las sustancias y desechos tóxicos y por último el de tratamiento y la disposición final.

Para la especificación de los diferentes aspectos se procedió a revisar las minutas de tomas de muestras de aguas aceitosas de las principales unidades recolectoras de las Estaciones de Flujo y Plantas Compresoras, además de los cellars de cuatro (04) pozos asociados a cada estación, para efectuar la determinación de los parámetros contenidos en el artículo 18 del Decreto N° 883 sobre las “Normas para el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua vertidas o efluentes líquidos”. Los resultados de este análisis fisicoquímico, fueron realizados por TRAC-Laboratorios. En la tabla 4.1 se presentan los parámetros fisicoquímicos y las concentraciones de las especies presentes en las aguas recuperadas del proceso de separación del agua del crudo.

La especificación del agua tratada depende del uso o disposición final establecida, siendo en este caso la inyección a pozos para disposición final. La calidad del agua para inyección debe cumplir con ciertas especificaciones basadas en las especificaciones establecidas por la Gerencia de Yacimientos de PDVSA y en el límite o rango de cumplimiento del contenido de aceites, grasas, e hidrocarburos contenidas en el Artículo 18 del Decreto N° 883 sobre las Normas para el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua vertidas o efluentes líquidos. El artículo 25 del Decreto N° 883 sobre las “Descargas o Infiltración en el Subsuelo”, literalmente no establece límites permisibles

para la inyección de efluentes en el subsuelo, pero si establece que las condiciones para inyección se fijarán de acuerdo a las características de cada yacimiento.



**Tabla 4.1 Resultados de Análisis de las Muestras Recolectadas en Tanquillas de (Muestra Estación de Flujo Orocual 1)**

			ESTACION DE FLUJO OROCUAL 1			
			Tanquillas de aguas aceitosas y Cellar de un pozo			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	3,50x3,00x2,00	3,35x3,15x3,30	3,00x1,80x2,50	Cellar Pozo
Densidad @ T,P Agua	Lb/ft <sup>3</sup>	2520 C	63,05	63,67	63,05	63,05
Densidad @ T,P Aceite	Lb/ft <sup>3</sup>	ASTM D-891	56,75	57,30	56,75	56,75
Viscosidad del Aceite	cP	ASTM D-2669	552	552	552	552
Temperatura	°F	2550 B	86	86	86	86
Presión	psig	NO APLICA	Atmosférica	Atmosférica	Atmosférica	Atmosférica
Aceites y Grasas Emulsionadas	mg/L	5520 B *	0.11	93.4	1.44	50
Aceites y Grasas Libres	mg/L	5520 B *	3.90	682	1.44	15
Aluminio	mg/L	3500 Al B	5.79	<0.01	0.69	1.39
Arsénico total	mg/L	3500 As B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Bario total	mg/L	3500 Ba B	3.21	<0.01	1.12	0.54
Cadmio total	mg/L	3500 Cd B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cianuro Total	mg/L	4500 CN B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cloruros	mg/L	4500 Cl C	15.49	3911.29	7.49	28.99
Cobre total	mg/L	3500 Cu B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cobalto total	mg/L	3500Co B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Organismos Coliformes totales *	NMP/100 mL	9221 B	1.1 x 10 <sup>3</sup>	9	4	150
Cromo total	mg/L	3500 Cr B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
DBO5,20	mg/L	5210	16.2	68.9	5	15.80
DQO	mg/L	5220	96.39	472.29	36.14	93.98
Detergentes	mg/L	5540 C	0.29	Interferencia	0.234	0.54
Fenoles y sus derivados	mg/L	5530	<0.01	3.40	<0.01	0.32

Fuente: TRAC- Laboratorios, 2009.

**Cont. Tabla 4.1 (Cont.): Resultados de Análisis de Muestras Recolectadas en Tanquillas de Estación de Flujo Orocual 1**

PARAMETRO	UNIDAD	METODO	3,50x3,00x2,00	3,35x3,15x3,30	3,00x1,80x2,50	Cellar Pozo
Fluoruros	mg/lt	4500 F B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Fósforo total	mg/L	4500 P C	1.30	4.70	0.83	1.06
Hierro Total	mg/L	3500 Fe B	7.69	1.55	2.62	1.85
Hidrocarburos	mg/L	5520 F	2.98	635.6	1.20	46
Manganeso total	mg/L	3500 Mn B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mercurio total	mg/L	3112 B / 3500 Hg	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Níquel	mg/L	3500 Ni B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nitrógeno total	mg/L	4500 N	1.81	6.04	1.45	1.57
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	mg/L	4500 NO <sub>3</sub> B + 4500 NO <sub>2</sub> B	0.95	3.21	0.76	0.75
pH	Unidades	4500 H B	6.92	8.24	7.28	6.79
Plata total	mg/L	3500 Ag B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Plomo total	mg/L	3500 Pb B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Selenio	mg/L	3500 Se B	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Sólidos flotantes	mg/L	2530 B	Ausentes	Presentes	Ausentes	Ausentes
Sólidos Suspendidos	mg/L	2540 D	124	190	50	10
Sólidos Sedimentables	mg/L	2540 F	0.7	0.5	<0.3	0.3
Sulfatos	mg/L	4500 SO <sub>4</sub> B	1.89	157.02	6.49	6.49
Sulfuros	mg/L	4500 SO <sub>3</sub> B	0.16	0.48	0.32	0.32
Zinc	mg/L	3500 Zn B	0.90	1.33	0.32	0.43
Biocidas Organoclorados	mg/L	APHA 6610 A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Biocidas Órgano fosforados y Carbamatos	mg/L	APHA 6610 A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Fuente: TRAC- Laboratorios, 2009.

