

Guía Para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo

1.0 PREAMBULO

Esta guía es una de la serie de documentos publicados por el Ministerio de Energía y Minas del Perú. Los Títulos en esta serie son:

- Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental (EIA).
- Guía para Elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).
- Guía para la Protección Ambiental de Estaciones de Servicio y Plantas de Venta.
- Guía Ambiental para la Disposición y Tratamiento del Agua Producida.
- Guía Ambiental para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo.
- Guía Ambiental para el Manejo de Emisiones Gaseosas de Refinerías de Petróleo.
- Guía Ambiental para Proyectos de Exploración y Producción.
- Guía Ambiental para la Disposición de los Desechos de Perforación en la Actividad Petrolera.
- Guía Ambiental para el Quemado de Gas en Instalaciones de Exploración y Producción Petrolera.
- Guía Ambiental para el Manejo de Oleoductos.
- Guía para Auditorías Ambientales de Operaciones Petroleras en Tierra.
- Guía Ambiental para el Manejo de Tanques de Almacenamiento Enterrados.
- Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en las Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera.

Además de estas guías, el Ministerio también ha publicado Protocolos de Monitoreo, de Calidad de Aire , Emisiones y de Agua. Algunos de estos documentos fueron preparados específicamente para el Perú, pero la mayoría de ellos fueron adaptados para el país a partir de guías publicadas por la Organización de Asistencia Recíproca Petrolera Estatal Latinoamericana (ARPEL). Se agradece el permiso otorgado por ARPEL para el uso de sus guías en esta forma.

En noviembre de 1993, el Gobierno del Perú promulgó el nuevo "Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos", Decreto Supremo N° 046-93-EM. Esta norma fue la primera que delineó específicamente los requerimientos ambientales de los proyectos petroleros. Otras leyes y normas, por ejemplo, la "Ley General de Aguas", también tienen aplicación en dichos proyectos, pero de una forma indirecta.

Esta guía y las demás de la serie no son leyes o reglamentos. Se realizaron con la finalidad de ayudar a personas de la industria y del gobierno, así como al público en general, a desarrollar planes ambientales que se adecuen con los requerimientos de las leyes. Los lineamientos son generales, reflejan prácticas industriales petroleras que se han encontrado en muchos países. Sin embargo, no todos los diseños y procedimientos delineados serán apropiados para todos los proyectos o en todas las circunstancias.

Este documento y los otros describen varias alternativas, incluso aquellas que pueden no ser implementadas en el Perú por algunos años. Estas alternativas fueron incluidas para asegurar que los documentos no queden desactualizados rápidamente, sino que sean de gran utilidad

en años futuros, a medida que la capacidad tecnológica peruana en protección ambiental avance.

Se recomienda al lector consultar con la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) y con la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) en el Ministerio de Energía y Minas, sobre la aplicación de regulaciones ambientales a proyectos nuevos y existentes. Estas guías pueden ser utilizadas como fuente de información para facilitar estas consultas. Por último, es responsabilidad del proponente/dueño asegurar que su proyecto se adecue a las normas vigentes.

2.0 PROPOSITO

El presente documento recomienda rutas de acción para la implementación de un programa global de manejo de desechos apropiado para tratar los desechos líquidos y sólidos (1), producidos en una refinería de petróleo y su patio de tanques de almacenamiento de petróleo crudo y productos. No tiene que ver con el diseño, construcción, así como el funcionamiento de las refinerías y plantas de procesamiento (excepto cuando se trata de la generación de desechos). Para obtener una visión completa de estos temas, consulte el Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos (Decreto Supremo N° 051-93-EM).

A continuación se ofrece un breve resumen de la legislación existente con respecto a desechos, los principios de orientación para las refinerías y los procedimientos recomendados para crear planes y organizaciones, con el fin de proteger el medio ambiente.

Además de las recomendaciones generales de diseño y operación, se describe brevemente diversas tecnologías para el tratamiento de los desechos de refinería. Sin embargo, no pretenden constituir un conjunto de directrices detalladas de diseño técnico.

Se discute en torno a seis problemas específicos de desechos que podrían afectar virtualmente a todas las refinerías: tratamiento de suelos contaminados con petróleo (según se utiliza en este documento, la contaminación de los suelos por petróleo o productos de petróleo); manipulación de catalizadores gastados; eliminación de desechos que contienen azufre; eliminación de desechos de asbesto; almacenamiento y eliminación de desechos contaminados con PCB; medición de dioxinas y furanos resultantes de la regeneración del catalizador de reformación de nafta. Si bien la guía ofrece en términos generales una explicación de las técnicas de manipulación y eliminación, estos seis casos comprenden procedimientos más complejos y, con respecto a los catalizadores gastados, existen también ciertas posibilidades de reciclaje y/o reventa.

