

TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES GENERADOS EN UNA REFINERÍA

Ing. José Jorge Espinoza Eche*

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo establecer una metodología de evaluación de la situación actual de disposición de residuos sólidos y semisólidos en una refinería, considerando que el problema es común en todas ellas, así como establecer alternativas de solución a la problemática del manejo de estos desechos.

Para ello, en primer lugar, se describe la metodología de trabajo empleada, que se enmarca en dos grandes bloques: trabajo de campo y trabajo de gabinete. En segundo lugar, se desarrolla el tema específico, centrandose el tema en lo referido a borra y lodos petrolizados, y evaluando la aplicabilidad de las distintas opciones de tratamiento teniendo como marco de selección aquella opción que permita reciclar desechos al máximo y que minimice la generación de residuos e incurra en el menor costo de tratamiento.

Como conclusiones, se obtiene que es posible utilizar borra y lodos petrolizados, previamente acondicionados, en uso como combustible industrial (en hornos de ladrilleras, por ejemplo) o en uso como asfalto en caminos o carreteras; asimismo, que la aplicación de una sola de las tecnologías de tratamiento no es suficiente para tratar completamente los desechos provenientes de una refinería; y que la alternativa seleccionada dependerá de un análisis técnico económico y ambiental.

Palabras clave: Borrás, lodos petrolizados, parafinas sucias, suelos contaminados, desechos peligrosos.

ABSTRACT

The aim of this article is to set up a methodology for the evaluation of the present situation of the solid and semi-solid residues disposal in an Oil-Refinery Plant, taking into account that the problem keeps the same in all of them. Solution alternatives to the waste management problem are also set up.

With that purpose, the work methodology used is firstly described. It is framed within two big areas: field work and laboratory work. Secondly, the specific subject is developed, focusing on items regarding petroleum-soaked mud and dregs, and evaluating applicability of the various treatment options, selecting the option allowing a maximum waste recycling capacity, minimizing residues generation and having the lowest cost.

Conclusions drawn up were the following: it is possible to use previously conditioned petroleum-soaked mud and dregs as industrial fuel (for example, in brick furnaces), or as asphalt on roads and motorways, although being application of only one treatment technology by itself not enough to thoroughly treat waste coming from an Oil-Refinery Plant; and, lastly, the chosen alternative will depend upon a suitable environmental, economic and technical analysis.

Key words: Petroleum-soaked, mud, dregs, dirty paraffins, polluted soils, hazardous waste.

I. INTRODUCCIÓN

La zona donde está ubicada la Refinería Conchán, a 26 km al sur de la ciudad de Lima-Perú

y a 3 msnm, se caracteriza por ser ligeramente plana en la parte que limita con la autopista (área de refinería y oficinas) que luego asciende por las

* Ingeniero Sanitario Ambiental. Profesor del Departamento Académico de Ingeniería Geográfica-UNMSM
jespinozae@unmsm.edu.pe / eche1903@latinmail.com

laderas inferiores del borde sur del cerro «Lomo de Corvina» de pendiente moderada al sector donde se ubican los tanques de almacenamiento.

Respecto a usos del agua, el área donde se ubica la refinería, se localiza en la parte del norte del reservorio acuífero del río Lurín, donde el depósito aluvial se pone en contacto con las rocas de la formación Pamplona, provocando que el flujo del agua subterránea aflore o se halle a poca profundidad. Así, en el área de la laguna artificial (cuyas aguas se utilizan para combatir incendios) se ha medido la napa freática a 1,50 m de profundidad con relación al nivel superficial del suelo, y de 50 m con respecto a la superficie del suelo del área de trabajo. Las aguas de esta laguna son ligeramente salobres. En todo caso, en el área en estudio, que es a una cota superior respecto al área de la refinería, no se ha encontrado agua en excavaciones hechas hasta 5 m de profundidad; por lo tanto, no presenta las condiciones hidrogeológicas que puedan afectar cimientos o provocar problemas de licuefacción de las arenas.

El proceso de refinación de petróleo sirve para separar todos los componentes que, por sus cualidades de gran utilidad como combustibles, obtienen altas cotizaciones en el mercado. Las refinerías utilizan varios tipos de procesos, los cuales dependen del tipo de crudo y de los productos a

obtenerse. Conchán es una refinería orientada a la producción de asfaltos y combustibles derivados del petróleo.

II. CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

En la refinería Conchán, los residuos provenientes de la limpieza de los tanques de petróleo se almacenan en dos piscinas. En la piscina N.º 1, se han almacenado los aceites y borras más antiguos y actualmente se está utilizando la piscina N.º 2, en las cuales se observa presencia de grumos.

El volumen actual de desechos peligrosos es de aproximadamente 1 200 m³ (7 500 barriles).

Con la finalidad de determinar los contenidos del material dispuesto en las piscinas, se tomó muestras de tres puntos diferentes en cada piscina; luego fueron mezcladas en un recipiente, donde se obtuvieron finalmente las dos muestras representativas. Los resultados de la caracterización resultante fueron los siguientes: (Cuadro N.º 1)

En los siguientes cuadros se señalan las características principales de los desechos generados en la refinería. En el cuadro N.º 2 se clasifica, se señala la fuente de origen y se ensaya una caracterización y cantidad de generación anual de residuos sólidos industriales. En el cuadro N.º 3 se

Cuadro N.º 1

PARÁMETRO	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Contenido calorífico	9'131,5 kcal/kg	10'264,6 kcal/kg
Cenizas (% en peso)	0,450 %	0,238 %
Punto de ablandamiento (fluidez)	21 °C	17 °C
Punto de inflamabilidad Cleveland	146 °C	186 °C
Gravedad API a 60 °F (densidad)	13,3	18,7
Gravedad específica a 60 °F	0,97745	0,9421
Contenido de azufre (% en peso)	2,5 %	1,8 %
Potasio (K)	65,2 mg/k	82,7 mg/k
Plomo (Pb)	6,12 mg/k	8,83 mg/k
Cadmio (Cd)	<0,05 mg/k	<0,05 mg/k
Hierro (Fe)	321,7 mg/k	130 mg/k
Sodio (Na)	778,6 mg/k	680,1 mg/k
Arsénico (As)	N.D.	N.D.

ND: No detectado

(1) g = aceleración de la gravedad 9.8 m/s²

ordenan los residuos sólidos según su tipo, se proyecta su generación a 20 y 50 años y se define un tipo de confinamiento según los contenidos químicos. En el cuadro N.º 4 se definen los volúmenes de confinamiento según el tipo de residuos sólidos.

III. DESCRIPCIÓN DEL TEMA

3.1. Generalidades

De acuerdo con el plano de riesgo sísmico del Instituto Geofísico del Perú, la refinería Conchán se ubica en la zona I de alta sismicidad, con probabilidad de sismos de hasta VIII o IX en la escala de Mercalli Modificada; en cuanto a intensidad, debido a la ocurrencia de sismos fuertes, se afectaría las zonas de los litorales, lo que podría generar tsunamis, con olas de hasta 7,0 metros.

De una manera seudoestática, se considera una aceleración sísmica horizontal de 0.2g⁽¹⁾. Se tomaron en cuenta estos parámetros en el momento de la construcción de las obras.

Se considera que por el tipo de arenas eólicas de la zona, la permeabilidad en horizontal es mayor que la vertical. La grava que se presenta hacia el sector SW de la zona para la disposición de residuos sólidos tiene las características de un producto de origen aluvial-eólico-coluvial. La roca encontrada en tres calicatas, se correlacionan localmente con un afloramiento que aparece cerca de 1 km. más al norte, correspondiente a la Formación Pamplona, donde se aprecia lutitas y margas en capas delgadas con orientación N 45°W y buzamiento casi horizontal.

3.2. Descripción de procesos (fraccionamiento del crudo)

Esta denominación abarca los procesos de destilación primaria y al vacío. En los procesos de separación térmica, se obtienen las diferentes fracciones del petróleo, según la temperatura de ebullición de cada una de ellas. La estructura molecular de los componentes no es afectada.

Cuadro N.º 2
Clasificación de desechos sólidos

RESIDUOS SÓLIDOS	ORIGEN	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD (ANUAL)
Lodos Aceitosos (Contienen HC)	- Lodos de fondo de tanques de almacenamiento de crudo y residuales. - Lodos de equipos de centrifugación, para la determinación de BSW en crudo - Medios filtrantes varios (canastillas de bombas).	- Hidrocarburos pesados, parafinas de cadena larga, agua, limo.	3,000 BI
	- Lodos de unidades de separación de petróleo y agua. Poza API y tanque SLOP.	- Parafina, hidrocarburos, agua.	1,500 BI
	- Lodos de limpieza de unidades, especialmente intercambiadores. Crudo, residual. Gasóleo y diesel.	- Óxidos de hierro, sulfuro de hierro, cloruro férrico, cloruro de amonio.	2 Kg
Lodos no aceitosos (Polvos húmedos)	- Lodos de fondo de tanques de gasolina donde se efectúa la inyección de tetraetilo de plomo TEL.	- Plomo orgánico, sulfuro férrico.	517 BI
	- Chatarra (TK de almacenamiento de gasolina plomada).		200 Ton
(Polvos Secos)	- Lodos de limpieza de unidades. Intercambiadores de calor de gasolina y kerosene. - Tanques de almacenamiento de gasolina virgen y kerosene.	- Óxido de hierro. - Sulfuros.	2 Kg
	- Material refractario de hornos.	- Cemento refractario. - Azufre nativo.	0,008 BI 5 Kg
	- Sustancias químicas caducas del laboratorio.	- Varios.	2 Kg
	- Hollín de los hornos de procesos.	- Azufre nativo, partículas de carbón, hidrocarburos no-metano. Coque. - Asbestos.	5 Kg 0,079 BI

Cuadro N.º 3
Generación de residuos sólidos

N.º	Tipo de Residuo Sólido	Generación		Generación a 20 años (m ³)	Generación a 50 años (m ³)	Tipo (*) confinamiento propuesto
		(BRLS/año)	(m ³ /año)			
1	Borra y parafinas sucias	4,500	721	14,420	36,050	A
2	Lodos con plomo orgánico	517	20	400	1,000	B
3	Chatarra con plomo orgánico	200 Tn	25	500	1,250	B
4	Lodos aceitosos	2	1	20	50	A
5	Lodos con sulfuros de hierro y óxidos de hierro	2	1	20	50	A
6	Óxidos de hierro	2	1	20	50	C
7	Azufre nativo	5 Kg.	1	20	50	C
8	Hollín	5 Kg.	1	20	50	C
9	Cemento refractario	0.008	2	40	100	C
10	Asbesto	0.079	8	160	400	C
TOTAL			781	15,620	39,050	

NOTA. (*) Se ha considerado el confinamiento de residuos sólidos, según los contenidos químicos de cada sustancia

Cuadro N.º 4
Volúmenes de confinamiento según tipo de residuos sólidos

TIPO CONFINAMIENTO PROPUESTO	VOLUMEN CONFINAMIENTO (m ³)		%
	20 años	50 años	
A	14,460.00	36,150.00	92.60
B	900.00	2,250.00	5.80
C	260.00	650.00	1.60
TOTAL	15,620.00	39,050.00	100.00

3.2.1. Destilación primaria

El crudo proveniente de los tanques de almacenamiento se divide en dos circuitos que se calientan con los productos procedentes de las torres de destilación primaria y de vacío; luego se unen e ingresan a un horno tubular donde se calienta hasta 338 °C, temperatura con la cual ingresa a la columna de fraccionamiento.

Dentro de la torre se produce el contacto líquido-vapor necesario para el fraccionamiento de los hidrocarburos, los cuales se agruparán en los diferentes productos que serán extraídos en los puntos correspondientes mediante las instalacio-

nes de bombeo y equipo complementario de procesos. Luego de condensar la gasolina, los gases incondensables son enviados al aire.

3.2.2. Destilación al vacío

El crudo reducido, que es el producto de fondo que sale de la Unidad de Destilación Primaria, se calienta en un horno hasta 423 °C y así pasa a la columna de fraccionamiento al vacío; esta columna de destilación opera con 29" de mercurio; el vacío es generado por eyectores a vapor. La unidad de vacío también puede operar para obtener sus fondos con las características requeridas

para la preparación de combustible residual; en este caso el crudo reducido se calienta hasta 354 °C y los fondos se mezclan con material de corte (gasóleo), en esta operación el gasóleo va a almacenarse como diesel 2.

Es posible obtener dos tipos de asfaltos: asfaltos sólidos con penetración de 40/60 u 85/100 y asfaltos líquidos (RC-250) constituido por los fondos más solventes de la unidad primaria.

Tratamiento de fracciones semielaboradas:

Sus características son modificadas para obtener aquellos productos finales que llenen los requisitos comerciales. Al mismo tiempo, se procede a eliminar los compuestos de azufre contenidos en las fracciones livianas, por medio de tratamientos químicos, como en el caso de las gasolinas. La producción de gasolina 84 RON se obtiene adicionando nafta craqueada más plomo tetraetilico a la gasolina primaria.

Mezcla de productos:

Los productos intermedios son sujetos a mezclas por las cuales se obtienen los productos comerciales terminados que requiere el mercado.

Servicios auxiliares de operación:

Son operaciones que permiten que las unidades de la refinería trabajen en condiciones normales. Bajo este rubro se toman en cuenta aquellos servicios como almacenamiento de crudo y productos, sistemas de generación de vapor, etc. Los efluentes contaminados con aceite van a un separador agua-aceite donde el aceite es recuperado y el agua pasa a una poza de percolación ubicada cerca a la playa.

Abastecimiento de petróleo crudo y despacho de productos por mar:

La refinería tiene un terminal para crudos y productos con tres líneas submarinas.

3.3. Procedencia y destino de los residuos sólidos

Según su procedencia, los residuos sólidos que se generan son los siguientes:

Destilación primaria y al vacío.- Los residuales sólidos o semisólidos que se generan en esta fase

del proceso lo constituyen los lodos aceitosos, lodos con sulfuro y óxidos de fierro, azufre nativo, cemento refractario, hollín, polvo y cañuelas.

Tanques de almacenamiento de crudo y productos.- Se generan residuales como lodos con plomo orgánico y sulfuro férrico, borra, chatarra con plomo orgánico, y óxidos de fierro.

Separación de aceites e hidrocarburos.- Se genera el semisólido borra.

Servicios administrativos y logística.- El desarrollo de la actividad humana dentro de la refinería genera residuos sólidos orgánicos e inorgánicos como: papel, cartón, alimentos perecibles, metales, plásticos, entre otros.

El destino actual de estos desechos es el siguiente:

LODOS: Mayormente se mezclan y sepultan con el suelo arenoso existente en la parte alta de la refinería.

BORRA: Es dispuesta finalmente en una de las pozas de percolación existentes en las inmediaciones de la playa.

CHATARRA: Es acumulada en una zona vecina a la ubicación de las pozas de percolación, y cada cierto tiempo subastada y vendida.

RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: Son almacenados en los diferentes ambientes donde se generan y posteriormente dispuestos en el camión recolector municipal.

3.4. Clasificación de los residuos sólidos

Los desechos sólidos generados en la Refinería Conchán pueden clasificarse bajo las siguientes categorías: Lodos Petrolizados, Químicos Gastados o fuera de especificación, Suelos Contaminados y otros desechos orgánicos e inorgánicos no peligrosos.

Los criterios tomados en cuenta para su clasificación fueron los siguientes: a) prevención, b) minimización, c) separación, d) clasificación, e) reciclaje, f) reuso, g) tratamiento, h) disposición final.

En tanto que la metodología secuencial aplicada fue la siguiente: a) muestreo, b) análisis y caracterización, c) pruebas de tratabilidad, d) selección de la opción de tratamiento.

De acuerdo con las propiedades evaluadas en las dos muestras de borra y aceite, se puede indicar lo siguiente:

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS. Con respecto a las propiedades físico químicas, las muestras de borra y aceite presentan:

- Contenido calorífico. Las cantidades obtenidas se pueden considerar altas por estar en el orden de los 10,000 kcal/kg, comparable con los productos combustibles residuales.
- Cenizas. El nivel de cenizas se presenta alto posiblemente como consecuencia de procesos anteriormente involucrados.
- Penetración. Debido a la consistencia de la muestra no es aplicable el análisis de penetración.
- Punto de fluidez. Presenta valores aceptables para su manipulación y transporte.
- Punto de inflamación. Difiere ligeramente de los productos residuales.
- Gravedad API a 60 °F. Están en el rango de los hidrocarburos combustibles industriales (residuales) que oscilan entre 10 y 20 API.
- Contenido de Azufre. Comparativamente con los productos residuales, los niveles de azufre se presentan altos aproximadamente en un 100% más.

CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES PESADOS. Con respecto a los elementos tóxicos analizados, como cadmio y plomo, estos presentan concentraciones bajas. En el caso de arsénico, este elemento está ausente. Respecto al sodio, potasio y hierro, estos elementos no son contaminantes ni tóxicos en las concentraciones halladas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, de las dos muestras se recomienda realizar ensayos complementarios orientados hacia la posibilidad de acondicionar los productos para su uso como combustible industrial (en hornos de ladrilleras o mezclados con otros combustibles limpios), debido a que los resultados encontrados se asemejan más a los residuales, de tal manera que se logren productos que satisfagan los controles de calidad de los mismos. Otra alternativa que podría investigarse es su uso como asfalto en caminos o carreteras, especialmente en los asientos mineros en los que se usa mucha agua para evitar el levantamiento de polvos.

IV. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

4.1. Pruebas de tratabilidad

El objetivo fue evaluar completamente la aplicabilidad de distintas opciones de tratamiento y servir como información de soporte para establecer los parámetros de diseño de la tecnología a seleccionar, siendo la meta primordial el estudiar la posibilidad de recuperar el hidrocarburo contenido en el lodo. El hidrocarburo recuperado puede ser destilado por la planta de procesamiento de *slop* de la refinería, constituyéndose en un valor económico potencial. El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Caracterización de la muestra: Permitted obtener los datos requeridos para estimar los parámetros de tratamiento específicos del lodo antes de evaluar las tecnologías disponibles. Comprendió la curva de destilación y sus respectivas fracciones de petróleo, metales totales, calor de combustión, sólidos suspendidos totales, sedimentos de fondo y agua, composición química específica y propiedades generales.
2. Estudio de la emulsión: Que definió la dinámica de las emulsiones y su mecanismo de ruptura. Es un punto crítico entender el fenómeno de la emulsión en el lodo petrolizado antes de la puesta en práctica del tratamiento.
3. Tratamiento: Comprende la evaluación de las tecnologías de separación física, como centrífugas y filtros prensa.
4. Recuperación de hidrocarburos: Comprendió la evaluación de los beneficios económicos que resultan de tal acción.
5. Disposición del residuo del lodo tratado: comprendió el estudio de las alternativas de disposición final del lodo procesado (relleno o tratamiento térmico).

4.2. Selección de la(s) opción(es) de tratamiento

En situaciones reales, una sola de las tecnologías a mencionar no es suficiente para tratar completamente el desecho, por lo que se hace necesario combinarlas para lograr un tratamiento y disposición satisfactoria; esto implica que los procesos deben estar combinados en trenes de tratamiento, de la misma manera que se hace para el tratamiento de aguas de proceso.

En las figuras 1 y 2, se presentan las alternativas estudiadas y sus costos asociados por tonelada de desecho tratado, según CONOCO 1991 (en los Estados Unidos). En la figura 3 se presenta un esquema desarrollado por GDC Engineering Inc., para el tratamiento de desechos de refinerías.

La alternativa seleccionada dependerá de un análisis técnico-económico-ambiental de cada una de las opciones y su factibilidad de aplicación. La situación ideal consistiría en seleccionar la alternativa que recicle al máximo, minimice la generación de residuos e incurra en el menor costo de tratamiento. De acuerdo con esto, se analizaron las siguientes opciones de tratamiento:

• Reducción de volumen

La reducción de volumen o deshidratación/remoción de materia orgánica es esencial para el tratamiento de lodos petrolizados. Consiste en una operación unitaria que debe llevarse a cabo mediante filtros prensa, filtros de banda o centrifugas. El filtro prensa separa las fases líquidas (tanto acuosa como orgánica) de los sólidos. El sistema de centrifugas separa los sólidos mediante una centrifuga tipo "decanter" y posteriormente las fases orgánica y acuosa con una centrifuga de discos. Previo a alimentar los lodos al sistema de centrifugas, se adiciona un compuesto químico que desestabiliza la emulsión que conforma los lodos y favorece la separación física de sus componentes.

• Desorción térmica

La desorción térmica, también llamada secado, es un proceso para remover orgánicos y agua de los sólidos. Estos procesos operan a mucho menor temperatura que los incineradores y en ausencia de oxígeno, puesto que no se pretende que exista combustión de los desechos. Las mezclas de orgánicos, agua y sólidos se calientan para separar los volátiles. El agua en el desecho se convierte en vapor y ayuda a despojar compuestos semivolátiles de punto de ebullición alto. Existen muchas variaciones diferentes de este tipo de proceso.

• Extracción con solvente

La extracción con solvente es una operación unitaria actualmente bajo intensos estudios, la cual emplea una técnica para remover crudo y otros orgánicos atrapados en lodos de refinería. El proceso utiliza un solvente volátil para despojar los

orgánicos del lodo de refinería. Entre los solventes utilizados se incluyen el propano, trietanolamina y CO₂ líquido crítico. El solvente extrae el desecho orgánico, pero no remueve los metales pesados como plomo, arsénico y selenio contenidos, los cuales deben tratarse utilizando otra tecnología.

• Estabilización / Solidificación

La estabilización/solidificación es un proceso de tratamiento en el cual el desecho es mezclado con un agente estabilizante/solidificante para inmovilizar los constituyentes tóxicos. Este proceso es el comúnmente utilizado para inmovilizar metales pesados en el desecho de manera que la mezcla pueda ser colocada en el relleno. Actualmente se está investigando sobre el desarrollo de técnicas para inmovilizar desechos orgánicos mediante estabilización. Los agentes estabilizantes más comunes son: cemento Portland, cal, polvillo de hornos de cemento, y otros componentes básicos. Un agente estabilizante para orgánicos lo constituye la arcilla modificada orgánicamente. La estabilización puede ser utilizada para inmovilizar los metales pesados en desechos de refinería después de que los orgánicos se han removido mediante otros procesos.

• Combustible suplementario

Los combustibles suplementarios se refieren al uso de desechos de refinería como combustible en hornos y calderas industriales. Los hidrocarburos residuales obtenidos de los desechos tienen un valor calorífico y pueden ser utilizados en procesos industriales con preparación mínima. Los usuarios primarios de desechos como combustibles suplementarios son los hornos de cemento. En los EE.UU., algunos hornos de cemento tienen acuerdos nacionales con compañías que manejan desechos, para aceptar desechos orgánicos como combustible.

Según las regulaciones de la RCRA de los EE.UU., un combustible suplementario debe tener al menos 5000 BTU/lb de valor calórico. Los hornos de cemento imponen requerimientos adicionales en valor combustible, niveles de metales y características de manejo del material. Si el material no cumple con todos los criterios, puede mezclarse con otro material hasta que las especificaciones de la mezcla sean aceptables como combustible. Los combustibles suplementarios no están restringidos a líquidos. Si el horno de cemento está adecuadamente equipado para manejar sólidos

dos, tales como tortas de filtros prensa, también pueden ser utilizados como combustible.

• **Incineración**

La incineración de desechos peligrosos ha sido el tratamiento más probado para desechos de refinería. En un incinerador de horno rotatorio, el desecho se inyecta y se quema dentro del incinerador, el cual opera a una temperatura entre 980 a 1200 °C. El tiempo de residencia para sólidos en un horno rotatorio es aproximadamente 30 minutos. Los incineradores de lecho fluidizado operan a menores temperaturas en el rango de 732 a 760 °C. El tiempo de residencia de sólidos en los incineradores de lecho fluidizado puede estar en el orden de días para sólidos atrapados en el lecho. Los sólidos que se remueven del incinerador son analizados para determinar el contenido de metales pesados y, si es necesario, estabilizarlos antes de ser colocados en un relleno. Los compuestos orgánicos son transformados en CO₂ y H₂O por combustión, y HCl si cualquier orgánico clorado se encuentra presente. El HCl y partículas se remueven antes de descargar los gases a la atmósfera. Como se mencionó anteriormente, la incineración es uno de los procesos más probados y ensayados; desdichadamente es el más costoso. Esta es la razón por la cual se evalúan otros procesos o combinaciones.

• **Coquificación**

La coquificación es una tecnología que se ha venido usando como una opción para disponer lodos

de refinería. Puede ser un método económico de disposición en algunos casos. Desgraciadamente, alimentar desechos en un coquificador puede ocasionar una degradación en la calidad del coque producido. Esta degradación es causada por el contenido inorgánico de estos lodos. La alimentación de crudo recuperado libre de metales a un coquificador es una técnica de disposición comúnmente utilizada para hidrocarburos removidos de desechos de refinería.

• **Bioteología**

La bioteología utiliza biosurfactantes y/o microorganismos biodegradadores para tratar hidrocarburos. En el caso de los biosurfactantes, estos compuestos disminuyen la tensión superficial de las interfaces aceite/agua, permitiendo su separación en fases distintas y posterior recuperación del hidrocarburo. Los microorganismos presentes en el suelo pueden utilizarse para biodegradar hidrocarburos si se diseña la correcta combinación de nutrientes y oxígeno. La tabla 1 presenta la biodegradabilidad relativa de los contaminantes orgánicos potenciales en lodos de refinería.

V. CONCLUSIONES

5.1. El área de estudio se caracteriza por ser ligeramente plana en la parte que limita con la autopista (área de refinería y de oficinas) que luego asciende por las laderas inferiores del borde sur del cerro «Lomo de Corvina», de

Tabla N.º 1
Biodegradabilidad relativa de los contaminantes orgánicos potenciales de refinería

Biodegradación	Compuestos	Ejemplos
Rápida	Alifáticos volátiles Aromáticos volátiles Alifáticos pesados y Aromáticos	Alquenos y alcanos Benceno y tolueno Alcanos saturados e hidrocarburos cíclicos
Intermedia	Hidrocarburos volátiles	Clorados o bromados
Lenta (Hidrocarburos aromáticos)	Polinucleares	Pyreno
Recalcitrantes	Residuales	Asfaltos, asfaltenos y ceras parafínicas.

pendiente moderada en el sector donde se ubican los tanques de almacenamiento. Con fines de investigación, se hicieron siete calcatas, encontrándose que en el sector SW del predio donde está la Refinería Conchán, existen terrenos gravosos e incluso roca cubiertos por una delgada capa de arena poco densa, y que tanto la grava como la arena representan terrenos con buenas propiedades de cimentación, por lo que esta sería el área más adecuada para tratar y/o confinar residuos sólidos. Además, en esta área no se evidencia ningún tipo de movimiento de geodinámica externa que pueda considerarse de riesgo; el único problema sería el del arenamiento que, aplicándose medidas adecuadas, puede evitarse.

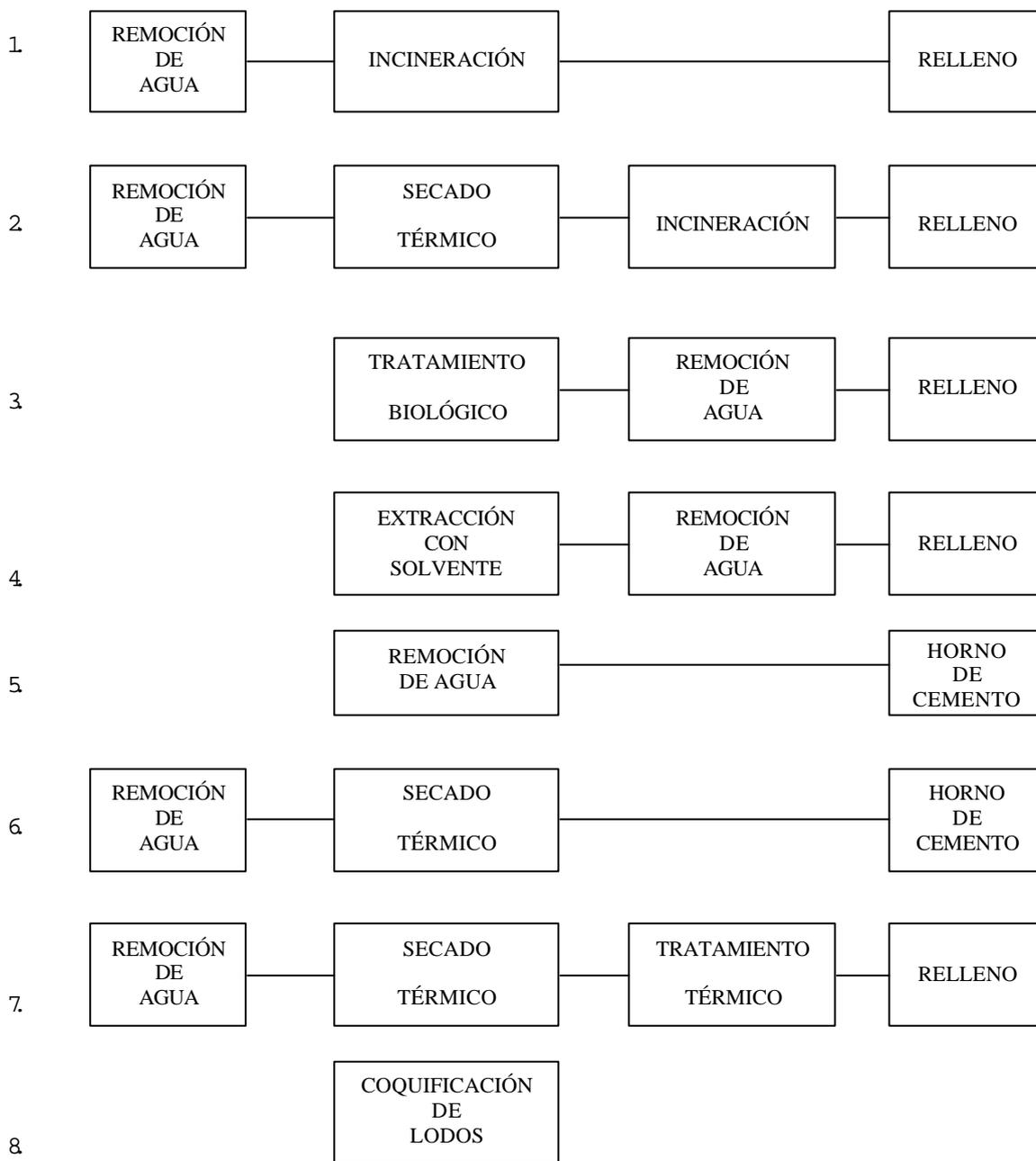
- 5.2. En la refinería Conchán, los residuos provenientes de la limpieza de los tanques de petróleo se almacenan en dos piscinas de forma irregular. En la piscina N.º 1, se han almacenado los aceites y borras más antiguos y actualmente se está utilizando la piscina N.º 2. Considerando las dimensiones de ambas, se calcula que el volumen actual de desechos peligrosos es de aproximadamente 1 200 m³ (7 500 barriles).
- 5.3. El origen, caracterización y cantidad de desechos generados actualmente se señalan en el cuadro N.º 1. En general, los desechos en una refinería se clasificaron bajo las siguientes categorías: Lodos Petrolizados, Químicos Gastados o fuera de especificación, Suelos Contaminados y otros desechos orgánicos e inorgánicos no peligrosos.
- 5.4. De acuerdo con las características físico químicas de las muestras de borras y aceites se recomienda realizar ensayos complementarios orientados hacia la posibilidad de acondicionar estos productos para su uso como combustible industrial (en hornos de ladrilleras, por ejemplo), de tal manera que se logre productos que satisfagan los controles de calidad

de los mismos. Otra alternativa que podría investigarse es su uso como asfalto en caminos o carreteras de la costa, especialmente en los asientos mineros en los que se usa mucha agua para evitar el levantamiento de polvo.

- 5.5. En situaciones reales, una sola de las tecnologías mencionadas (reducción de volumen, desorción térmica, extracción con solvente, estabilización/solidificación, combustible suplementario, incineración, coquificación o biotecnología) no es suficiente para tratar completamente los desechos provenientes de una refinería, por lo que se hace necesario combinarlas para lograr un tratamiento y disposición satisfactoria. Esto implica que los procesos deben estar combinados en trenes de tratamiento de la misma manera que se hace para el tratamiento de aguas de proceso.
- 5.6. La alternativa seleccionada dependerá de un análisis técnico-económico-ambiental de cada una de las opciones y su factibilidad de aplicación. La situación ideal consistiría en seleccionar la alternativa que recicle al máximo, minimice la generación de residuos e incurra en el menor costo de tratamiento.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Energía y Medio Ambiente S.R.L. "Estudio de Impacto Ambiental para un área de disposición de desechos y relleno industrial para las operaciones marinas del Lote Z-2B (Talara - Piura)".
2. La Grega-Buckingham-Evans. "Gestión de Residuos Tóxicos: tratamiento, eliminación y recuperación de suelos".
3. Mariano Seoane Calvo. "Ecología Industrial: ingeniería medio ambiental aplicada a la industria y a la empresa".
4. Dirección de Asuntos Ambientales del Ministerio de Energía y Minas. "Guías para elaboración de EIAs y PAMAs para el Sub Sector Hidrocarburos".

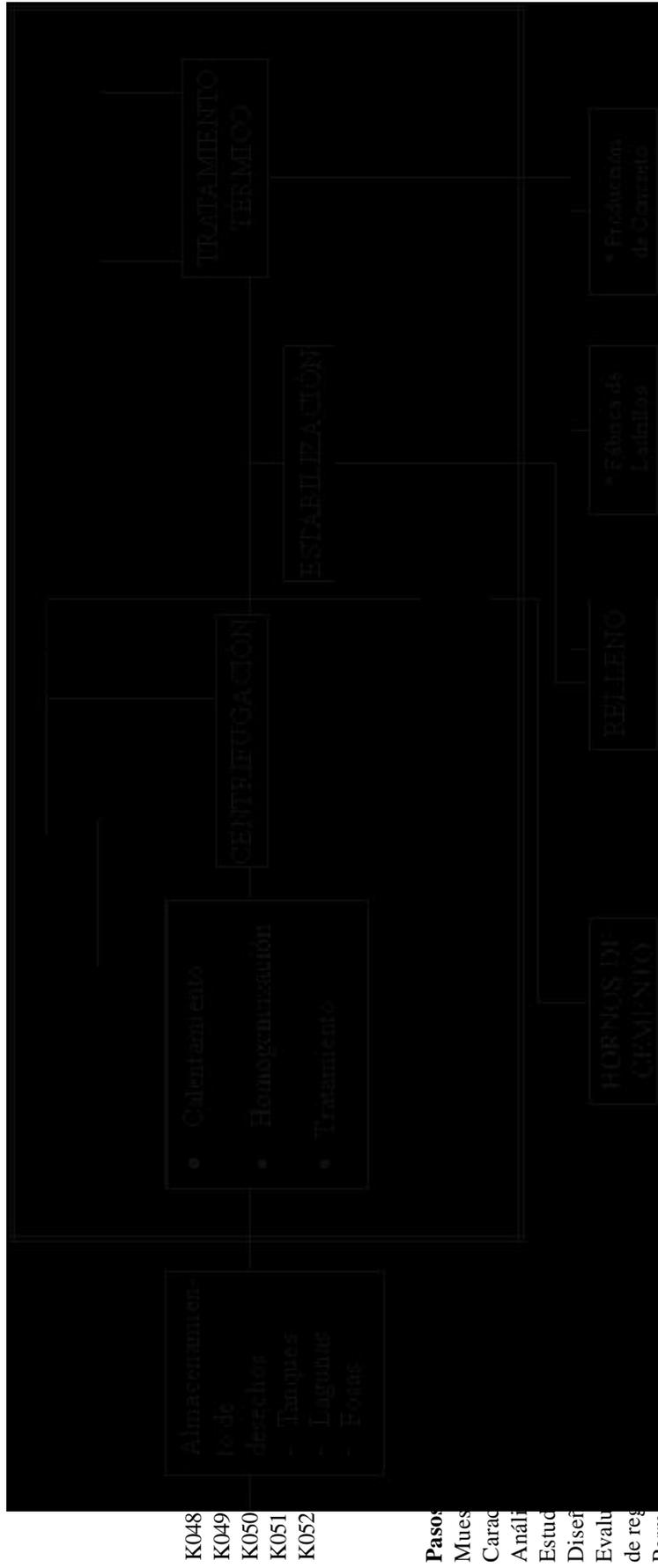


Fuente: CONOCO 1991

Figura N.º 1. Opciones de tratamiento

Figura N.º 2
Comparación del nivel de complejidad de los métodos de tratamiento

OPCIONES DE PROCESAMIENTO



* Se requerirá aprobación de entes reguladores.

Fuente: G.O.C. ENGINEERING INC.

Figura N.º 3

Opciones de procesamiento y disposición de desechos de refinería