Es importante indicar que el principal proceso operacional que genera un impacto ambiental negativo es el vaciado de algunos de los materiales, desechos y sustancias provenientes del campo en la llamada Macrofosa de Orocuál la cual a través de un estudio batimétrico realizado por Consultora y Constructora Incenter, C.A. en el año 2009, proporcionó las siguientes características:

- En la macrofosa no se distingue ningún tipo de manto de protección al impacto posible en el suelo por lixiviación de efluentes u otros desechos (Figura 4.9)
- La macrofosa es casi rectangular exceptuando por la esquina noreste donde se presenta un talud de tierra de aproximadamente cuatro (04) metros de altura y una prolongación de cuarenta (40) metros de largo.
- Se visualiza como la berma se incrementa de altura de cero a seis metros aproximadamente, en dirección Oeste Este, incluso su inclinación es en esta tendencia. Es posible que se presente al momento de sanear suelo impactado por el lado Este debido a dicha inclinación, más aún por la falta de algún tipo de manto de protección. Se recomienda analizar los efluentes y los sedimentos para determinar posibles contenidos de metales, BTEX o compuestos fenólicos que puedan lixiviar.
- Aproximadamente a cinco metros del perímetro de la fosa se encuentra una cerca que limita la macrofosa.
- Existe maquinaria pesada para la extracción de crudo en lado Oeste de la macrofosa, al igual que una plataforma (Figura 4.10)
- Se presenta tubería de diámetros que varían aproximadamente entre dos (02) y diez (10) pulgadas que van en dirección Noreste al sureste.
- Se evidencia en la esquina Norte la descarga de camiones de vacío
- En la esquina noreste el nivel del total fases es el más bajo.

**Figura 4.9 Vista Sur de la Macrofosa ORC-1**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010.

**Figura 4.10 Equipos pesados presentes en la Macrofosa ORC-1**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2010.

Se realizó el levantamiento de la zona perimetral de la macrofosa con un GPS satelital cada treinta (30) metros obteniendo veintisiete (27) puntos. Cabe destacar que el error de este tipo de GPS es de dos a seis metros. Durante el levantamiento de esta información se colocaron estacas indicándolas progresivas y las coordenadas georeferenciales.

#### **4.4 PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORAS EN LAS ACTIVIDADES OPERACIONALES QUE GARANTICEN QUE LOS METODOS DE MANEJO DE LAS SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS, SEAN EFICIENTES**

Toda instalación de manejo de residuos, ya sea un centro que maneje varios tipos de residuos o uno que maneje solo un tipo de éstos, requiere de planes y programas como guía para llevar a cabo las operaciones diarias y adicionalmente permitir la prevención de accidentes.

A pesar de que los planes y programas dependen del tipo de actividad del centro de manejo de desechos, ciertos elementos son comunes a todos. Estos elementos de los planes y programas son: caracterización de los desechos, consideraciones de seguridad, inspección y mantenimiento de equipos, adiestramiento de los trabajadores, documentación y registro de operaciones, medidas de prevención de accidentes y planes de contingencia, planes de emergencia y clausura. A continuación se describen con detalle estos puntos.

- **Caracterización de los desechos:** juega un papel fundamental en las operaciones diarias de cualquier instalación que maneje desechos. Antes de que el centro de manejo acepte tratar un desecho, éste debe ser caracterizado. Una caracterización adecuada se inicia con la obtención de una muestra representativa del desecho. Esto puede resultar difícil, ya que el desecho puede no ser homogéneo, presentar

varias fases, tamaños de partículas o gradientes de concentración.

Todo plan de muestreo debe ser diseñado tomando en cuenta estas características y como resultado se debe obtener una muestra que refleje las propiedades del desecho o residuo. El plan de análisis debe indicar procedimientos analíticos, equipos, métodos de calibración y procedimientos de control de calidad.

Los procedimientos de muestreo y análisis tienen los siguientes objetivos:

- a.* Identificar los riesgos inherentes al desecho: las características de los desechos tales como inflamabilidad, reactividad, corrosividad o incompatibilidad, permiten tomar precauciones y evitar accidentes, así como facilitar su manejo. Por ejemplo, los desechos incompatibles con ciertos materiales requieren de manipulación especial; los que contienen contaminantes muy solubles, deben protegerse de la lluvia; los que provocan nubes explosivas, deben manejarse de tal forma que se minimicen los vapores. Las propiedades de los desechos son especialmente importantes para diseñar sistemas de tratamiento y disposición efectivos. Un desecho que contenga metales y cianuros, por ejemplo, requiere de tratamientos distintos que si presenta hidróxidos o ácidos.
- b.* Diferenciar los distintos cargamentos de desechos recibidos: los cargamentos de residuos recibidos en un centro de manejo deben ser identificados adecuadamente, a fin de garantizar que el desecho pertenece a una de las categorías que el centro está en capacidad de manejar. Deben establecerse análisis que permitan, de manera fácil y rápida, la identificación de cada uno de los desechos, para los cuales el centro fue diseñado. Un grupo de estos análisis puede ser, por ejemplo: pH, punto de inflamación, contenido de cloruros, sulfatos, carbono orgánico total, capacidad calorífica, cianuros, y metales pesados.

- **Seguridad:** el acceso a un centro de manejo de desechos debe ser restringido, fundamentalmente por las siguientes razones:
  - Evitar la entrada de personas y animales en las instalaciones, que podrían ser afectados por la peligrosidad de los desechos.
  - Evitar el robo de materiales y equipos.
  - Evitar la extracción de materiales contaminados de las instalaciones, que podrían propagar los riesgos de los mismos de manera no controlada. Deben colocarse cercas perimetrales a la instalación, identificar el centro, alertar con letreros los riesgos del sitio, y mantener vigilados los accesos.
  
- **Inspección y mantenimiento de equipos:** debe establecerse un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de procesos y equipos de seguridad.
- **Formación y entrenamiento de los trabajadores:** con el propósito de garantizar que los trabajadores se familiaricen con los procesos y equipos involucrados en un centro de manejo, deben establecerse planes de formación (conocimientos teóricos) y entrenamiento (conocimientos prácticos en el sitio de trabajo), los cuales permitirán que las operaciones realizadas resulten efectivas y seguras. Un plan mínimo de entrenamiento debe incluir: normas de seguridad, prácticas y procedimientos de manejo de residuos, y procedimientos de emergencia.
- **Documentación y registro de operaciones:** todas las actividades de recepción, caracterización, almacenamiento, tratamiento y disposición, deben ser cuidadosamente registradas. Los residuos y desechos deben llegar al centro de manejo con su correspondiente documentación, emitida por el generador, de acuerdo a lo establecido por el Decreto No. 2.635 “Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos”.

Una vez confirmadas las características del desecho a través de la caracterización, el centro debe registrar todas las actividades que realice con el desecho, de manera de poder reflejar, en todo momento, el estado de la instalación. Como ejemplo del tipo de información que debe aparecer en los registros de operación, se pueden incluir los siguientes aspectos:

- a. Tipo de desechos.
- b. Cantidad de los desechos.
- c. Caracterización de los desechos.
- d. Ubicación de los desechos.
- e. Caracterización de los efluentes y desechos del centro.

Es necesario mantener un registro cuidadoso de todas las operaciones para programar los traslados y movimientos de los desechos, las operaciones de tratamiento y planificar el desarrollo de la instalación.

- **Medidas de prevención de accidentes y planes de contingencia:** Los riesgos asociados al manejo cotidiano de desechos peligrosos, hacen imprescindible el establecimiento de planes de contingencia contra derrames, fugas, e incidentes. Los planes de contingencia están en función de los riesgos específicos asociados a los residuos manejados en el centro.

La prevención de accidentes comienza identificando los riesgos asociados a cada uno de los desechos manejados. Por ejemplo, si un desecho es inflamable, deben colocarse extintores de incendios en el área donde se maneja y almacena dicho desecho.

- **Planes de emergencia:** debe establecerse planes de acción en caso de que ocurra una emergencia. Los planes de emergencia están dirigido a:
  - Proteger a los trabajadores durante el incidente.

- Minimizar los efectos ambientales ocasionados por el accidente.
  - Proteger los equipos del centro.
  - Establecer procedimientos de interacción con las autoridades locales.
- **Clausura:** durante el diseño de una instalación para manejo de desechos se debe planificar también lo relativo a la clausura y posteriormente se deben revisar estos procedimientos a medida que se adquiere experiencia en el manejo y tratamiento de los desechos. La finalidad de planificar la clausura, es establecer una metodología de las actividades involucradas en el cierre de una instalación de manejo de desechos, de manera de minimizar los riesgos al ambiente y a la salud humana, una vez que el sitio ha sido cerrado. El plan de clausura debe señalar los pasos a seguir para el procedimiento de clausura, como por ejemplo descontaminar los equipos y la instalación, y el destino de los equipos cuya vida útil no ha concluido. La selección de cualquier medida de mejora es en función de las necesidades particulares de tratamiento, disponibilidad de terreno, costos, sencillez de operación y otras variables de interés, que permiten tomar decisiones sobre bases concretas. La conceptualización del presente objetivo implicó un proceso de selección de tecnologías, razón por la cual, a continuación se describe la metodología empleada para la selección de las tecnologías disponibles para el tratamiento de efluentes aceitosos.

### **Establecimiento de los factores de selección**

En este paso, se definen una serie de factores de selección importantes y necesarios para avanzar en la aplicación de la metodología, entre estos se tienen: la capacidad de las instalaciones, especificación y disposición de las sustancias, materiales y desechos ya tratados, disponibilidad de los servicios requeridos, regulaciones ambientales, entre otros.

### **Identificación de las tecnologías disponibles**

La identificación de las tecnologías disponibles requiere de un proceso de revisión de bibliografía relacionada al tratamiento de aguas aceitosas, y determinación de los tratamientos aplicables a los materiales, desechos y sustancias en función de las características de los mismos y a la especificación requerida. Como resultado, se obtiene una lista que contiene varias tecnologías aplicables en las etapas que constituyen el tratamiento de las aguas aceitosas.



**Tabla 4.2 Descripción de Fortalezas y Debilidades de las Opciones de Instalaciones de Manejo de sustancias, materiales y desechos en el área**

OPCIONES	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Plantas múltiples	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No requiere de red de recolección de efluentes de las estaciones, ni de bombas de transferencia.</li> <li>- No amerita segregación de las corrientes de aguas aceitosas procedentes de las estaciones de flujo de aquellas que se originan en las plantas compresoras.</li> <li>- Autonomía en el tratamiento de los efluentes de las estaciones.</li> <li>- Requiere poco espacio para su instalación.</li> <li>- Menor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo, siempre que cada estación disponga de un sitio de disposición seguro de efluentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varias unidades de tratamiento de poca capacidad son más costosas que una sola unidad de capacidad igual a la suma de todas.</li> <li>- Se requiere del diseño de mayor número de equipos, los cuales requieren mayor personal involucrado con la operación y mantenimiento de los mismos.</li> <li>- Se necesita un mayor número de sitios de disposición de los efluentes ya tratados. En este caso, pozos de inyección.</li> <li>- En aquellas estaciones que no son asistidas las 24 horas del día, se requiere un mayor grado de automatización.</li> </ul>

<p>Planta única de tratamiento de sustancias materiales y desechos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor costo de tratamiento comparado con el tratamiento separado por estación.</li> <li>- El agua aceitosa que proviene de la separación del agua del crudo garantiza un flujo continuo para la operación de los equipos.</li> <li>- El tratamiento centralizado puede estar ubicado en una estación asistida las 24 horas del día y con todos los servicios necesarios.</li> <li>- Implica el diseño de menor número de equipos, los cuales requieren menor personal involucrado con la operación y mantenimiento de los mismos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere de líneas y sistema de bombeo para la recolección de los efluentes desde las estaciones de flujo hasta la planta de tratamiento.</li> <li>- Requiere la segregación de las corrientes de aguas aceitosas procedentes de las estaciones de flujo de aquellas cuyo origen son las plantas compresoras, debido a la diferencia de composición y a que pudieran requerir tratamientos diferentes.</li> <li>- Mayor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo.</li> </ul>
<p>Tratamiento primario en estaciones de flujo y tratamiento secundario centralizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor impacto ambiental, ya que se necesita de un único sitio de disposición de los efluentes ya tratados. En este caso, un pozo de inyección.</li> <li>- El tratamiento secundario centralizado puede estar ubicado en una estación asistida las 24 horas del día y con todos los servicios necesarios.</li> <li>- El crudo recuperado en la etapa de separación primaria se dispone dentro de la misma estación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere mayor número de equipos que la opción de una planta única, ya que en cada estación debe existir una unidad de separación primaria y en consecuencia, se necesita mayor personal involucrado</li> <li>- Requiere de la instalación de una red de recolección de las aguas separadas en la primera etapa y su bombeo hasta la planta de tratamiento centralizada.</li> <li>- Mayor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo.</li> </ul>

**Fuente:** Informe PDVSA/ APCA, 2005

**Tabla 4.3 Descripción de Fortalezas y Debilidades de las Posibles Opciones de Localizaciones para el Tratamiento de materiales, desechos y sustancias en el área**

OPCIONES	FORTALEZAS	DEBILIDADES
Estación de Flujo Orocual 1 y Plantas Compresoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Originan la mayor cantidad de sustancias, desechos y sustancias de procesos.</li> <li>- Posee facilidad de mantenimiento, operación y supervisión las veinticuatro horas del día.</li> <li>- El patio de tanques de Orocual 1 es el más grande, lo cual representa una mayor cantidad de aguas aceitosas provenientes de los diques de los tanques.</li> <li>- Posee suficiente espacio físico para la ubicación de toda la infraestructura requerida para el tratamiento de los elementos de todas las estaciones.</li> <li>- Los costos asociados a sistemas de tuberías y bombeo son menores comparados con la ubicación de la planta de tratamiento en las demás opciones, debido a que la estación 1 es la que genera la mayor cantidad de efluentes.</li> <li>- Es la opción más cercana al sistema existente de inyección (pozo ORC-23).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El diseño del sistema de tratamiento debe ser riguroso en la ubicación de equipos, considerando las normativas y disposiciones existentes en relación al espaciamiento entre equipos y a los límites de radiación permitidos.</li> </ul>
Estación de Flujo Orocual 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posee suficiente espacio físico para la ubicación de toda la infraestructura requerida para el tratamiento de las sustancias, materiales y desechos de todas las estaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No genera gran volumen de elementos de proceso.</li> <li>- No es asistida las veinticuatro (24) horas del día.</li> <li>- Mayor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo, debido a que la mayor volumetría de efluentes generados en la estación 1 y plantas compresoras, deben ser traídos hasta esta estación.</li> <li>- Está más alejada del sistema existente de inyección (pozo ORC-23).</li> </ul>

<p>Estación de Flujo Orocuál 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posee facilidad de mantenimiento, operación y supervisión las veinticuatro horas del día.</li> <li>- Posee espacio físico, aunque limitado, para la ubicación de la infraestructura requerida para el tratamiento de los efluentes de la misma estación, mas no para una planta de tratamiento centralizada.</li> <li>- Posee suficiente espacio físico para la ubicación de toda la infraestructura requerida para el tratamiento de los efluentes de todas las estaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las características topográficas de la zona (irregularidades en el relieve) y las vías de acceso, pudieran obstaculizar el fácil acceso de equipos y maquinarias requeridos en labores de construcción, instalación, operación y mantenimiento.</li> <li>- El diseño del sistema de tratamiento debe ser riguroso en la ubicación de equipos, considerando las normativas y disposiciones existentes en relación al espaciamiento entre equipos.</li> <li>- Mayor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo, debido a que la mayor volumetría de efluentes generados en la estación 1 y plantas compresoras, deben ser traídos hasta esta estación.</li> <li>- No genera gran volumen de efluentes de proceso.</li> </ul>
<p>Estación de Flujo Orocuál 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posee suficiente espacio físico para la ubicación de toda la infraestructura requerida para el tratamiento de Las sustancias, materiales y desechos de todas las estaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es asistida las veinticuatro (24) horas del día.</li> <li>- Mayor costo asociado a sistemas de tuberías y bombeo, debido a que la mayor volumetría de efluentes generados en la estación 1 y plantas compresoras, deben ser traídos hasta esta estación.</li> <li>- Está más alejada del sistema existente de inyección (pozo ORC-23).</li> </ul>

**Fuente:** Informe PDVSA/ APCA, 2005

**Tabla 4.4 Tecnologías para tratamiento de residuos y tipos de tratamiento**

<b>Físicos</b>	<b>Químicos</b>	<b>Biológicos</b>
Filtración Centrifugación Floculación Evaporación Adsorción Destilación Extracción Cristalización Secado Flotación Osmosis inversa	Neutralización Precipitación Oxidación Reducción Electrólisis Ozonólisis Hidrólisis Fotólisis Incineración Pirólisis Estabilización/solidificación Landspreading	Lanfarmin Composting Biopilas Biorreactores Biotratamiento "In situ" Digestión aeróbica Digestión anaeróbica

**Fuente:** "The safe disposal of hazardous wastes". Batstone, R.; J. Smith y D. Wilson Editores.

**Tabla 4.5 Técnicas de tratamiento empleadas para residuos de PRODUCCIÓN**

<b>Lodos petrolizados</b>	<b>Suelos contaminados con hidrocarburos</b>	<b>Salmueras residuales</b>
Filtración Sedimentación Centrifugación Extracción con solventes Estabilización/ Solidificación Incineración Lanfarming Desorción térmica	Incineración Extracción con solvente Estabilización/ Solidificación Landspreading Lanfarming Desorción térmica	Precipitación Evaporación

**Fuente:** "The safe disposal of hazardous wastes". Batstone, R.; J. Smith y D. Wilson Editores

**Tabla 4.6 Técnicas de tratamiento empleadas para residuos de refinación**

Residuos aceitosos	Catalizadores gastados	Compuestos químicos usados	Otros residuos
Filtración Flotación Digestión aeróbica Digestión anaeróbica Lanfarming	Incineración Estabilización/ Solidificación	Neutralización Estabilización/ Solidificación Evaporación Extracción con solventes	Separación Estabilización/ Solidificación

**Fuente:** "The safe disposal of hazardous wastes". Batstone, R.; J. Smith y D. Wilson Editores

**Tabla 4.7 Tecnologías Aplicables a Etapas de Tratamiento de desechos, materiales y sustancias**

ETAPA DE TRATAMIENTO	TECNOLOGÍAS APLICABLES
Tratamiento primario (remoción aceite libre)	- Separador API. - Separadores de Placas: Paralelas (PPI) y Corrugadas (CPI). - Centrifugas. - Hidrociclones. - Water Scrubber.
Homogenización o igualación	- Tanques. - Fosas.
Tratamiento secundario (remoción aceite emulsionado y sólidos en suspensión)	- Floculación-Flotación: Flotación de Aire Disuelto (DAF). - Floculación-Flotación: Flotación de Aire Inducido (IAF): Mecánicos e Hidráulicos. - Floculación-Sedimentación.
Filtración o pulimento	- Filtros de Tierra Diatomácea. - Filtros de Cartucho. - Filtros de Lecho Granular. - Filtro de Cáscara de Nuez.
Tratamiento de Lodos y desechos	- Deshidratación. - Secado. - Fijación Química y Solidificación. - Incineración. - Biorremediación.

**Fuente:** Informe PDVSA/ APCA, 2005

**Tabla 4.8 Descripción de Fortalezas y Debilidades de algunas tecnologías aplicables en Etapa del Tratamiento de sustancias, materiales y desechos**

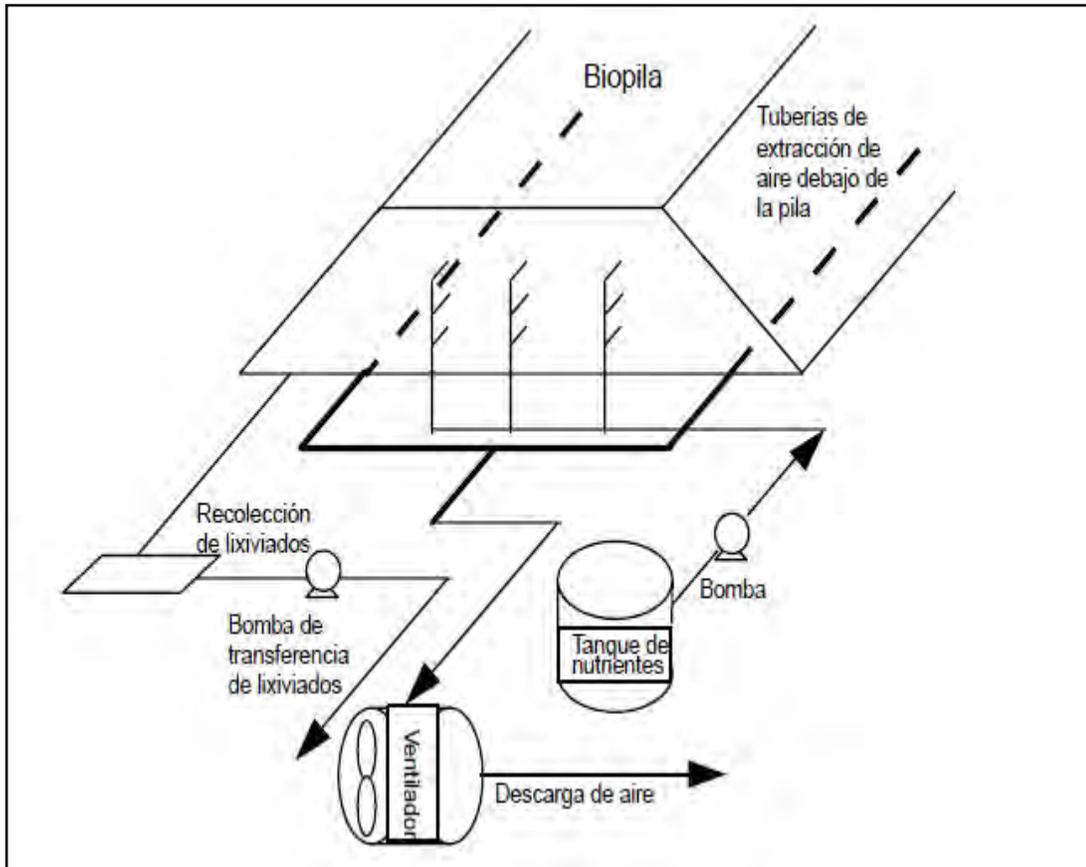
<b>TRATAMIENTO PRIMARIO O REMOCIÓN DE ACEITE LIBRE</b>		
<b>OPCIONES</b>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Separador API	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplicidad de operación y diseño.</li> <li>- Son efectivos para remover partículas sólidas.</li> <li>- Requiere menos mantenimiento que los separadores de placas por no tener componentes internos.</li> <li>- No tiene partes móviles.</li> <li>- Esta tecnología permite disminuir la concentración de aceite en el efluente tratado hasta valores de 100 mg/l.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere más espacio que las otras tecnologías de separación de aceite.</li> <li>- Costos de instalación relativamente altos.</li> <li>- Requiere elevados tiempos de retención para lograr una buena separación.</li> <li>- Para grandes flujos, se requiere de sistemas mecánicos de remoción de sólidos.</li> <li>- Se requiere como mínimo dos (02) unidades para facilitar limpieza.</li> <li>- Tendencia a desprendimiento de olores y vapores (pasivo ambiental).</li> <li>- Recomendado para aplicaciones donde la especificación del contenido de aceite en el efluente ya tratado no es rigurosa.</li> </ul>
Separador de Placas Paralelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite disminuir la concentración de aceite hasta valores de 50 mg/L.</li> <li>- Son capaces de tolerar por encima de 1.000 ppm de aceite y prácticamente no se ven afectados por fluctuaciones en la concentración de aceite de entrada.</li> <li>- Tienen buen desempeño en aguas a altas temperaturas y en aguas de producción, especialmente para caudales bajos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es recomendable para aguas de producción de crudos viscosos (gravidades API inferiores a 14°).</li> <li>- La separación de las placas por debajo de 3 cm puede producir la adherencia de ciertas grasas en las mismas. Esto se presenta con aguas de procesos que contienen parafinas.</li> </ul>
Separador de Placas Paralelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño y operación relativamente simples.</li> <li>- Disponibles en unidades atmosféricas y presurizadas.</li> <li>- Unidades compactas, lo que simplifica la construcción, operación y mantenimiento.</li> <li>- Economía en el costo.</li> <li>- El material de las placas puede ser plástico, lo cual elimina el problema de corrosión.</li> <li>- Favorece la coalescencia.</li> <li>- No tiene partes móviles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Son propensos a taponamiento, lo que implica mayor frecuencia de mantenimiento.</li> <li>- Se requiere como mínimo dos (02) unidades para facilitar limpieza.</li> <li>- Dificultad de limpieza de placas para ciertas profundidades.</li> </ul>

Centrifugas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es excelente para remover aceite libre.</li> <li>- No tienen partes móviles.</li> <li>- Remueve partículas sólidas del tamaño de 2 micras.</li> <li>- Efectivas en la remoción de bajas concentraciones de contaminantes a bajos flujos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es de poco uso en las operaciones de producción.</li> <li>- Tiene elevados tiempos de mantenimiento.</li> <li>- Requiere bajo flujo para operar.</li> <li>- Requiere frecuente limpieza y mantenimiento.</li> <li>- Requiere energía y costos elevados.</li> </ul>
Hidrociclón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada capacidad de separación: desde concentraciones menores a 100 ppm de aceite en agua hasta concentraciones por encima de 2% de aceite en agua.</li> <li>- Ocupa menos espacio que otras tecnologías (API y CPI).</li> <li>- No tienen partes móviles.</li> <li>- Operación simple y sencilla.</li> <li>- Fácil acceso para el mantenimiento.</li> <li>- Bajos costos de operación.</li> <li>- Requiere de mínimos controles para la operación automática de la unidad.</li> <li>- Gran variedad de opciones para los materiales erosivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidad limitada para manejar variaciones en el flujo. Es poco confiable cuando ocurren fluctuaciones de flujo.</li> <li>- Son operados bajo presión.</li> <li>- La eficiencia disminuye con el tamaño del ciclón.</li> <li>- Susceptible a taponamiento.</li> <li>- Grandes caídas de presión a través de los dispositivos.</li> <li>- Se requieren sistemas separados para remover sólidos.</li> </ul>
Water Scrubber	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñados para permitir la coalescencia y separación por gravedad.</li> <li>- Se logran bajos tiempos de retención y altas eficiencias de remoción, mediante la inclusión interna de algún medio para favorecer la separación de las fases por coalescencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En los diseños de configuración vertical, la arena y otras partículas sólidas, puede ser más fácilmente manejada.</li> <li>- Son poco efectivos para remover partículas con diámetros menores a 50 micrones, inclusive con la adición de químicos.</li> </ul>
Water Scrubber	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capaz de manejar fluctuaciones relativamente grandes en el contenido de aceite del influente, sin afectar en gran medida el contenido de aceite en el efluente tratado.</li> <li>- El medio de coalescencia hace que ocupe menos espacio que el Separador API.</li> <li>- No tiene partes móviles.</li> <li>- Pueden ser unidades horizontales y verticales.</li> <li>- Se recomiendan para servicios donde la concentración de aceite a alcanzar no es rigurosa.</li> <li>- Son altamente efectivos para remover sólidos de las corrientes, por encima del 80%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se requiere del suministro de gas para mantener la presión de operación dentro del equipo.</li> <li>- Requiere mayor tiempo de retención que el CPI, a menos que se coloquen dispositivos internos de coalescencia que mejoren la separación.</li> <li>- Requiere la aplicación de químicos para mejorar la capacidad de remoción de aceite.</li> </ul>

Deshidratación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los dispositivos de deshidratación mecánica se usan en instalaciones de espacio limitado</li> <li>- Los lechos de secado son de bajo costo, requieren bajo mantenimiento y se obtienen mayor contenido de sólidos que en los métodos mecánicos.</li> <li>- Los lechos de secado requieren bajo consumo de energía, bajo o nulo consumo de productos químicos, es menos sensible a la variabilidad de las características del fango y el seguimiento y preparación de los operadores no es elevado.</li> <li>- La filtración es el sistema de deshidratación más utilizado en el tratamiento de lodos procedentes de la depuración de agua.</li> <li>- La filtración a vacío posee bajos costos de mantenimiento, no requiere de personal calificado y los equipos de funcionamiento son continuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los filtros de banda son muy sensibles a las características del lodo alimentado, la vida útil del medio es corta comparada con dispositivos que emplean medios de tela. No se recomienda automatizar su funcionamiento.</li> </ul>
Secado Térmico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Involucra la reducción del contenido de agua por vaporización de ésta en el aire.</li> <li>- Remueve compuestos orgánicos y aguas de los sólidos. El agua se convierte en vapor y favorece el despojamiento de compuestos volátiles de punto de ebullición alto.</li> <li>- Puede ser directo (contacto de lodos con gases de combustión) o indirecto (por medio de aire caliente).</li> <li>- Operación a una temperatura mucho menor que en la incineración y en ausencia de oxígeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por lo general, se emplea cuando el producto final es recuperable y comerciable, como el caso de lodos residuales orgánicos.</li> <li>- El costo de la energía térmica puede limitar la aplicación de este tratamiento.</li> <li>- Se deben eliminar las cenizas y controlar los olores, lo cual se logra recalentando los gases generados en el secado hasta un mínimo de 730 °C en una incineradora. Por debajo de este valor, aumenta el carácter desagradable y la intensidad de los olores.</li> </ul>
Fijación Química y Solidificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El lodo es mezclado con un agente estabilizante/solidificante para eliminar componentes tóxicos, inmovilizar y reducir la peligrosidad del residuo, lo cual se logra a través de una reacción química entre uno o más componentes del lodo y una matriz sólida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este tratamiento, es generalmente específico para un residuo, bajo determinadas condiciones.</li> <li>- Requiere la aplicación de grandes cantidades de solidificantes (cemento o cal), incrementando el volumen.</li> <li>- No apropiado para desechos con alto contenido de compuestos orgánicos.</li> </ul>

<p>Incineración</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se produce la destrucción completa de los componentes orgánicos y compuestos tóxicos.</li> <li>- Es el tratamiento con el cual se obtiene un producto residual de menor masa: cenizas, constituidas únicamente por las materias minerales de lodo.</li> <li>- Requiere menos energía que un proceso limitado a secado térmico.</li> <li>- Es el tratamiento más probado y ensayado.</li> <li>- No requiere estabilización previa del lodo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es necesario deshidratar el lodo antes de incinerar, para aumentar su poder calorífico por eliminación de humedad.</li> <li>- Es el más costoso de todos los tratamientos de lodos.</li> <li>- Requiere de equipos de combustión que operan a altas temperaturas (hornos) y sistema de purificación de gases para evitar contaminación de la atmósfera.</li> <li>- Requiere mayor tiempo de implantación que otros tipos de tratamientos.</li> <li>- Necesidad de disponer de operadores bien calificados.</li> <li>- Posible efecto ambiental negativo de los residuos producidos.</li> <li>- Puede originar problemas medioambientales derivados de emanaciones gaseosas perjudiciales.</li> <li>- Se utilizan con frecuencia en plantas de dimensiones medias o grandes, donde las opciones de disposición final sean limitadas.</li> </ul>
<p>Biorremediación</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede ser realizado <i>in situ</i> o <i>ex situ</i>.</li> <li>- Tecnología aplicada con éxito a lodos de refinería.</li> <li>- Es de bajo costo y fácil de manejar, no incluye etapas de gran complejidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esta tecnología no puede degradar contaminantes inorgánicos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transforma los hidrocarburos contaminantes en productos no nocivos: bióxido de carbono, agua y biomasa.</li> <li>- Utiliza biosurfactantes y/o microorganismos biodegradables para tratar hidrocarburos.</li> <li>- No requiere de altas temperaturas, se realiza al aire libre.</li> <li>- Permite obtener un residuo saneado al que se puede dar una aplicación posterior.</li> <li>- No se genera alteración de ecosistemas terrestres y/o acuáticos, ya que se emplean bacterias nativas.</li> <li>- Las bacterias empleadas no representan amenaza alguna para el ser humano, animales ó vegetales.</li> </ul>	

**Figura 4.11 Esquema de una biopila, con un sistema de adición de nutrientes y recolección de lixiviados**

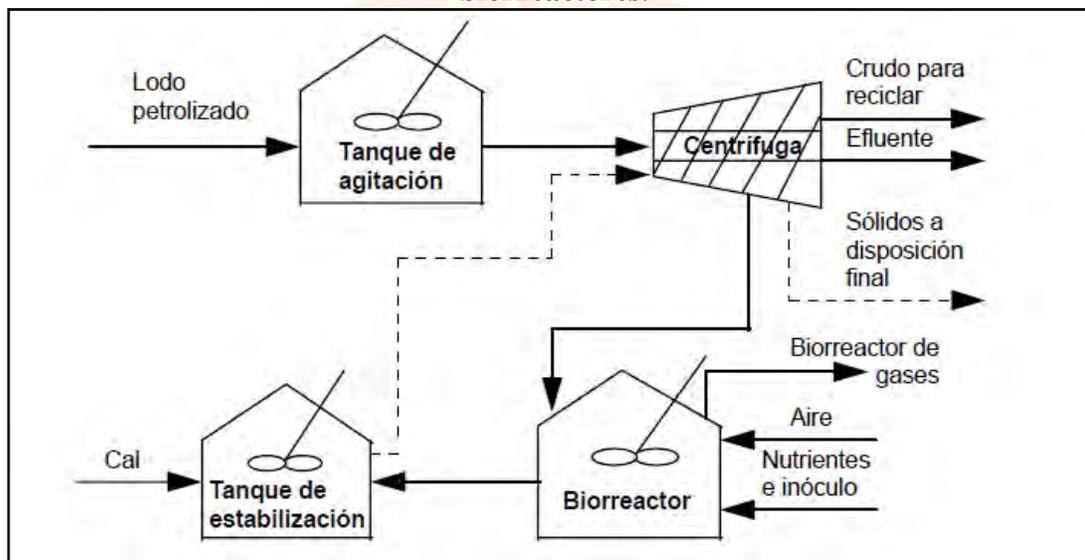


**Fuente:** Hildebrandt, W. W. y S. B. Wilson. “On-site bioremediation systems reduce crude oil contamination”.

Esta técnica contempla el uso de contenedores o recipientes donde se aloja la mezcla de desecho (por ejemplo: lodos petrolizados, suelos contaminados con hidrocarburos) y materia orgánica (figura 4.11). Se tienen varios tipos de biorreactores: de lecho agitado, tipo silo y tipo túnel. El mayor énfasis en el diseño de estos reactores es el mecanismo de aireación, que se basa tanto en la agitación de las partículas sólidas como en la inducción del flujo de aire. El uso de biorreactores (figura 4.12) permite eliminar las pérdidas por lixiviación de metales y compuestos orgánicos, que pueden presentarse en un proceso de biodegradación en suelo (lanfarming convencional).

Para el tratamiento de desechos, tales como lodos petrolizados en biorreactores, se requiere realizar tratamiento previo para reducir la carga orgánica o contenido de crudo. Para ello, se efectúa una recuperación inicial de crudo mediante un proceso de centrifugación. El lodo o residuo resultante, con un contenido menor de crudo, se coloca en el biorreactor y el material resultante del proceso de biodegradación es estabilizado con cal, si existen metales que requieran ser controlados.

**Figura 4.12 Diagrama de flujo para tratamiento de lodos petrolizados empleando biorreactores.**



**Fuente:** Infante C. y O. González. “Comparación del proceso de biodegradación de lodos petrolizados en biorreactores y en suelos”. Visión tecnológica. Publicación de Intevep, S.A.

Para lodos petrolizados provenientes de las fosas de la Refinería Cardón, Edo. Falcón, Infante C. y O. González (1995) obtuvieron una reducción de 60% de crudo en treinta (30) días empleando tratamiento en biorreactores, con una reducción de 80% de la fracción de compuestos saturados y un 76% de la fracción de compuestos aromáticos, para el mismo periodo de tiempo. Los autores de este estudio recomiendan la técnica de tratamiento en biorreactores, para compuestos orgánicos de mayor peligrosidad o alta toxicidad, ya que se tiene un mejor control de las variables bióticas y

abióticas en el proceso, así como de los problemas de lixiviación y volatilización que puedan presentarse.



## CONCLUSIONES

- El campo petrolero Orocuál Distrito Furrial operado por PDVSA presenta desviaciones en lo que respecta al cumplimiento de las normativas de seguridad ambiental y el manejo de los materiales y desechos.
- La recolección de materiales, desechos y sustancias, se efectúa a medida que los equipos dispuestos para la recolección de los mismos, se encuentran cerca de su máxima capacidad con la finalidad de prevenir daños posteriores irreversibles.
- El Campo Petrolero Orocuál requiere de un área de almacenamiento de aceites lubricantes, química, que esté acorde con los lineamientos establecidos en la normativa legal ambiental vigente.
- Los desechos que son generados y materiales existentes en las áreas operacionales no están clasificados según su estado, origen, ni según el tipo de manejo en peligrosos, no peligrosos e inertes.
- La disposición final de los residuos sólidos se realiza en sitios adecuados y destinados a tal fin. Ése sitio cumple con las normativas sanitarias y ambientales requeridas, cuenta con tecnología que permite darle tratamiento y/o aprovechamiento.
- Se evidenció la necesidad de implantar y mantener un Plan de Manejo de Desechos, debido a la cantidad y diversidad de los desechos peligrosos y no peligrosos en el Campo Petrolero Orocuál.

## RECOMENDACIONES

- En el campo petrolero Orocuai se debe llevar a cabo un plan de manejo de desechos para garantizar la correcta recolección, transporte, almacenamiento temporal, tratamiento y disposición final de los desechos, siguiendo las normativas de protección ambiental bajo la supervisión de los organismos competentes.
- Se deben dictar charlas de protección ambiental a todos los trabajadores del área , antes y durante las actividades según lo establecido en la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, a fin de concientizar a los trabajadores y minimizar los impactos ambientales
- Cumplir con las normativas exigidas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y actualizar el RASDA (Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente) de las instalaciones del campo petrolero Orocuai debido a la carencia del mismo.
- Crear un proyecto de construcción de un área para el almacenamiento de desechos ferrosos y peligrosos (Aceites- Químicos.)
- PDVSA Distrito Furrrial deberá formular y desarrollar un plan de saneamiento ambiental del campo Orocuai considerando los factores socio -económicos y socio-culturales del sitio donde se vaya a aplicar el tratamiento.
- El Ministerio para el Poder Popular para el Ambiente debería realizar inspecciones en las áreas afectadas con más frecuencia, para así supervisar las actividades que se lleven a cabo y poder ejercer eficiente control y vigilancia de las mismas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJMAD, M. (2003). *Estudio del plan de saneamiento integral de fosas y muros quemadores, en los campos petroleros Oritupano, Onado y Acema, Distrito San Tomé, estado Monagas*. Tesis de grado. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Monagas – Venezuela.
- ARIAS, F. (2004). *“El Proyecto de Investigación”*. 4<sup>ta</sup> Edición. Editorial Oriol. Caracas, Venezuela.
- ABOUD. (2000). *Procesos de Separación*. McGraw-Hill. New York.
- Convenios Ambientales Internacionales (2009) . [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.minamb.gob.ve/>
- DECRETO N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos, Octubre 11,1995, *Gaceta Oficial de la República de Venezuela,5.021*. Extraordinario, (Diciembre 18, 1995)
- DECRETO N° 1.257. Normas para la evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente. 1996, Marzo 13. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 35.946*. Abril 25, 1996.
- DECRETO N° 2.635.Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. (22 de Julio, 1998).*Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.245 (Extraordinario)*, Agosto 3, 1998.
- LEY SOBRE LAS SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS (2001). Publicada en *gaceta oficial de la Republica de Venezuela* edición extraordinaria N° 5.554
- LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE (2006). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.833 (Extraordinario, Diciembre 22, 2006)*.

- LEY PENAL DEL AMBIENTE. (1992). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 4.358. (Extraordinaria). 03-01-92
- LEY FORESTAL DE SUELOS Y AGUAS (1989). *Gaceta Oficial*, 34.321, Octubre 06, 1989.
- INTEVEP (2007). Comité técnico corporativo de pasivos ambientales. Trujillo – Venezuela.
- INFANTE, C. (2001). “Comparación del proceso de biodegradación de lodos petrolizados en biorreactores y en suelos”. Visión tecnológica. Publicación de Intevep, S.A.
- LÓPEZ, G. et al. (1996) “Tecnologías de tratamiento y disposición de los principales residuos generados en las actividades de E&P en la DOP”. Informe técnico-confidencial INT–STE–004446,96. Intevep, S.A., 1996.
- MINAMB 2009. Plan Nacional Simón Bolívar. Dirección General de Calidad Ambiental. Caracas. Venezuela
- PDVSA GAS (2004 - 2005). Plan de saneamiento integral de fosas y muros quemadores. Anzoátegui – Venezuela.
- PDVSA Oriente. (2007) .Diagnostico del sistema de manejo y recolección de efluentes líquidos de las estaciones de flujo del campo Orocual.
- PDVSA (1997) Técnicas de manejos de residuos sólidos
- PDVSA ( 2009). Diagnóstico del sistema de manejo y recolección de efluentes líquidos de las estaciones de flujo del campo Orocual.
- PDVSA ( 2009). Evaluación macrofosa ORC-1. Levantamiento batimétrico, consultora y constructora INCENTER,C.A
- VELÁZQUEZ, J (2006). *Evaluación de pruebas piloto para el proceso de recuperación de desechos de crudo presentes en la Macrofosa Orocual de PDVSA*. Tesis de Grados. Universidad de Oriente. Núcleo Monagas.



# **ANEXOS**



**Figura 4.14** Área de almacenamiento de productos químicos y establecimiento de materiales ya utilizados como tuberías y tanques



**Fuente:** González P., Juan Alberto, 2010

**Figura 4.15** Área de almacenamiento de productos químicos (Ademas que se observa el grado de contaminación e impacto ambiental causado)



**Fuente:** González P., Juan Alberto, 2010

**Figura 4.16 Fosa API de 3.50x3.00x2.00 de la Estación de flujo Orocual 1**



**Fuente:** González P., Juan Alberto, 2010

**Figura 4.17 Detalles de las Fosas API de la Estación de flujo Orocual 1**



**Fuente:** González P., Juan Alberto, 2010

**Figura 4.18 Tanque de Estabilización T-1501 para la Recolección de las Aguas Aceitosas de las Plantas Compresoras**



**Fuente:** González P., Juan Alberto, 2010

**Figura 4.19 Ejecución de jornadas de limpieza realizadas para el mejoramiento del ambiente de trabajo**



**Fuente:** Informe PDVSA, 2009