En el Anexo A se presenta información sobre manipulación, tratamiento y eliminación para cada tipo de desecho.

Este documento no aborda los siguientes temas:

a) Operaciones de proceso y vaciado de desechos provenientes de los recipientes, tanques y equipo ubicados dentro de las unidades de operación o el patio de tanques.

b) Transporte de los desechos de refinería/patio de tanques hasta las instalaciones exteriores de eliminación. Sin embargo, se ofrece un resumen de los procedimientos de identificación de desechos y preparación de manifiestos.

c) Manipulación y eliminación de desechos sanitarios que han sido generados en el emplazamiento de la refinería o el patio de tanques.

3.0 PRINCIPIOS DE ORIENTACION

Con el fin de situar la presente guía en el contexto adecuado, es necesario considerar cuatro fuerzas que ejercen influencia sobre la forma como la industria del petróleo aborda el manejo de desechos:

Legislación impuesta por el gobierno.

Presiones públicas, tanto sobre el gobierno como la industria.

Prácticas operativas propias.

Aumento de los gastos financieros relacionados con la limpieza y los litigios.

3.1 Legislación Gubernamental

En los últimos veinte años la eliminación de desechos peligrosos ha surgido como uno de los principales temas de carácter ambiental. Las prácticas deficientes de manejo de desechos han motivado seria preocupación entre el público con respecto a la contaminación de fuentes de agua potable, la destrucción de los hábitat para la fauna, así como los efectos nocivos para la agricultura y ganadería. En respuesta a estos temores el gobierno, en noviembre de 1993, aprobó el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, denominado de aquí en adelante RPAAH.

El Título XI del Reglamento resume las consecuencias del incumplimiento de las disposiciones de dicho reglamento. Además de la imposición de una multa, las infracciones más graves pueden resultar en:

La prohibición o restricción de la actividad que causó la infracción.

La obligación de compensar a los afectados por la infracción.

Restauración inmediata de la zona.

Los casos de reincidencia darán lugar a sanciones más severas, que posiblemente conduzcan al cierre total del emplazamiento por reincidir en incumplimiento.

Las multas se fijarán debido a diversas razones:

Exceder los límites de emisión estipulados.

No realizar el monitoreo de emisiones/pérdidas.

No presentar los informes de monitoreo.

Importar y almacenar productos contaminados y desechos, cuyo uso sería prohibido en su país de origen.

El Título XII estipula que cualquier entidad pública o cualquier persona podrá denunciar una infracción del reglamento a la Dirección General de Hidrocarburos (DGH), siempre y cuando se sustente la información en forma adecuada. Cualquier gasto ocasionado mientras se investiga una supuesta infracción correrá por cuenta de la parte que no tenga la razón, ya sea el emplazamiento en cuestión o la(s) persona(s) que efectuaron la denuncia.

Es frecuente que se requiera un plan de contingencia destinado a controlar las fugas y derrames.

3.2 Principios Operativos

Además de las potenciales sanciones administrativas que podrían presentarse contra las empresas, existen también tres hechos de carácter económico que están obligando a la industria, cada vez más, a dedicarse al problema de control de desechos: el creciente gasto de eliminación de desechos, la menor disponibilidad de seguro, el elevado costo de litigios por desechos peligrosos.

El efecto combinado de la legislación, la presión pública para ser más responsables desde el punto de vista del medio ambiente y una creciente carga económica ha llevado a la mayor parte de la industria petrolera a la conclusión de que es preferible mostrar iniciativa en este aspecto.

Un control de desechos responsable es una práctica comercial recomendable.

La filosofía de la protección ambiental ha evolucionado más allá del tratamiento/eliminación de desechos hasta el punto en que actualmente el primer objetivo de un programa de control consiste en reducir la cantidad de desechos producidos. En otras palabras, reducir al mínimo los costos de tratamiento produciendo la menor cantidad de residuos posible. Se está dando considerable atención al desarrollo de procesos que no producen desechos. Las refinerías deberán investigar las posibilidades de utilizar "tecnologías limpias". Deberán optimizarse los procesos existentes con miras a eliminar las emisiones de desechos o, por lo menos, reducir su volumen.

Cuando sea inevitable la generación de desechos deberá estudiarse cada emisión de desechos producida en el emplazamiento con el fin de determinar dónde se puede efectuar mejoras para reducir el volumen que sale de la refinería como desechos o contaminantes. Esta práctica se conoce, por lo general, como las Cuatro Rs:

- Reducir
- Re-usar
- Reciclar
- Recuperar

Después de haber puesto en práctica estas opciones, se podrá abordar los problemas reales de manipulación y tratamiento/eliminación de desechos.

Las refinerías deben diseñar medidas de control capaces de satisfacer las normas reglamentarias existentes para la calidad del aire ambiental y los porcentajes/concentraciones de emisión. Estas medidas deberán aplicarse a las nuevas instalaciones y renovaciones. De preferencia, las instalaciones deberán diseñarse para requisitos previstos.

Se deberá dar prioridad a las fuentes que tienen emisiones que representan un grave riesgo para el medio ambiente y la salud humana. La tecnología empleada para controlar estas fuentes debe reducir los riesgos a límites aceptables.

Como segunda prioridad se considerarán las fuentes que posiblemente poseen riesgos significativos o potencialmente serios para el medio ambiente y/o la salud humana. Las refinerías deberán instalar medidas de control que reduzcan los riesgos reales o potenciales en lo posible, tomando en cuenta los factores económicos.

Menor prioridad debe darse a las fuentes que representan una amenaza moderada para el medio ambiente. Debe instalarse medidas de control con el fin de aminorar debidamente esta amenaza.

3.3 Principios Orientadores sobre Control de Desechos

El control de desechos abarca todos los aspectos del problema de desechos industriales, como la minimización a través de la reducción, re-uso, reciclaje y recuperación; almacenamiento, transporte, destrucción y eliminación del desecho residual; instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones de manipulación/ tratamiento/eliminación de desechos en

el emplazamiento; cierre eventual de dichas instalaciones, incluso la limpieza y recuperación del emplazamiento industrial propiamente dicho.

Es necesario observar los siguientes principios:

1) Conocer la ley y los reglamentos con respecto al control de desechos, así como cumplirlos o superarlos en letra y espíritu.

2) Trabajar activamente para asistir a los gobiernos en la elaboración de reglamentos, legislación y políticas de carácter público que rijan el control de desechos.

3) Proporcionar información sobre los riesgos asociados a desechos peligrosos y operaciones de control de desechos a los empleados, contratistas, otras personas en el lugar y a aquéllos en la comunidad que muestren interés al respecto.

4) Controlar los desechos de tal manera que se proteja a la gente y al medio ambiente:

Reduciendo al mínimo la generación de desechos, convirtiendo los desechos peligrosos en desechos inofensivos mediante su destrucción o tratamiento, eliminación de una manera segura cuando no sea factible la destrucción/tratamiento.

5) Mantener el monitoreo adecuado de los lugares de eliminación de desechos, existentes y anteriores, con el fin de garantizar que la compañía, el gobierno y el público sean conscientes de los peligros potenciales de los emplazamientos.

Referencias

Alberta Environment; Determining the Appropriate Control Technology in Alberta; conversación telefónica con Alberta Environment; Edmonton; 13 de mayo de 1992

Canadian Petroleum Products Institute; PACE Report No. 89-2: A Summary of the U.S. Experience in Developing BAT Limits for Petroleum Refineries; Ottawa; mayo 1989

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Canadian Chemical Producer's Association; Responsible Care: A Total Commitment; código de práctica sobre medio ambiente; Ottawa; octubre 1990

Chemical Engineering; Puzzling Out the New Clean Air Act; diciembre 1990

Environment Canada; Framework for Discussion on the Environment; documento de discusión previo a la publicación del Green Plan; Ottawa; 1990

Government of Canada; Canada's Green Plan; Ottawa; 1990

Ontario Environment; Stopping Air Pollution at Its Source: CAP Clean Air Program Draft Regulation Overview; Toronto; agosto 1990

Ontario Environment; Stopping Air Pollution at Its Source: CAP Clean Air Program Responses to Public Comments; Toronto; agosto 1990

Petro-Canada; Legislation Review; documento de trabajo preparado por el departamento Corporate Environment; Calgary; 1989

Petro-Canada; Summary of Canadian Environmental Legislation and Penalties; documento de trabajo preparado por el departamento Legal; Calgary; 23 de agosto de 1990

United States Environmental Protection Agency; The Clean Air Act Amendments of 1990: Summary Materials; Washington, D.C. 20460; 15 de noviembre de 1990

4.0 INFORMACION A LA COMUNIDAD

No se puede decir enfáticamente que el público tiene numerosas preocupaciones en torno a los problemas de desechos peligrosos, en especial la seguridad de las instalaciones de almacenamiento y la capacidad de las tecnologías de tratamiento.

Se recomienda que los programas de control de desechos ocupen un máximo grado de prioridad en las relaciones públicas. El no hacerlo podría originar tal presión que llevaría a admitir el cierre o la modificación radical de la instalación de desechos.

Si bien los siguientes elementos se aplican por igual a todos los programas de salud, seguridad y medio ambiente, son aún más importantes cuando se considera un programa de control de desechos.

- La comunidad tiene derecho al mismo tipo de información sobre salud y seguridad al igual que un empleado.

- Satisfacer las inquietudes de la comunidad con rapidez, sensibilidad y honestidad, lo cual resulta especialmente cierto cuando las instalaciones se hallan en la etapa de planeamiento.

- Asegurarse de que las instalaciones de control de desechos no presenten un riesgo inaceptable para el público o el medio ambiente ya sea por un mal diseño o por un mal funcionamiento.

- Proporcionar información pertinente sobre los peligros de cualquier desecho cuando así se solicite. Si bien debe protegerse los secretos comerciales legítimos, debe distribuirse información exacta sobre los peligros a quienes tienen el derecho de recibir dicha información.

- Asegurarse que las autoridades de la comunidad y el público tengan conocimiento de los programas de respuesta a las emergencias en contingencias. Es necesario que conozcan los peligros potenciales y qué medidas requieren adoptar.

- Cuando se requiera ayuda externa para tratar una respuesta de emergencia, dicha ayuda deberá haber sido prevista con capacitación y equipo suficiente, en caso necesario, con el fin de garantizar que la respuesta sea efectiva y segura en lo posible.

- En caso de una emergencia, alertar cuanto antes a las autoridades y a la comunidad. Mantenerlos al corriente, con el fin de que se tomen las medidas pertinentes, en caso de solicitarles asistencia.

Referencias

Canadian Chemical Producer's Association; Responsible Care: A Total Commitment; environmental code of practice; Ottawa; octubre 1990

5.0 PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES

Es necesario determinar qué es un desecho.

Desecho es "cualquier material que el propietario/generador ya no puede emplear en su capacidad (y/o forma) original y que se recupera, recicla, reusa o desecha.

Desechos peligrosos son "aquellos desechos que, debido a su naturaleza y cantidad, son potencialmente peligrosos para la salud humana y/o el medio ambiente, y que requieren tratamiento especial o técnicas de eliminación para eliminar o controlar el peligro, a veces denominados desechos especiales".

5.1 Plan de Control de Desechos

Los Artículos 10d y 17 del RPAAH estipulan que cada instalación tendrá un Plan de Manejo Ambiental detallado, cuyo propósito consiste en evitar que las emisiones excedan los límites indicados en el reglamento. Un segmento sumamente importante de este Plan aborda el problema de los desechos.

El plan de control de desechos deberá constar de varios componentes, los que se explicarán con mayor detenimiento en las secciones posteriores de la presente guía:

- Una sección administrativa que establezca las políticas y procedimientos de la compañía y el personal (sus funciones y responsabilidades) que dirigirá y llevará el plan a la práctica.
- Un procedimiento para identificar las fuentes de desechos, su magnitud y una clasificación de los peligros.
- Un plan para reducir al mínimo la producción de desechos. Deberán considerarse en este plan el empleo de tecnologías limpias, la optimización de las unidades existentes con respecto a la generación de desechos y la institución de un "Programa de Cuatro Rs". Promover activamente la participación de los empleados en este proceso. Establecer objetivos de reducción de desechos.
- Establecimiento de instalaciones seguras de almacenamiento.
- Un procedimiento para determinar el método óptimo de manipulación de desechos. Los factores que han de considerarse para la elección de una tecnología incluyen el volumen de desechos, costos, beneficios económicos potenciales, impacto ambiental. Si se selecciona instalaciones exteriores de tratamiento/eliminación, deberán aplicarse procedimientos in situ que garanticen el cumplimiento de todos los reglamentos para transporte y que todas las instalaciones exteriores cuenten con la autorización para recibir desechos.
- La institución de un programa de monitoreo y prueba que determine la eficiencia de los procedimientos de manipulación de desechos y proporcione información a las entidades gubernamentales requeridas y al público. Los costos relacionados con los desechos son importantes variables que deben someterse a monitoreo.
- Preparación de un programa de imprevistos con respuesta de emergencia para contingencias, que resuma las funciones que ha de cumplir el personal del emplazamiento y de las instalaciones exteriores.

Los pasos de clasificación, tratamiento y monitoreo deben seguirse para cada corriente de desechos. Véase Figura

5.1.

5.1.1 Políticas y Procedimientos en la Planta

El departamento de ingeniería de la compañía o refinería deberá evaluar todas las instalaciones de la unidad propuesta o modificaciones desde un aspecto ambiental. Deben considerarse las siguientes interrogantes:

- ¿Representa la tecnología propuesta el equilibrio óptimo entre rendimiento/eficiencia del producto y la generación de desecho (y emisiones)?

- ¿Existe una "tecnología limpia" factible? Por ejemplo, el proceso Stretford puede convertirse en la tecnología de "descarga cero".

- ¿Qué beneficios de rendimiento/eficiencia deben perderse para lograr una mejor protección ambiental?

- ¿Puede(n) la(s) unidad(es) propuesta(s) cumplir no sólo los reglamentos actuales sino también los reglamentos previstos para el futuro sobre emisiones y desechos?

El mismo proceso de revisión ambiental deberá extenderse a las unidades de procesamiento de refinerías existentes.

Las compañías deberán considerar la creación de instalaciones de investigación y desarrollo dedicadas al problema de control de desechos. Estas instalaciones deberán encargarse de hallar métodos para optimizar los procesos existentes de tratamiento y eliminación de desechos. Deberán desempeñar una función integral en la especificación de métodos más apropiados para el tratamiento de desechos, que se requieren como resultado de las modificaciones y expansiones de las refinerías.

Cuando se halla identificado los desechos inevitables y se halla tomado medidas para reducirlos al mínimo, la refinería deberá instituir un programa de control de desechos.

El primer paso es instalar facilidades de almacenamiento seguros. En general, los desechos deberán ser segregados ya que esto permite un manipuleo y eliminación más fácil y segura. Asimismo, las oportunidades para el reciclado de los desechos en el sitio o fuera de él son mucho mejores.

En ciertas circunstancias, es preferible combinar varias corrientes de desechos para obtener mejores mezclas para varios tratamientos (por ejemplo incinadores, etc). Esta técnica es llamada de co-eliminación y se trata en la sección 10.4. Para mayor información sobre instalaciones de almacenamiento de desechos ver la sección 6.3.

Las refinerías de petróleo deberán haber formalizado los procedimientos de eliminación de desechos que contengan los siguientes elementos:

- Una descripción bien definida de las responsabilidades y obligaciones en todos los niveles de organización. Estas funciones deberán abarcar las operaciones normales y respuestas de emergencia.

De importancia primordial es una descripción de las atribuciones del supervisor de control de desechos.

- Una descripción de la información y los pasos necesarios para determinar el método óptimo de tratamiento/eliminación de una corriente de desechos.

- Los procedimientos operativos para el personal directamente relacionado con la operación de las instalaciones para desechos.

- Un resumen del programa de capacitación para el personal de la planta con respecto al control de desechos, que incluya el contenido y la frecuencia. La función del trabajo ejercerá influencia sobre el tipo y grado de capacitación.

- Los pasos que han de tomarse durante la realización de las auditorías ambientales y estudios de eficiencia de rendimiento de todos los sistemas de tratamiento de desechos.

- Las indicaciones claras sobre cuáles son los datos necesarios para garantizar por un lado el cumplimiento de los reglamentos con respecto a las transacciones de desechos, manipulación, así como almacenamiento, y por otro que se pueda realizar el monitoreo apropiado de las instalaciones para desechos de las refinerías.

- Las medidas que deben tomarse cuando se atienden las quejas de la población, debido a operaciones normales de manipulación de desechos y a emergencias como derrames, fugas e incendios.

Si bien el control de desechos es, en última instancia, la preocupación de todos los empleados de la refinería, las principales responsabilidades recaen sobre dos personas: el gerente de la refinería y el supervisor de control de desechos.

El gerente de la refinería:

- Designará a una persona en la refinería para ocupar el cargo de supervisor del programa de control de desechos. Por lo general, esta persona será el ingeniero ambiental de la refinería (o un subalterno, en caso necesario) o la persona que actualmente desempeña esta función. El supervisor de control de desechos será responsable ante el gerente de la refinería.

- Asegurar la realización de todos los procedimientos de manipulación y eliminación de desechos cumpliendo todos los reglamentos -de medio ambiente, transporte, salud laboral y seguridad -tanto en la planta y, cuando sea necesario, en el recorrido hacia el lugar final de eliminación. Esta es una responsabilidad de gran importancia: el gerente de la refinería, como funcionario de mayor jerarquía en el emplazamiento, bien puede ser legalmente responsable en el caso de cualquier violación.

- Buscar asesoría u orientación de la oficina de Protección Ambiental Corporativa en caso de duda con respecto al mejor curso de acción que debe seguirse.

- Asegurarse de que una persona (posiblemente, pero no necesariamente, el supervisor de control de desechos) se haga responsable de determinar los procedimientos óptimos de control de desechos para cualquier nueva unidad de proceso durante la etapa de ingeniería del proyecto. Para algunas compañías esta responsabilidad recae en el personal de ingeniería de la oficina principal. Sin embargo, por lo menos, el personal supervisor de la refinería deberá revisar y endosar cualquier plan proveniente de la oficina principal de la compañía.

El supervisor de control de desechos:

- Iniciará y coordinará propuestas para reducir la generación de desechos donde sea factible.

- Instituirá con los departamentos de ingeniería y operaciones un programa de reciclaje, re-uso, así como de recuperación de desechos, cuando sea factible.

- Intentará vender o reciclar los desechos de las plantas a otra industria utilizando un intercambio de materiales de desecho, en caso necesario.

- Se asegurará de llevar los registros completos, incluso la información de costos, con respecto a todas las fases de manipulación de desechos en planta. Esto incluirá todos los desechos producidos en el emplazamiento de la refinería o importados a ésta; todos los desechos enviados a instalaciones exteriores para su eliminación, venta o intercambio; todos los desechos tratados o destruidos en planta; y todo almacenamiento de desechos. Debe existir un inventario exacto de cada tipo de desecho.

Más adelante se muestra un esquema de un programa de manejo de desechos.

- Se asegurará que todos los desechos que abandonan la propiedad de la planta estén debidamente documentados y registrados en un manifiesto, de conformidad con los reglamentos. Encontrará más detalles en la sección 6.2.

- Se asegurará que el envío de desechos a las instalaciones exteriores se realicen de una manera segura, por transportistas acreditados para transportar tales desechos, y únicamente a los sitios aprobados. También deben someterse a monitoreo las instalaciones exteriores de eliminación y otros costos afines.

- Someterá a monitoreo todas las operaciones de tratamiento de terrenos in situ, prestando especial atención a la calidad de las aguas de subsuelo y a la acumulación de sustancias químicas tóxicas en el suelo.

- Se asegurará que el almacenamiento in situ de todos los materiales de desecho se realice de conformidad con las prácticas adecuadas y los requisitos gubernamentales.

- Periódicamente realizará pruebas de rendimiento en todas las instalaciones de destrucción/tratamiento en la planta, con el fin de garantizar el mantenimiento de niveles elevados de eficiencia y al mismo tiempo el cumplimiento de las normas de emisión (atmosférica, agua, suelo).

- Periódicamente se ejecutará auditorías ambientales de todas las instalaciones para desechos y procedimientos de operación, incluso aquéllos que se utilizaron en el pasado, con el fin de determinar qué métodos de tratamiento/eliminación se aplicaron y cuáles son o fueron efectivos.

- Determinará la existencia, alcance y gravedad de la contaminación de anteriores emplazamientos de almacenamiento y eliminación. Esta será una tarea muy difícil pues, probablemente, los registros fueron deficientes, en caso de haberlos llevado de algún modo. Sin embargo, el daño potencial en el aspecto ambiental, legal, económico y las relaciones públicas derivado de estos depósitos de desechos abandonados, y a menudo tóxicos, justifica el esfuerzo. Serán de utilidad la recopilación de información de los antiguos empleados, los reconocimientos aéreos y las muestras geoquímicas, así como de los pozos de sondeo. Este proceso es aún más importante si el emplazamiento ha tenido un propietario anterior.

- Proporcionará información sobre las técnicas más adecuadas de control de desechos que deben emplearse como resultado de propuestas de adiciones o modificaciones de las unidades de la refinería.

- Informará a la gerencia de la refinería sobre algún derrame de importancia, además coordinará su limpieza y eliminación segura.

- Se asegurará de que las quejas del público y de las autoridades gubernamentales sean atendidas con rapidez y con sensibilidad hacia sus inquietudes. Además, informará a la gerencia y, en caso necesario, a las entidades ambientales sobre la naturaleza de la queja y la medida correctiva adoptada.

- Coordinará, con los departamentos de salud ocupacional y capacitación de la refinería, el establecimiento de un amplio programa de capacitación sobre manipulación de desechos para todo el personal que lo requiera. El término "manipulación" incluiría las medidas necesarias para almacenar, embarcar, tratar o eliminar desechos. Todo el personal pertinente de la planta deberá recibir capacitación sobre los aspectos más amplios en materia de desechos, incluso las consecuencias de la producción de desechos en la planta y en las instalaciones exteriores. Cualquier otro personal de la planta deberá tener la oportunidad de asistir a estas sesiones.

- Preparará un programa de respuesta de emergencia para contingencias en las instalaciones de tratamiento de desechos.

- Coordinará la capacitación en respuestas de emergencia y programará simulacros para el personal in situ de estas instalaciones. Se asegurará de que los miembros externos de un equipo de asistencia mutua tengan conocimiento de los planes de emergencia de la refinería, así como sus funciones previstas. Cuando sea necesario, asistirá en la capacitación de este personal externo.

A continuación se muestra un modelo conveniente para un programa de seguimiento de desechos en una refinería.

El destino final de los desechos podría ser tratamiento o eliminación: el proceso es el mismo. Para los fines prácticos, se indica entre paréntesis a la persona responsable.

Preparar un procedimiento de refinería para la manipulación, tratamiento y eliminación de material de desecho, y asegurarse de que lo aprueben todos los departamentos dentro de la planta.
(Supervisor del programa de control de desechos)

Preparar las hojas de información sobre desechos, en las cuales se resumirá los procedimientos de seguridad, manipulación, tratamiento y eliminación para todos los desechos producidos en la refinería.

Incluir cualquier análisis y precaución especial. Actualizar cuando sea necesario.
(Supervisor del programa de control de desechos)

Llenar los formularios de seguimiento de desechos (manifiestos de desechos si el destino es fuera de la planta) para cada retiro de desechos de las unidades de la refinería o patio de tanques y enviar estos formularios al supervisor del programa de control de desechos. (Jefe de mantenimiento/coordinador de

retiro de desechos)

Asegurarse del cumplimiento de todos los procedimientos de manipulación de desechos y seguridad.

(Jefe de mantenimiento/coordinador)

Para los casos en que no exista ningún procedimiento rutinario de manipulación, tratamiento,

eliminación de un desecho supuestamente peligroso, la persona directamente responsable de su retiro,

como un jefe de mantenimiento, se pondrá en contacto con el supervisor del programa de control de

desechos, quien recomendará la medida apropiada y coordinará la aprobación del organismo de

control, en caso necesario.

Emitir informes mensuales a todos los jefes y supervisores que participen en los traslados de desechos

in situ y fuera de la planta, quienes verificarán si el informe presenta errores y omisiones.

(Supervisor

del programa de control de desechos)

El formulario de seguimiento de desechos deberá ser fácil de llenar y no dejará dudas para interpretaciones

erróneas. La aceptación de esta parte vital del programa será mucho más fácil si el personal de los departamentos

de operaciones y mantenimiento tienen conocimiento de la atención normativa cada vez más estricta en este

campo, el posible impacto ambiental de los desechos de la refinería, los costos de limpieza y las actitudes del

público. Habrá una renuencia natural a firmar los formularios por temor a una posible responsabilidad legal y, al

principio, la gente pondrá objeciones a tener que hacer más labor de oficina. Por lo tanto, es necesario explicar el

propósito del formulario y avisar a quienes manipulan los desechos sobre su posición jurídica como empleados.

En un formulario básico sobre seguimiento de desechos se pregunta lo siguiente:

- ¿Qué tipo de desecho y qué cantidad?

- ¿En qué fecha se removió el desecho?

- ¿Dónde se originó?

- ¿Quién coordinó la remoción del desecho?

- ¿A dónde fue trasladado? Como ejemplos de instalaciones exteriores, el relleno de la ciudad, el pozo

regional de eliminación. Como ejemplos in situ: la caldera de alto rendimiento, un sector en particular

del terreno en el que se realiza el biotratamiento, un componente específico de un tanque.

- En caso de ser transportado fuera de la planta, ¿quién se encargó del transporte?

En caso de ser trasladado fuera de la planta, se emplearán los manifiestos de transporte en lugar del formulario de

seguimiento de desechos.

Analizar periódicamente las corrientes de desechos de la refinería para pruebas de inflamabilidad, corrosividad, lixiviados, contenido de petróleo, contenido de metales pesados y otros requisitos de la legislación, de modo que se pueda realizar una clasificación adecuada de los desechos. Es posible que algunas de estas pruebas, como la determinación de halógenos orgánicos adsorbibles, que incluyen dioxinas y furanos deban realizarse en laboratorios independientes.

El cuadro 3 del RPAAH bosqueja un programa de monitoreo que debe realizarse en las aguas de los efluentes y en los cuerpos de agua receptores. En este documento se ha reproducido como Cuadro 5.1. En el Artículo 82 del Reglamento de la Ley General de Aguas, en adelante denominado MRLGA, se señala criterios específicos para cuerpos de agua receptores.

Regularmente dar parte a la alta dirección sobre el estado del programa de seguimiento de desechos, que resume los traslados de los mismos, los resultados de pruebas, las discusiones con organismos de control y programas siguientes. Esto es sumamente importante, pues cada instalación debe presentar para el 31 de marzo, un informe anual que haya sido suscrito por un auditor ambiental autorizado. El informe debe demostrar que la instalación cumple con los reglamentos vigentes y con las recomendaciones del Estudio del Impacto Ambiental y del Plan de Manejo Ambiental. Ha de incluirse una hoja que resuma los resultados de las pruebas sobre emisiones y cuerpos de agua receptores. En el Anexo N° 1 del RPAAH (Decreto Supremo 046-93-EM) se muestra el formato del informe.

Además, de acuerdo con el Art. 96 del Decreto Supremo N° 051-93-EM, en los primeros diez días de cada mes, cada refinería y planta de procesamiento deben presentar a DGH un informe que indique:

Las propiedades del petróleo, el gas natural y otras materias primas.

Las propiedades de los productos refinados, así como el volumen y propiedades del gas residual producido.

El inventario mensual de las materias primas y los productos terminados e intermedios

El cálculo de las pérdidas mensuales.

5.2 Evaluaciones y Auditorías

Las revelaciones del daño al medio ambiente y a la salud -existente y potencial- derivados de los botaderos de desechos tóxicos abandonados y sin control han conducido al empleo de Estudios del Impacto Ambiental, con el fin de determinar el(los) probable(s) impacto(s) de un proyecto planeado, y el empleo de auditorías ambientales que proporcionen un análisis de la capacidad de un lugar para cumplir con sus requisitos de protección ambiental.

El presente capítulo sólo resume los propósitos para desarrollar estos estudios. Encontrará información detallada en la "Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental" y en la "Guía para Llevar a Cabo Auditorías Ambientales de las Operaciones Petroleras en Tierra", documentos publicados por el Ministerio de Energía y Minas.

5.2.1 Evaluación del Impacto Ambiental

Es probable que la construcción de una instalación de control de desechos ejerza cierto efecto perjudicial sobre el medio ambiente. En cualquier caso, inevitablemente surgirán inquietudes por parte de quienes viven en los alrededores de dicho lugar. Un Estudio del Impacto Ambiental (EIA) proporciona al público y al gobierno suficiente información, así como la oportunidad para determinar y resolver los problemas potenciales.

Dichos estudios contienen evaluaciones del impacto que ejerce el proyecto propuesto sobre los medios físico y humano, así como la manera de evitar o aminorar sus efectos perjudiciales. Salud y seguridad, conservación de recursos naturales, prevención y control de contaminación, factores económicos fundamentales y los efectos sobre las condiciones sociales, económicas y culturales en el área circundante son tópicos normales en una EIA.

Quienes proponen la construcción de una instalación para desechos deben presentar una evaluación preliminar del impacto ambiental a la DGH, que determinará, después de discutir con la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA), si se justifica un EIA y su profundidad. Este EIA preliminar debe ser preparado por una compañía autorizada y registrada con la DGAA.

La descripción del proyecto debe incluir datos que permitan identificar los efectos potenciales sobre el medio ambiente. El informe debe ser claro y conciso, y abordar los siguientes puntos:

- Las características físicas del proyecto; dónde va a estar ubicado; cuándo, cómo y por quién va a ser construido y dirigido; por qué es necesario y cómo puede contribuir con una estrategia global del medio ambiente.

- Un estudio base sobre el área que recibirá la influencia del proyecto. La información por determinar comprende los niveles de contaminación actuales, recursos naturales existentes, aspectos geográficos y la situación social, económica y cultural de las comunidades afectadas. Utilice la información disponible; si fuese necesario, emplee reconocimientos de campo para completar la información que faltase. No inicie estudios detallados sobre el terreno hasta que sea evidente su necesidad.

- La información sobre la naturaleza, el hombre y la economía para todas las fases del proyecto desde la construcción hasta el cierre definitivo; todos los productos y desechos que se generarán y cómo

serán almacenados, tratados, eliminados; riesgos y peligros que pueda presentar el proyecto y planes

de emergencia para limitar o evitar daños; otras instalaciones existentes o propuestas relacionadas

con el proyecto o necesarias como resultado de éste, incluso trabajo que ya se ha emprendido.

- