



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
DIRECCIÓN DE ÁREA DE INGENIERÍA  
POSTGRADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**“GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE  
DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL  
PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA  
REFINERÍA PUERTO LA CRUZ”**

**Autor:**

**Ing° José Gregorio Alfonso PAREDES SALGADO**

**Trabajo especial de grado para obtener el título de:  
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**Profesor Guía (Tutor):**

**Ing° Luis GUTIÉRREZ**

**Caracas, 14 de Febrero de 2006**

A Dios padre nuestro señor, a su hijo nuestro señor Jesucristo, y a la Virgen María, a San Judas Tadeo, a José Gregorio Hernández, y a la Virgen de la Coromoto y a la Virgen del Valle.

A mis padres, fruto de mi inspiración en la vida, ejemplo de dignidad, de moral, de responsabilidad, de respeto, de trabajo, de superación, de honestidad y de apoyo. Gracias por sus enseñanzas de vida, familiares, docentes, religiosas, morales y cívicas.

A mis sobrinos y sobrinas, y a mis ahijados, para que les sirva de inspiración en su camino a la Universidad y que recuerden siempre las metas se logran con constancia, estudio y trabajo y que a cualquier edad se puede aprender y profundizar en los conocimientos que nos ayuden a resolver problemas para así tener un mejor país.

A mi esposa, por su paciencia, su compañerismo en clase, su cariño y su amor.

A mis hermanos y hermanas para que sigan por la senda de la superación humana y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi profesor de la UCAB Ing° Luís Gutiérrez, por sus enseñanzas académicas, su siempre motivación y serenidad y su sentido de reflexión ambiental, en las materias impartidas durante el postgrado y su gran ayuda como tutor de este trabajo especial de grado, en especial por sus enseñanzas metodológicas y sus observaciones técnicas.

Muchas Gracias.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.-EL PROBLEMA Y SU DELIMITACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.- INTERROGANTES DEL ESTUDIO.....	6
1.3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	6
1.3.1.- Objetivos Generales.....	7
1.3.2.- Objetivos Específicos.....	7
1.4.- JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	8
1.5.- DELIMITACION O ALCANCE.....	13
1.6.- VARIABLES.....	13
<b>CAPÍTULO II.- MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO III.- MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>20</b>
3.1.- MARCO METODOLÓGICO.....	20
3.2.- VIABILIDAD DEL ESTUDIO (Limitaciones).....	21
3.3.- TIPO DE ESTUDIO.....	22
3.4.- DISEÑO DEL ESTUDIO (DOCUMENTAL Y DE CAMPO).....	22
3.5.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23

3.6.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	24
3.6.1.- Estudio Documental.....	24
3.6.2.- Trabajo de Campo.....	25
3.7.- TÉCNICAS PARA LA FORMULACIÓN DEL MODELO O SISTEMA PROPUESTO.....	26
<b>CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>27</b>
4.1.-INDUSTRIA PETROLERA .....	27
4.1.1.- Exploración y Producción de Petróleo.....	27
4.1.2.-Refinación de Petróleo.....	29
4.2.-REFINERÍA PUERTO LA CRUZ.....	32
4.2.1.-Rol de la Refinería Puerto La Cruz.....	33
4.2.2.-Estructura Organizativa de la Refinería Puerto La Cruz.....	33
4.2.3.-Datos Claves de la Refinería Puerto La Cruz.....	34
4.2.3.1. Cronológico de operaciones del Terminal Marino.....	34
4.2.3.2. Cronológico Operaciones Refinería Puerto La Cruz.....	35
4.2.3.3.-Capacidades nominales y cargas típicas de las plantas.....	36
4.2.3.4.-Servicios industriales de la Refinería Puerto La Cruz. ....	37
4.2.3.5.-Recibo de crudo.....	37
4.2.3.6.- Sistema de almacenamiento.....	38
4.2.3.7.-Terminal Marino.....	40
4.2.4.-Descripción General de la Refinería Puerto La Cruz.....	40
4.2.4.1.- Unidades de procesos.....	41
4.2.5.- Sistema de Almacenamiento.....	51

4.2.6.- Valcor.....	52
4.3.-SITUACIÓN ACTUAL REFINERÍA PUERTO LA CRUZ, DE PDVSA.....	52
4.4.-ORIGEN DE LOS DESECHOS PELIGROSOS.....	54
4.4.1.-Desechos Peligrosos Generados en las Actividades de Exploración y Producción.....	54
4.4.2.-Desechos Peligrosos Generados en las Actividades de Refinación.....	56
4.4.2.1.-Materiales aceitosos.....	57
4.4.2.2.-Catalizadores usados.....	57
4.4.2.3.-Compuestos químicos usados.....	58
4.4.2.4.-Otros desechos.....	58
4.5.-LINEAMIENTOS AMBIENTALES TÉCNICOS DE MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS.....	59
4.5.1.-Reducción en Fuente.....	60
4.5.2.-Reciclaje.....	63
4.6.-APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS AMBIENTALES TÉCNICOS QUE SIRVAN DE GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS EN LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN, PRODUCCIÓN Y REFINACIÓN, DE LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ.....	65
4.6.1.-Minimización de Desechos Peligrosos de Perforación .....	66
4.6.2.- Minimización de Desechos Peligrosos de Producción.....	73
4.6.3.- Minimización de Desechos Peligrosos de Refinación.....	75
4.7.- PRÁCTICAS DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE LAS ANTIGUAS OPERADORAS TRANSNACIONALES.....	79
4.7.1.- Marco legal.....	82

<b>CAPÍTULO V.-RESULTADOS</b> .....	91
5.1.-MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE PERFORACIÓN.....	91
5.2.-MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE PRODUCCIÓN.....	97
5.3.- MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE REFINACIÓN.....	99
<b>CAPÍTULO VI.- CONCLUSIONES</b> .....	110
<b>CAPÍTULO VII.- RECOMENDACIONES</b> .....	112
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y BIBLIOGRAFIA</b> .....	113
<b>GLOSARIO DE TERMINOS</b> .....	117
<b>ANEXOS</b> .....	128
<b>ANEXO A: STEP: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE PROCESOS</b> .....	129



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.-</i> Procesos Básicos en Exploración y Producción de Petróleo.....	28
<i>Figura 2.-</i> Principales Procesos de Refinación de Petróleo.....	29
<i>Figura 3.-</i> Insumos y Productos de la Refinería Puerto La Cruz.....	33
<i>Figura 4.-</i> Organigrama de la Refinería Puerto La Cruz.....	34
<i>Figura 5.-</i> Troncales de Abastecimiento de la Refinería Puerto La Cruz.....	39
<i>Figura 6.-</i> Balance de Crudos y Productos de la Refinería Puerto La Cruz.....	41
<i>Figura 7.-</i> Planta de Craqueo Catalítico.....	44
<i>Figura 8.-</i> La Unidad de Alquilación.....	45
<i>Figura 9.-</i> Desechos Asociados a las Distintas Operaciones en una Refinería.....	59
<i>Figura 10.-</i> Técnicas de Minimización de Desechos Peligrosos.....	65
<i>Figura 11.-</i> Esquema de un Sistema de “Circuito Cerrado”.....	69
<i>Figura 12.-</i> Fosas de Manejo de Desechos Peligrosos de Perforación.....	71
<i>Figura 13.-</i> Sistema para Recuperación de Fenoles de Soluciones Cáusticas.....	78
<i>Figura 14.-</i> Ubicación Refinería Puerto La Cruz.....	79
<i>Figura 15.-</i> Justificación Guía Minimización.....	79
<i>Figura 16.-</i> Muelles de la Refinería Puerto La Cruz.....	80
<i>Figura 17.-</i> Área Ambiental Sensible.....	81
<i>Figura 18.-</i> Planta de Tratamiento de Efluentes de Procesos: STEP.....	90
<i>Figura 19.-</i> Planta Alquilación Refinería Puerto La Cruz.....	103
<i>Figura A1.-</i> Esquema de Tratamiento de Efluentes de Proceso.....	130
<i>Figura A2.-</i> Caudales al STEP y al API.....	132

## RESUMEN

Durante la fabricación de cualquier producto se generan materiales de desechos sólidos, líquidos o gaseosos; que pueden ser tóxicos o peligrosos. Además de los problemas ambientales que los desechos peligrosos ocasionan, representan pérdidas de materiales valiosos y de energía dentro de los procesos de producción y ameritan un gasto considerable en tecnologías para el control de la contaminación. Tradicionalmente, el control de la contaminación comenzó a nivel de las etapas finales de los procesos, lo cual involucra gastos apreciables de capital, energía, materiales y horas de labor.

Desde este punto de vista, los contaminantes son removidos de una fuente pero son dispuestos en otro lugar. Las exigencias cada vez más rigurosas en las regulaciones ambientales y los altos costos asociados a las operaciones de tratamiento, han llevado a examinar críticamente las medidas de control de la contaminación “aguas abajo”. Ante esta situación, se hace notoria la importancia de conceptos como minimización, reutilización y recuperación, siendo estas prácticas las que brindan la oportunidad de una gerencia con objetivos ambientales más amplios. La minimización es la expresión máxima de la factibilidad de reducir los desechos generados en una planta de producción, mediante el uso mesurado de los recursos y prácticas energéticamente eficientes. Resulta beneficiosa para la industria en general y específicamente para la industria petrolera, y sobre todo para las refinerías, desde el punto de vista económico, ofreciendo ventajas, como por ejemplo:

- Reducción de costos de tratamiento “en sitio”.
- Reducción de costos de transporte y disposición de desechos.
- Reducción de costos relacionados con permisos a entes gubernamentales.
- Disminución de riesgos de derrames, escapes o fugas, accidentes, incendios y emergencias.
- Reducción de los costos de producción.
- Ingresos provenientes de la venta de desechos o de su reutilización.

En este sentido, el manejo inadecuado de los desechos peligrosos ha generado a nivel mundial, un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de agua. Entre las

más severas contaminaciones destacan las que se produjeron y todavía se producen a causa de la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos en América Latina; principalmente en Venezuela, Brasil, México, Argentina, y Ecuador. Dichas contaminaciones del suelo han provocado un deterioro creciente de las fuentes de abastecimiento de agua potable, ya sean superficiales o subterráneas. El volumen de agua almacenada en superficie (lagos, embalses artificiales y ríos) es muy pequeño en comparación con el volumen de agua dulce almacenada en los primeros dos o tres kilómetros de la corteza terrestre. Con frecuencia, en muchos países el agua dulce subterránea almacenada y extraíble en los acuíferos suele ser del orden de diez a cien veces superior al agua almacenada en los lagos naturales y/o en los embalses hechos por el hombre. Es por ello que se debe evitar la contaminación de acuíferos por desechos peligrosos.

Sin duda, la Refinería Puerto La Cruz es uno de los centros de procesamientos de crudo más importantes de la principal empresa del Estado Venezolano, Petróleos de Venezuela (PDVSA), la cual integra un circuito de manufactura del petróleo extraído en los campos de los estados Anzoátegui y Monagas.

Geográficamente, esta planta abarca tres áreas operacionales: Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque, ubicadas en el norte y centro del estado de Anzoátegui, con una capacidad total de procesamiento de crudos de aproximadamente 200 mil barriles por día, de los cuales se obtienen 73 mil barriles de gasolina y nafta, 11 mil barriles de kerosén-jet, 43 mil barriles de gasoil y 73 mil barriles de residual, insumos y requeridos para la mezcla de combustibles comercializados en los mercados interno y de exportación.

El manejo de estos ingentes volúmenes de producción requiere de 129 tanques de almacenamiento con capacidad para 13,5 millones de barriles de crudo y productos, que son despachados a otras partes del país y al extranjero por el Terminal Marino de Guaraguao, el cual admite en sus siete muelles un promedio de 55 buques mensuales, que pueden transportar 20,2 millones de barriles mensuales.

Estas complejas actividades operacionales implican generación de desechos peligrosos, dentro de cada una de las fases de los procesos de exploración, producción y refinación de crudos. Igualmente los pasivos ambientales dejados por más de 50 años de

malas prácticas ambientales heredadas de las antiguas operadoras y específicamente la generación de desechos peligrosos generados a través de los años de operación de la Refinería Puerto La Cruz y el colapso de los sitios de almacenamiento temporal, hacen deducir que se debe implantar una guía con un nuevo enfoque para la minimización de los desechos peligrosos asociados a las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.

Se observa que la ubicación de la Refinería Puerto La Cruz, dentro de la zona urbana de la ciudad de Puerto La Cruz y teniendo una cercanía a las áreas pobladas de los municipios de Guanta, Puerto La Cruz, Barcelona y Lecherías; aunado también a la cercanía al Parque Nacional Mochima, hacen de la zona de Puerto La Cruz, un área ambientalmente sensible, por lo cual se hace necesario minimizar los desechos peligrosos que genera la Refinería Puerto La Cruz.

Los desechos peligrosos asociados a las actividades de refinación se agrupan en cuatro categorías: desechos aceitosos, catalizadores gastados, compuestos químicos usados y otros desechos. Las técnicas de minimización de desechos más comúnmente empleadas, son desarrolladas para cada categoría de desechos.

El tipo de estudio, según el nivel de conocimiento del objeto investigado, es proyectivo, en virtud de que el objetivo del mismo busca proponer la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, a fin de disponer de una herramienta que permita minimizar, eliminar y/o controlar, de manera sistemática, la generación de desechos peligrosos y por ende los diferentes tipos de riesgos ambientales asociados a estos desechos peligrosos en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz .

De acuerdo a la naturaleza y características del problema objeto del estudio, según su propósito, este estudio, se enmarca dentro del estudio aplicado o proyecto factible, por cuanto a través del desarrollo se propondrán alternativas o propuestas en torno a la problemática de la minimización de desechos peligrosos desde el punto de vista ambiental en la Refinería Puerto La Cruz.

Las técnicas para la formulación del modelo o sistema propuesto, que en este caso es una guía, aseguran las pautas definidas de acuerdo a un proyecto factible, es decir, cubre las fases de estudio, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable o sistema propuesto, operacionalizado en una guía, para solucionar el problema planteado.

En cuanto al objetivo general de proponer una **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, se concluye que se puede disponer de unos lineamientos técnicos ambientales, de aplicación gerencial y operativa, con la finalidad de reducir la cantidad o toxicidad de los desechos peligrosos que requieren tratamiento, almacenamiento o disposición final, en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz y de esta forma disminuir los problemas ambientales que representan las actividades petroleras para la comunidad, el ambiente circundante, y el personal.

Se concluye que se formularon los lineamientos técnicos ambientales a fin de reducir, reutilizar, reciclar, recuperar, de manera sistemática, la generación de desechos peligrosos asociados a las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz, para coadyuvar a disminuir y/o eliminar, los daños al ambiente y a las personas, producto de los desechos peligrosos.

En cuanto a los objetivos específicos se concluye que:

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en la Refinería Puerto La Cruz.

Se critican las prácticas de disposición de desechos peligrosos heredadas de las antiguas operadoras transnacionales.

Se evalúan las prácticas y métodos de saneamiento de desechos peligrosos aplicados en la Refinería Puerto La Cruz.

En cuanto a las interrogantes del estudio planteadas, se puede concluir que con la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, se pueden:

Establecer lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas.

Establecer los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas.

Establecer los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.

Se recomienda implementar desde el diseño, comenzando por la ingeniería conceptual, la presente **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, mediante la aplicación de lineamientos ambientales técnicos en la minimización de los desechos peligrosos de perforación, en la minimización de los desechos peligrosos de producción, y en la minimización de los desechos peligrosos de refinación.



---

## INTRODUCCIÓN

Durante las cuatro últimas décadas ha surgido una gran preocupación ambiental y de salud por los problemas que originan los desechos industriales, principalmente los denominados peligrosos. Esta preocupación nació en los países industrializados, que tuvieron, y aun tienen que encarar problemas de contaminación del ambiente y sus consecuentes efectos adversos en la salud pública, debido a la disposición inadecuada de los desechos industriales. Casos como el de Love Canal (Niagara Falls, Estados Unidos, 1976) han dejado como lección que es necesario tomar acciones preventivas, que deben ejecutarse a través del adecuado manejo y control de los desechos peligrosos.

En 1976 se aprueba en Estados Unidos el Acta de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), probablemente la legislación más conocida a nivel de América Latina. Esta legislación y la reglamentación correspondiente proveen lineamientos para reducir los riesgos al ambiente producidos por los desechos peligrosos. Simultáneamente, aparecen legislaciones equivalentes en otros países industrializados.

En la década de los ochenta surge la legislación de desechos peligrosos en América Latina, encabezada por Brasil, Colombia, México y Venezuela (algunos de los países más industrializados de la Región). Estas naciones vienen aplicando en mayor o menor grado estrategias propias en el manejo de sus desechos tóxicos y peligrosos.

La gestión de estos desechos tiene como base dos hechos agravantes: la industrialización desordenada que deja para después la solución de problemas causados por falta de planificación, y la falta de recursos para resolverlos.

Es importante y necesario buscar soluciones para estos problemas. Se deben aprovechar las experiencias sobre gestión ambiental desarrolladas por los países industrializados, analizar sus posibilidades de adaptación a la realidad de cada país y buscar alternativas propias aplicables a casos específicos.

A medida que ha avanzado el desarrollo tecnológico en el manejo de desechos peligrosos y se han implantado leyes que prohíben la descarga de contaminantes tóxicos o peligrosos al ambiente, el manejo de desechos peligrosos ha adquirido un costo significativo para la industria en los países desarrollados y en vías de desarrollo.



Desde la década del 70 se observa el desarrollo de la tecnología de minimización de desechos industriales, que avanza y se difunde en la década del 80.

En este proceso, se utilizan desde los métodos más simples como: la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulamiento para inmovilizar contaminantes, la utilización de polímeros que descomponen las sustancias tóxicas orgánicas o la incineración a temperaturas muy elevadas de hasta 1.200 °C.

En base a todo lo anterior, y aunado a la magnitud y extensión de las actividades petroleras en el territorio nacional, existe una cantidad de desechos peligrosos producto de la misma actividad petrolera, que debe ser minimizado, a fin de disminuir el impacto en el ambiente donde se desarrollan estas actividades petroleras, en especial en las refinerías y sobre todo en las situadas en zonas pobladas dentro de áreas turísticas, como la Refinería Puerto La Cruz.

Es así, como se plantea proponer la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**. En resumen, la propuesta permitirá sistematizar el manejo adecuado de estos contaminantes y lograr una mayor efectividad en los resultados del manejo de los mismos. Igualmente, promueve un compromiso y una cultura en ambiente, que facilita el mejor uso de los recursos tecnológicos disponibles en materia de desechos peligrosos y hace efectiva la protección del ambiente en las áreas petroleras de la Refinería Puerto La Cruz y sus zonas de influencia urbana.



## **CAPÍTULO I.- EL PROBLEMA Y SU DELIMITACIÓN**

Este capítulo está organizado de tal forma que: abarca el planteamiento del problema, las interrogantes del estudio, los objetivos del estudio, los objetivos generales, los objetivos específicos, la justificación e importancia, la delimitación o alcance y las variables.

### **1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante la fabricación de cualquier producto se generan materiales de desechos sólidos, líquidos o gaseosos; que pueden ser tóxicos o peligrosos. Además de los problemas ambientales que los desechos peligrosos ocasionan, representan pérdidas de materiales valiosos y de energía dentro de los procesos de producción y ameritan un gasto considerable en tecnologías para el control de la contaminación. Tradicionalmente, el control de la contaminación comenzó a nivel de las etapas finales de los procesos, lo cual involucra gastos apreciables de capital, energía, materiales y horas de labor.

Desde este punto de vista, los contaminantes son removidos de una fuente pero son dispuestos en otro lugar. Las exigencias cada vez más rigurosas en las regulaciones ambientales y los altos costos asociados a las operaciones de tratamiento, han llevado a examinar críticamente las medidas de control de la contaminación “aguas abajo”. Ante esta situación, se hace notoria la importancia de conceptos como minimización, reutilización y recuperación, siendo estas prácticas las que brindan la oportunidad de una gerencia con objetivos ambientales más amplios. La minimización es la expresión máxima de la factibilidad de reducir los desechos generados en una planta de producción, mediante el uso mesurado de los recursos y prácticas energéticamente eficientes. Resulta beneficiosa para la industria en general y específicamente para la industria petrolera, y sobre todo para las refinerías, desde el punto de vista económico, ofreciendo ventajas, como por ejemplo:

- Reducción de costos de tratamiento “en sitio”.
- Reducción de costos de transporte y disposición de desechos.



- Reducción de costos relacionados con permisos a entes gubernamentales.
- Disminución de riesgos de derrames, escapes o fugas, accidentes, incendios y emergencias.
- Reducción de los costos de producción.
- Ingresos provenientes de la venta de desechos o de su reutilización.

En este sentido, el manejo inadecuado de los desechos peligrosos ha generado a nivel mundial, un problema de contaminación de los suelos y cuerpos de agua. Entre las más severas contaminaciones destacan las que se produjeron y todavía se producen a causa de la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos en América Latina; principalmente en Venezuela, Brasil, México, Argentina, y Ecuador. Dichas contaminaciones del suelo han provocado un deterioro creciente de las fuentes de abastecimiento de agua potable, ya sean superficiales o subterráneas. El volumen de agua almacenada en superficie (lagos, embalses artificiales y ríos) es muy pequeño en comparación con el volumen de agua dulce almacenada en los primeros dos o tres kilómetros de la corteza terrestre. Con frecuencia, en muchos países el agua dulce subterránea almacenada y extraíble en los acuíferos suele ser del orden de diez a cien veces superior al agua almacenada en los lagos naturales y/o en los embalses hechos por el hombre. Es por ello que se debe evitar la contaminación de acuíferos por desechos peligrosos.

En efecto, en todo el circuito petrolero nacional y mundial, existen desechos peligrosos, enterrados o colocados en los diques de los tanques de crudos y productos, patios de chatarra, fosas de petróleo y separadores API; los cuales se generan continuamente en las actividades de exploración, perforación, producción, mejoramiento, refinación, distribución y comercialización, así como en el desmantelamiento de instalaciones petroleras, que deben ser manejados mediante las técnicas de minimización, a fin de disminuir y/o eliminar, los impactos y daños al ambiente y a las personas, producto de los desechos peligrosos.

Sin duda, la Refinería Puerto La Cruz es uno de los centros de procesamientos de crudo más importantes de la principal empresa del Estado Venezolano, Petróleos de



Venezuela (PDVSA), la cual integra un circuito de manufactura del petróleo extraído en los campos de los estados Anzoátegui y Monagas.

Geográficamente, esta planta abarca tres áreas operacionales: Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque, ubicadas en el norte y centro del estado de Anzoátegui, con una capacidad total de procesamiento de crudos de aproximadamente 200 mil barriles por día, de los cuales se obtienen 73 mil barriles de gasolina y nafta, 11 mil barriles de kerosén-jet, 43 mil barriles de gasoil y 73 mil barriles de residual, insumos y requeridos para la mezcla de combustibles comercializados en los mercados interno y de exportación.

El manejo de estos ingentes volúmenes de producción requiere de 129 tanques de almacenamiento con capacidad para 13,5 millones de barriles de crudo y productos, que son despachados a otras partes del país y al extranjero por el Terminal Marino de Guaraguao, el cual admite en sus siete muelles un promedio de 55 buques mensuales, que pueden transportar 20,2 millones de barriles mensuales.

Para la distribución de combustibles al circuito de estaciones de servicio de los estados de Nueva esparta, Sucre, Monagas, Delta Amacuro, Bolívar, Guárico y Anzoátegui, la refinería porteña cuenta con el Sistema de Suministro de Oriente (SISOR).

El plan de PDVSA 2006-2012, contempla la adaptación de las refinerías de Puerto La Cruz, El Palito y Amuay para el procesamiento de crudos pesados y extrapesados.

En la Refinería Puerto La Cruz se construirán una unidad de vacío y otra de Conversión profunda, utilizando tecnología 100 % venezolana, desarrollada por la filial de desarrollo e investigación de PDVSA, Intevep. Se estima que este proyecto esté listo para el primer trimestre del 2010.

Estas complejas actividades operacionales implican generación de desechos peligrosos, dentro de cada una de las fases de los procesos de exploración, producción y refinación de crudos. Igualmente los pasivos ambientales dejados por más de 50 años de malas prácticas ambientales heredadas de las antiguas operadoras y específicamente la generación de desechos peligrosos generados a través de los años de operación de la



Refinería Puerto La Cruz y el colapso de los sitios de almacenamiento temporal, hacen deducir que se debe implantar una guía con un nuevo enfoque para la minimización de los desechos peligrosos asociados a las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.

## **1.2.- INTERROGANTES DEL ESTUDIO**

Del planteamiento señalado anteriormente, se desprenden varias interrogantes, tales como:

¿ Cuáles son los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas?.

¿ Cuáles son los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas?.

¿ Cuáles son los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz?.

En atención a lo expuesto se desprende que el ámbito espacial donde se producirá este estudio será la Refinería Puerto La Cruz, ubicada en la ciudad del mismo nombre, en el estado Anzoátegui. El ámbito temporal donde se ubica este estudio será la vida útil de la Refinería Puerto La Cruz, es decir en las cinco últimas décadas del siglo 20 y primera, segunda y primera década del siglo 21. El sujeto del estudio son los desechos peligrosos de la Refinería Puerto La Cruz.

## **1.3.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

Los objetivos que se buscan completar con el estudio son:



### **1.3.1.- Objetivos Generales**

Proponer una **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, a fin de disponer de unos lineamientos técnicos ambientales, de aplicación gerencial y operativa, con la finalidad de reducir la cantidad o toxicidad de los desechos peligrosos que requieren tratamiento, almacenamiento o disposición final, en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.

Formular los lineamientos técnicos ambientales a fin de reducir, reutilizar, reciclar, recuperar, de manera sistemática, la generación de desechos peligrosos asociados a las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz, para coadyuvar a disminuir y/o eliminar, los daños al ambiente y a las personas, producto de los desechos peligrosos.

### **1.3.2.- Objetivos Específicos**

I: Formular lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

II: Formular lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

III: Formular lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

IV: Formular lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

V: Formular lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en la Refinería Puerto La Cruz.



VI: Criticar las prácticas de disposición de desechos peligrosos heredadas de las antiguas operadoras transnacionales.

VII. Evaluar las prácticas y métodos de saneamiento de desechos peligrosos aplicados en la Refinería Puerto La Cruz.

## **1.4.- JUSTIFICACION E IMPORTANCIA**

El manejo de desechos peligrosos comprende las actividades que se realizan una vez generado éste, e incluye la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. Los principios de manejo de desecho peligrosos requieren la incorporación de un conjunto de prácticas para minimizarlos, con la finalidad de reducir costos de disposición y de mejorar el aprovechamiento de recursos y energía disponibles. El manejo adecuado de los desechos peligrosos se inicia con la prevención de la contaminación, que incluye aspectos tales como cambio o reducción de las prácticas operacionales que resultan en descargas al suelo, agua y atmósfera. Si no es posible evitar la generación del desecho peligroso, entonces se deben investigar alternativas de minimización. El manejo adecuado y responsable de los desechos peligrosos se alcanza a través de prácticas sugeridas que obedecen a una jerarquía de implantación. La jerarquía para minimización de desechos peligrosos, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos de América presenta en forma de escala los métodos más recomendados para manejo de desechos peligrosos. Estos son:

- ❖ Reducción en fuente
- ❖ Reutilización
- ❖ Reciclaje
- ❖ Separación (segregación) y concentración de desechos peligrosos
- ❖ Tratamiento
- ❖ Disposición

En la literatura referente a minimización se consideran como técnicas dentro de esta categoría la reducción en fuente, reutilización y el reciclaje, mientras que



segregación a su vez suele incluirse dentro de las técnicas de reducción en fuente. El tratamiento y la disposición se consideran aparte, como técnicas de manejo de desechos peligrosos.

Autores como Kiely (1999) mencionan que ***“la distinción entre el reciclaje y la reutilización no resulta siempre fácil de realizar”***. Además señala este autor que ***“el reciclaje / reutilización: es el uso y reutilización de un desecho como un sustituto efectivo por un producto comercial o como ingrediente o alimentación de un proceso industrial. Esto incluye:***

- ***Recuperación de fracciones útiles de constituyentes dentro de un material de desecho.***
- ***Eliminación de contaminantes desde los desechos para permitir la reutilización.”***

Por otra parte, desde el punto de vista legal, para soportar el marco regulatorio sobre la minimización de desechos peligrosos en la industria petrolera venezolana, se tienen:

La Constitución Nacional de 1999, consagra normas sobre derechos y deberes en materia ambiental, principalmente en el Capítulo IX “De los Derechos Ambientales”, así como en las disposiciones de otros capítulos del Título III “De los Deberes, Derechos Humanos y Garantías”. Se establecen los derechos y deberes, tales como:

- El derecho a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.
- La obligatoriedad de la educación ambiental en todos los niveles del sistema educativo.
- La protección al ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de importancia ecológica.
- La obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, de garantizar 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 desarrollo por el Estado de una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, entre otros factores.
- La obligación de presentar estudios de impacto ambiental y sociocultural por toda actividad susceptible de generar daños a los ecosistemas.
- La obligación del Estado de impedir la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas.
- La regulación, mediante ley, del uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.
- La determinación de que, en todo contrato que la República celebre y en los permisos que otorgue, que involucren los recursos naturales, se considerará incluida, aún cuando no estuviera expresa, 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 éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.

En este mismo sentido, en el país se han decretado leyes y decretos que rigen la materia de desechos peligrosos, los cuales son:

- ❖ LEY ORGÁNICA PARA LA CONSERVACIÓN AMBIENTAL. APROBADA EN PRIMERA DISCUSIÓN EN LA ASAMBLEA NACIONAL: 26/09/2002.
- ❖ LEY DE REFORMA DE LA LEY ORGÁNICA DE PREVENCIÓN, CONDICIONES Y MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO. SANCIONADA EL 30/06/2005. GACETA OFICIAL NÚMERO: N° 38.236 DEL 26-07-05.

Establece las medidas de salud, higiene y seguridad para los trabajadores.



❖ LEY SOBRE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS. 2001.

La Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos aprobada en septiembre de 2001, tiene por objeto establecer las normas para el uso, manejo, transporte y almacenamiento y la disposición final de las sustancias y desechos peligrosos que en ella se regulan, a fin de proteger el ambiente y la salud. De esta manera se otorga el basamento legal necesario para la ejecución de todos los procesos y medidas que se requieran para eliminar paulatinamente los peligros que se derivan de las sustancias tóxicas.

❖ Decreto 2635 de fecha 22/7/98; Gaceta Oficial 5245 extraordinaria de fecha 03/08/98: "NORMAS PARA EL CONTROL DE LA RECUPERACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS Y EL MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS".

Este decreto establece las condiciones bajo las cuales se deben realizar las actividades de generación y manejo de desechos peligrosos, a fin de prevenir daños a la salud y al ambiente. Comprende: disposiciones generales, manejo, criterios para el transporte, almacenamiento, eliminación, reciclaje, criterios para instalación y operación de un relleno de seguridad. Incluye listas con características de peligrosidad.

De igual modo se tienen también todos los convenios internacionales suscritos por la República que son de acuerdo con la Constitución Nacional parte integrante del marco jurídico venezolano.

Por otra parte, cabe considerar que Puerto La Cruz es una ciudad turística situada frente a la bahía de Pozuelos, capital del Municipio Sotillo, del Estado Anzoátegui. Es una ciudad de acelerado desarrollo, con un comercio intenso, vida nocturna y variedad de hoteles y restaurantes. El Paseo Colón es muy frecuentado por los turistas, está frente al mar y se encuentra rodeado por hoteles y restaurantes. La Refinería Puerto La Cruz está ubicada en la calle El Taladro, que desemboca en la Av. municipal, muy cercana al Paseo Colón y su ubicación está prácticamente dentro de la ciudad, rodeada



por edificios y comercios al noroeste y urbanizaciones como Guaraguao al norte, y barrios como Guanire, al sur.

Debe señalarse que muy cercano al Norte de Puerto la Cruz está el Parque Nacional Mochima, maravilla natural compartida por los Estados Anzoátegui y Sucre. Ocupa 94.935 hectáreas, 49.840 hectáreas de superficie marina y 39.873 hectáreas de área insular; 32 islas (7 en Anzoátegui) escoltadas en buena parte por costas montañosas que comienzan como gigantes acantilados de roca desnuda y luego se convierten en bosques lluviosos de hasta 1.000 metros de elevación. El Parque Nacional Mochima es una región de contrastes y diversidad de paisajes: manglares, hermosos fondos marinos con presencia de colonias coralinas, zonas montañosas repletas de bosques tropicales, perfiles costeros escarpados con estrechos valles y faldas que caen abruptamente a la costa, litorales rocosos, playas arenosas, morros y penínsulas, los cuales continúan en el mar con islas e islotes de laderas escarpadas, que a veces forman acantilados verticales en donde se pueden observar estratos de diversos materiales y colores. Innumerables delfines y, ocasionalmente, ballenatos pueden ser vistos alimentándose entre las islas, beneficiando también a las aves marinas, como pelícanos, golondrinas, y otros.

Se observa que la ubicación de la Refinería Puerto La Cruz, dentro de la zona urbana de la ciudad de Puerto La Cruz y teniendo una cercanía a las áreas pobladas de los municipios de Guanta, Puerto La Cruz, Barcelona y Lecherías; aunado también a la cercanía al Parque Nacional Mochima, hacen de la zona de Puerto La Cruz, un área ambientalmente sensible, por lo cual se hace necesario minimizar los desechos peligrosos que genera la Refinería Puerto La Cruz.

Por consiguiente y en base a todo lo anterior, aunado con el basamento técnico y legal mencionado y analizando el caso particular de las instalaciones industriales petroleras ubicadas en las diferentes áreas de la geografía nacional y especialmente las ubicadas en áreas sensibles ecológicamente, como la Refinería Puerto La Cruz y con la finalidad de disminuir los problemas ambientales que representan las actividades petroleras para la comunidad, el ambiente circundante, y el personal, se hace necesario proponer la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS**



## DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ".

### 1.5.- DELIMITACION O ALCANCE

El estudio estará circunscrito a la propuesta de la "**GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ**", para ser aplicados en las instalaciones de esta refinería. Esta Guía estará concebida para ser usada por la línea gerencial y supervisoria, durante las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.

### 1.6.- VARIABLES

Es metodológicamente hablando la manera más expedita de focalizar los aspectos de la realidad que se estudia, lo cual nos evita desviar la indagación a la búsqueda de información no relevante y por lo tanto poco útiles para el logro de las metas propuestas. La variable es en principio una dimensión de un objeto, un atributo que puede variar de una o más maneras y que sintetiza conceptualmente lo que se quiere conocer acerca de las unidades de análisis.

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Riesgo de los Desechos Peligrosos</b>	<b>Riesgo Alto</b> <b>Riesgo Medio</b> <b>Riesgo Bajo</b>	<b>Análisis Preliminar de Peligro</b>



---

## CAPÍTULO II.- MARCO REFERENCIAL

Para el desarrollo económico y social de un país los químicos son esenciales. Sin embargo, el uso de sustancias como el DDT, el clordano, PCBs, dioxina, ácido sulfúrico, mercurio, plomo y arsénico puede representar riesgos importantes para la salud humana y para el medio ambiente. La exposición humana y la contaminación del ambiente puede surgir en cualquier momento durante el ciclo de vida de los químicos, desde su producción hasta su eliminación final.

Los químicos tóxicos y los desechos peligrosos que se producen en todo el mundo pueden afectar el desarrollo del cerebro y el comportamiento, así como los sistemas endocrino, inmune y reproductor. Sin embargo, las mejores prácticas actuales demuestran que los químicos se pueden utilizar y eliminar en una forma costo efectiva y con un alto grado de seguridad, tanto para la salud humana como para el ambiente. Existe la necesidad de mejorar considerablemente el manejo de los químicos tóxicos y los desechos peligrosos, ya que con frecuencia en todo el mundo se ignora el manejo de mejores prácticas en esta área.

La exposición a estas sustancias es inevitable. Están presentes en los productos de consumo cotidiano, ya sea en el hogar, en el sitio de trabajo o en el tráfico. Son el resultado de más de 70 años de química industrial que ha fabricado plásticos, nuevas generaciones de plaguicidas, materiales para la construcción y alimentos enlatados. Con el paso de los años algunos químicos se acumulan en los tejidos del cuerpo, mientras que otros no.

Como la contaminación no conoce las fronteras nacionales, es de suma importancia la acción mundial en el manejo de los químicos y los desechos tóxicos para alcanzar la meta de un desarrollo ambientalmente sostenible.

En el capítulo 19 del Programa 21, está el plan detallado de acción mundial en todas las áreas del desarrollo sostenible, adoptado por la Cumbre de la Tierra (1992), identifica seis áreas en las que se deben concentrar los esfuerzos nacionales e internacionales para manejar los químicos en una forma ecológicamente racional.



De manera similar, el Capítulo 20 del Programa 21 identifica las áreas principales del programa, relacionadas con la gestión ecológicamente racional de desechos peligrosos, que incluyen el DDT, PCBs, dioxina, ácido sulfúrico, fosfatos fertilizantes y metales pesados tales como el plomo, el arsénico y el mercurio. Estas áreas principales del programa, son :

- Prevención y minimización de desechos peligrosos mediante la promoción de métodos de producción más limpios, reciclaje de materiales y mejoramiento del conocimiento.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales en la gestión de desechos peligrosos, mediante la promoción de medidas y programas nacionales adecuados, investigación y desarrollo, desarrollo de recursos humanos y disseminación de información sobre desechos peligrosos.
- Fortalecimiento de la cooperación internacional en la gestión de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, mediante procedimientos de armonización con el fin de identificar y controlar los desechos y de promover un reciclaje económico y ecológicamente racional.
- Prevención del tráfico internacional de desechos peligrosos, mediante el suministro de información y ayuda a los diferentes países, dentro del marco de la Convención de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su eliminación.

El énfasis no es solamente en la promoción de normas básicas de la gestión de los desechos peligrosos a nivel nacional, sino también en una acción sistemática internacional para controlar el movimiento transfronterizo de desechos. El Capítulo 20 exige específicamente la ratificación de (o el ingreso) la Convención de Basilea y la elaboración expedita de los protocolos relacionados, la ratificación e implementación total de la Convención de Bamako sobre la Prohibición de Importación de Desechos



Peligrosos a África y el Control del Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos dentro de África, por parte de los países en cuestión, así como la eliminación de la exportación de desechos peligrosos a países que, de manera individual o a través de acuerdos internacionales, prohibieron la importación de dichos desechos.

De allí pues que la Convención de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, es un tratado mundial sobre el medio ambiente, que reglamenta estrictamente los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos. Lo administra el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y obliga a los signatarios de la Convención a garantizar la gestión ecológicamente racional de desechos peligrosos, en particular en lo tocante a su eliminación. La Convención, adoptada el 22 de marzo de 1989, entró en vigencia el 5 de mayo de 1992. El tratado reconoce que la manera más efectiva de proteger la salud humana y el ambiente del peligro que dichos desechos representan, es reducir a un mínimo su generación y minimizar su peligro potencial y, al mismo tiempo, garantiza la gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos. La Convención de Basilea estipula tres metas principales, interdependientes y de mutuo apoyo:

- Los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos se deben reducir a un mínimo.
- Los desechos peligrosos se deben tratar y eliminar tan cerca como sea posible de su fuente de generación.
- La generación de desechos peligrosos se debe reducir y minimizar en la fuente.

Es por ello que la secretaría de la Convención de Basilea ha ayudado a muchos países a establecer mecanismos nacionales adecuados para implementar la Convención y con el fin de promover la gestión ecológicamente racional de los desechos peligrosos. Ha brindado su apoyo para la adopción de una legislación nacional y pautas técnicas para la gestión ecológicamente racional de los desechos y las instalaciones para su eliminación. La secretaría de la Convención ha publicado pautas técnicas para la gestión



ecológicamente racional de desechos sujetos a la Convención (solventes orgánicos, aceites usados, PCBs, desechos de los hogares).

Además, cada vez es mayor el interés que en todo el mundo hay por los métodos de producción más limpios, que al mismo tiempo pueden conciliar los objetivos económicos y ecológicos.

En relación con los desechos peligrosos, hasta ahora el énfasis se ha colocado en la reducción de desechos de los procesos industriales. Sin embargo, existe ahora la necesidad de emprender acciones en varios frentes diferentes. Es necesario idear maneras para minimizar la producción de desechos peligrosos de otras fuentes, tal como los hospitales, la agricultura y las viviendas. Existe también una necesidad urgente de abordar el lado de la demanda promoviendo patrones de consumo ecológicamente sostenibles. La contaminación del suelo y del agua como resultado de una gestión inadecuada de desechos en el pasado, merece claramente que los países le den una prioridad más alta. El uso continuado de tecnologías desactualizadas, que contribuyen a la generación de desechos peligrosos innecesarios continúa siendo un problema, en particular en los países en desarrollo y en las economías en transición. Finalmente, existe la necesidad de que los gobiernos preparen e implementen un protocolo sobre responsabilidad y compensación en el área de desechos peligrosos.

Debe señalarse que los contaminantes orgánicos persistentes (COPs) son sustancias químicas (aldrina, dieldrina, endrina, DDT, clordano, heptaclor, hexaclorobenceno, mirex, toxafene, PCBs, dioxinas y furanos), que permanecen en el medio ambiente, ingresan a la cadena alimenticia y representan un riesgo adverso para la salud y el medio ambiente. Con la evidencia del transporte de este tipo de sustancias a larga distancia, a regiones donde nunca antes se han producido o utilizado y la amenaza resultante que representa para el medio ambiente en todo el mundo, la comunidad internacional ha solicitado reiteradamente una acción mundial urgente para reducir y eliminar la liberación de estos químicos.

La Refinería Puerto La Cruz, de PDVSA, ubicada en la ciudad de Puerto La Cruz, al norte del Estado Anzoátegui, inició operaciones en 1950 y procesa el crudo de los campos petroleros de los estados Anzoátegui y Monagas, cumpliendo tres roles



fundamentales: suplir la demanda del mercado interno de la región sur oriental del país, valorización de los productos excedentes en el mercado de exportación, y manejo y distribución del 88 % de la producción de crudos del oriente del país hacia los mercados de exportación y a otras refinerías (cabotaje).

La Refinería Puerto La Cruz cuenta con una capacidad nominal para procesar 200 MBD de crudo en sus tres unidades de destilación, de los cuales 45% (90 MBD) corresponde a crudo pesado.

El sistema de almacenamiento de crudo se encuentra dividido en tres grandes áreas llamadas Patios de Tanques: Carga, Refinería y El Chaure, ubicados en el Terminal Marino, Refinería Puerto La Cruz y Refinería El Chaure respectivamente.

En la Refinería Puerto La Cruz se recibe aproximadamente 1.0 MMBD de crudo a través de 4 líneas troncales provenientes de los Patios de Tanques Oficina (PTO), Anaco (PTA) y Travieso (PTT), de acuerdo con una cuota establecida a nivel nación para cumplir con los compromisos del mercado interno, de exportación, refinación y cabotaje.

Toda esta actividad petrolera genera desechos peligrosos que deben ser minimizados.

En resumidas cuentas y de acuerdo con nuestro marco legal, la minimización de desechos peligrosos es de suma importancia para las actividades de refinación de petróleo y específicamente para la Refinería Puerto La Cruz.

Dentro de este orden de ideas, la minimización de desechos se refiere al uso de métodos de reducción en la fuente y/o métodos de reciclaje ambientalmente completos antes de tratar o de disponer los desechos peligrosos. La minimización de desechos incluye las prácticas de la reducción en la fuente que reducen o eliminan la generación de desechos en la fuente, y las prácticas de reciclaje ambientalmente correctas donde la reducción en la fuente no es económicamente práctica. La minimización de desechos no incluye el tratamiento de desechos, es decir, ningún proceso diseñado para cambiar la característica o la composición física, química, o biológica, de un desecho peligroso o de la disposición de desechos. Por ejemplo, la compactación, el neutralizar, diluir, y la incineración no son prácticas de la minimización de desechos. El acercamiento



jerárquico preferido de la EPA a la disposición de desechos sólidos, incluye la reducción en la fuente como la primera solución, seguido por el reciclaje, luego la incineración, y la disposición en terraplenes de tierra (landfill).

La reducción de la fuente incluye cualquier práctica que reduzca la cantidad y/o la toxicidad de los agentes contaminadores que entran en una corriente de desechos antes del reciclaje, del tratamiento, o de la disposición. Los ejemplos incluyen: modificaciones al equipo o a la tecnología, reformulación o rediseño de productos, sustitución de materias primas por materias primas menos tóxicas, mejoras en las prácticas de trabajo, mantenimiento, entrenamiento del trabajador, y un mejor control del inventario.

El reciclaje incluye el uso, reutilización y/o recuperación de los residuales de desechos (que se puede señalar como desechos peligrosos) o materiales en desechos peligrosos. Se "utiliza" o se "reutiliza" un material si se utiliza como un ingrediente en un proceso industrial para hacer un producto o si se utiliza como sustituto eficaz para un producto comercial. Un material "es recuperado" si es procesado para recuperar un producto usado, o si es regenerado. Esto se conoce como recuperación de los materiales. En la recuperación de la energía, la basura o el desecho, se convierten en el combustible usable.

La minimización de desechos tiene como ventaja que protege no solamente el ambiente; también tiene buen sentido económico y del negocio. Por ejemplo, la reducción de la generación de desechos a través de la minimización de desechos ha ayudado a algunas compañías a cambiar su estado de generador grande (1.000 o más kilogramos de desechos peligrosos generados por mes) a generador pequeño (entre 100 y 1.000 kilogramos de desechos peligrosos generados por mes), o al generador condicional pequeño (hasta 100 kilogramos de desechos peligrosos generados por mes).



---

## CAPÍTULO III.- MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contiene el marco metodológico, la viabilidad del estudio con sus posibles limitaciones, tipo de estudio, diseño del estudio: documental y de campo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de análisis y procesamiento de datos, técnicas para la formulación del modelo o sistema propuesto.

### 3.1.- MARCO METODOLÓGICO

El tipo de estudio, según el nivel de conocimiento del objeto investigado, es proyectivo, en virtud de que el objetivo del mismo busca proponer la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, a fin de disponer de una herramienta que permita minimizar, eliminar y/o controlar, de manera sistemática, la generación de desechos peligrosos y por ende los diferentes tipos de riesgos ambientales asociados a estos desechos peligrosos en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz .

Hurtado J. (1996) explica las características principales de esta investigación o estudio proyectivo:

*“Este tipo de investigación intenta proponer soluciones a una situación determinada, implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, más no necesariamente ejecutar la propuesta. Dentro de esta categoría entran los estudios de factibilidad o "proyectos factibles". Todas las investigaciones que conllevan el diseño o creación de algo también entran en esta categoría.” (Pág. 62).*

El desarrollo de este estudio se llevará a cabo en una refinería de la industria petrolera nacional venezolana, específicamente en la Refinería Puerto La Cruz y zonas operativas de su influencia. Así mismo, se revisará la documentación disponible en materia de Seguridad y Ambiente, así como en materia de desechos peligrosos petroleros, para el período de tiempo establecido en este estudio, que es la vida útil de la Refinería Puerto La Cruz.



El estudio es enfocado hacia la propuesta de la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, mediante la conformación de enfoques teóricos que permitan explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, su aplicación basado en políticas, lineamientos y estrategias, de planificación y control ambiental, dirigidas hacia la protección del ambiente, mediante el uso de las técnicas y herramientas tecnológicas para la minimización de desechos peligrosos.

El marco metodológico de este estudio se refiere a las vías a seguir desde que se inicia el estudio hasta la finalización del mismo.

Ballestrini (1998) define el marco metodológico como:

*“La instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real. De allí que se deberán plantear el conjunto de operaciones técnicas que se incorporarán en el despliegue de la investigación en el proceso de obtención de datos. El fin esencial del marco metodológico es el de situar en el lenguaje de la investigación los métodos e instrumentos que se emplearán en el trabajo planteado, desde su ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de la investigación, su universo o población, su muestra, los instrumentos y técnicas de recolección de datos, la medición, hasta la codificación, análisis y presentación de los datos. De esta manera, se proporcionará al lector una información detallada sobre cómo se realizará la investigación.” (Pág. 114).*

### **3.2.- VIABILIDAD DEL ESTUDIO (Limitaciones)**

Debido a que la materia de desechos peligrosos es relativamente nueva y de escasos profesionales dedicados a su estudio, tanto a nivel nacional como internacional, aunado a que en las universidades venezolanas existen pocas materias, dedicadas a este tópico, en las diferentes disciplinas de las ciencias de la ingeniería, tanto en pregrado como en postgrado, y solamente existen contados postgrados en el área ambiental y de



seguridad, a nivel nacional y mundial y la investigación en el área de desechos peligrosos en Venezuela es de reciente data, a excepción de algunas investigaciones y trabajos en INTEVEP, MARN y las Universidades, y muy pocas en el área de desechos peligrosos petroleros, existe limitada bibliografía nacional que pueda servir de marco de referencia o de comparación.

Otra posible limitación, en este estudio, es la restricción al acceso a áreas petroleras y al material técnico que pudieran clasificarlo como restringido, por el celo a la información dada al público, heredado de las antiguas operadoras transnacionales.

### **3.3.- TIPO DE ESTUDIO**

De acuerdo a la naturaleza y características del problema objeto del estudio, según su propósito, este estudio, se enmarca dentro del estudio aplicado o proyecto factible, por cuanto a través del desarrollo se propondrán alternativas o propuestas en torno a la problemática de la minimización de desechos peligrosos desde el punto de vista ambiental en la Refinería Puerto La Cruz.

Según el Manual de la UPEL (2003) el proyecto factible:

*“Consiste en la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.” (Pág. 16).*

### **3.4.- DISEÑO DEL ESTUDIO (DOCUMENTAL Y DE CAMPO)**

Para Arias (2004), ... *“el diseño es la estrategia adoptada por el investigador para responder al problema planteado”*... (Pág. 47). En este caso el diseño incluye las modalidades documental y de campo. El estudio documental según Arias, Op. cit., (Pág.



47)... *“es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de Documentos”.*

Por otra parte, el manual de la UPEL (2003) conceptualiza el estudio documental como:

*“El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de la naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales, o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del Autor.” (Pág. 15).*

De igual forma en el manual de la UPEL, Op. cit., se define el estudio de campo como:

*“El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones de datos originales o primarios.” (Pág. 14).*

El presente estudio, según el diseño o estrategia a utilizar, es documental ya que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos (fuentes secundarias). El presente estudio también es de campo (fuentes primarias), ya que los datos son recogidos de la realidad.

### **3.5.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**



En la recolección de información se utiliza la observación, diario de campo, y el fichaje.

La observación: es una técnica que se emplea para relacionar el sujeto de estudio con el objeto, dotando al investigador de este estudio de una teoría y un método adecuado para que el estudio tenga una orientación correcta y el trabajo de campo arroje datos exactos y confiables. Esta técnica se aplica en forma directa. Directa a propósito de observar y recoger información dentro de la instalación a estudiar, en este caso la Refinería Puerto La Cruz.

El diario de campo: se utiliza en las inspecciones a las áreas operativas mencionadas.

El fichaje: se aplica mediante la utilización de la ficha como instrumento, así se logrará la extracción de aspectos de interés para el estudio proporcionando el ordenamiento y clasificación en el área, así como la recopilación información.

### **3.6.- TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

Las técnicas de análisis y procesamiento de datos, para este estudio, son: estudio documental y trabajo de campo.

#### **3.6.1.- Estudio Documental**

La información proveniente de la fuente se recolecta, se selecciona, se ficha y luego se incorpora al texto definitivo lo que se considera de mayor relevancia para este estudio.

Para la instrumentación del estudio documental se emplean los procedimientos, tales como:

- Ubicación y arqueo de fuentes bibliográficas y documentales: textos, informes, Proyectos, Foros, Seminarios, artículos de revista, Internet y bases de datos “on line” de las Universidades, que permite obtener la información pertinente al tema de estudio.



- Discriminación de la información significativa pertinente a la estructuración del cuerpo demostrativo del estudio.
- Codificación y sistematización de la información seleccionada y registro de la misma en el análisis acorde a sus contenidos.
- Interpretación y presentación de resultados.

### **3.6.2.- Trabajo de Campo**

Los datos se obtienen con la aplicación de la observación en las visitas de inspección. El procesamiento de estos datos corresponde a la técnica de análisis cualitativo.

El trabajo de campo requerido para el estudio incluye la ejecución de las tareas básicas, las cuales son:

- Contextualización y delimitación del problema a objeto de establecer las dimensiones de su análisis.
- Determinación de la población y selección de la muestra.
- Selección y construcción de los instrumentos de recolección de datos. Se escogió la observación en las visitas de inspección, por ser el instrumento más idóneo para la recolección de información sobre la problemática planteada.
- Organización y procesamiento de los datos producto de las respuestas obtenidas a través del instrumento.
- Interpretación y presentación de resultados.

El análisis e interpretación de los resultados que se obtienen con el trabajo de campo a realizado, también es analizado de manera cualitativa. El mismo será interpretado para describir los indicadores que dan origen a una problemática que es vista como una necesidad que debe ser atendida.



---

### **3.7.- TÉCNICAS PARA LA FORMULACIÓN DEL MODELO O SISTEMA PROPUESTO**

Las técnicas para la formulación del modelo o sistema propuesto, que en este caso es una guía, aseguran las pautas definidas de acuerdo a un proyecto factible, es decir, cubre las fases de estudio, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable o sistema propuesto, operacionalizado en una guía, para solucionar el problema planteado.



## **CAPÍTULO IV.- ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Este capítulo está organizado de la siguiente forma: industria petrolera; refinería puerto la cruz; situación actual de la Refinería Puerto la Cruz de Pdvsa; origen de los desechos peligrosos; lineamientos ambientales técnicos de minimización de desechos peligrosos; aplicación de lineamientos ambientales técnicos que sirvan de guía para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración, producción y refinación, de la refinería puerto la cruz; practicas de disposición de desechos peligrosos de las antiguas operadoras transnacionales.

### **4.1.-INDUSTRIA PETROLERA**

La industria petrolera comprende las actividades de exploración y producción, refinación, transporte y comercialización. La mayoría de los desechos peligrosos producidos por la industria petrolera, son generados por las áreas de exploración y producción y de refinación.

#### **4.1.1.- Exploración y Producción de Petróleo**

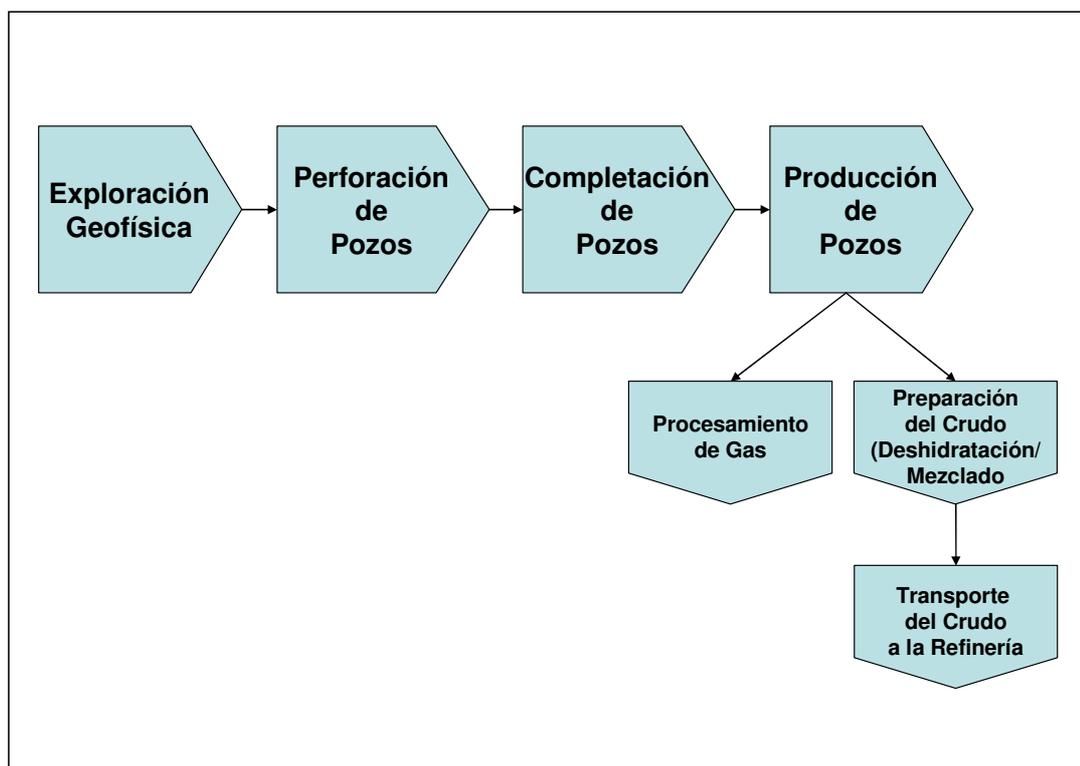
En exploración y producción de petróleo, se realizan las actividades de exploración, desarrollo y producción de los recursos de crudo y gas del subsuelo, que permiten el traslado de estos recursos a la superficie, su posterior separación y preparación para las tuberías de transporte. Las actividades o procesos asociados a los procesos básicos en exploración y producción son:

- Exploración geofísica: permite la ubicación de las rocas sedimentarias.
- Perforación de pozos: consiste en la pulverización de la roca y suelo, que gradualmente forma el hoyo.
- Completación de pozos: se refiere a la inserción de las tuberías de producción y revestimiento, que permitirán el ascenso del crudo y gas.



- **Producción de pozos:** es la etapa en la que ya se extrae el crudo fuera del yacimiento a través del pozo, generalmente empleando gas o agua como fuerza impulsora. Las actividades se inician con el transporte del crudo a las estaciones de flujo. Allí se separa el gas asociado al crudo, y se calienta el crudo, en caso de ser crudo pesado. El gas se envía a las plantas compresoras, mientras que el crudo, a través de los oleoductos, llega a los patios de tanques, donde se realizan procesos de separación de las fases (mezclas) crudo-agua que vienen del yacimiento.

En la figura 1 se muestran en forma esquemática los procesos básicos en exploración y producción, descritos anteriormente.



*Figura 1.-* Procesos Básicos en Exploración y Producción de Petróleo

El mantenimiento de la producción requiere de instalaciones adicionales, tales como plantas eléctricas, plantas compresoras de gas, plantas de generación de vapor para



recuperación secundaria, y flotillas para el transporte terrestre y lacustre de personal, equipos, materias primas, insumos y desechos.

#### 4.1.2.-Refinación de Petróleo

En el área de refinación de petróleo, se realizan un conjunto de procesos, que transforman el crudo original en más de 2.500 productos refinados, incluyendo gas licuado de petróleo (GLP), gasolina, kerosén, combustible para aviación, diesel, fuel oil, aceites lubricantes y materias primas para la industria petroquímica.

Las actividades de refinación se inician con la recepción del crudo para almacenarlo en la refinería, manejo del crudo, los procesos de refinación, y termina con el almacenamiento previo al despacho por barco u otro medio, de los productos refinados.

La diversidad de las actividades involucradas, hace necesario que las refinerías agrupen una gran variedad de procesos, la mayoría de los cuales están fuertemente ligados a las características y composición del crudo a procesar y la escala de productos que se quiere obtener.

En la figura 2 se muestra un esquema de los principales procesos de refinación de petróleo.

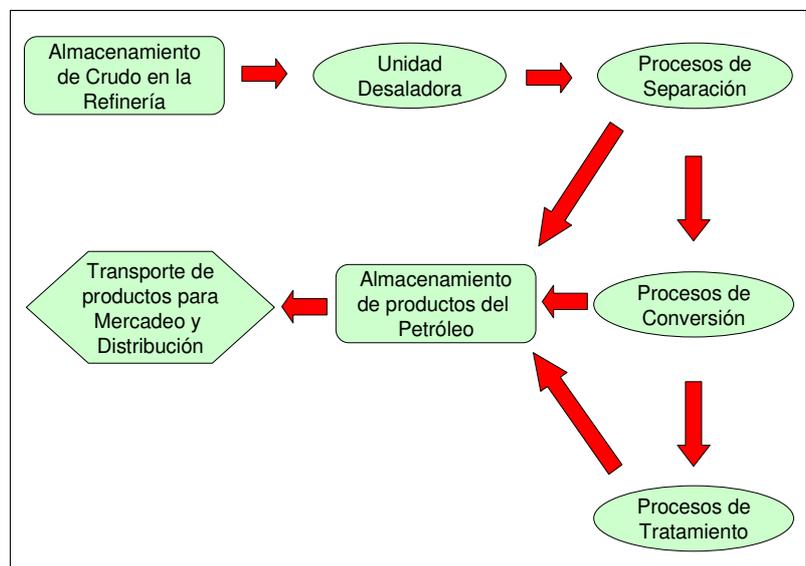


Figura 2.- Principales Procesos de Refinación de Petróleo



Antes de ser procesado, el crudo debe pasar por una unidad desaladora, a fin de remover el agua y sólidos presentes. Las operaciones de refinación de petróleo se pueden resumir en cinco categorías:

A. Procesos de separación:

- Destilación atmosférica
- Destilación de vacío
- Recuperación de livianos (procesamiento de gas)

B. Procesos de conversión de petróleo

- Craqueo (térmico y catalítico)
- Reformación
- Alquilación
- Polimerización
- Viscorreducción

C. Procesos de tratamiento de petróleo

- Hidrodesulfuración
- Hidrotratamiento
- Endulzamiento químico
- Remoción de gases ácidos
- Desasfaltado

D. Manejo de las cargas y productos

- Almacenamiento
- Mezclado
- Carga y descarga

E. Procesos e instalaciones auxiliares

- Quemadores, hornos, calderas
- Tratamiento de efluentes
- Producción de hidrógeno
- Recuperación de azufre
- Torres de enfriamiento
- Sistemas de purga



- Compresores

En forma resumida, para la descripción de cada una de las operaciones indicadas anteriormente, se tiene:

A. Procesos de separación: el primer paso en la refinación de petróleo es la separación de éste en sus constituyentes principales, empleando tres procesos de separación: destilación atmosférica, destilación de vacío y recuperación de gas. El crudo consiste de una mezcla de hidrocarburos que incluye parafinas, naftenos e hidrocarburos aromáticos, además de pequeñas cantidades de impurezas entre las cuales está azufre, nitrógeno, oxígeno y metales. Los procesos mencionados separan este crudo en fracciones con puntos de ebullición comunes o similares.

B. Procesos de conversión: para cumplir las exigencias de la demanda de gasolinas de alto octanaje, jet fuel y diesel, componentes como aceites de desecho, fuel oil y residuales livianos son convertidos en gasolina y otras fracciones livianas. Los procesos de craqueo, coquificación y viscorreducción son empleados para romper las moléculas de crudo de gran tamaño en moléculas más sencillas. La polimerización y alquilación son empleados para transformar moléculas pequeñas de crudo en moléculas grandes. Los procesos de isomerización y reformación son aplicados para arreglar la estructura de las moléculas de crudo y producir moléculas de mayor valor y de tamaño similar.

C. Procesos de tratamiento: los procesos de tratamiento estabilizan y mejoran los productos del petróleo separándolos de productos menos deseables o removiendo elementos indeseables de ellos. Elementos tales como azufre, nitrógeno y oxígeno son removidos por medio de hidrosulfuración, hidrotratamiento, endulzamiento químico y remoción de gases ácidos. Los procesos de tratamiento empleados para la separación de productos de petróleo incluyen procesos como el desasfaltado. La desalinización se utiliza para remover sales, minerales y agua de las cargas de crudo antes de ser refinadas.



D. Manejo de cargas y productos: como se mencionó anteriormente, estos procesos abarcan operaciones de carga, descarga, mezclado y almacenamiento de materia prima y productos.

E. Procesos e instalaciones auxiliares: para la operación de la refinería son necesarios una serie de equipos y operaciones auxiliares, como por ejemplo: quemadores, instalaciones para tratamiento de efluentes, plantas de producción de hidrógeno, torres de enfriamiento y unidades de recuperación de azufre. Los productos de instalaciones auxiliares como agua, vapor, calor, son requeridos a lo largo de todos los procesos de la refinería.

## **4.2.-REFINERÍA PUERTO LA CRUZ**

La Refinería Puerto La Cruz está ubicada, en la ciudad de Puerto La Cruz, Estado Anzoátegui, en la costa nororiental del país, al este de la ciudad de Puerto La Cruz; tiene facilidades de acceso desde el Mar Caribe y está conectada por oleoductos con los campos de producción de Oriente. La conforman las instalaciones de Puerto La Cruz, El Chaure y San Roque (a 40 Kms. de Anaco, vecina a la población de Santa Ana, Edo. Anzoátegui).

La Refinería Puerto La Cruz, de PDVSA, inició operaciones en 1950, procesa el crudo de los campos petroleros de los Estados Anzoátegui y Monagas, cumpliendo tres roles fundamentales: suplir la demanda del mercado interno de la región sur oriental del país, valorización de los productos excedentes en el mercado de exportación, y manejo y distribución del 88 % de la producción de crudos del oriente del país hacia los mercados de exportación y a otras refinerías (cabotaje).

Estas complejas actividades operacionales implican generación de desechos peligrosos con riesgos potenciales, dentro de cada una de las fases de los procesos de producción y refinación de crudos. En este mismo orden de ideas, se deben identificar, evaluar y minimizar de manera sistemática, los diferentes tipos de desechos peligrosos asociados con estas actividades operacionales

#### 4.2.1.-Rol de la Refinería Puerto La Cruz

Por su ubicación estratégica, la Refinería Puerto La Cruz cumple tres roles principales:

- Suplir la demanda del Mercado Interno de la Región Sur-Oriental del país.
- Colocación de los productos excedentes en el Mercado de Exportación.
- Manejo y distribución de la producción de crudos del Oriente del país (hacia los mercados de exportación y a las otras filiales (cabotaje)).

La figura 3 muestra los insumos y productos de la refinería.

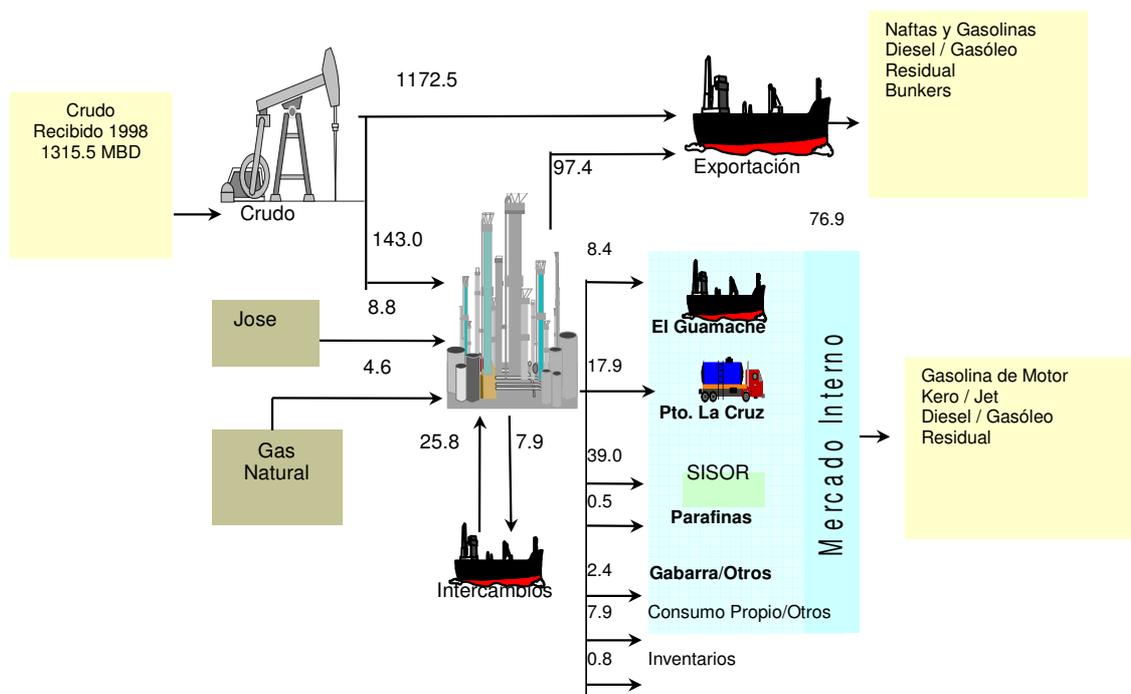


Figura 3.- Insumos y Productos de la Refinería Puerto La Cruz

#### 4.2.2.-Estructura Organizativa de la Refinería Puerto La Cruz



En la figura 4, se muestra el detalle organizativo de las Gerencias Operacionales y funcionales de la refinería:

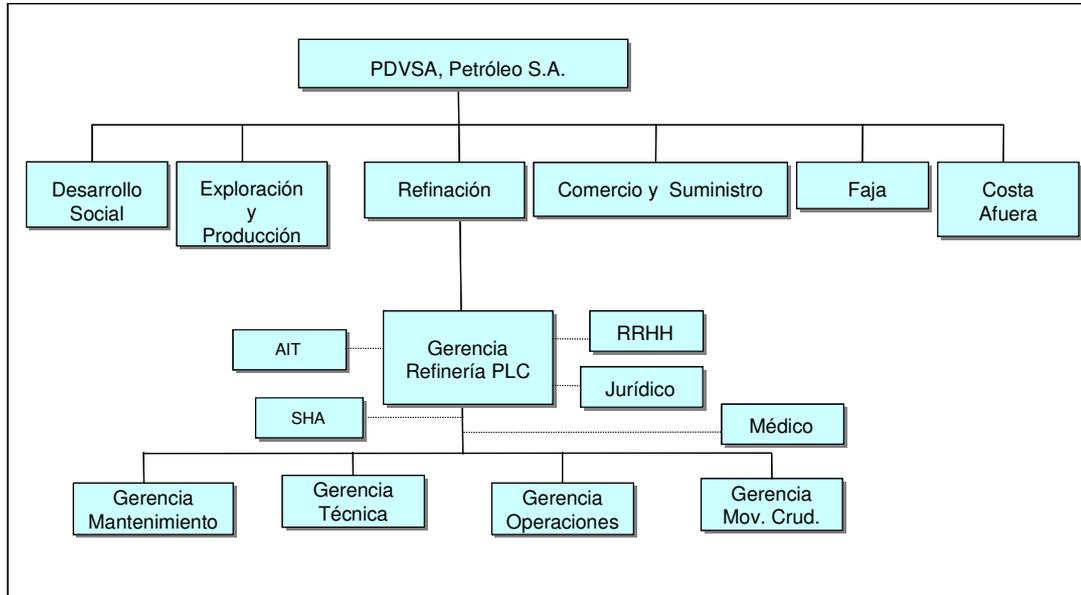


Figura 4.- Organigrama de la Refinería Puerto La Cruz

#### 4.2.3.-Datos Claves de la Refinería Puerto La Cruz

Se presentan los datos claves de la Refinería Puerto La Cruz: Cronológico de Operaciones del Terminal Marino; Cronológico Operaciones Refinería Puerto la Cruz; Capacidades Nominales y Cargas Típicas de las Plantas; Servicios Industriales de la Refinería Puerto la Cruz; Recibo de Crudo; Sistema de Almacenamiento; y Terminal Marino.

##### 4.2.3.1. Cronológico de operaciones del Terminal Marino

En la tabla 1 se pueden observar los principales hitos del Terminal.



Tabla 1.-Cronológico de operaciones del Terminal Marino

Año	Actividad
1939	Construcción Oleoducto Oficina – Puerto La Cruz Despacho del 1er tanquero desde Guaraguao “Gulf Bird”
1948	Despacho del 1er tanquero desde El Chaure “Belgium Pride”
1956	Construcción muelle N° 5 – Calado 55´
1978	Incorporación del muelle El Chaure como N° 6
1981	Modificación muelle N° 4 a calado de 55´
1994	Reparación del muelle N°5 con el criterio “Muelle Fuera de Servicio”
1996	Puesta en servicio muelle N° 7
1997	Puesta en marcha segunda fase Muelle N° 7
2004	Puesta en marcha PROYECTO VALCOR.

#### 4.2.3.2. Cronológico Operaciones Refinería Puerto La Cruz

Estas capacidades son productos de proyectos mayores en las unidades, así como de proyectos menores y optimizaciones en las mismas. (Tabla 2).



Tabla 2.-Cronológico Refinería Puerto La Cruz

<b>Unidad</b>	<b>Capacidad (MBD)</b>				
	<b>1950</b>	<b>1969</b>	<b>1985</b>	<b>1988</b>	<b>1998</b>
Destilación Atm. DA-1	44.0	60.0	74.0		77.0
Redest. de Gasolina 051				15.0	
	<b>1957</b>		<b>1960</b>		
Destilación Atm. DA-2	65.0		90.0		
<b>Unidad</b>	<b>Capacidad (MBD)</b>				
	<b>1950</b>	<b>1968</b>	<b>1981</b>	<b>1993</b>	<b>1998</b>
Destilación Atm. DA-3	33.0	33.0	35.0	35.0	36.0
Estab. de Gasolina 051	7.5		20		
Torre Pre-Flash				35.0	
	<b>1952</b>	<b>1964</b>	<b>1983</b>		
Destilación San Roque	3.0		5.3		
Torre de Vacío		1.8			
Producción Parafina (TMD)	27.0	65.0	76.0		
	<b>1957</b>	<b>1964</b>	<b>1988</b>	<b>1991</b>	
Desintegración Catalítica (Orthoflow Model B)	9.0	11.0	12.8	14.5	
	<b>1962</b>	<b>1964</b>	<b>1991</b>		
Alquilación	2.3		4.5		
Tratamiento de Amina		3.6			
			<b>1988</b>	<b>1998</b>	
Despojadoras de Aguas Agrias (GPM)			100		
Sistema de Trat. de Gases (MM Pies/Día)			4.1		
Recuperadora de Azufre (Ton/Día)			18.0	18.0	

#### 4.2.3.3.-Capacidades nominales y cargas típicas de las plantas

La dieta típica y capacidades nominales de las plantas de la Refinería Puerto La Cruz se observan en la tabla 3.

Tabla 3.-*Capacidades nominales y cargas típicas de las plantas*

Unidades	Dieta Típica	Capacidad Nominal (MBDO)
DA-1	Mesa T-54	77
DA-2	Merey	90
DA-3	A. Wax / Santa Barbara	36
San Roque	Crudo Parafinoso	5.4
FCC	65% AGO DA-1/ 35% (RECH)	14.5
Alquilación	Olefinas+Isobutano	4.5 (Prod. Alq.)
Sist. Trat. Gases	Gases de FCC y Alquilación	18 TMDO

#### 4.2.3.4.-Servicios industriales de la Refinería Puerto La Cruz.

En cuanto a los Servicios Industriales de la Refinería Puerto La Cruz se tiene en la tabla 4 las dietas típicas y el % de utilización:

Tabla 4.-*Servicios industriales de la Refinería Puerto La Cruz*

Unidades	Dieta Típica	% Utilización
Trat. de Agua Río Neverí	5475 GPM	88
Generación de Vapor	480 MLBS/Hr	65
Generación de Elect.	61 MW	30
Trat. Aguas Industriales	295 M <sup>3</sup> / Hr	70
Trat. Aguas Servidas	2092 M <sup>3</sup> / Hr	95
Aire Comprimido	6470 Pies <sup>3</sup> / Min	50

#### 4.2.3.5.-Recibo de crudo

En la Refinería Puerto La Cruz se recibe aproximadamente 1.0 MMBD de crudo a través de 4 líneas troncales provenientes de los Patios de Tanques Oficina (PTO), Anaco (PTA) y Travieso (PTT), de acuerdo con una cuota establecida a nivel nación para cumplir con los compromisos del mercado de exportación, refinación y cabotaje.



En la tabla 5, se muestra el detalle de cada una de las troncales:

Tabla 5.- *Recibo de crudo por troncales*

Troncales	Patio	Crudo	API	Diámetro Pulgs.	Bombeo MBH
51	PTO	Merey Leona	15.5 -16.5 23.5-24.5	30	8.0 -14.5
52	PTA	Leona	25.0-28.0	12x16	1.5-2.1
53	PTA	Anaco Wax	41.0-42.0	16	1.9-2.5
54	PTT	Mesa Santa Barbara	30.0-30.9 36.0-36.6	26/16 16	15.0-36.0 5.9-6.3

#### 4.2.3.6.- Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento de crudo se encuentra dividido en tres grandes áreas llamadas Patios de Tanques: Carga, Refinería y El Chaure, ubicados en el Terminal Marino, Refinería Puerto La Cruz y Refinería El Chaure respectivamente.

En la tabla 6, se indica la capacidad de estos patios:

Tabla 6.- *Sistema de almacenamiento de crudo*

Area	Nº Tanques	Capacidad (MBLS)	
		Nominal	Efectiva
Patio de Carga	15	2691	2415
Patio Refinería PLC	31	3913	3243
Patio El Chaure	07	694	596
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>7298</b>	<b>6254</b>

En cuanto a los productos, las Refinerías Puerto La Cruz y San Roque tienen una capacidad nominal de 6,4 MMBLS y una capacidad operacional de 5,8 MMBLS



repartidos en un total de 93 tanques incluyendo los tanques de slop y asfalto como se indica en la tabla 7:

Tabla 7.- Sistema de almacenamiento de producto.

Area Efectiva	Nº Tanques Nominal	Capacidad (MBLS)	
Puerto La Cruz	51	4576	4156
El Chaure	20	1764	1647
San Roque	22	34	32
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>6374</b>	<b>5835</b>

En el diagrama anexo de la figura 5, se visualiza el recorrido de las troncales desde los patios de producción hasta el patio de tanques de la Refinería Puerto La Cruz.

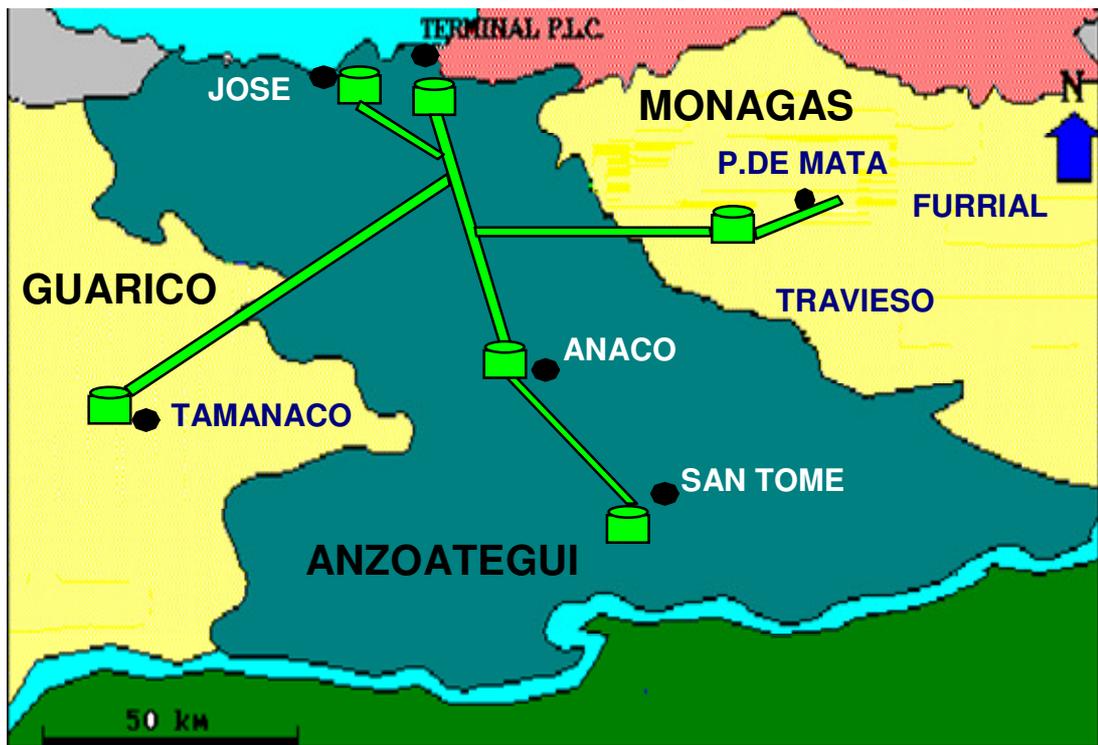


Figura 5.- Troncales de Abastecimiento de la Refinería Puerto La Cruz.



#### 4.2.3.7.-Terminal Marino

El Terminal Marino de Guaraguao está situado en la Costa Noreste de Venezuela dentro de la Bahía de Pozuelos y está constituido por siete (7) muelles para carga y descarga de crudos y productos. El Terminal Marino maneja el 90% de la producción petrolera de la zona oriental del país. Las características más importantes de los siete muelles se indican en la tabla 8:

Tabla 8.-Características principales del Terminal Marino

Dimensiones	1	2	3	4	5	6	7
Eslora Max. (pies)	*600 **750	600 750	600 700	920	920	800	950
Manga Max. (pies)	110	110	120	161	161	120	161
Distancia Max. Línea agua Múltiple buque (Max.) (pies)	52	52	52	58	58	56	58
Calado Max. (pies)	38	38	38	55	55	40	51
Peso Muerto (DWT) (MTon)	50	50	45	120	120	58	120
Desplaz. Max. (T/M)	60	60	60	155	155	76	155
Ocupación (%)	63	17	69	85	85	54	
Capacidad (MBBL)	320	320	350	940	940	430	430
Sistema de Carga	Mangueras			Brazos Metálicos			

\* Con el / los Muelles inmediatos ocupados.

\*\*Con el / los Muelles inmediatos desocupados.

#### 4.2.4.-Descripción General de la Refinería Puerto La Cruz

La Refinería Puerto La Cruz cuenta con una capacidad nominal para procesar 200 MBD de crudo en sus tres unidades de destilación, de los cuales 45% (90 MBD) corresponde a crudo pesado.



En el año 1998 se procesó un total 138 MBD de crudo, cuyo balance global se muestra en la figura 6:

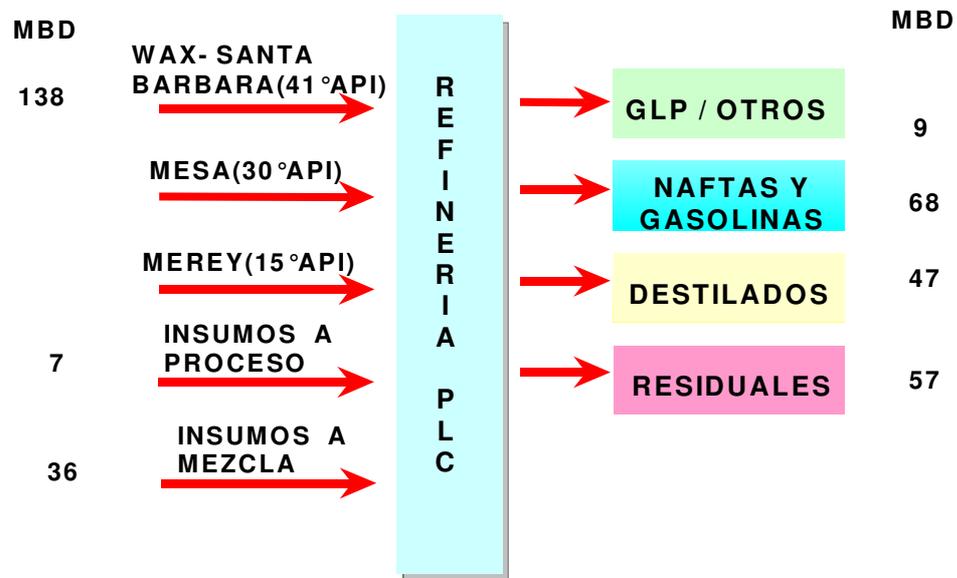


Figura 6.- Balance de Crudos y Productos de la Refinería Puerto La Cruz

Como insumos de proceso se tiene: Isobutano, Gasóleo de Vacío y Residuo Desparafinado (SRQ) y los insumos a mezcla: Gas Natural, Gasolina Natural, Naftas, Alquilato, Gasolinas de Motor y Destilados.

#### 4.2.4.1.- Unidades de procesos

Las unidades fundamentales de proceso de la Refinería Puerto La Cruz son: Unidad de Destilación DA-1; Unidad de Destilación DA-2; Unidad de Redestilación 051; Unidad de Destilación Atmosférica DA-3; Unidad de Desintegración Catalítica; Unidad de Tratamiento Merox; Unidad de Alquilación; Unidades de Tratamiento y Recuperación de Azufre; Servicios Industriales Refinería Puerto La Cruz.



### ***Unidad de Destilación DA-1***

La Unidad de Destilación Atmosférica DA-1 fue diseñada para procesar 44 MBDO de crudo con una gravedad promedio de 30° API. Sin embargo, debido a las mejoras realizadas en la unidad, se procesa actualmente 77 MBDO. Los crudos que conforman la dieta típica a la planta son: Mesa T-54 de 30° API y Merey de 16° API, este último hasta un 10%V de la alimentación a la unidad.

### ***Unidad de Destilación DA-2***

La unidad de destilación Atmosférica DA-2 está diseñada (según capacidad de equipos) para procesar una carga de 90 MBD de crudo Merey con un rango de gravedades de 15.5 - 16.5 ° API. En la planta también se procesan los crudos: Mesa Monagas y Guafita, cada uno de 30° API (Carga: 30 MBD) y una mezcla de Mesa - Merey denominada Leona de 22 – 24 ° API (Carga: 45 MBD).

En el año de 1997, se ejecutó un proyecto para mejorar la confiabilidad de la planta, el cual consistió básicamente en:

- Reemplazo por deterioro del horno (H-1 por H-2).

### ***Unidad de Redestilación 051***

La unidad tiene como función fraccionar las gasolinas provenientes del tope de las Unidades de Destilación Atmosférica DA-1 y DA-2.

### ***Unidad de Destilación Atmosférica DA-3***

La unidad DA-3 está ubicada en la Refinería El Chaure, a orillas de la Bahía de Bergantín, a 5 kilómetros de Puerto La Cruz. Su diseño original fue para procesar 40 MBD de crudo mediano y pesado entre 22 y 30 ° API. En el año 1968 se hicieron modificaciones para procesar crudo liviano y extraliviano (38-42 ° API). Actualmente se



procesa crudo Anaco Wax y/o Santa Bárbara de 36 y 42 ° API respectivamente y se le incorpora residuo desparafinado de la Refinería San Roque. Además se procesan mezclas entre los crudos WAX-Santa Bárbara con Mesa Troncal 54, dependiendo de las economías favorables.

Desde el punto de vista operacional, la unidad DA-3, es una unidad más de fraccionamiento atmosférico, provisto de una torre fraccionadora de crudo, tres despojadoras y una torre estabilizadora de gasolinas.

### ***Unidad de Desintegración Catalítica***

La Unidad de Desintegración Catalítica, procesa actualmente una mezcla formada por gasóleo atmosférico proveniente de la unidad de destilación DA-1, residual de crudo Anaco Wax y/o Santa Bárbara proveniente de la unidad de destilación atmosférica DA-3. Los productos principales de la reacción de craqueo catalítico son: gas seco, olefinas, gasolina, aceite catalítico liviano, aceite catalítico pesado y aceite decantado.

El proceso completo está dividido en:

- Pre calentamiento
- Reacción
- Regeneración
- Fraccionamiento
- Recuperación de Gases

En el diagrama de la Figura 7 se muestran las etapas de la Planta de Craqueo Catalítico.

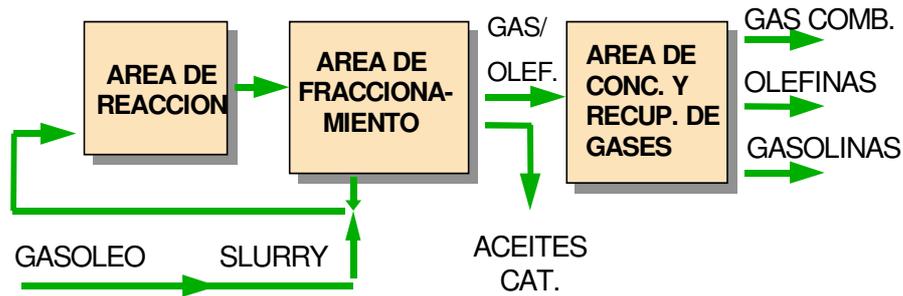


Figura 7.- Planta de Craqueo Catalítico

### ***Unidad de Tratamiento Merox***

La Unidad de Tratamiento Merox procesa una carga promedio de 7,5 a 8,0 MBD de gasolina desbutanizada proveniente de la unidad de craqueo catalítico con una gravedad de 56 - 58 ° API y un RVP 6.5 a 7,5 psia.

### ***Unidad de Alquilación***

El proceso de Alquilación consiste en la combinación de las olefinas (compuestos de hidrocarburos con doble enlace) provenientes de la unidad de craqueo catalítico con isobutano en presencia de un catalizador (ácido fluorhídrico) para producir compuestos parafínicos altamente ramificados en el rango de 7 a 8 átomos de carbono. La mezcla de estos compuestos posee un alto octanaje RON y MON y se denomina Alquilato.

La unidad de Alquilación de la Refinería Puerto La Cruz consiste de cuatro etapas:

- Tratamiento de olefinas
- Reacción
- Fraccionamiento
- Regeneración de Acido



En el diagrama de la figura 8 se muestran estas etapas:

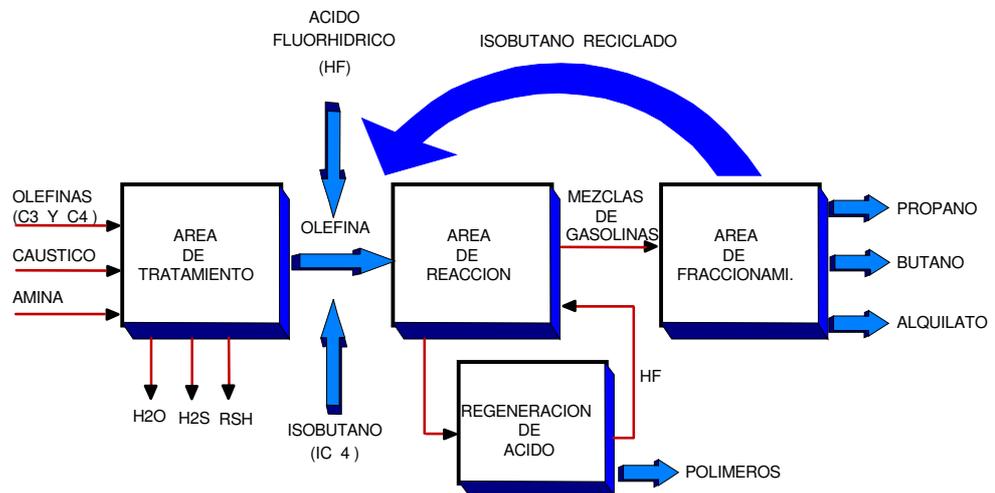


Figura 8.- La Unidad de Alquilación

### ***Unidades de Tratamiento y Recuperación de Azufre***

El sistema de Tratamiento de Gases Ácidos, Aguas Agrias y Recuperación de Azufre de la Refinería Puerto La Cruz, está conformado por tres unidades: Unidad de Amina (Sistema de Tratamientos de Gases) (STG); Unidad Despojadora de Aguas Agrias (DAA); y Unidad Recuperadora de Azufre.

### ***Unidad de Amina (Sistema de Tratamientos de Gases) (STG)***

La Unidad de Endulzamiento de Gases Acidos está diseñada para remover el sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y porciones de sulfuro de carbonilo de los gases producidos en la planta de Desintegración Catalítica.

### ***Unidad Despojadora de Aguas Agrias (DAA)***



La Unidad Despojadora de Aguas Agrias está diseñada para remover el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), contenido en las aguas agrias resultantes del proceso de Desintegración Catalítica y de la Unidad Recolectora de Azufre.

### ***Unidad Recuperadora de Azufre***

La planta recuperadora de azufre transforma el  $\text{H}_2\text{S}$  en azufre elemental y agua, usando oxígeno del aire. El azufre producido en esta planta es líquido y se mantiene en ese estado para su manejo y despacho, la unidad esta diseñada para producir 18,3 Ton/Día de azufre con una recuperación global del 96 %, aproximadamente.

Así mismo, la planta posee un incinerador donde se destruye el  $\text{H}_2\text{S}$  convertido a dióxido de azufre el cual es menos tóxico.

### ***Servicios Industriales Refinería Puerto La Cruz***

Los servicios Industriales en el área de Puerto La Cruz y El Chaure están conformados por las unidades:

- Sistema de Agua Potable.
- Sistema de Agua de Enfriamiento.
- Sistema de Agua Suavizada.
- Sistema de Generación de Vapor.
- Sistema de Aire Comprimido.
- Sistema de Generación Eléctrica.
- Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas.
- Sistema de Tratamiento de Efluentes de Procesos.

Las características de cada sistema son:

### ***Sistema de Agua Potable***



El agua potable requerida en las Refinerías Puerto La Cruz y El Chaure se trata en la planta de Río Neverí, la cual tiene una capacidad operacional de 4.500 GPM y una capacidad máxima de 5.475 GPM.

Para su almacenamiento se cuenta con el tanque 115, ubicado en la Refinería Puerto La Cruz, tanque 10001 y 40001 en Terminal Marino y tanques 301 y 308 en El Chaure.

### ***Sistema de Agua de Enfriamiento***

El agua de enfriamiento en Puerto La Cruz proviene de tres torres cuyas características principales se presenta en la tabla 9:

Tabla 9.- *Sistema de agua de enfriamiento*

<b>TORRE</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Nº Celdas	16	3	3
Cap. Max. (GPM)	72000	9000	9000
Pta. Serv. (GPM)	Craq. Cat. (14000) Dest. DA-1, 051, FCC Pta. Serv. (55000) Pta. Serv. (3000)	Dest. DA-2	Alquilación

En el caso de El Chaure el agua de enfriamiento proviene del mar se requiere un total circulante de 12.000 GPM.

### ***Sistema de Agua Suavizada***

El agua que se utiliza en las calderas de vapor se trata previamente en la planta de intercambio iónico; la descripción del proceso es: El agua proveniente del Río Neverí se alimenta a dos unidades de sodio y dos de hidrógeno, donde mediante intercambio iónico se elimina la dureza del agua al sustituirse los iones de calcio y magnesio por iones de sodio e hidrógeno. La corriente de agua proveniente de las unidades de



hidrógeno es ácida. Regulando ambos caudales se controla el nivel de alcalinidad para disminuir los hidróxidos en la caldera. Las unidades de suavización son reemplazadas por una planta desmineralizadora (ósmosis inversa + lechos pulidores de intercambio iónico). Existe una tercera unidad de sodio que trabaja exclusivamente con condensado.

### ***Sistema de Generación de Vapor***

El sistema de generación de vapor en PLC consta de cuatro calderas, tres de las cuales tienen una capacidad de 80 Mlbs/hr y una con capacidad de 100 Mlbs/hr. La producción promedio es de 200 Mlbs/Hrs.

### ***Sistema de Aire Comprimido***

En Puerto La Cruz el aire comprimido se utiliza básicamente en la instrumentación de las diferentes plantas de procesos, así como también en la limpieza y soplado de instrumentos y para servicios en las áreas de los talleres.

### ***Sistema de Generación Eléctrica***

La capacidad de generación eléctrica en Puerto La Cruz es de 61 MW. Se cuenta con importantes equipos:

- Dos turbogeneradores de 20 MW de capacidad c/u.
- Un turbogenerador de 15 MW.
- Tres turbo-generadores de vapor con capacidad de 2 MW c/u.

En el Chaure se cuenta con una red de distribución eléctrica de 13.8 KV y tiene un total de 12 subestaciones importantes que incluyen las plantas de proceso, torres de enfriamiento, casas de bombas de PLC y El Chaure, Sisor y Planta de despacho de Asfalto.



Esta red de distribución incluye también las subestaciones eléctricas para cargas semicríticas que suministran la energía a bombas de transferencia, mezcladores de tanques, etc., y el circuito radial para cargas no críticas donde se encuentran los campos residenciales, iluminación de edificios, oficinas y alumbrado público, etc.

La carga estimada actual para ambas refinerías es de 15 MW. El sistema cuenta con la interconexión de CADAFE donde se dispone de hasta 6 MW en caso de fallas, paradas, etc.

### ***Sistema de Tratamiento de Aguas Servidas***

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas tienen por objeto depurar los líquidos domésticos provenientes de las áreas residenciales (Campo Guaraguao y Campo El Chaure), Refinería, Edificio Sede, Guardia Nacional y Hospital Guaraguao. Funcionan conforme al sistema de tratamiento que corresponde a un proceso de lodos activados, a velocidad convencional, con circulación de lodos, digestión aeróbica de lodos secundarios y desinfección de efluentes.

La refinería dispone de dos plantas de tratamiento: La planta de Guaraguao y la planta de El Chaure.

### ***Sistema de Tratamiento de Efluentes de Proceso***

La planta de tratamiento está diseñada para tratar los efluentes generados en los procesos de refinación, agua de drenaje de los tanques de la , aguas de lluvia de las áreas de proceso y diques. La capacidad de procesamiento de la planta es de 1285 GPM, y opera a una capacidad promedio de 211 GPM.

En general el proceso está formado por las varias etapas:

- Tratamiento Primario
- Tratamiento Físico-Químico
- Tratamiento Biológico
- Filtración



- Desinfección
- Tratamiento de lodos Biológicos y Aceitosos

### ***Tratamiento Primario (Separador API)***

Las aguas provenientes de los diversos procesos y del drenaje de tanques fluyen hasta el separador API con el fin de eliminarle los hidrocarburos, dicho separador está equipado con puentes de barrido de superficie y de fondo.

### ***Tratamiento Físico-Químico***

El agua sedimentada se envía a un tanque donde se mezcla con el coagulante (cloruro férrico) para eliminar los contaminantes físico-químicos tales como sedimentos, cianuros y sulfuros por un proceso de floculación, luego pasa a un tanque donde se le inyecta agua presurizada lográndose la separación de los flóculos. Los lodos flotantes se recuperan en la parte superior con un raspador de accionamiento axial y los lodos del fondo con un raspador con el que son canalizados hacia la tolva central del equipo.

Los lodos recuperados se transfieren a un tanque para su tratamiento por centrifugación.

### ***Tratamiento Biológico***

El agua proveniente del tratamiento físico-químico se trata para remover la demanda bioquímica de oxígeno, fenoles y el nitrógeno.

El propósito del proceso consiste en nitrificar (producir nitratos y nitritos) en un compartimiento aireado y luego los nitratos y nitritos son reducidos por bacterias a nitrógeno gaseoso en la zona de anoxia, esto es una zona sin aire pero con agitación. Esta agua posteriormente pasa a un decantador para separarle los lodos de fondo y de superficie.



### ***Filtración***

Los efluentes se pasan por filtros de arena con el fin de retener los lodos biológicos y recuperarlos en el agua de lavado por medio de bombas sumergibles.

Cada filtro contiene un lecho de arena y un falso fondo fijo donde están ubicadas las boquillas y válvulas para el proceso de lavado del filtro con aire y agua.

### ***Desinfección***

El agua filtrada se envía por gravedad hasta el tanque de cloración con el objeto de desinfectar y eliminar los organismos patógenos presentes, de aquí se descarga al sistema de drenajes que lo envía directamente al mar.

### ***Tratamiento de Lodos Biológicos***

Los lodos en exceso se envían a un espesador del cual son removidos y posteriormente pasados a cinco lechos de secado. Los lodos una vez deshidratados se transfieren al sitio de disposición final.

### ***Tratamiento de Lodos Aceitosos***

Los lodos aceitosos se envían a la centrifuga donde se evacúan en forma continua tanto el sedimento como el líquido residual. Los lodos deshidratados se almacenan para luego transportarlos al sitio de disposición final.

### **4.2.5.- Sistema de Almacenamiento**

Los sistemas de almacenamiento están ubicados en las áreas de Puerto La Cruz, El Terminal, El Chaure y la Refinería San Roque, distribuidos en los sistemas de crudo y productos.



#### **4.2.6.- Valcor**

El proyecto valorización de corrientes Valcor, comprende la ampliación de la Refinería Puerto La Cruz. En 1995 se terminó la ingeniería básica, 3 años después se completaron los estudios ambientales y la preparación del sitio, en el año 2000 se comenzó la construcción con la asignación del préstamo de financiamiento por 500 millones de dólares, con un grupo de instituciones japonesas lideradas por el Japan Bank of International Cooperation. Se culminó en el 2004 y ese mismo año se iniciaron operaciones.

El proyecto consiste en producir 45 mil barriles diarios de gasolina sin plomo, destinados al mercado interno; 30 mil barriles diarios de diesel de bajo contenido de azufre para el mercado internacional, específicamente para el Caribe y Latinoamérica. y 100 toneladas de azufre; todo esto a través de sus nuevas plantas: reformador catalítico con licencia de la empresa Universal Oil Products (UOP), para producir reformado, un componente de alto octanaje, para producir gasolina sin plomo; igualmente, las plantas de hidrotatamiento de nafta e hidrosulfuración de diesel, con licencia del Instituto Francés del Petróleo (IFP) y unidades ambientales de aminas y aguas agrias; interconectadas a la actual infraestructura de procesos de la refinería.

Las próximas ampliaciones son eliminar la gasolina con plomo para producir gasolina sin plomo a través de etanol sustituyendo el MTBE/TAME .

### **4.3.-SITUACIÓN ACTUAL REFINERÍA PUERTO LA CRUZ, DE PDVSA**

La Refinería Puerto La Cruz, de PDVSA, ha realizado trabajos en desechos peligrosos, tales como:

- 1995
- Completado inventario y caracterización de Materiales y Desechos Peligrosos.



- Realizado el Estudio de Factibilidad de Saneamiento Ambiental y Clausura de la Fosa Los Nísperos.
- Reusados 66,000 litros del Producto Desincorporado “Methyl Cellosolve” como aditivo en gasolina de media.
  - 1996
- Conceptualizado Plan Integral de Manejo y Minimización de Lodos Petrolizados.
- Desmantelado Tanque de tetraetilo de plomo (TEP o TEL en inglés) Desincorporado en el Chaure.
  - 1997
- Completado Saneamiento Ambiental y Clausura de 14 Fosas Menores Ubicadas en Pamatacual, Portón 27 y Los Nísperitos, Recuperadas 12,5 hectáreas.
  - 1998
- Recuperada Capacidad Operacional del Tanque Pulmón del STEP. Removidos y Tratados por Estabilización y Solidificación 25,000 m<sup>3</sup> de Lodos.
- Reusados 3,000 m<sup>3</sup> de Catalizador Gastado de FCC. Como agente E/S de Lodos de Tanque Pulmón.
- Reusadas 22,4 TM del Producto Desincorporado “Foam Monitor Componente A - Sulfato de Aluminio”, como Aditivo para Tratamiento de Aguas en Complejo Jose.
  - 1999 - 2000
- Saneamiento Ambiental de Fosa Los Nísperos. Procesados 115.000 Barriles de Lodos por Demulsificación/Centrifugación y Recuperados 101.000 Barriles de Aceite.
  - 2003 -2006
- Adecuación de la refinería a la normativa ambiental establecida en el nuevo marco legal ambiental.



## **4.4.-ORIGEN DE LOS DESECHOS PELIGROSOS**

### **4.4.1.-Desechos Peligrosos Generados en las Actividades de Exploración y Producción**

Los desechos peligrosos asociados a la perforación de pozos incluyen los fluidos o lodos empleados para perforar y completar pozos (fluidos de perforación), cortes de suelo y rocas (ripios), así como aguas de limpieza y aditivos químicos empleados para acondicionar los fluidos de perforación. Estos desechos peligrosos pueden ser clasificados como principales, ya que son los que se generan en mayor cantidad.

La mayoría de los fluidos de perforación están constituidos por agua. Se requieren ciertos aditivos que alteran sus propiedades y la hacen apropiada para esta aplicación. Los aditivos más comunes son las arcillas, que aumentan la viscosidad y mejoran la capacidad de remoción de cortes del pozo. Se incorpora sulfato de bario como aditivo para incrementar la densidad del fluido, el cual permite controlar la presión en el pozo. Las arcillas en agua tienden a aglomerarse (flocular), disminuyendo la viscosidad del fluido, por lo que se incluyen antifloculantes a base de cromo.

Otros aditivos presentes en los fluidos de perforación son soluciones de hidróxido de sodio, las cuales permiten controlar el pH, inhibidores de la corrosión y lubricantes para operación en pozos inclinados u horizontales. Los lodos de perforación contienen metales pesados, siendo los más comunes el cromo y el bario. El bario está presente debido a la adición de sulfato de bario, tal como se señaló previamente. Igualmente, el cromo se presenta debido a la adición de antifloculantes a base de este metal. Ambos metales pueden presentarse también de forma natural en la formación, junto con otros metales como cadmio y mercurio.

Como desechos peligrosos secundarios se encuentran los aceites gastados, provenientes del mantenimiento de máquinas asociadas a los trabajos de perforación y reparación de pozos, crudo emulsionado (generado en la reparación de pozos), solventes y productos químicos fuera de especificación.



La estimulación de pozos para mejorar la producción de crudo se logra mediante dos técnicas: la acidificación y la fractura hidráulica. Ambas técnicas emplean una variedad de aditivos químicos que eventualmente pueden convertirse en desechos.

En la técnica de acidificación se emplean ácidos para mejorar la producción, y además se requieren inhibidores del ácido que protegen a las tuberías y equipos de daños por corrosión, emulsificantes que retardan la reacción de los ácidos para permitir una penetración mayor de éste en la formación, agentes de mojado que mejoran la permeabilidad del ácido, reductores de fricción que permitan minimizar los costos asociados a las operaciones de bombeo y agentes quelantes que previenen la precipitación de metales.

En la técnica de fractura hidráulica se utilizan aditivos químicos de soporte para mantener la fractura abierta durante la producción, reductores de viscosidad, estabilizadores de las arcillas y reductores de fricción.

Entre los desechos peligrosos asociados a las actividades de producción, los más comunes son los lodos petrolizados y los suelos contaminados con hidrocarburos. Los lodos petrolizados se generan cuando la arena, suelo o sedimentos entran en contacto con agua e hidrocarburos, por lo que dichos lodos pueden formarse en los equipos de las estaciones de flujo, en los oleoductos y en los tanques de almacenamiento de crudo. Los suelos contaminados con hidrocarburos son producto de los derrames, que pueden ocurrir en instalaciones tales como cabezales de pozos, oleoductos, estaciones de flujo y patios de tanques de crudo. También se encuentran entre los desechos de producción, los aceites de lubricación e hidráulicos gastados, producto del mantenimiento de equipos; las salmueras residuales, producto del tratamiento de aguas para inyección en pozos; los condensados de plantas compresoras de gas, solventes, aditivos químicos, tambores y los desechos de limpieza de torres de enfriamiento y plantas de inyección de vapor.

Las operaciones de mantenimiento de los tanques de crudo, además de incluir la remoción de los lodos petrolizados del fondo del tanque (desechos de fondo), requieren de la limpieza de las superficies metálicas del mismo, que incluyen suelo, paredes y techo (interna y externamente, en algunos casos). Dicha limpieza se realiza a través de la aplicación de chorros de arena a presión. La arena, como producto del choque contra el



metal, disminuye su tamaño promedio de partícula, además de impregnarse de los desechos remanentes en el tanque, tales como restos de pintura u óxidos, y de partículas del metal. La arena, una vez empleada en la limpieza, no puede ser reciclada de nuevo en el proceso, ya que el menor tamaño de partícula disminuye notablemente su rendimiento en el mismo, aún cuando se añada en pequeñas proporciones a arena sin usar. La arena usada se convierte entonces en un desecho de la limpieza de tanques, pero puede ser empleada en otras áreas, por ejemplo, en ciertos tipos de construcción.

#### **4.4.2.-Desechos Peligrosos Generados en las Actividades de Refinación**

Los desechos peligrosos generados en refinación son agrupados en cuatro categorías: materiales aceitosos, catalizadores usados, compuestos químicos usados y otros desechos peligrosos, las cuales se detallan en esta sección. Al final de esta sección, en la figura 3 se presenta un esquema descriptivo de las unidades de operación y los desechos peligrosos asociados a éstas.

Adicionalmente, cabe señalar que la Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U. (EPA), ha identificado dentro de los desechos de refinerías, cinco grupos considerados como desechos peligrosos. Estos desechos peligrosos son:

- a. Sobrenadante de las unidades de flotación de aire disuelto (DAF).
- b. Sólidos con derrames de emulsiones de aceites.
- c. Sólidos procedentes de la limpieza de intercambiadores de calor.
- d. Lodo de los separadores API.
- e. Desechos peligrosos de fondo de tanques de gasolina con plomo.

Estos desechos se consideran peligrosos debido a que contienen plomo y cromo hexavalente. El plomo proviene mayormente de la adición de tetraetilo de plomo a la gasolina para mejorar el octanaje. El cromo hexavalente proviene de las corrientes de descarga de las torres de enfriamiento, que emplean compuestos de cromo para controlar la corrosión.



#### **4.4.2.1.-Materiales aceitosos**

Son la principal fuente de desechos en las refinerías y se generan cuando los hidrocarburos coalescen con partículas sólidas. Estos desechos aceitosos se acumulan en diversos puntos de la refinería, como por ejemplo separadores de agua y aceites, unidades de flotación de aire de los procesos de tratamiento de aguas, desechos de los intercambiadores de calor y de los fondos de los tanques y contenedores de almacenamiento de crudo y productos. En términos generales, los desechos de los separadores de agua y aceite de las unidades de tratamiento de aguas para los sistemas de descarga, representan el mayor volumen de los desechos de tipo aceitoso en las refinerías. Sin embargo, el tipo y la cantidad de materiales aceitosos producidos en las refinerías es variable y depende de factores como la cantidad y características del crudo procesado, frecuencia de las operaciones de limpieza de tanques y tipo de sistemas de tratamiento de aguas.

En esta categoría también se incluyen los aceites usados, de lubricación e hidráulicos.

#### **4.4.2.2.-Catalizadores usados**

Los catalizadores se emplean en numerosos procesos de refinación y son esenciales para la obtención de diversos productos. En algunos casos, los catalizadores permanecen en uso por muchos años antes de perder su actividad y requerir reemplazo. En otros casos, los catalizadores deben reemplazarse con más frecuencia, incluso en forma continua. Los catalizadores empleados en los procesos de reformación tienen importantes cantidades de metales valiosos, como platino, razón por la cual son tratados para la recuperación del metal. Entre los procesos de refinación donde se utilizan catalizadores, se encuentran: craqueo catalítico para producir gasolina, remoción de azufre de corrientes gaseosas y líquidas, tratamiento para convertir productos pesados en productos livianos y reformación de gases para producir líquidos.



Gran parte de los catalizadores de refinería pueden ser reciclados mediante regeneración y tratamiento. De la fracción no reciclable de catalizadores, la mayor proporción corresponde al catalizador de craqueo catalítico usado, seguido por los catalizadores para remoción de azufre. El catalizador de craqueo catalítico contiene principalmente óxido de aluminio y no es considerado por la EPA como un desecho peligroso.

#### **4.4.2.3.-Compuestos químicos usados**

Dentro de esta categoría, los compuestos de mayor atención corresponden a las soluciones cáusticas empleadas para la absorción y remoción de contaminantes de las corrientes intermedias y de producto. Se usan soluciones básicas para remoción de sulfuro de hidrógeno y mercaptanos de gases y líquidos, mientras que para remover fenoles y naftenos de corrientes de destilados, se emplean otro tipo de soluciones cáusticas. Estas soluciones usadas, sin mezclarse, pueden ser recicladas o tratadas, ya que es factible recuperar de ellas en forma separada los fenoles y el sulfuro de hidrógeno.

#### **4.4.2.4.-Otros desechos**

En esta categoría se pueden incluir gran variedad de desechos, entre los que se encuentran: lodos procedentes de la limpieza de torres de enfriamiento, lodos biológicos que se obtienen de las plantas de tratamiento de efluentes, resinas de zeolita gastadas, medios filtrantes usados, contenedores usados.

Por otra parte, en la figura 9, se pueden observar los desechos asociados a las distintas operaciones en una refinería.

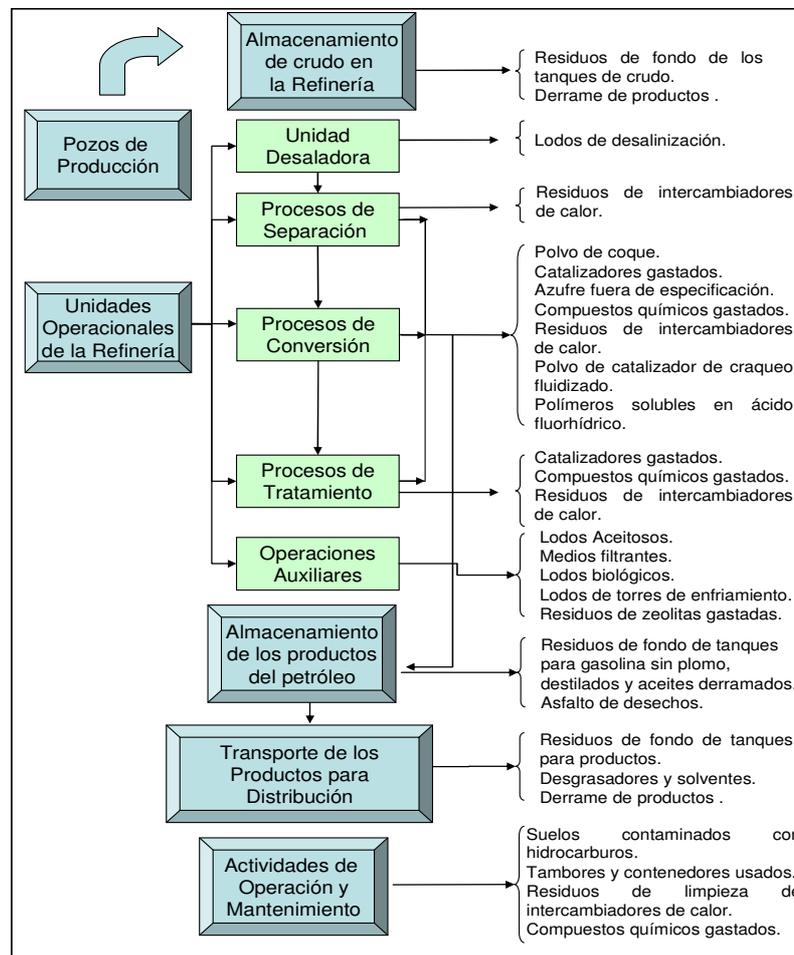


Figura 9.-Desechos Asociados a las Distintas Operaciones en una Refinería

#### 4.5.-LINEAMIENTOS AMBIENTALES TÉCNICOS DE MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS

Para la minimización de los desechos sólidos se tienen dos categorías básicas, que son: reducción en fuente y reciclaje. Estas mismas categorías se aplican a los desechos peligrosos. En la figura 10, al final de esta sección, se presenta un esquema con



las técnicas de minimización asociadas a dichas categorías. Esta clasificación puede ser muy amplia y las técnicas pueden solaparse en cuanto a sus alcances.

La descripción de estas opciones se desarrolla en forma detallada:

#### **4.5.1.-Reducción en Fuente**

Se refiere a la generación de menor cantidad de desechos, utilizando métodos como: control en fuente y modificación del producto. Dentro de la categoría de modificación del producto se tienen las técnicas de: sustitución, conservación y cambios en la composición del producto. La sustitución de producto consiste en reemplazar un producto con otro distinto, que tendrá el mismo uso intermedio o definitivo, considerando premisas como:

- El producto sustituto funcionará adecuadamente en la operación de reemplazo.
- Reducción efectiva de los desechos durante la fabricación y manejo del producto sustituto.
- El costo del producto sustituto permitirá su implantación, por lo que la relación costo/beneficio ambiental será significativamente mejor.

Los cambios en la composición del producto enfocan la eliminación de sustancias peligrosas y se llevan a cabo tomando en cuenta que la función, calidad, aceptación y precio del producto permanezcan sin alteración.

Dentro de la categoría de control en fuente, se tienen a su vez las técnicas de: modificación de la materia prima, cambio de la tecnología y mejoras en los procedimientos. La purificación y sustitución de materia prima son los dos aspectos asociados a la modificación de la materia prima; para distinguir si se trata de sustitución o de purificación, es necesario separar entre los procesos que: a) convierten químicamente o sintetizan la materia prima para producir un determinado producto, b) remueven impurezas de las corrientes para convertirlas en insumos de utilidad, que



son intermedios en el proceso. Esta separación es importante porque el concepto de modificación de la materia prima toma distinto significado según sea el caso.

En los procesos de síntesis, los desechos pueden ser minimizados hasta cierto límite mediante la purificación de la materia prima. En la mayoría de dichos procesos la materia prima se encuentra bastante libre de impurezas y se espera que su uso determine la generación de menos desechos durante las diversas etapas de separación contempladas dentro del proceso químico. Sin embargo, hay ocasiones en las que alcanzar un alto grado de pureza de la materia prima puede ser costoso, por lo que se requiere mayor cantidad de energía y también se generan desechos adicionales. Este tipo de procesos de purificación de materia prima o de eliminación de impurezas, se conocen como pre-tratamiento de la carga.

El enfoque de alteración de materias primas no sólo abarca a los principales materiales de un proceso, también se refiere a las sustancias auxiliares. Estas sustancias son aquellas que toman parte del proceso, pero no constituyen parte del producto final. En este sentido, la alteración de las mismas está enfocada al uso de componentes menos tóxicos y de menor afectación al ambiente. Por ejemplo, soluciones acuosas de detergentes biodegradables pueden ser sustitutos de solventes con cloro.

La sustitución de materias primas contempla el reemplazo de sustancias peligrosas o contaminantes en la formulación, por sustancias más seguras y de menores efectos al hombre y al ambiente. La sustitución de materias primas puede determinar cambios leves o significativos en el proceso de fabricación, así como la reformulación del producto.

Los cambios en los procesos, equipos y condiciones operacionales, automatización y conservación del agua y la energía, son técnicas agrupadas dentro de cambio de tecnología. La generación de desechos sólidos puede reducirse considerablemente mediante la modificación de los equipos para obtener mejores resultados, en conjunto con la implantación de procedimientos adecuados, o mediante la instalación de nuevos equipos más eficientes. Estas técnicas están íntimamente ligadas con el mejoramiento de los sistemas de automatización y control.



El uso de equipos más eficientes minimiza el número de subproductos fuera de especificación a lo largo de las etapas de un proceso, reduciendo la cantidad de material que requerirá posterior tratamiento o disposición. En muchos casos, las modificaciones de equipos resultan ser relativamente simples y poco costosas, como es el caso de rediseños que se basan en la reducción de pérdidas de productos o instalación de mecanismos de sellado para evitar fugas, pérdidas y contaminación de las sustancias.

Es importante distinguir que el concepto de modificación de equipos implica que las funciones del proceso permanecen sin cambios. De la misma manera, los cambios de las condiciones operacionales involucran ajustes de ciertos parámetros, pero no necesariamente modificaciones de equipos.

En los procesos de conversión química, los desechos generados son el resultado de reacciones colaterales no deseadas y de la no conversión de reactantes. La modificación de las condiciones de reacción, como parte de las condiciones operacionales, es una de las técnicas más utilizadas para evitar la generación de desechos. El incremento en la conversión de un reactante está gobernado por la actividad y la selectividad del catalizador, diseño del reactor y condiciones de reacción. El uso de un catalizador más activo y estable permite incrementos de la conversión sin la necesidad de proveer un gran volumen de reactor; un catalizador más selectivo permite la inhibición de reacciones colaterales que generan productos no deseados.

Con respecto al diseño de reactores, las técnicas para minimización de desechos se basan, por ejemplo, en la determinación del tipo adecuado de reactor: flujo pistón o de mezcla completa; minimización de los gradientes locales de temperatura y selección de la estrategia óptima para la adición de reactantes, entre otras.

La conservación del agua y la energía también contribuye a la minimización de desechos asociados a los sistemas de suministro y tratamiento de agua, enfriamiento y producción de vapor. A medida que disminuye el consumo de vapor, son menores los requerimientos de agua como materia prima y de energía.

Es interesante observar que en muchos casos la conservación de energía se traduce en un aumento del número de intercambiadores de calor en un proceso, esto



puede tener el efecto contraproducente de un aumento en los requerimientos de fluidos de enfriamiento y de aumento en la generación de cierto tipo de desechos, por ejemplo, los inherentes a las operaciones de mantenimiento de dichos equipos.

La alteración de procedimientos para mejorar las operaciones se conoce también como “buenas prácticas operativas”, y su objetivo es garantizar que no se generen desechos adicionales por la intervención inapropiada o por ausencia del hombre en el proceso. Las buenas prácticas operativas están a su vez compuestas por elementos que incluyen: entrenamiento del personal, iniciativas de la gerencia, control de inventario, segregación de desechos, mejoramiento en el manejo de las sustancias, mejoramiento en la secuencia de operaciones, mantenimiento preventivo y documentación de los procesos. De los puntos mencionados, son de especial interés la segregación de desechos, mejoramiento del manejo de sustancias y control de inventario. En el caso de segregación de desechos, esta técnica enfoca la separación de desechos para evitar mezclas o diluciones dentro de etapas de proceso, es decir, que se prevé el manejo por separado de desechos de naturaleza diferente. Esto permite la disminución del volumen de desechos a tratar o disponer y la utilización de desechos en actividades de reuso o reciclaje.

El control de inventario se refiere a las actividades de registro de materiales empleados en un proceso, evitando la acumulación en exceso de sustancias tóxicas o de materiales de reserva que, debido a su caducidad, se conviertan en desechos. Es de utilidad la revisión y aprobación de toda materia prima adquirida, la compra de sólo las cantidades necesarias y la inclusión de procedimientos de revisión de materias primas para productos nuevos.

Las técnicas de mejoramiento del manejo de materiales se fundamentan en el control de la generación de desechos por contaminación de compuestos y en medidas para evitar pérdidas de sustancias por derrames o fugas. Adicionalmente, estos dos aspectos contribuyen en el ámbito de la seguridad del trabajador y de la conservación del ambiente.

#### **4.5.2.-Reciclaje**



La categoría de reciclaje comprende la evaluación de las posibilidades de utilizar o reutilizar materiales en un proceso, recuperar materiales secundarios que tengan un uso final dentro del proceso o un uso final diferente y eliminar impurezas del desecho, para obtener una materia relativamente pura que pueda reutilizarse.

Se considera que el reciclaje no es una técnica de minimización de desechos cuando se trata de la disposición y quema de éstos para la producción de energía.

Los desechos que son reciclados directamente se emplean como ingredientes o cargas en un proceso de producción o como sustitutos efectivos de ciertos materiales. Los procesos de recuperación de sustancias de los desechos involucran separaciones químicas, físicas o electroquímicas. El tipo de tecnología de separación a emplear dependerá de la naturaleza del desecho y de la sustancia de interés. Los procesos de recuperación se clasifican en: procesos “en sitio” y procesos externos. Comúnmente los procesos de recuperación “en sitio” se refieren a la obtención de materiales del desecho en la misma planta donde se generaron, es decir, en la instalación de producción. En estos casos los desechos son materiales contaminados de la materia prima, convirtiéndose en excelente opción para la recuperación.

La recuperación externa se realiza cuando: a) la facilidad de producción no cuenta con los equipos para obtener la materia o sustancia de interés, b) el volumen de desechos generados no justifica la implantación de un sistema de recuperación “en sitio”, c) el material recuperado no puede ser reutilizado en el proceso. En algunos casos, el desecho puede ser transferido a otra industria donde exista un uso de éste como materia prima de proceso. Esta alternativa puede ser beneficiosa tanto para la compañía generadora (se reducen los costos de disposición de desechos), como para la receptora del desecho (se reducen los costos de compra de materia prima), y también se minimiza el volumen de desechos que requieren tratamiento y disposición. Existen compañías que se encargan específicamente de comercializar con los desechos, lo que constituye un mercado cada vez más amplio y de acceso a través de servicios de información y telecomunicaciones a nivel mundial (Internet).

En la figura 10, se puede observar un resumen guía de las Técnicas de Minimización de Desechos Peligrosos.

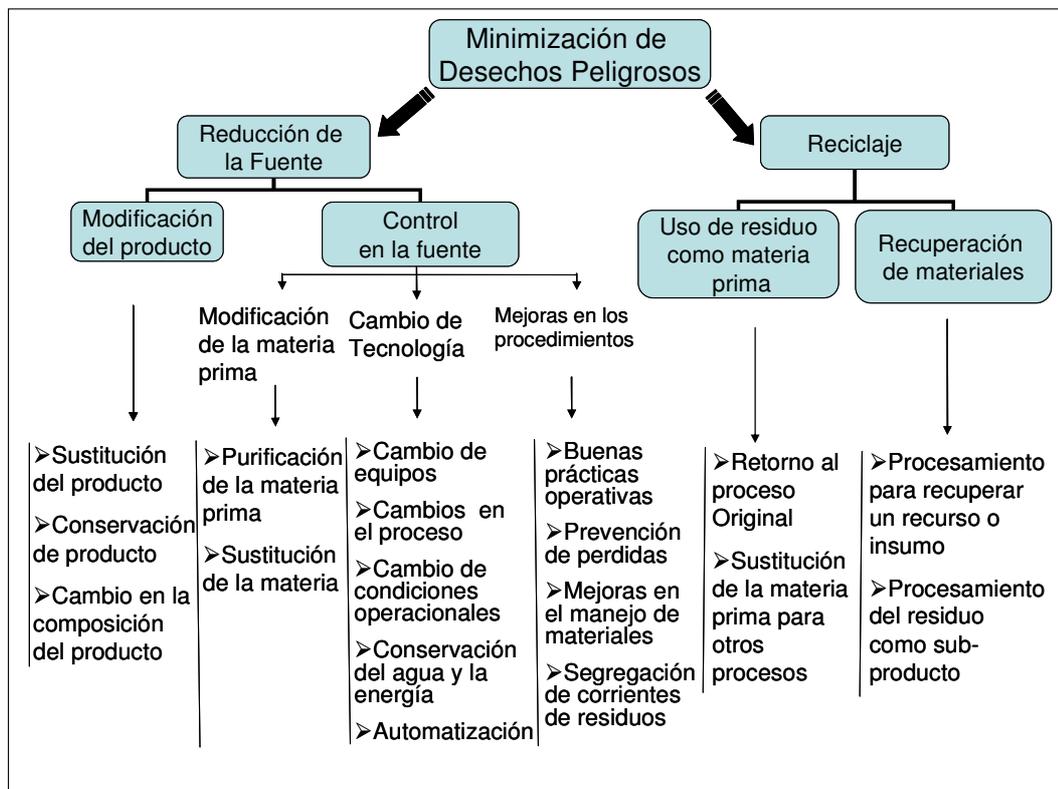


Figura 10.-Técnicas de Minimización de Desechos Peligrosos.

#### 4.6.- APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS AMBIENTALES TÉCNICOS QUE SIRVAN DE GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS EN LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN, PRODUCCIÓN Y REFINACIÓN, DE LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ

Se detallan los Lineamientos Ambientales Técnicos que sirvan de Guía para la Minimización de Desechos Peligrosos en las Actividades de Exploración, Producción y Refinación, de la Refinería Puerto La Cruz. Es importante destacar que en la literatura referente a minimización y manejo de desechos peligrosos existen enfoques que no



limitan claramente la frontera entre técnicas de minimización y técnicas de tratamiento de desechos, es por ello que hay casos en los cuales los alcances de ambos tipos de técnicas pueden solaparse.

#### **4.6.1.-Minimización de Desechos Peligrosos de Perforación**

Los principales desechos peligrosos asociados a las actividades de perforación son: lodos de perforación, ripios, aditivos químicos y aguas de limpieza. Entre los desechos peligrosos secundarios se tienen: aceites gastados, fluidos de completación de pozos, solventes y productos químicos.

##### **a. Lodos de perforación**

Las prácticas de minimización de mayor uso en el caso de lodos de perforación son: sustitución de aditivos, cambios de tecnología, reutilización de fluidos, separación de componentes y remoción de sólidos. Los dos últimos procesos también forman parte de los procesos de tratamiento de desechos, por lo cual no se tratarán en este alcance.

##### **➤ Sustitución de aditivos:**

Los lodos de perforación en base agua o en base aceite, tienen en su formulación aditivos que pueden estar elaborados con sustancias tóxicas. Al descubrirse los efectos que dichas sustancias ocasionan en el ambiente, las regulaciones ambientales a nivel mundial han ido progresivamente aumentando el nivel de exigencia en cuanto al uso de este tipo de productos, razón por la cual se ha incrementado el desarrollo y uso de aditivos que no presenten riesgos en cuanto a contaminación.

Se utilizan por ejemplo, aditivos con sulfatos y aminos en lugar de cromo para el control de la corrosión en las tuberías revestidoras; carbonatos y gluteraldehídos en sustitución de los formaldehídos empleados como biocidas.



Se han desarrollado aditivos, inhibidores y lubricantes novedosos, en base agua, formados por combinaciones de silicio, fósforo, aluminio y boro. También se han estudiado alternativas para la sustitución de lodos en base aceite, de manera de cumplir con las estrictas regulaciones ambientales exigidas en zonas sensibles a las operaciones de perforación.

A pesar de que las alternativas de sustitución son generalmente más costosas, mejoran la eficiencia de las operaciones de perforación y, en retrospectiva, se reducen los costos asociados a la disposición de desechos peligrosos. Se puede mencionar el uso de glicoles de polipropileno, solubles en agua, para formular lodos en base agua que constituyen una alternativa al uso de lodos en base aceite, para las operaciones de perforación costa afuera. Se han desarrollado lodos en base aceite con aceites mejorados, sustituyendo el uso de diesel.

Estos aceites mejorados tienen un contenido inferior de compuestos aromáticos, 0,25% comparado con contenidos de entre 30 y 60% del diesel. Otra alternativa para lodos en base aceite es el uso de emulsiones biodegradables, formuladas a partir de ésteres sintetizados de aceites vegetales. 82,5% del éster se degrada en 35 días, comparado con 3,9% de degradación para los aceites minerales, para el mismo período de tiempo.

➤ Cambios de tecnologías:

A pesar de que el volumen de lodos de perforación está relacionado con la profundidad y duración de las actividades, se puede minimizar el volumen de lodos mediante tecnologías más eficientes como perforación de “circuito cerrado” y la técnica de hoyo reducido “slim hole”. La primera tecnología permite la remoción de sólidos del sistema, de manera que el fluido puede ser reutilizado, reduciéndose la cantidad de fluido nuevo a incorporar al sistema.

El control de los sólidos minimiza la disminución del tamaño de partícula de los ripios o cortes y los remueve del sistema de lodos. Estos ripios se separan del lodo para



posterior tratamiento o disposición. De esta manera, poco o ningún desecho sólido llega a las fosas de manejo de desechos peligrosos.

El resultado de esta forma de manejo es la disminución de los costos de perforación, ya que son menores los volúmenes de fluidos de perforación requeridos, se incrementan las tasas de perforación y se reducen los costos asociados a la construcción de fosas de manejo de desechos peligrosos. Los sistemas de perforación de “circuito cerrado” comprende:

1. Paso de la suspensión a través de mallas, tanques agitadores, separadores y centrífugas para la remoción de los sólidos.
2. Reacondicionamiento del líquido para ajustar densidad, pH, viscosidad y eliminar gases absorbidos.
3. Reciclaje del fluido limpio al sistema de lodos.
4. Los sólidos separados del líquido pueden ser almacenados en una fosa o celda, con pendiente de escurrimiento o sometidos a un proceso de centrifugación, lo que permite la recuperación del fluido remanente.

En estos sistemas, donde la mayor proporción de sólidos es removida por centrífugas, el porcentaje de sólidos remanente puede incrementarse, haciéndose considerable su acumulación. A medida que el fluido de perforación es reutilizado, los sólidos remanentes sufren transformaciones de tamaño de partícula, provocando el deterioro de las propiedades del fluido. Debido a la acumulación de sólidos se requiere más agua y se requiere acondicionamiento del fluido de perforación.

Esto quiere decir que, a medida que se requiera más agua, se generará una mayor cantidad de fluido para disposición final, una vez concluidas las operaciones. Es por ello que los sistemas de perforación de “circuito cerrado” que manejan sólidos, pueden ser mejorados mediante la utilización de agentes químicos coagulantes o floculantes. La combinación de la fuerza centrífuga y la acción química del floculantes disminuye substancialmente la concentración de sólidos coloidales que pudieran permanecer en el fluido. En la figura 11 se presenta un esquema del sistema de “circuito cerrado”.





reducción del volumen de ripios, lodos de perforación, área de localización del taladro y tamaño de la fosas de perforación.

– Separación de componentes. (Fosas de manejo de lodos de perforación)

Las fosas de manejo de lodos son sistemas simples de segregación que emplean dos o más reservorios para prevenir que los desechos peligrosos contaminados entren en contacto con los desechos peligrosos no contaminados.

Históricamente, los reservorios han sido utilizados para el manejo de ripios, evaporación y almacenamiento de las aguas de producción, manejo de fluidos de perforación y para la contención de otros fluidos en caso de emergencia.

El tamaño y número de reservorios o celdas depende del número y características de las fuentes de desechos peligrosos que se generen, sin embargo, las celdas deben ser lo más pequeñas posibles y deben estar ubicadas estratégicamente para prevenir derrame de materiales en áreas cercanas al pozo. Los reservorios deben ser aislados (impermeables) de manera de asegurar que los cursos subterráneos de agua no se vean afectados por la transferencia de sustancias tóxicas o contaminantes.

Igualmente, es de importancia que las celdas no tengan comunicación entre sí, como medida para prevenir la transferencia de materiales. Si se requiere el trasvase de materiales de una celda a otra, debe hacerse mecánicamente, empleando sistemas de bombeo que no permitan la contaminación cruzada.

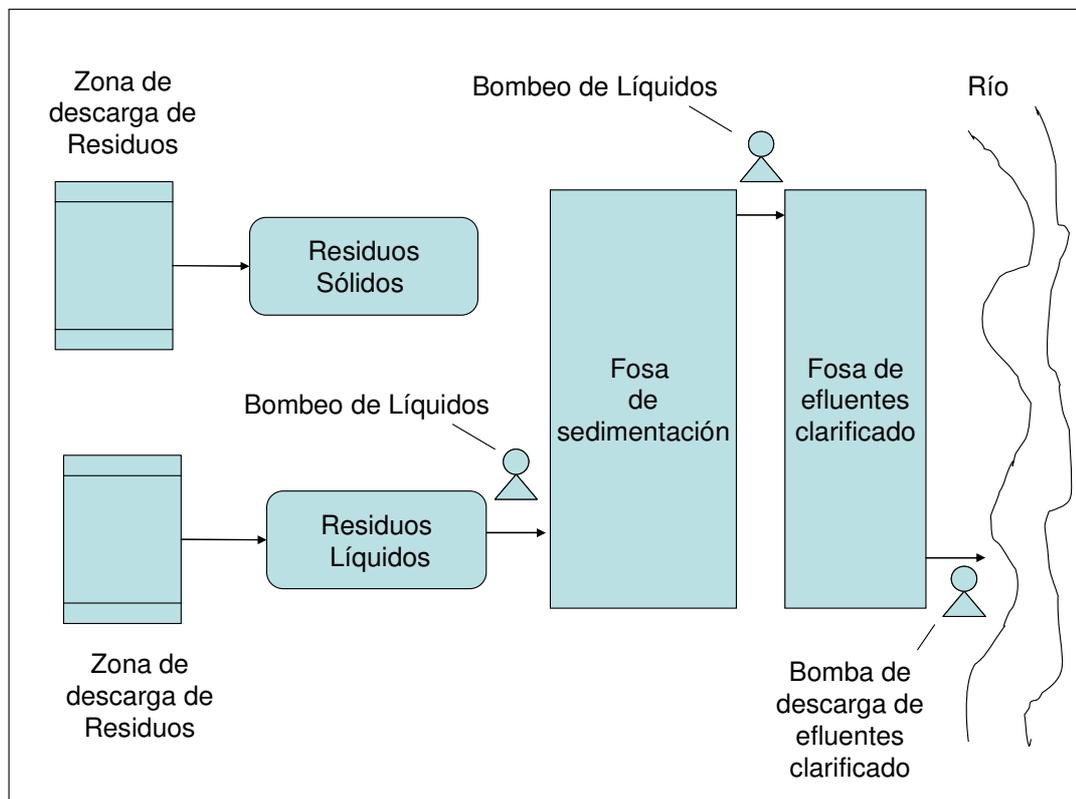
Los reservorios están concebidos para el manejo temporal de desechos peligrosos y no como mecanismo de disposición final de sólidos, hidrocarburos y otros desechos peligrosos. Esto significa que al concluir las actividades asociadas a las instalaciones de perforación, las celdas deben ser cerradas de acuerdo con las prácticas aceptadas para ello.

Las dos ventajas principales del uso de fosas de desechos peligrosos son: capacidad de manejar lodos de perforación y otros desechos peligrosos a medida que éstos son generados y aislamiento de los desechos peligrosos para evitar contaminación. Estas ventajas se reflejan en la disminución de costos de tratamiento y disposición.

La capacidad de manejo de desechos peligrosos a medida que se generan, es de importancia significativa, ya que el volumen de desechos peligrosos propenso a causar contaminación se reduce.

El aislamiento o segregación de desechos peligrosos es beneficioso, debido a que se minimizan los riesgos de que pequeñas cantidades de desechos peligrosos afecten grandes cantidades de desechos no peligrosos. La segregación también brinda flexibilidad en cuanto a los esquemas de tratamiento, mediante la selección de métodos alternativos posteriores.

En la figura 12 se presenta un esquema de manejo de desechos peligrosos para separación de componentes, utilizando fosas.



*Figura 12.- Fosas de Manejo de Desechos Peligrosos de Perforación.*

(Tomado de: Davies, G.E y J.H. Wensley. “Waste management for a large-scale drilling project”. The Canadian Journal of Petroleum Technology. Marzo-abril 1987.)



#### b. Cortes de sólidos o ripios

El volumen de ripios generado en un pozo depende de la profundidad de éste, por lo que la reducción significativa del volumen de estos desechos peligrosos, es difícil de alcanzar. Básicamente este tipo de desechos peligrosos se segrega, para garantizar una disposición final segura. Si los ripios están contaminados con hidrocarburos de la formación o con aceites provenientes de los lodos de perforación en base aceite, es necesario el tratamiento previo a la disposición final, para separar los hidrocarburos del sólido.

Las propiedades de los lodos de perforación que inhiben la dispersión de los sólidos y la disminución de materiales arrastrados desde los estratos pueden contribuir a la reducción de los volúmenes de ripios provenientes de ciertas formaciones. En referencia a esto, los lodos en base aceite favorecen la inhibición de la dispersión de sólidos.

#### c. Aguas de lavado o limpieza

Las aguas de limpieza se utilizan básicamente para la limpieza de los equipos de control de sólidos y de los tanques de almacenamiento de fluidos de perforación y para el rociado de equipos de manera de evitar sobrecalentamiento excesivo durante las operaciones de perforación.

También se incluyen dentro de este grupo las aguas de escorrentía. El volumen de este tipo de desecho depende principalmente de la duración de las operaciones de perforación, es por ello que la reducción el volumen se logra modificando condiciones de operación y también mediante buenas prácticas operativas, tales como el uso de equipos de limpieza a vapor y/o agua a presión, adecuación de válvulas de cierre automático para mangueras de suministro y reuso de agua mediante tratamiento “en sitio”.

En el manejo de las aguas de escorrentía y de aguas de limpieza se tiene como técnica de minimización la segregación, a través del manejo por sistemas de drenaje independientes. Esto permite que las aguas de escorrentía no se mezclen con las aguas de limpieza, que eventualmente pueden contener hidrocarburos emulsionados, y que



potencialmente podrían generar un volumen mayor de desechos peligrosos con características de manejo diferentes a las de las aguas que no contienen hidrocarburos.

#### d. Desechos peligrosos asociados o secundarios

Los fluidos de completación de pozos se reutilizan como fluidos de completación en otras operaciones, mediante el ajuste de sus características a través de la adición de agua o agentes químicos, siempre y cuando las características del fluido así lo permitan.

Los aceites gastados tienen como medida de reducción de desechos peligrosos en fuente, la prolongación de la vida útil del aceite mediante el uso de filtros para la remoción de partículas sólidas. Las tecnologías a emplear para recuperar aceites dependen de los contaminantes presentes en éste, así como de su uso posterior. Las técnicas más utilizadas para recuperación de aceites son: reciclaje “en sitio” mediante procesos físicoquímicos, purificación fuera de la instalación generadora (destilación, sedimentación, filtración, técnicas que igualmente están incluidas dentro de la categoría de tratamiento) y mezcla de varios tipos de aceites u otros desechos peligrosos para obtener un producto de diferente especificación.

Los solventes que se emplean básicamente en operaciones de limpieza, tienen como medida de reducción en fuente el uso de solventes en base agua, así como también se pueden aplicar las técnicas de reciclaje y recuperación, a través de destilación o tratamiento químico. Existen en el mercado solventes biodegradables, de baja volatilidad y no tóxicos, formulados con éteres básicos, que reducen considerablemente las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, son de manejo más seguro debido a que sus presiones de vapor son bajas, experimentan menos pérdidas por evaporación, son recuperables a través de destilación al vacío y eventualmente pueden ser descargados en los sistemas de drenajes ya que no se consideran desechos peligrosos.

#### **4.6.2.- Minimización de Desechos Peligrosos de Producción**

Los principales desechos peligrosos (sólidos) asociados a las actividades de producción son: lodos petrolizados y suelos contaminados con hidrocarburos. Entre los



desechos peligrosos secundarios se tienen: salmueras residuales, desechos de crudo en tuberías y tanques, aceites gastados y arena de limpieza de equipos.

a. Lodos petrolizados

Debido a que la generación de lodos petrolizados ocurre cuando arena, suelo o sedimentos entran en contacto con agua e hidrocarburos, la técnica necesaria para reducir su generación es prevenir el contacto de tales partículas con los agentes antes señalados. La mayoría de los equipos de las estaciones de flujo son propensos a la generación de lodos petrolizados, ya que en ellos se presentan partículas sólidas como arenas de las formaciones, sales de aguas de producción, herrumbre producto de la corrosión. Para controlar la presencia de partículas sólidas se sugiere el mantenimiento de los equipos, con el objeto de reducir la formación de herrumbre.

La precipitación de los sólidos presentes en tanques de almacenamiento de crudo, favorece la generación de lodos petrolizados. Como técnica para controlar la formación de lodos en estos tanques, se instalan mezcladores tipo turbina o de propulsión a chorro dentro del tanque, para mantener las partículas suspendidas en el crudo, de manera que sean separadas de éste en las unidades de manejo de crudo en refinería.

b. Suelos contaminados con hidrocarburos

Las buenas prácticas operacionales, tales como el uso de bandejas recolectoras de derrames, inspección regular de equipos y entrenamiento del personal, son los factores que ayudan a reducir el volumen de suelos contaminados con hidrocarburos a causa de derrames accidentales. El costo de estas medidas es significativamente menor que el costo asociado a la recuperación del suelo afectado. Los suelos contaminados con hidrocarburos pueden ser tratados mediante procesos biológicos para disminuir el contenido de hidrocarburos, hasta un nivel que permita la disposición final o la reutilización.

c. Salmueras residuales

Las salmueras residuales, provenientes de las plantas de generación de vapor, pueden experimentar separación de sus componentes para reutilización, con el objeto de minimizar este desecho, técnica que puede ser considerada igualmente como tratamiento



del desecho. Entre las sales de utilidad presentes en las salmueras está el cloruro de calcio, agente higroscópico empleado durante las operaciones de perforación. El agua tratada producto de la separación, puede ser reutilizada en otros procesos, tales como limpieza de equipos, agua de enfriamiento o para generación de vapor. Las salmueras también se emplean, de acuerdo a su densidad, en la limpieza de las tuberías de revestimiento en la completación de pozos.

d. Desechos de crudo en tuberías y tanques

Los desechos de tuberías que contienen hidrocarburos (crudo), pueden ser recuperados a través de varios métodos como aplicación de calor, tratamiento físico y químico. Por otro lado, los sólidos como tales pueden ser tratados mediante una gran variedad de técnicas para generar un desecho libre de hidrocarburos. Entre estas técnicas se encuentran la pirólisis y la incineración. Los hidrocarburos incorporados por sedimentación a los desechos de fondo de tanques de almacenamiento de crudo disminuyen al colocar bombas de recirculación en los tanques. De esta manera los hidrocarburos se mantienen en suspensión hasta que el tanque se vacía.

e. Arenas de limpieza

Las arenas provenientes de limpiezas de superficies metálicas (sandblasting), son adecuadas para su reutilización como material para construcción.

Las técnicas de minimización empleadas para aceites gastados fueron discutidas previamente en la sección 4.6.1.d.

### **4.6.3.- Minimización de Desechos Peligrosos de Refinación**

Los desechos peligrosos asociados a las actividades de refinación se agrupan en cuatro categorías: desechos aceitosos, catalizadores gastados, compuestos químicos usados y otros desechos. Las técnicas de minimización de desechos más comúnmente empleadas, son desarrolladas para cada categoría de desechos.

a. Desechos aceitosos

En esta categoría se incluyen los desechos de las unidades de separación de agua y aceites, intercambiadores de calor, fondos de tanques de almacenamiento de crudo y



de productos. La estrategia de minimización de desechos aceitosos debe dirigirse al control de los tres factores que favorecen la generación de los desechos: aceites, partículas y emulsificadores; mediante la segregación de fuentes o corrientes que los contengan.

El ingreso de partículas sólidas al sistema de recolección de aguas de una refinería puede controlarse a través de medidas preventivas como: pavimentación de áreas generadoras de polvo, limpieza de áreas para remover sólidos finos, instalación de barreras contra viento, rediseño de alcantarillas para prevenir entrada de material sólido, utilizar equipos para control de material particulado en tolvas y descargas a la atmósfera.

El ingreso de sustancias aceitosas al sistema de recolección de aguas de la refinería puede controlarse implantando medidas como: uso de mejores sellos para las bombas, instalación de tanques separadores para los efluentes de las unidades desaladoras, segregación de corrientes de hidrocarburos residuales y disposición de éstas en el sistema de recolección de desechos aceitosos, en vez de en el sistema de aguas; inspección de intercambiadores de calor para prevenir fugas de hidrocarburos por rotura de tubos internos.

Finalmente, el ingreso de surfactantes al sistema de recolección de aguas puede controlarse mediante: disminución en el uso de detergente en las operaciones de lavado, minimización del uso de polímeros en las alimentaciones a la unidad desaladora y separadores API, y eliminación de descargas de aminas al sistema de recolección.

Una vez generado el desecho aceitoso, puede ser manejado y reprocesado mediante técnicas como la filtración, alimentación para otras unidades de conversión (coquificación, zona de flash de torres de destilación atmosféricas, torres de destilación de vacío y unidades viscorreductoras), separación por gravedad, rotura de emulsiones mediante calor y agentes químicos, adición de solventes y deshidratación.

#### b. Catalizadores usados

El contenido metálico de la mayoría de los catalizadores gastados puede ser suficiente y en muchos casos económicamente atractivo, como para permitir el reprocesamiento de éstos con el objeto de recuperar los metales. Esto es llevado a cabo



por las compañías productoras del catalizador o por compañías especializadas en recuperación de metales en materiales residuales.

Los catalizadores de hidrotratamiento, compuestos básicamente por cobalto, molibdeno y níquel, pueden ser regenerados tanto dentro como fuera de la instalación. Los catalizadores a base de platino, tales como los empleados en reformación y en hidrocrackeo, pueden ser sometidos a procesos de recuperación del metal. Los catalizadores gastados de las unidades de craqueo fluidizado (FCC) pueden emplearse como aditivos en la fabricación de cemento, debido a su contenido de alúmina y sílice.

#### c. Compuestos químicos usados

Dentro de esta categoría, el mayor interés se centra en las soluciones cáusticas, empleadas para absorción y remoción de sustancias contaminantes en corrientes de proceso (sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), mercaptanos, compuestos fenólicos, nafténicos y cresoles). Existen numerosos métodos para la reducción y reciclaje de las soluciones cáusticas gastadas. Empleando soluciones diluídas en vez de soluciones concentradas y utilizando hidrotratamiento para la remoción de  $H_2S$  en vez de absorción, se reduce el consumo de cáusticos. Se recomienda la segregación de las corrientes de desechos que contengan cáusticos gastados de sulfuros y fenoles, para permitir la recuperación y reutilización de éstos.

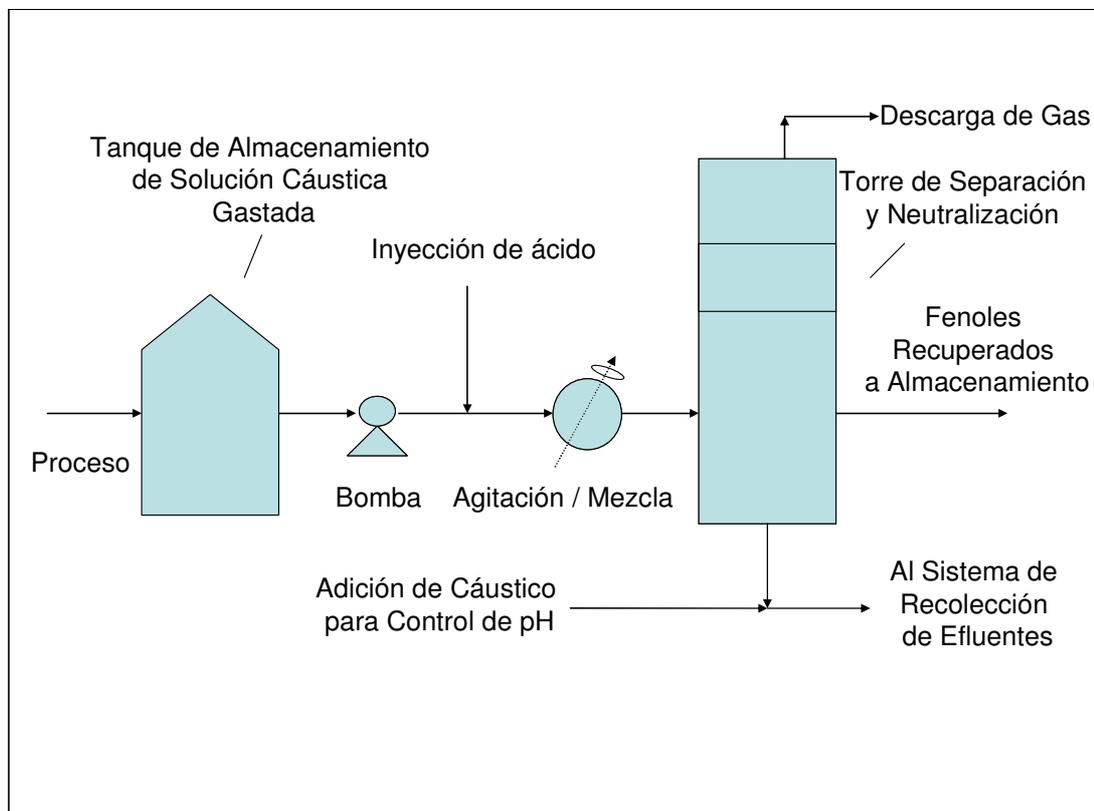
Usualmente, un mínimo de 5% de fenoles y un máximo de 0,5% de sulfuros es apropiado para los procesos de recuperación.

Las soluciones cáusticas de sulfuros pueden reutilizarse en la industria de manufactura de papel o en procesos de minería. El factor más importante a considerar para maximizar la posibilidad de reutilizar las soluciones, es la segregación de éstas, evitando la mezcla de corrientes. Las soluciones cáusticas gastadas que contienen compuestos fenólicos, no deben ser descargadas al sistema de recolección de aguas (efluentes) de la refinería, ya que debido a sus características surfactantes favorecen la generación de emulsiones y desechos aceitosos. Por otro lado, la recuperación de compuestos fenólicos puede hacerse a través de la neutralización empleando ácidos y la separación de fases de la solución cáustica, tal como se puede observar en la Figura 13.

#### d. Otros desechos

En esta categoría se incluyen desechos como: lodos biológicos de plantas de tratamiento de efluentes, resinas de zeolita gastadas, medios filtrantes y lodos procedentes de limpieza de equipos. Estos desechos resultan principalmente de la aplicación de procesos auxiliares para la separación y acondicionamiento de corrientes, así como para mantenimiento de equipos.

Entre las técnicas de minimización de estos desechos se encuentran: separación de sólidos de la fracción líquida de los lodos, separación de aceites, retrolavado para prolongar la vida del medio filtrante y sustitución de aditivos (biocidas y antidegradantes) tóxicos por agentes menos tóxicos en el manejo de efluentes.



*Figura 13.*-Sistema para Recuperación de Fenoles de Soluciones Cáusticas Gastadas.

(Tomado de: Fromm, C.H. y S.L. White. "Pollution prevention in the petroleum refining industry". Jacobs Engineering Group Inc. California.)



#### 4.7.- PRÁCTICAS DE DISPOSICIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE LAS ANTIGUAS OPERADORAS TRANSNACIONALES.

Antes de la nacionalización del petróleo y luego de la misma, las operadoras transnacionales, tales como la Gulf Oil Company, en Puerto la Cruz y la Sinclair en la refinería el Chaure, ubicada en



Figura 14.-Ubicación Refinería Puerto La Cruz.

Guanta, muy cercana a la redoma de Puerto la Cruz, y las empresas encargadas luego de la nacionalización petrolera en 1976, tenían poca disposición hacia la parte ambiental, hacia la parte de seguridad industrial y hacia la política de buen vecino con las poblaciones cercanas, y sobre todo hacia la parte de desechos peligrosos. Esto se basa en los hechos e informaciones históricas y comunicacionales, tales como:

- Disposición de las aguas de procesos de la Refinería de Guanta directamente y sin tratamiento sanitario, a la bahía del Chaure.



Con la finalidad de minimizar los riesgos que representan los desechos peligrosos para el ambiente circundante, para la comunidad, para sus actividades, y para su personal, se hace necesario diseñar un Guía de Minimización de desechos peligrosos desde el punto de vista ambiental en la Refinería Puerto La Cruz.

Figura 15.- Justificación Guía Minimización.



- Disposición de las aguas de procesos de la Refinería Puerto La Cruz directamente y sin tratamiento sanitario, a las aguas de la Bahía de Pozuelos.
- Disposición de las aguas servidas de la Refinería de Guanta directamente y sin tratamiento sanitario, a la bahía del Chaure.

- Disposición de las aguas servidas de la Refinería Puerto La Cruz directamente y sin tratamiento sanitario, a las aguas de la Bahía de Pozuelos.

### **MUELLES DE LA REFINERIA PUERTO LA CRUZ**



*Figura 16.- Muelles de la Refinería Puerto La Cruz.*

- Emisión de los gases agrios de la Refinería Puerto La Cruz directamente y sin tratamiento previo a la atmósfera, incidiendo la pluma de las emisiones, por la dirección del viento, que en horas diurnas es mayormente de norte a sur, hacia la población de Guanire, adyacente a la Refinería Puerto La Cruz.
- Emisiones directas a la atmósfera, y sin tratamiento, de material Particulado o Partículas Totales en Suspensión (PTS), de la planta de Craqueo Catalítico FCC, de la Puerto La Cruz.
- Disposición de material de suelo contaminado con hidrocarburos, desechos peligrosos, hidrocarburos y lodos petrolizados, en las Lagunas de los Nísperos y los Nisperitos en la Refinería Puerto La Cruz, y la laguna de Pamatacualito, en la vía Guanta- Sucre.
- Desmantelamiento de tanques de Gasolina de la zona de Puerto La Cruz, cercana a la playa oeste de la bahía de Pozuelos, sin tratamiento de sus suelos.



- Entierro en áreas de los diques de los tanques de almacenamiento de crudo, de la Refinería Puerto La Cruz. de material radiactivo sin uso, resinas de zeolita gastadas, medios filtrantes y lodos procedentes de limpieza de equipos, compuestos químicos usados, desechos peligrosos de fondo de tanques de gasolina con plomo, catalizadores gastados, lodos petrolizados, etc.
- Almacenamiento en tambores de material de desechos peligrosos.
- Disposición de materiales y desechos peligrosos en el Patio de Chatarra de la Refinería Puerto La Cruz.

Igualmente se mencionan solo algunos hechos, que fueron muy notorios en la población de Puerto La Cruz, que corroboran aun más lo mencionado:

- Explosión e Incendio en 1969, de la Torre Destiladora (DA-1) de la Refinería Puerto La Cruz y el incendio de 8 tanques de crudos y productos. El costo fue de 15,6 MM\$. Contaminación del aire y suelos.
- Explosión e Incendio en 1974 de la Torre Fraccionadora (FCC) de la Refinería Puerto La Cruz El costo fue de 2,7 MM\$. Contaminación del aire y suelos.
- En 1988 hubo un derrame de hidrocarburos desde el patio de tanques de almacenamiento de crudos de la refinería hacia los edificios y casas de Puerto La Cruz.
- En 1997 en la Refinería Puerto La Cruz, ocurrió un derrame de crudo de 5.142.000 barriles, el cual quedó confinado dentro de las instalaciones del patio de tanques, contaminando suelos del mismo.



En la conurbación PLC, Guanta, Lecherías, Barcelona.

Figura 17.- Área Ambiental Sensible.



- En 1998 hubo una fuga de gas (Isobutano / alquilato) con explosión e incendio en la Torre Depropanizadora (T-2) de la unidad de alquilación de la Refinería Puerto La Cruz. El costo fue de 13, 5 MM \$. Sin heridos. Hubo emisiones de gases a la atmósfera.

#### **4.7.1.- Marco legal.**

Se establece un cronológico explicativo de leyes en materia ambiental y de desechos peligrosos:

- LEY ORGANICA DEL AMBIENTE: Fecha de Gaceta Oficial: No. 31.004, del 16-06-1976.

Esta fue la primera ley creada en Venezuela, en junio de 1976, con el propósito de proteger al ambiente. Cualquier actividad que pueda causar algún daño al ambiente, está sujeta a control gubernamental, a través del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. En el caso de actividades de energía, producción de hidrocarburos, y minería este control es ejercido tanto por el Ministerio de Energía y Petróleo como por el Ministerio de Industrias Básicas y Minería. La ley establece los principios generales para la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente para el beneficio de la calidad de vida

Para alcanzar este propósito, esta ley contiene una lista de actividades que pueden causar daños al ambiente. La ley ha sido desarrollada en tres grandes áreas:

- Planificación ambiental como instrumento para alcanzar las metas de la ley (establece lineamientos para la administración y manejo de las actividades capaces de dañar el ambiente),
- Crea Agencias Nacionales de Protección Ambiental; y
- Define violaciones y penalidades (define también daño ambiental permitido).

La ley provee para casos de responsabilidad estricta, bajo la cual, la persona que ha cometido un daño a tierras públicas (o privadas) estará obligado a indemnizar al



gobierno (o al propietario). La parte responsable puede solamente oponer como defensa la existencia de fuerza mayor o que el daño fue causado por terceras personas. Si son varias las personas que han contribuido al daño, éstas son responsables en conjunto.

#### PRINCIPIOS RECTORES:

La ley sigue varios principios para lograr sus objetivos, algunos de los cuales son:

- Desarrollo sustentable como medio de obtener un balance entre el derecho al desarrollo y la preservación del ambiente para generaciones futuras;
- Conservación, Protección y mejoramiento del ambiente considerado de interés público;
- Principios contenidos en algunos tratados internacionales, como por ejemplo la Declaración de Estocolmo.

#### ➤ LEY ORGANICA PARA LA ORDENACION DEL TERRITORIO:

Esta ley fue creada en agosto de 1983, y su objetivo principal es establecer las normas que regirán el proceso de división territorial, tomando en consideración la estrategia, económica y social, de desarrollo de la Nación a largo plazo.

La ley define ordenación territorial, como la regulación y promoción de establecimientos humanos, las actividades económicas y sociales de las personas, así como también el desarrollo espacial, con el fin de obtener un nivel de vida armonioso de la población, optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del ambiente, como un desarrollo integral.

#### PUNTOS PRINCIPALES:

Antes de que cualquier actividad pueda comenzar, se requiere tener la permisología necesaria de los entes encargados; la ley contiene una lista de las actividades que requieren autorizaciones de uso de las tierras; y planes de ordenación del territorio son un requisito constante a nivel nacional, estatal, local y en áreas bajo régimen de administración especial (ABRAE).



- LEY PENAL DEL AMBIENTE: Fecha de Gaceta Oficial: 4.358 Extraordinario del 03-01-1992.

Esta ley, creada en enero de 1992, complementa a la Ley Orgánica del Ambiente y su objetivo principal es determinar que se debe considerar como delitos ambientales; generalmente definidos como acciones que violan las reglas establecidas para la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece penalidades criminales para esos delitos. Bajo esta ley, es posible sancionar crímenes ocasionados por unas conductas de negligencia o imprudencia. Aunque las penalidades estipuladas para estas circunstancias son reducidas a un tercio o la mitad de las penas normales aplicables a los crímenes cometidos con intención. La ley también crea un sistema de medidas precautelativas para la restitución y reparación, con la finalidad de minimizar el daño ambiental.

#### PRINCIPALES DELITOS:

- Daño al suelo, vegetación y topografía del paisaje;
- Descarga ilegal de aguas contaminadas;
- Descargas de hidrocarburos en ambientes acuáticos;
- Práctica de actividades prohibidas en áreas protegidas;
- Disposición o abandono de desechos violando estándares;
- Extracción ilegal de minerales no-metálicos; y
- Deforestación de cuencas hidrográficas utilizadas para suplir aguas.

#### PENALIDADES:

- Prisión;
- Arresto;
- Multas; y
- Trabajos Comunitarios.

También establece penalidades accesorias para personas naturales y para personas jurídicas. Una compañía es culpable de un delito ambiental cuando la acción es cometida por decisión de su órgano ejecutivo. Acciones legales en relación a ese tipo de delitos son escuchadas por los tribunales penales.



#### PRESCRIPCION:

Cuando los delitos requieren de prisión por un término mayor a tres años, prescribe la acción después de cinco años.

Delitos que conlleven un pena de prisión menor a tres años y arresto mayor que seis meses, la acción prescribe a los tres años.

Cuando la penalidad es de arresto menor a seis meses, el tiempo de prescripción es de un año.

Las acciones civiles prescriben a los diez años.

#### DECRETOS/ REGLAS TECNICAS:

El objetivo de cualquier decreto relacionado con el medio ambiente es de controlar las actividades que afecten los recursos naturales renovables y de proveer lineamientos para definir los límites de contaminación aceptable.

#### DECRETOS PRINCIPALES:

- Decreto 2.218 “Normas para la Clasificación y Manejo de Desechos en Establecimientos de Salud”. Fecha de Gaceta Oficial: No. 4.418 Extraordinario del 27-04-1992.
- Decreto 2.216 “Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de Cualquier otra Naturaleza que no sean Peligrosos”. Fecha de Gaceta Oficial: No. 4.418 Extraordinario del 27-04-1992.
- Decreto 883: Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (11/octubre/1995). Fecha de Gaceta Oficial: 5.021 Extraordinario del 18-12-1995.

El objetivo principal de este decreto es 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.



- Decreto 638: Normas Sobre la Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica (26/abril/1995). Fecha de Gaceta Oficial: No. 4.899 Extraordinario del 19-05-1995.

Estas reglas establecen como su principal objetivo el control de la calidad del aire; para lograrlo establece estándares de calidad de aire, límites de emisiones y clasifica el aire por zonas.

- Decreto 1257: Normas Sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar El Ambiente (13/marzo/1996).

Este decreto establece los procedimientos para los casos cuando una evaluación ambiental previa es necesaria, de las actividades industriales o comerciales susceptibles de degradar el ambiente. Determina los métodos técnicos de evaluación, para verificar el daño ambiental permisible de los programas y proyectos de desarrollo. El cumplimiento de estos procedimientos y métodos le dan al inversionista una mayor seguridad legal, cuando las autorizaciones para las actividades propuestas están sometidas a un criterio técnico estricto, determinado por la aplicación de tecnologías transferidas, estudios de impactos ambientales y estudios ambientales específicos, empleados en procedimientos racionales y expeditos.

Todas las partes (personas naturales o entidades jurídicas públicas o privadas) interesadas en llevar a cabo programas o proyectos que requieran ocupación de tierras, deben otorgar previa notificación al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, presentando un Documento de Intención, donde se especifiquen las acciones susceptibles de producir un impacto ambiental.

Las compañías involucradas en la exploración y producción de hidrocarburos están obligadas a presentar un Estudio de Impacto Ambiental para las operaciones que incluyan:

- Programas de perforación exploratoria de hidrocarburos;
- Programas de producción de hidrocarburos;
- Refinerías de petróleo y plantas de mejoramiento de crudos;
- Desarrollos de complejos petroquímicos;



- Complejos criogénicos, y cualquiera otra actividad que requiera estudios acorde a las evaluaciones técnicas en el documento de intención (aunque no estén especificados en la ley).

Las compañías deben obtener aprobación para la ocupación de las tierras por parte del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables antes de entrar en cualquier concesión o acuerdo. Deben completar un cuestionario ambiental, el cual dará las bases para determinar las medidas necesarias para reducir el impacto ambiental.

- Decreto 2289: Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos (modificado febrero 12, 1998).

El objetivo de este decreto es regular la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de desechos, cuando ambos presenten características, composición o condiciones que puedan poner en peligro y representen un riesgo para la salud y el ambiente. El Decreto está modificado para dar orientación en cómo manejar la generación, el transporte y la disposición o tratamiento de desechos peligrosos. Estos estándares tienen la finalidad de reducir la generación de desechos, desarrollar el reciclaje, reutilización y mejor uso de los materiales peligrosos en la forma de materiales peligrosos recuperables, y de gobernar el tratamiento y disposición final, cumpliendo con los estándares de seguridad para evitar el poner en peligro a la salud humana o al ambiente.

Este decreto contiene normas específicas que gobiernan los desechos peligrosos que resultan de las operaciones de Exploración y Producción de Petróleo. El objetivo de estas normas es establecer los estándares para el manejo de dichos desechos y las condiciones para su disposición. La solución ideal es que se dispongan estos desechos en el área donde son generados o en áreas cercanas, dada la gran cantidad de desecho que se maneja.



- Decreto 2.635 “Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos”. Fecha de Gaceta Oficial: No. 5.245 Extraordinario del 03-08-1998.

- Constitución Nacional

El País tiene una nueva Constitución Nacional, aprobada mediante el Referéndum el 15 de diciembre de 1999, proclamada por la Asamblea Nacional Constituyente (ANC) en fecha 20 del mismo mes y publicada en la Gaceta Oficial, número 36.860, de fecha 30 de diciembre de 1999.

La nueva Constitución tiene trescientos cincuenta (350) artículos y dieciocho (18) disposiciones transitorias.

#### REGIMEN AMBIENTAL

La Constitución consagra normas sobre derechos y deberes en materia ambiental, principalmente en el Capítulo IX “De los Derechos Ambientales”, así como en las disposiciones de otros capítulos del Título III “De los Deberes, Derechos Humanos y Garantías”.

Se establecen derechos y deberes, tales como:

El derecho a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.

La obligatoriedad de la educación ambiental en todos los niveles del sistema educativo.

La protección al ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de importancia ecológica.

La obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, de garantizar 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 desarrollo por el Estado de una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, entre otros factores.



La obligación de presentar estudios de impacto ambiental y sociocultural por toda actividad susceptible de generar daños a los ecosistemas.

La obligación del Estado de impedir la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas.

La regulación, mediante ley, del uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas.

La determinación de que, en todo contrato que la República celebre y en los permisos que otorgue, que involucren los recursos naturales, se considerará incluida, aún cuando no estuviera expresa, 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 éste resultara alterado, en los términos que fije la ley.

En base a lo anterior, se puede decir que no había prácticas ni normativas legales nacionales o normas técnicas de las operadoras, que hicieran posible que las antiguas operadoras petroleras transnacionales y las empresas operadoras petroleras nacionales que se encargaron de su manejo, luego de la nacionalización, hicieran posible buenas prácticas de disposición de desechos peligrosos.

En 1976 Se promulga La Ley Orgánica del Ambiente, pero no tiene sanciones y remite las sanciones a una ley penal, que solo es hasta la entrada en vigencia de la ley penal del ambiente del año 1992, que se empieza a crear cierta conciencia ambiental.

En este sentido, no es sino hasta 1995, cuando salen las normas técnicas de control efluentes líquidos agua y emisiones atmosféricas y en 1998 la norma de control de desechos peligrosos, lo cual hace crear planes y conciencia en cuanto al manejo de desechos peligrosos y otros contaminantes.

Estas legislaciones obligan a la construcción diferentes plantas ambientales, tales como: la planta de tratamiento de efluentes de procesos (STEP) en la Refinería Puerto La Cruz, la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería Puerto La Cruz y la planta de tratamiento de aguas residuales de la Refinería El Chaure, la construcción de la Planta de Tratamiento de Gases Agrios. Así mismo, obligó a la construcción de sitios de almacenamiento temporal de desechos peligrosos y limpieza de las lagunas de



disposición de desechos peligrosos de lodos petrolizados en Pamatacual y Pamatacualito; y la limpieza y clausura, de las lagunas de los Nísperos y los Nisperitos, ubicadas dentro de la Refinería Puerto La Cruz. Todo ello a finales de la década de los 90, la construcción de las plantas de tratamiento, y todo lo mencionado de desechos peligrosos desde 1998 hasta el 2000.

En este mismo sentido, se puede decir que la Planta de Tratamiento de Efluentes de Procesos: STEP, de la Refinería Puerto La Cruz, que se muestra en la figura 18, la llamada agua cruda, de los procesos de la refinería, va luego de usada, en los diferentes procesos de refinación, hacia el separador API, donde se recuperan los lodos de fondo (que posteriormente se almacenan con los lodos petrolizados) e hidrocarburos, de los cuales se obtienen aceites recuperados; el agua pasa luego al tanque pulmón, del STEP, donde coagulan los lodos y el agua decantada va a tratamiento biológico, pasando por un decantador secundario y todo un procesos de



filtrado, para luego por último ir a la descarga submarina, hacia la Bahía de Pozuelos, de la ciudad de Puerto La Cruz. Del agua decantada quedan los lodos petrolizados que van al recuperador de lodos y se almacenan conjuntamente con los lodos de fondo. Estos lodos petrolizados son desechos peligrosos.

*Figura 18.-* Planta de Tratamiento de Efluentes de Procesos: STEP.



## **CAPÍTULO V.-RESULTADOS**

En base a todo lo anterior se puede establecer la: Guía para la Minimización de Desechos Peligrosos desde el punto de vista ambiental en la Refinería Puerto La Cruz; que refuerza la base de lineamientos ambientales técnicos en las Actividades de Exploración, Producción y Refinación, de la Refinería Puerto La Cruz.

### **5.1.-MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE PERFORACIÓN**

Los principales desechos peligrosos asociados a las actividades de perforación son: lodos de perforación, ripios, aditivos químicos y aguas de limpieza. Entre los desechos peligrosos secundarios se tienen: aceites gastados, fluidos de completación de pozos, solventes y productos químicos.

#### **a. Lodos de perforación**

Las prácticas de minimización de mayor uso en el caso de lodos de perforación son: sustitución de aditivos, cambios de tecnología, reutilización de fluidos, separación de componentes y remoción de sólidos. Los dos últimos procesos también forman parte de los procesos de tratamiento de desechos, por lo cual no se tratarán en este alcance.

#### **➤ Sustitución de aditivos:**

Los lodos de perforación en base agua o en base aceite, tienen en su formulación aditivos que pueden estar elaborados con sustancias tóxicas. Al descubrirse los efectos que dichas sustancias ocasionan en el ambiente, las regulaciones ambientales a nivel mundial han ido progresivamente aumentando el nivel de exigencia en cuanto al uso de este tipo de productos, razón por la cual se ha incrementado el desarrollo y uso de aditivos que no presenten riesgos en cuanto a contaminación.



Se utilizan por ejemplo, aditivos con sulfatos y aminos en lugar de cromo para el control de la corrosión en las tuberías revestidoras; carbonatos y glutaraldehídos en sustitución de los formaldehídos empleados como biocidas.

Se han desarrollado aditivos, inhibidores y lubricantes novedosos, en base agua, formados por combinaciones de silicio, fósforo, aluminio y boro. También se han estudiado alternativas para la sustitución de lodos en base aceite, de manera de cumplir con las estrictas regulaciones ambientales exigidas en zonas sensibles a las operaciones de perforación.

A pesar de que las alternativas de sustitución son generalmente más costosas, mejoran la eficiencia de las operaciones de perforación y, en retrospectiva, se reducen los costos asociados a la disposición de desechos peligrosos. Se puede mencionar el uso de glicoles de polipropileno, solubles en agua, para formular lodos en base agua que constituyen una alternativa al uso de lodos en base aceite, para las operaciones de perforación costa afuera. Se han desarrollado lodos en base aceite con aceites mejorados, sustituyendo el uso de diesel.

Estos aceites mejorados tienen un contenido inferior de compuestos aromáticos, 0,25% comparado con contenidos de entre 30 y 60% del diesel. Otra alternativa para lodos en base aceite es el uso de emulsiones biodegradables, formuladas a partir de ésteres sintetizados de aceites vegetales. 82,5% del éster se degrada en 35 días, comparado con 3,9% de degradación para los aceites minerales, para el mismo período de tiempo.

➤ Cambios de tecnologías:

A pesar de que el volumen de lodos de perforación está relacionado con la profundidad y duración de las actividades, se puede minimizar el volumen de lodos mediante tecnologías más eficientes como perforación de “circuito cerrado” y la técnica de hoyo reducido “slim hole”. La primera tecnología permite la remoción de sólidos del sistema, de manera que el fluido puede ser reutilizado, reduciéndose la cantidad de fluido nuevo a incorporar al sistema.



El control de los sólidos minimiza la disminución del tamaño de partícula de los ripios o cortes y los remueve del sistema de lodos. Estos ripios se separan del lodo para posterior tratamiento o disposición. De esta manera, poco o ningún desecho sólido llega a las fosas de manejo de desechos peligrosos.

El resultado de esta forma de manejo es la disminución de los costos de perforación, ya que son menores los volúmenes de fluidos de perforación requeridos, se incrementan las tasas de perforación y se reducen los costos asociados a la construcción de fosas de manejo de desechos peligrosos. Los sistemas de perforación de “circuito cerrado” comprende:

1. Paso de la suspensión a través de mallas, tanques agitadores, separadores y centrífugas para la remoción de los sólidos.
2. Reacondicionamiento del líquido para ajustar densidad, pH, viscosidad y eliminar gases absorbidos.
3. Reciclaje del fluido limpio al sistema de lodos.
4. Los sólidos separados del líquido pueden ser almacenados en una fosa o celda, con pendiente de escurrimiento o sometidos a un proceso de centrifugación, lo que permite la recuperación del fluido remanente.

En estos sistemas, donde la mayor proporción de sólidos es removida por centrífugas, el porcentaje de sólidos remanente puede incrementarse, haciéndose considerable su acumulación. A medida que el fluido de perforación es reutilizado, los sólidos remanentes sufren transformaciones de tamaño de partícula, provocando el deterioro de las propiedades del fluido. Debido a la acumulación de sólidos se requiere más agua y se requiere acondicionamiento del fluido de perforación.

Esto quiere decir que, a medida que se requiera más agua, se generará una mayor cantidad de fluido para disposición final, una vez concluidas las operaciones. Es por ello que los sistemas de perforación de “circuito cerrado” que manejan sólidos, pueden ser mejorados mediante la utilización de agentes químicos coagulantes o floculantes. La combinación de la fuerza centrífuga y la acción química del floculantes disminuye



substantialmente la concentración de sólidos coloidales que pudieran permanecer en el fluido.

Existen otras aplicaciones para el reciclaje de fluidos de perforación aparte de la técnica de “circuito cerrado”. Los lodos de perforación de un pozo pueden ser reutilizados en otro pozo, para una porción o para todas las operaciones de éste. También pueden ser reutilizados como fluidos de completación.

La técnica de hoyo reducido es usada para pozos exploratorios en áreas de características especiales, ya sea por la irregularidad de la topografía, sensibilidad hidrológica o limitaciones del espacio disponible para la perforación. Permite la reducción del volumen de ripios, lodos de perforación, área de localización del taladro y tamaño de la fosas de perforación.

– Separación de componentes. (Fosas de manejo de lodos de perforación)

Las fosas de manejo de lodos son sistemas simples de segregación que emplean dos o más reservorios para prevenir que los desechos peligrosos contaminados entren en contacto con los desechos peligrosos no contaminados.

Históricamente, los reservorios han sido utilizados para el manejo de ripios, evaporación y almacenamiento de las aguas de producción, manejo de fluidos de perforación y para la contención de otros fluidos en caso de emergencia.

El tamaño y número de reservorios o celdas depende del número y características de las fuentes de desechos peligrosos que se generen, sin embargo, las celdas deben ser lo más pequeñas posibles y deben estar ubicadas estratégicamente para prevenir derrame de materiales en áreas cercanas al pozo. Los reservorios deben ser aislados (impermeables) de manera de asegurar que los cursos subterráneos de agua no se vean afectados por la transferencia de sustancias tóxicas o contaminantes.

Igualmente, es de importancia que las celdas no tengan comunicación entre sí, como medida para prevenir la transferencia de materiales. Si se requiere el trasvase de materiales de una celda a otra, debe hacerse mecánicamente, empleando sistemas de bombeo que no permitan la contaminación cruzada.

Los reservorios están concebidos para el manejo temporal de desechos peligrosos y no como mecanismo de disposición final de sólidos, hidrocarburos y otros desechos



peligrosos. Esto significa que al concluir las actividades asociadas a las instalaciones de perforación, las celdas deben ser cerradas de acuerdo con las prácticas aceptadas para ello.

Las dos ventajas principales del uso de fosas de desechos peligrosos son: capacidad de manejar lodos de perforación y otros desechos peligrosos a medida que éstos son generados y aislamiento de los desechos peligrosos para evitar contaminación. Estas ventajas se reflejan en la disminución de costos de tratamiento y disposición.

La capacidad de manejo de desechos peligrosos a medida que se generan, es de importancia significativa, ya que el volumen de desechos peligrosos propenso a causar contaminación se reduce.

El aislamiento o segregación de desechos peligrosos es beneficioso, debido a que se minimizan los riesgos de que pequeñas cantidades de desechos peligrosos afecten grandes cantidades de desechos no peligrosos. La segregación también brinda flexibilidad en cuanto a los esquemas de tratamiento, mediante la selección de métodos alternativos posteriores.

#### b. Cortes de sólidos o ripios

El volumen de ripios generado en un pozo depende de la profundidad de éste, por lo que la reducción significativa del volumen de estos desechos peligrosos, es difícil de alcanzar. Básicamente este tipo de desechos peligrosos se segrega, para garantizar una disposición final segura. Si los ripios están contaminados con hidrocarburos de la formación o con aceites provenientes de los lodos de perforación en base aceite, es necesario el tratamiento previo a la disposición final, para separar los hidrocarburos del sólido.

Las propiedades de los lodos de perforación que inhiben la dispersión de los sólidos y la disminución de materiales arrastrados desde los estratos pueden contribuir a la reducción de los volúmenes de ripios provenientes de ciertas formaciones. En referencia a esto, los lodos en base aceite favorecen la inhibición de la dispersión de sólidos.



### c. Aguas de lavado o limpieza

Las aguas de limpieza se utilizan básicamente para la limpieza de los equipos de control de sólidos y de los tanques de almacenamiento de fluidos de perforación y para el rociado de equipos de manera de evitar sobrecalentamiento excesivo durante las operaciones de perforación.

También se incluyen dentro de este grupo las aguas de escorrentía. El volumen de este tipo de desecho depende principalmente de la duración de las operaciones de perforación, es por ello que la reducción el volumen se logra modificando condiciones de operación y también mediante buenas prácticas operativas, tales como el uso de equipos de limpieza a vapor y/o agua a presión, adecuación de válvulas de cierre automático para mangueras de suministro y reuso de agua mediante tratamiento “en sitio”.

En el manejo de las aguas de escorrentía y de aguas de limpieza se tiene como técnica de minimización la segregación, a través del manejo por sistemas de drenaje independientes. Esto permite que las aguas de escorrentía no se mezclen con las aguas de limpieza, que eventualmente pueden contener hidrocarburos emulsionados, y que potencialmente podrían generar un volumen mayor de desechos peligrosos con características de manejo diferentes a las de las aguas que no contienen hidrocarburos.

### d. Desechos peligrosos asociados o secundarios

Los fluidos de completación de pozos se reutilizan como fluidos de completación en otras operaciones, mediante el ajuste de sus características a través de la adición de agua o agentes químicos, siempre y cuando las características del fluido así lo permitan.

Los aceites gastados tienen como medida de reducción de desechos peligrosos en fuente, la prolongación de la vida útil del aceite mediante el uso de filtros para la remoción de partículas sólidas. Las tecnologías a emplear para recuperar aceites dependen de los contaminantes presentes en éste, así como de su uso posterior. Las técnicas más utilizadas para recuperación de aceites son: reciclaje “en sitio” mediante procesos fisicoquímicos, purificación fuera de la instalación generadora (destilación, sedimentación, filtración, técnicas que igualmente están incluidas dentro de la categoría



de tratamiento) y mezcla de varios tipos de aceites u otros desechos peligrosos para obtener un producto de diferente especificación.

Los solventes que se emplean básicamente en operaciones de limpieza, tienen como medida de reducción en fuente el uso de solventes en base agua, así como también se pueden aplicar las técnicas de reciclaje y recuperación, a través de destilación o tratamiento químico. Existen en el mercado solventes biodegradables, de baja volatilidad y no tóxicos, formulados con éteres básicos, que reducen considerablemente las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, son de manejo más seguro debido a que sus presiones de vapor son bajas, experimentan menos pérdidas por evaporación, son recuperables a través de destilación al vacío y eventualmente pueden ser descargados en los sistemas de drenajes ya que no se consideran desechos peligrosos.

## **5.2.- MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE PRODUCCIÓN**

Los principales desechos peligrosos (sólidos) asociados a las actividades de producción son: lodos petrolizados y suelos contaminados con hidrocarburos. Entre los desechos peligrosos secundarios se tienen: salmueras residuales, desechos de crudo en tuberías y tanques, aceites gastados y arena de limpieza de equipos.

### **a. Lodos petrolizados**

Debido a que la generación de lodos petrolizados ocurre cuando arena, suelo o sedimentos entran en contacto con agua e hidrocarburos, la técnica necesaria para reducir su generación es prevenir el contacto de tales partículas con los agentes antes señalados. La mayoría de los equipos de las estaciones de flujo son propensos a la generación de lodos petrolizados, ya que en ellos se presentan partículas sólidas como arenas de las formaciones, sales de aguas de producción, herrumbre producto de la corrosión. Para controlar la presencia de partículas sólidas se sugiere el mantenimiento de los equipos, con el objeto de reducir la formación de herrumbre.



La precipitación de los sólidos presentes en tanques de almacenamiento de crudo, favorece la generación de lodos petrolizados. Como técnica para controlar la formación de lodos en estos tanques, se instalan mezcladores tipo turbina o de propulsión a chorro dentro del tanque, para mantener las partículas suspendidas en el crudo, de manera que sean separadas de éste en las unidades de manejo de crudo en refinería.

b. Suelos contaminados con hidrocarburos

Las buenas prácticas operacionales, tales como el uso de bandejas recolectoras de derrames, inspección regular de equipos y entrenamiento del personal, son los factores que ayudan a reducir el volumen de suelos contaminados con hidrocarburos a causa de derrames accidentales. El costo de estas medidas es significativamente menor que el costo asociado a la recuperación del suelo afectado. Los suelos contaminados con hidrocarburos pueden ser tratados mediante procesos biológicos para disminuir el contenido de hidrocarburos, hasta un nivel que permita la disposición final o la reutilización.

c. Salmueras residuales

Las salmueras residuales, provenientes de las plantas de generación de vapor, pueden experimentar separación de sus componentes para reutilización, con el objeto de minimizar este desecho, técnica que puede ser considerada igualmente como tratamiento del desecho. Entre las sales de utilidad presentes en las salmueras está el cloruro de calcio, agente higroscópico empleado durante las operaciones de perforación. El agua tratada producto de la separación, puede ser reutilizada en otros procesos, tales como limpieza de equipos, agua de enfriamiento o para generación de vapor. Las salmueras también se emplean, de acuerdo a su densidad, en la limpieza de las tuberías de revestimiento en la completación de pozos.

d. Desechos de crudo en tuberías y tanques

Los desechos de tuberías que contienen hidrocarburos (crudo), pueden ser recuperados a través de varios métodos como aplicación de calor, tratamiento físico y químico. Por otro lado, los sólidos como tales pueden ser tratados mediante una gran variedad de técnicas para generar un desecho libre de hidrocarburos. Entre estas técnicas se encuentran la pirólisis y la incineración. Los hidrocarburos incorporados por



sedimentación a los desechos de fondo de tanques de almacenamiento de crudo disminuyen al colocar bombas de recirculación en los tanques. De esta manera los hidrocarburos se mantienen en suspensión hasta que el tanque se vacía.

e. Arenas de limpieza

Las arenas provenientes de limpiezas de superficies metálicas (sandblasting), son adecuadas para su reutilización como material para construcción.

Las técnicas de minimización empleadas para aceites gastados fueron discutidas previamente en la sección 5.1. d.

### **5.3.- MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DE REFINACIÓN**

Los desechos peligrosos asociados a las actividades de refinación se agrupan en cuatro categorías: desechos aceitosos, catalizadores gastados, compuestos químicos usados y otros desechos. Las técnicas de minimización de desechos más comúnmente empleadas, son desarrolladas para cada categoría de desechos.

a. Desechos aceitosos

En esta categoría se incluyen los desechos de las unidades de separación de agua y aceites, intercambiadores de calor, fondos de tanques de almacenamiento de crudo y de productos. La estrategia de minimización de desechos aceitosos debe dirigirse al control de los tres factores que favorecen la generación de los desechos: aceites, partículas y emulsificadores; mediante la segregación de fuentes o corrientes que los contengan.

El ingreso de partículas sólidas al sistema de recolección de aguas de una refinería puede controlarse a través de medidas preventivas como: pavimentación de áreas generadoras de polvo, limpieza de áreas para remover sólidos finos, instalación de barreras contra viento, rediseño de alcantarillas para prevenir entrada de material sólido, utilizar equipos para control de material particulado en tolvas y descargas a la atmósfera.

El ingreso de sustancias aceitosas al sistema de recolección de aguas de la refinería puede controlarse implantando medidas como: uso de mejores sellos para las



bombas, instalación de tanques separadores para los efluentes de las unidades desaladoras, segregación de corrientes de hidrocarburos residuales y disposición de éstas en el sistema de recolección de desechos aceitosos, en vez de en el sistema de aguas; inspección de intercambiadores de calor para prevenir fugas de hidrocarburos por rotura de tubos internos.

Finalmente, el ingreso de surfactantes al sistema de recolección de aguas puede controlarse mediante: disminución en el uso de detergente en las operaciones de lavado, minimización del uso de polímeros en las alimentaciones a la unidad desaladora y separadores API, y eliminación de descargas de aminas al sistema de recolección.

Una vez generado el desecho aceitoso, puede ser manejado y reprocesado mediante técnicas como la filtración, alimentación para otras unidades de conversión (coquificación, zona de flash de torres de destilación atmosféricas, torres de destilación de vacío y unidades viscorreductoras), separación por gravedad, rotura de emulsiones mediante calor y agentes químicos, adición de solventes y deshidratación.

#### b. Catalizadores usados

El contenido metálico de la mayoría de los catalizadores gastados puede ser suficiente y en muchos casos económicamente atractivo, como para permitir el reprocesamiento de éstos con el objeto de recuperar los metales. Esto es llevado a cabo por las compañías productoras del catalizador o por compañías especializadas en recuperación de metales en materiales residuales.

Los catalizadores de hidrotratamiento, compuestos básicamente por cobalto, molibdeno y níquel, pueden ser regenerados tanto dentro como fuera de la instalación. Los catalizadores a base de platino, tales como los empleados en reformación y en hidrocrqueo, pueden ser sometidos a procesos de recuperación del metal. Los catalizadores gastados de las unidades de craqueo fluidizado (FCC) pueden emplearse como aditivos en la fabricación de cemento, debido a su contenido de alúmina y sílice.

#### c. Compuestos químicos usados

Dentro de esta categoría, el mayor interés se centra en las soluciones cáusticas, empleadas para absorción y remoción de sustancias contaminantes en corrientes de proceso (sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), mercaptanos, compuestos fenólicos, nafténicos y



cresoles). Existen numerosos métodos para la reducción y reciclaje de las soluciones cáusticas gastadas. Empleando soluciones diluidas en vez de soluciones concentradas y utilizando hidrot ratamiento para la remoción de  $H_2S$  en vez de absorción, se reduce el consumo de cáusticos. Se recomienda la segregación de las corrientes de desechos que contengan cáusticos gastados de sulfuros y fenoles, para permitir la recuperación y reutilización de éstos.

Usualmente, un mínimo de 5% de fenoles y un máximo de 0,5% de sulfuros es apropiado para los procesos de recuperación.

Las soluciones cáusticas de sulfuros pueden reutilizarse en la industria de manufactura de papel o en procesos de minería. El factor más importante a considerar para maximizar la posibilidad de reutilizar las soluciones, es la segregación de éstas, evitando la mezcla de corrientes. Las soluciones cáusticas gastadas que contienen compuestos fenólicos, no deben ser descargadas al sistema de recolección de aguas (efluentes) de la refinería, ya que debido a sus características surfactantes favorecen la generación de emulsiones y desechos aceitosos. Por otro lado, la recuperación de compuestos fenólicos puede hacerse a través de la neutralización empleando ácidos y la separación de fases de la solución cáustica, tal como se puede observar en la Figura 13.

#### d. Otros desechos

En esta categoría se incluyen desechos como: lodos biológicos de plantas de tratamiento de efluentes, resinas de zeolita gastadas, medios filtrantes y lodos procedentes de limpieza de equipos. Estos desechos resultan principalmente de la aplicación de procesos auxiliares para la separación y acondicionamiento de corrientes, así como para mantenimiento de equipos.

Entre las técnicas de minimización de estos desechos se encuentran: separación de sólidos de la fracción líquida de los lodos, separación de aceites, retrolavado para prolongar la vida del medio filtrante y sustitución de aditivos (biocidas y antidegradantes) tóxicos por agentes menos tóxicos en el manejo de efluentes.

En otro orden de ideas, en la tabla 10 se presenta un resumen de las técnicas de minimización empleadas para los desechos peligrosos de perforación, producción y refinación.



Tabla 10.-Resumen de minimización de desechos peligrosos de perforación, producción y refinación

TIPO DE DESECHO PELIGROSO	TECNOLOGIA DE MINIMIZACIÓN A SER APLICADA	
	REDUCCIÓN EN LA FUENTE	RECICLAJE
RIPIOS	*Cambio de Equipos/Tecnologías *Sustitución de Materias Primas	
AGUA DE LAVADO	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Sustitución de Materias Primas	*Reciclaje en Operaciones de Perforación, Producción, Refinación *Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor
LODOS DE PERFORACIÓN	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Modificaciones en los procesos *Cambio de Equipos /Tecnologías *Sustitución de Materias Primas	*Recuperación de Compuestos por Filtración / Centrifugación *Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor
FLUIDOS DE COMPLETACIÓN DE POZOS		*Reciclaje en Operaciones de Perforación, Producción, Refinación
ACEITES GASTADOS		*Reciclaje en Operaciones de Perforación, Producción, Refinación *Recuperación de Compuestos por Filtración / Centrifugación.
SOLVENTES		*Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor
ARENAS DE LIMPIEZA		*Otro Tipo de Reciclaje.
LODOS PETROLIZADOS	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Sustitución de Materias Primas	
RESIDUOS DE TANQUES Y TUBERÍAS	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones	
SUELOS CONTAMINADOS	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Sustitución de Materias Primas	
SALMUERAS RESIDUALES		*Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor
SOLUCIONES CÁUSTICAS	*Reformulación o Diseño de Productos *Sustitución de Materias Primas	*Reciclaje en Operaciones de Perforación, Producción, Refinación *Otro Tipo De Reciclaje *Reuso/Recuperación De Componentes de Vapor
RESIDUOS ACEITOSOS	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Reformulación o Diseño de Productos *Sustitución de Materias Primas	*Reciclaje en Operaciones de Perforación, Producción, Refinación *Recuperación de Compuestos por Filtración / Centrifugación *Otro Tipo de Reciclaje *Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor
CATALIZADORES GASTADOS	*Buenas Practicas Operacionales, Entrenamiento de Operadores y Supervisión de las Operaciones *Sustitución de Materias Primas	*Reuso/Recuperación de Componentes de Vapor * Otro Tipo de Recuperación



El modelo operativo o guía, que se propone contiene las listas de verificación, a fin de hacerlo factible a la Gerencia de la Refinería Puerto La Cruz, las cuales son:

- Lista de verificación: minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.
- Lista de verificación: minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.
- Lista de verificación: minimización de desechos peligrosos en las actividades de refinación de petróleo, de la Refinería Puerto La Cruz.



*Figura 19.- Planta Alquilación Refinería Puerto La Cruz.*



LISTA DE VERIFICACIÓN MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS EXPLORACIÓN						
Refinería:			Planta:			
Gerente:			Fecha:			
Pregunta	En Sitio		Acción Comunicada		¿Cuándo?	
	Si	No	Acción	¿Quién?	Plan	Real
Lodos de perforación						
<b>¿Tienen lo siguiente?:</b>						
1.- ¿Se realiza sustitución de aditivos, cambios de tecnología, reutilización de fluidos, separación de componentes y remoción de sólidos?:						
Cortes de sólidos o rípios						
2.- ¿Se segrega, para garantizar una disposición final segura, si los rípios están contaminados con hidrocarburos de la formación o con aceites provenientes de los lodos de perforación en base aceite, y es necesario el tratamiento previo a la disposición final, para separar los hidrocarburos del sólido?.						
Aguas de lavado o limpieza						
3.- ¿Se logra la reducción del volumen modificando condiciones de operación y también mediante buenas prácticas operativas, tales como el uso de equipos de limpieza a vapor y/o agua a presión, adecuación de válvulas de cierre automático para mangueras de suministro y reuso de agua mediante tratamiento “en sitio”.?						
4.-¿En el manejo de las aguas de escorrentía y de aguas de limpieza se tiene como técnica de minimización la segregación, a través del manejo por sistemas de drenaje independientes.?						
Desechos peligrosos asociados o secundarios						
5.-¿Los fluidos de completación de pozos se reutilizan como fluidos de completación en otras operaciones, mediante el ajuste de sus características a través de la adición de agua o agentes químicos,?						
6.-¿Los aceites gastados tienen como medida de reducción de desechos peligrosos en fuente, la prolongación de la vida útil del aceite mediante el uso de filtros para la remoción de partículas sólidas.?						



## LISTA DE VERIFICACIÓN MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS EXPLORACIÓN

<b>Refinería:</b>		<b>Planta:</b>				
<b>Gerente:</b>		<b>Fecha:</b>				
Pregunta	En Sitio		Acción Comunicada		¿Cuándo?	
	Si	No	Acción	¿Quién?	Plan	Real
7.- Se usan los solventes biodegradables, de baja volatilidad y no tóxicos, formulados con éteres básicos, que reducen considerablemente las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, que se emplean básicamente en operaciones de limpieza, y tienen como medida de reducción en fuente el uso de solventes en base agua?						

<b>Porcentaje de Avance:</b>	$(\text{N}^\circ \text{ Si} / \text{N}^\circ \text{ de Preguntas}) \times 100 =$		%
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	--	---

**Resultados:** (No relevante hasta después del tercer mes)

- > 90% Excelente
- 75% - 90% Bueno, pero necesita mejora
- 50% - 74% Regular: Requiere acción del gerente
- < 50% Deficiente: Requiere acción inmediata del gerente general





**LISTA DE VERIFICACIÓN  
MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS  
PRODUCCIÓN**

<b>Refinería:</b>		<b>Planta:</b>				
<b>Gerente:</b>		<b>Fecha:</b>				
<b>Pregunta</b>	<b>En Sitio</b>		<b>Acción Comunicada</b>		<b>¿Cuándo?</b>	
	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Acción</b>	<b>¿Quién?</b>	<b>Plan</b>	<b>Real</b>
<b>Lodos petrolizados</b>						
1.- ¿Debido a que la generación de lodos petrolizados ocurre cuando arena, suelo o sedimentos entran en contacto con agua e hidrocarburos, la técnica necesaria para reducir su generación es prevenir el contacto de tales partículas con los agentes antes señalados?						
2.- ¿Se instalan mezcladores tipo turbina o de propulsión a chorro dentro del tanque, para mantener las partículas suspendidas en el crudo, de manera que sean separadas de éste en las unidades de manejo de crudo en refinería.?						
<b>Suelos contaminados con hidrocarburos</b>						
3.- ¿Se usan bandejas recolectoras de derrames, inspección regular de equipos y entrenamiento del personal?						
<b>Salmueras residuales</b>						
4.-¿Los componentes para reutilización de las salmueras residuales, provenientes de las plantas de generación de vapor, pueden experimentar separación, con el objeto de minimizar este desecho?						
<b>Desechos de crudo en tuberías y tanques</b>						
5- ¿Son recuperados los desechos de tuberías que contienen hidrocarburos (crudo), mediante métodos como aplicación de calor, tratamiento físico y químico?						
<b>Arenas de limpieza</b>						
6- ¿Son adecuadas para su reutilización como material para construcción las arenas provenientes de limpiezas de superficies metálicas (sandblasting)?						



$$\text{Porcentaje de Avance: } \frac{(\text{N}^{\circ} \text{ Si} / \text{N}^{\circ} \text{ de Preguntas}) \times 100}{=} \%$$

**Resultados:** (No relevante hasta después del tercer mes)

- > 90% Excelente
- 75% - 90% Bueno, pero necesita mejora
- 50% - 74% Regular: Requiere acción del gerente
- < 50% Deficiente: Requiere acción inmediata del gerente general





LISTA DE VERIFICACIÓN MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS REFINACIÓN						
Refinería:			Planta:			
Gerente:			Fecha:			
Pregunta	En Sitio		Acción Comunicada		¿Cuándo?	
	Si	No	Acción	¿Quién?	Plan	Real
<b>¿Incluye lo siguiente?:</b>						
Desechos aceitosos						
1- ¿Existe el control de los tres factores que favorecen la generación de los desechos: aceites, partículas y emulsificadores; mediante la segregación de fuentes o corrientes que los contengan.?						
2.- ¿Existe el uso de mejores sellos para las bombas, instalación de tanques separadores para los efluentes de las unidades desaladoras, segregación de corrientes de hidrocarburos residuales y disposición de éstas en el sistema de recolección de desechos aceitosos, en vez de en el sistema de aguas; inspección de intercambiadores de calor para prevenir fugas de hidrocarburos por rotura de tubos internos.?						
3.- ¿El ingreso de surfactantes al sistema de recolección de aguas se controla mediante: disminución en el uso de detergente en las operaciones de lavado, minimización del uso de polímeros en las alimentaciones a la unidad desaladora y separadores API, y eliminación de descargas de aminas al sistema de recolección.?						
Catalizadores usados						
4.- ¿El contenido metálico de la mayoría de los catalizadores gastados puede ser suficiente y en muchos casos económicamente atractivo, como para permitir el reprocesamiento de éstos con el objeto de recuperar los metales.?						
Compuestos químicos usados						
5- ¿Se reduce el consumo de cáusticos Empleando soluciones diluídas en vez de soluciones concentradas y utilizando hidrotatamiento para la remoción de H <sub>2</sub> S en vez de absorción,?						
6.- ¿Existe la segregación de las corrientes de desechos que contengan cáusticos gastados de sulfuros y fenoles, para permitir la recuperación y reutilización de éstos.?						



LISTA DE VERIFICACIÓN MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS EXPLORACIÓN						
Refinería:			Planta:			
Gerente:			Fecha:			
Pregunta	En Sitio		Acción Comunicada		¿Cuándo?	
	Si	No	Acción	¿Quién?	Plan	Real
Otros desechos						
7.- ¿Para los lodos biológicos de plantas de tratamiento de efluentes, resinas de zeolita gastadas, medios filtrantes y lodos procedentes de limpieza de equipos; entre las técnicas de minimización para estos desechos se realizan: separación de sólidos de la fracción líquida de los lodos, separación de aceites, retrolavado para prolongar la vida del medio filtrante y sustitución de aditivos (biocidas y antidegradantes) tóxicos por agentes menos tóxicos en el manejo de efluentes.?						

**Porcentaje de Avance:**  $\frac{\text{N}^\circ \text{ Si} / \text{N}^\circ \text{ de Preguntas}}{1} \times 100 = \%$

**Resultados:** (No relevante hasta después del tercer mes)

- > 90% Excelente
- 75% - 90% Bueno, pero necesita mejora
- 50% - 74% Regular: Requiere acción del gerente
- < 50% Deficiente: Requiere acción inmediata del gerente general





## **CAPÍTULO VI.-CONCLUSIONES**

En cuanto al objetivo general de proponer una **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, se concluye que se puede disponer de unos lineamientos técnicos ambientales, de aplicación gerencial y operativa, con la finalidad de reducir la cantidad o toxicidad de los desechos peligrosos que requieren tratamiento, almacenamiento o disposición final, en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz y de esta forma disminuir los problemas ambientales que representan las actividades petroleras para la comunidad, el ambiente circundante, y el personal.

Se concluye que se formularon los lineamientos técnicos ambientales a fin de reducir, reutilizar, reciclar, recuperar, de manera sistemática, la generación de desechos peligrosos asociados a las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz, para coadyuvar a disminuir y/o eliminar, los daños al ambiente y a las personas, producto de los desechos peligrosos.

En cuanto a los objetivos específicos se concluye que:

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Anzoátegui, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.

Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, del estado Monagas, que surten a la Refinería Puerto La Cruz.



Se formulan lineamientos ambientales para la minimización de desechos peligrosos en la Refinería Puerto La Cruz.

Se critican las prácticas de disposición de desechos peligrosos heredadas de las antiguas operadoras transnacionales.

Se evalúan las prácticas y métodos de saneamiento de desechos peligrosos aplicados en la Refinería Puerto La Cruz.

En cuanto a las interrogantes del estudio planteadas, se puede concluir que con la **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, se pueden:

Establecer lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de exploración de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas.

Establecer los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades de producción de petróleo, de los estados Anzoátegui y Monagas.

Establecer los lineamientos ambientales para la aplicación de las técnicas de minimización de desechos peligrosos en las actividades operacionales de la Refinería Puerto La Cruz.



---

## **CAPÍTULO VII.- RECOMENDACIONES**

Implementar desde el diseño, comenzando por la ingeniería conceptual, la presente **"GUÍA PARA LA MINIMIZACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL EN LA REFINERÍA PUERTO LA CRUZ"**, mediante la aplicación de lineamientos ambientales técnicos en la minimización de los desechos peligrosos de perforación, en la minimización de los desechos peligrosos de producción, y en la minimización de los desechos peligrosos de refinación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y BIBLIOGRAFIA

ANNAN, K. (1998) "Secretary General Calls for Prevention of Groundwater Pollution", en Message for World Water Day, 22 March, United Nations, Press Release SG/SM/6496, OBV/40.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API). (1980). "Manual on disposal of refinery wastes." Volume on Solid Wastes. Capítulo 1, 2 y 3. Washington, \_\_\_\_\_ . ( 2005).Recommended Practices.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION. (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Water Works Association (AWWA). 20th Edition.

ARIAS, Fidas G. (2004). El proyecto de investigación. Guía para su elaboración. Editorial Episteme. Caracas. 3ra edición.

BALESTRINI A., Miriam (1998), Como se elabora el proyecto de investigación, Caracas. Consultores Asociados BL. Servicio Editorial Briceño.

CLARET V., ARNOLDO. (2005) Como hacer y defender una tesis. Editorial Texto. 3ra edición ampliada. Caracas.. 174 págs.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY CCPS (1986), Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Assessment. American Institute of Chemical Engineers, AIChE. New York.

CORREDOR, J. (1995), La Planificación Estratégica, Editores Vadell Hermanos, Valencia, Tercera Edición 160 Págs.

CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Proyecto de Minimización de Residuos de Curtiembres. Lima, 1991.

CUSTODIO, E. (1996) "Groundwater Problems in General and in Spain in Particular", Elsevier, 6(5): 68-83. European Water Pollution Control.

CORPOVEN, S.A.(1995). Memoria Descriptiva del Proyecto: Centro de Almacenamiento Temporal de Desechos Peligrosos para el Distrito Puerto La Cruz, Refinería CORPOVEN, sector El Chaure.



DAVID, F. (1988), La Gerencia Estratégica, Fondo Editorial Legis, Santa Fe De Bogotá, Colombia, 371 Págs.

EPA. (1988) U.S. Environmental Protection Agency. Waste Minimizati3n opportunity assessment manual. En: EPA/625/7-88/003. New York.

FREEMAN, H.M. (1994). "Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal". Edit. Mc Graw Hill. American Public Health Association.

FOSTER, S.S.D., Lawrence, A., Morris, B. (1998) "Groundwater in Urban Development", World Bank Technical Paper, 390: 1-55.

HERNÁNDEZ S., R. et al (1991). Metodología de la Investigaci3n. Primera Edici3n. Caracas. Mc. Graw Hill. 501 Págs.

HOCHMAN E. Y MONTERO M. (1982), Editorial Trillas, M3xico, Quinta Edici3n. 88 Págs.

HURTADO, J. (1996), Metodología de la Investigaci3n. El Anteproyecto y el Marco Te3rico. Un Enfoque Holístico. Fundaci3n Sypal, Caracas, 96 Págs.

KIELY Gerard (1999), Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gesti3n, Mc Graw Hill, 1.131 Págs.

LAGREGA, M. et al., "Gesti3n de residuos t3xicos. Tratamiento, eliminaci3n y recuperaci3n de suelos". Volúmenes 1 y 2. McGraw Hill Book Company. Primera edici3n. Madrid, 1998.

LAGREGA, M. et al., Hazardous Waste Management, McGraw-Hill, 1200 pp., 2nd ed., 2001.

LLAMAS, M.R., Villarroya, F., Hern3ndez, M.E. (1996) "Causes and Effects of Water Restrictions in Madrid during the Drought of 1991/1993", Hydrology and Hydrogeology of Urban and Urbanizing Areas. American Institute of Hydrology: WQD-10-19.

LLAMAS, M.R. (1998) "Las polític3s agrarias y del agua en España", en Vida Rural, V(3):1-3.

LLAMAS, M.R. (1998) "Groundwater Overexploitation", Proceeding of the UNESCO Congress on "Water in the 21st Century: a Looming Crisis?", Paris, 2-5 June 1998, vol. 2, preprint: 1-20.



MALINKOFF, R. (1990), La Estructura De La Organización, Editorial Panapo, Caracas, 168 Págs.

NORMA ASTM D – 5092 (1992): Especificaciones para pozos de monitoreo de aguas subterráneas.

NORMAS SANITARIAS DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE . Ministerio de Sanidad y Asistencia Social. Venezuela. 13 de Febrero de 1998. Decreto 36.395.

ONU. (1989). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Convenio de Basilea sobre el control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación; Acta Final. s.l.

PERRY, R. H. (2002), Manual del Ingeniero Químico”. McGraw Hill Book Company. 4 Vol. Séptima edición. Madrid.

RAMIREZ, T. (1993), Como Hacer Un Proyecto de Investigación, Editorial Carhel, Segunda Edición. Caracas, 84 Págs.

REPÚBLICA DE VENEZUELA (1976). Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial: 31004

\_\_\_\_\_. (1986) Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo - Gaceta Oficial: 3850, extraordinaria.

\_\_\_\_\_. (1992) Ley Penal del Ambiente. G.O.4358 extraordinaria y Normas Técnicas

\_\_\_\_\_. (1998) Decreto 2635 de fecha 22/7/98; Gaceta Oficial 5245 extraordinaria de fecha 03/08/98: "Normas Para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos".

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA (1999). Constitución Nacional. Gaceta Oficial: 5.453 Extraordinario del 24-03-2000.

\_\_\_\_\_. (2001) Ley Sobre Sustancias, Materiales Y Desechos Peligrosos. 03/04/2001.

ROMERO, O. (1991), Motivando Para El Trabajo, Ediciones Rogya, C.A. Mérida, Venezuela, 110 Págs.

SALLENAVE, J. (1997), Gerencia Y Planificación Estratégica, Grupo Editorial Norma, Colombia, 283 Págs.



SIKULA, A. (1994), Administración De Recursos Humanos En La Empresa, Editorial Limusa, Noriega Editores, 513 Págs.

U.S. Congress. (1976). The Resource Conservation and Recovery Act (RCRA); Public Law 94-580, 94th Congress. Washington, D.C.

U.S. Congress (1984). The Hazardous and Solid Waste Amendments of 1984; HSWA, Public Law. 98-616). Washington, D.C

U.S. Congress (1996). RCRA was amended by the Land Disposal Program Flexibility Act of 1996, (Public Law 104-119). Washington, D.C

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Waste Minimization opportunity assessment manual. En: EPA/625/7-88/003. New York, 1988.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2001); Primary Standard for drinking water.

UN (1997) Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World: Report of the Secretary General. United Nations, Commission on Sustainable Development, 7-15 April 1997, E/CN/17/1997/9: 1-35.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR (UPEL) (2003), Vicerrectorado de investigación y Postgrado. Manual de trabajo de grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales.

WHO, (1998); Standards and Guidelines for Drinking Water



---

## GLOSARIO DE TERMINOS

- **Aeróbico**

Se refiere a los procesos de transformación de compuestos orgánicos mediante la acción metabólica de microorganismos, en presencia de oxígeno.

- **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 de los desechos almacenados.

- **Anaeróbico**

Se refiere a los procesos de transformación de compuestos orgánicos mediante la acción metabólica de microorganismos, en ausencia de oxígeno.

- **Almacenamiento temporal**

Es el lugar donde se ubica el desecho por un lapso finito de tiempo, para su posterior tratamiento o traslado al sitio de disposición final.

- **Aprovechamiento de materiales peligrosos recuperables:**

Las operaciones o procesos destinados a extraer y utilizar materias primas o energía de materiales recuperables.

- **Biodegradación**

Proceso que permite disminuir la concentración y toxicidad de compuestos orgánicos mediante su transformación en compuestos intermedios, biomasa microbiana, dióxido de carbono y agua, debido a la acción de bacterias, hongos y levaduras presentes en un medio marino o terrestre.

- **Bioaumentación**



Adición o inoculación del suelo con microorganismos autóctonos o externos, manipulados o no genéticamente, que permite mejorar la actividad metabólica para degradar desechos.

- **Bioestimulación**

Adición de agentes contentivos de elementos químicos a la microflora presente en el suelo, tales como nutrientes y otros compuestos acondicionadores de los factores abióticos, para mejorar la actividad metabólica en la degradación de desechos.

- **Biorremediación**

Degradación de compuestos orgánicos contaminantes por la acción de microorganismos, hasta alcanzar concentraciones bajas o concentraciones por debajo de las establecidas por las regulaciones pertinentes como aceptables o seguras. El concepto se maneja principalmente en el contexto de saneamiento de suelos y acuíferos contaminados.

- **Centrifugación**

Mecanismo de separación sólido-líquido que se basa en la aplicación de la fuerza centrífuga.

- **Coagulación**

Proceso de conversión de partículas coloidales ( $< 0.001$  mm) y partículas dispersas (0.001 a 0.1 mm) en pequeñas pero visibles partículas aglomeradas (0.1 a 1 mm) por la adición de agentes que disminuyen la fuerza de repulsión electrostática entre las partículas.

- **Composting**

Variante dentro de la categoría de biotratamiento de desechos en fase sólida, en la cual la descomposición del desecho se logra por la acción de microorganismos dispuestos en capas intercaladas con material orgánico, formando pilas de área reducida.



- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno empleada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica en un lapso de tiempo específico, a determinada temperatura.

- Demanda química de oxígeno (DQO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de compuestos orgánicos presentes en aguas efluentes o residuales. En la prueba de laboratorio para su determinación se emplean agentes oxidantes, como sales inorgánicas de cromo o permanganato.

- Desecho:

Material, sustancia, solución, mezcla u objeto para los cuales no se prevé un destino inmediato y debe ser eliminado o dispuesto en forma permanente.

- Desecho patológico:

Desecho biológico o derivado biológico que posea la potencialidad de causar enfermedades en todo ser vivo.

- Desecho peligroso:

Material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que presenta propiedades peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas, que conserva 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 los contienen o los hubieren contenido

- Digestión

Descomposición biológica de la materia orgánica para favorecer la transformación y reducción de volumen del desecho, mediante la acción de microorganismos aeróbicos o anaeróbicos.



- Disposición final

Descarga, depósito, inyección, vertido o colocación del desecho dentro o sobre el suelo, de manera de controlar que el desecho o cualquiera de sus constituyentes puedan entrar en contacto con cuerpos de agua superficiales o aguas subterráneas.

- Disposición final de desechos peligrosos:

Operación de depósito 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 alguno de sus componentes, ni de su contenido energético, ni conduzca a la recuperación de los compuestos resultantes.

- Encapsulamiento

Mecanismo de retención física de partículas, aglomerados en una matriz sólida, mediante un agente contenedor que limita la transferencia de masa de componentes del sólido hacia el exterior.

- Estabilización

Proceso de pretratamiento donde el desecho es convertido en una forma químicamente más estable. Involucra la reacción química que transforma el componente tóxico en una sustancia o compuesto nuevo, no tóxico y reduce la movilidad de los contaminantes peligrosos más allá del efecto de la dilución de los reactivos.

- Evaporación

Reducción del contenido de líquido en una solución con el objetivo de concentrarla, mediante la vaporización del disolvente volátil, por medio de la aplicación



de calor. La evaporación difiere del secado en que el desecho es un líquido, a veces altamente viscoso, en vez de un sólido.

- Extracción con solventes

Separación de un constituyente a partir de un sólido o líquido por medio de un disolvente líquido. Esta técnica comprende dos categorías que son la lixiviación o extracción sólido-líquido y la extracción líquido-líquido.

- Filtración

Técnica de separación sólido – líquido, que se basa en el uso de un medio poroso y tiene como agente de separación un gradiente de presión.

- Floculación

Proceso en el que se mezcla una sustancia química con el fluido para favorecer la aglomeración o formación de partículas de mayor tamaño y relativamente mayor facilidad de separación.

- Flotación

Proceso de incorporación de aire a una sustancia líquida contentiva de partículas sólidas o de otra fase líquida dispersa, con lo que se forma una capa de sobrenadante conteniendo la fase a separar. Esta capa se forma por el arrastre de la fase dispersa o del sólido debido al favorecimiento de la coalescencia y al ascenso del aire.

- Fuente de radiación ionizante:

Cualquier dispositivo o material que emita radiación ionizante en forma cuantificable.

- Generador



Es cualquier persona o compañía que presenta en su proceso productivo la generación de desechos con las características de peligrosidad identificadas en la legislación ambiental.

- Incineración

Proceso de transformación térmica de desechos, a través de reacciones de combustión en presencia de oxígeno que consumen los compuestos orgánicos volátiles y generan ceniza, productos inorgánicos y gases.

- Lanfarmin

Término castellanizado correspondiente a “landfarming”. Es una técnica de tratamiento en fase sólida que consiste en la incorporación de los desechos orgánicos en la capa más superficial del suelo, junto con la aireación y adición de agua y nutrientes, para favorecer la degradación de compuestos orgánicos mediante la acción microbiana.

- Landspreading

(tomado de la expresión en inglés que significa “esparcir en tierra”) Técnica de tratamiento de desechos inorgánicos, con bajo contenido de compuestos orgánicos, similar al landfarming, con la diferencia de que por las características del desecho no se realiza aireación, irrigación y adición de nutrientes luego de la primera incorporación al suelo, tal como se hace periódicamente en el caso de landfarming.

- Lixiviación

Separación de un compuesto presente en una matriz sólida mediante la disolución de éste en un solvente líquido.

- Lixiviado

Mezcla de la infiltración directa de la precipitación y cualquier líquido que escurra por acción de la gravedad, como resultado de la consolidación de los constituyentes de los desechos en el suelo.



- Lodos

Líquidos y desechos tales como hidrocarburos pesados, sólidos, arena y emulsiones que se encuentran en el fondo de tanques de almacenamiento, lagunas, contenedores y unidades de tratamiento. En términos generales, un lodo es una suspensión de sólidos en fase líquida, cuya concentración de sólidos es significativa.

- Lodos petrolizados

Es un desecho que se genera cuando arena, suelo o sedimentos entran en contacto con agua e hidrocarburos.

- Manejo:

Conjunto de operaciones dirigidas a darle a las sustancias, materiales y desechos peligrosos el destino más adecuado, de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños a la salud y al ambiente. Comprende la generación, minimización, identificación, caracterización, segregación, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, disposición final o cualquier otro uso que los involucre.

- Material peligroso:

Sustancia o mezcla de sustancias que por sus características físicas, químicas o biológicas sea capaz de producir daños a la salud, a la propiedad o al ambiente. Incluye los materiales peligrosos recuperables. Para los fines de la Ley, los materiales peligrosos estarán clasificados de acuerdo con lo especificado en la reglamentación técnica vigente y en los Convenios o Tratados Internacionales ratificados válidamente por la República.

- Material peligroso recuperable:

Material que reviste características peligrosas que después de servir para un propósito específico todavía conserva propiedades físicas y químicas útiles y, por lo tanto, puede ser rehusado, reciclado, regenerado o aprovechado con el mismo propósito u otro diferente.



- Neutralización

Ajuste de la condición ácida o básica del desecho mediante la adición de sustancias químicas que regulan el pH de la solución, llevándolo a un valor cercano a 7 (pH neutro).

- Organoclorados - orgánico-persistentes:

Un grupo de compuestos químicos orgánicos, en su gran mayoría sintéticos, que contienen átomos de cloro incorporados en su estructura química y que tienen como características el ser estables, persistentes en el ambiente y bioacumulables en los tejidos de los organismos vivos. La lista de los contaminantes orgánico-persistentes será establecida en la reglamentación técnica que rige la materia; esta lista podrá ser ampliada o modificada, mediante decreto del Ejecutivo Nacional, oída la opinión de la comisión presidencial a que se refiere la Ley.

- Oxidación

Reacción química mediante la cual se transfieren electrones desde el compuesto de interés al agente oxidante.

- Precipitación

Adición de sustancias químicas que hacen insolubles a ciertos componentes presentes en una solución. La insolubilidad se traduce en la transformación de la sustancia a fase sólida, que se distingue facilitando su separación del resto de la solución.

- Producto químico:

Sustancia o mezcla de sustancias, de origen natural o sintético resultante de un proceso químico.

- Pozzolánico



Material intrínsecamente no cementante que contiene compuestos tales que, al combinarse con hidróxido de calcio u otros hidróxidos metálicos a temperatura ambiente en presencia de agua, pueden formar compuestos estables e insolubles, de características cementantes.

- Reactores

Recipientes o contenedores donde se llevan a cabo reacciones para la transformación tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos.

- Radiación ionizante:

Es aquella radiación de naturaleza corpuscular o electromagnética, que en su interacción con la materia produce iones directa o indirectamente.

- Reciclaje

Consiste en el uso de los desechos como sustituto efectivo de un producto comercial y como un ingrediente o alimentación en un proceso industrial.

- Reciclaje de materiales peligrosos:

El empleo de materiales peligrosos recuperables para ser utilizados de nuevo como materia útil, a fin de obtener productos que puedan ser o no similares al producto original.

- Recuperación de materiales peligrosos:

Operaciones o procesos que comprenden la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento o transformación de materiales peligrosos para reuso, reciclaje o aprovechamiento.

- Regeneración de materiales peligrosos:

El proceso de purificación o reelaboración de materiales peligrosos para devolverle al material las mismas características que tenía en su estado original.



- Reuso de materiales peligrosos:

La utilización en el mismo proceso del material peligroso recuperado en el ciclo de producción.

- Riego químico:

Probabilidad de que una o varias especies químicas interactúen entre ellas o con el ambiente, dando como resultado una acción de: combustión, liberación de gases peligrosos, inflamabilidad, explosión, toxicidad, corrosión o reactividad química, que ponga en peligro la salud, el medio productivo o el ambiente.

- Recuperación

Es la extracción de componentes valiosos del desecho.

- Redox

Conjunto de reacciones en las cuales varía el estado de oxidación de los reactivos, en un caso aumentando y en el otro disminuyendo. Redox es la abreviatura de Reducción–Oxidación.

- Reducción

Reacción química que involucra la transferencia de electrones desde el agente reductor al compuesto de interés.

- Secado

Eliminación del contenido líquido de un material sólido o estructura porosa mediante la aplicación de calor.

- Sedimentación

Separación de las partículas sólidas de un líquido mediante asentamiento por acción de la gravedad.



- Sustancia:

Cualquier elemento o compuesto químico en estado físico sólido, líquido o gaseoso que presenta características propias.

- Sustancia peligrosa:

Sustancia líquida, sólida o gaseosa que presenta características explosivas, inflamables, reactivas, corrosivas, combustibles, radiactivas, biológicas perjudiciales, en cantidades o concentraciones tales que representa un riesgo para la salud y el ambiente.

- Solidificación

Es la transformación de un desecho en una forma física sólida más adecuada para el almacenamiento, disposición, transporte o reuso. Reduce el potencial de peligrosidad mediante la creación de una barrera entre las partículas del desecho y el ambiente, limitando su permeabilidad al agua, o reduciendo la difusión a través del área superficial expuesta del desecho.

- Tratamiento

Comprende cualquier método, técnica o proceso que cambie las características físicas, químicas o biológicas de cualquier desecho de forma tal que lo neutralice, permita la recuperación de energía o material con valor económico, o lo transforme en un desecho no peligroso, o menos peligroso y preparado para ser recuperado, almacenado o reducido de volumen.

- Tratamiento de desechos peligrosos:

Las operaciones realizadas con la finalidad de minimizar o anular algunas de las características peligrosas del desecho para facilitar su manejo.

- Tecnología limpia:

Procesos o equipos utilizados en la producción que poseen una baja tasa de generación de residuos, según las normas.



---

## **ANEXOS**



**ANEXO A:**  
**STEP: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE PROCESOS**

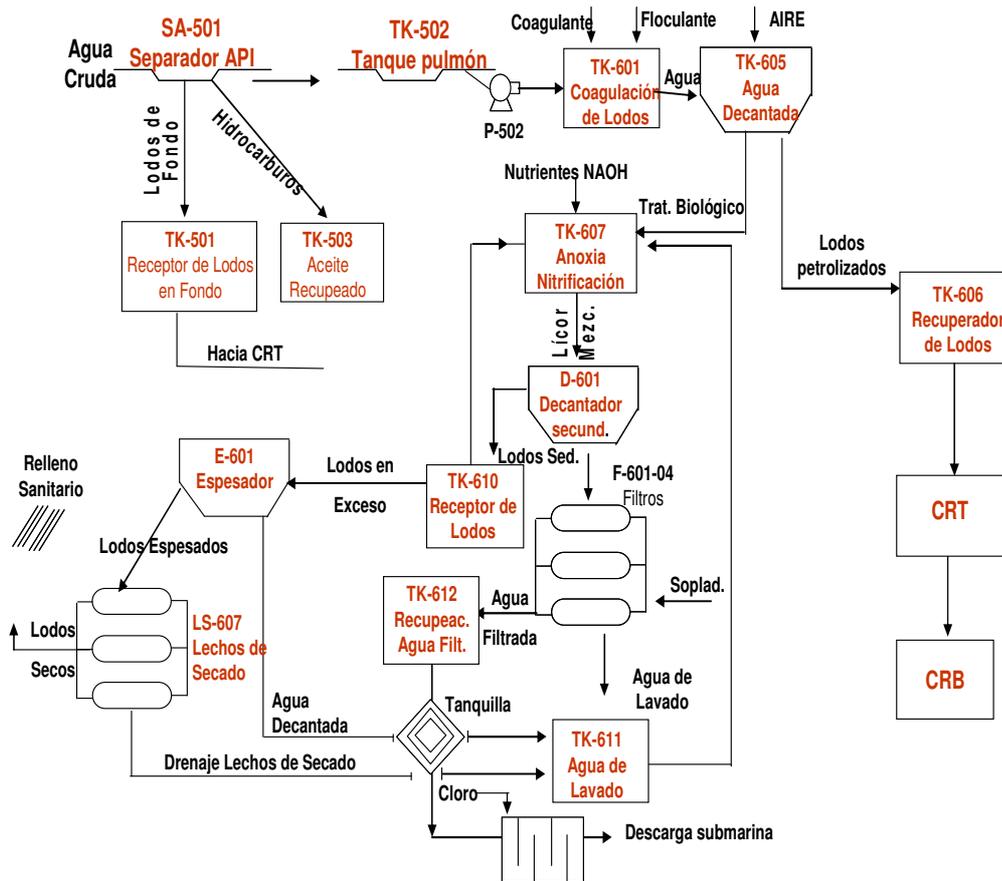


Figura A1.- Esquema de Tratamiento de Efluentes de Proceso



Tabla A1.- Caudal afluentes STEP - sep 2001

<b>CAUDAL AFLUENTES STEP</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>EFLUENTE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>M 3/H</b>
<b>1. AGUAS DE PROCESO:</b>			<b>92.61</b>
<b>DA-1</b>	Condensado	Tambor condensador	6.80
	Condensado	Condensador EA-41	7.93
	Agua aceitosa	Desalador	24.35
<b>DA-2</b>	Condensado	Tambor D-1	4.53
	Agua aceitosa	2 desaladores	29.62
<b>STG</b>	Aguas agrias	UDA A	13.60
<b>Alquilación</b>	Aguas neutralizadas	NEA	5.78
<b>2.Drenajes de tanques</b>			<b>59.76</b>
	Aguas aceitosas	Tanques muelles	0
	Aguas aceitosas	Tanques refinería	35.4
	Aguas aceitosas	Tanques 97XX	14.6
	Aguas aceitosas	Tanques OSAMCO	9.76

<b>3.AGUAS MINERALIZADAS</b>			<b>124.87</b>
	Purgas	Calderas	6.5
	Purgas	Torre 1	93.89
	Purgas	Torre2	12.24
	Purgas	Torre3	12.24
	OSMOSIS INVERSA	Rechazo 34,5 m3/h hacia torre enfriamiento	0
<b>4.: AGUAS PLUVIALES:</b>	4.1+4.2		<b>5086.81</b>
<b>4.1 AGUAS INSTANTÁNEAS:</b>			<b>1661</b>
	Area de procesos	Refinería	1661
<b>4.2.AGUAS PLUVIALES DIQUES</b>			1764.81
<b>Aguas pluviales controladas</b>	Aguas aceitosas	Diques tanques refinería	744.16
<b>Aguas pluviales controladas</b>	Aguas aceitosas	Diques tanques 97xx	581.77
<b>Aguas pluviales controladas</b>	Aguas aceitosas	Diques tanques OSAMCO	438.88
<b>Caudal total en lluvias:</b>	Incluye aguas mineralizadas	1+2+3+4.1	<b>1938.24</b>
<b>Caudal total en lluvias:</b>	Excluye aguas mineralizadas	1+2+4.1	<b>1813.37</b>
<b>Caudal total en verano:</b>	Incluye aguas mineralizadas	1+2+3	<b>277.24</b>

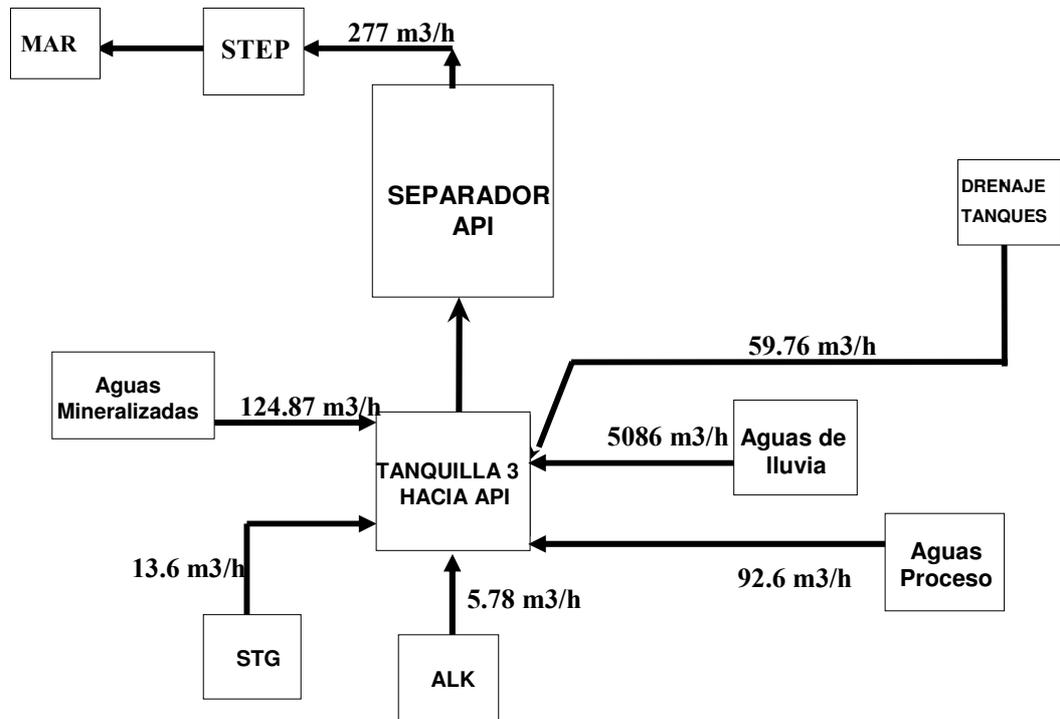


Figura A2.- Caudales al STEP y al API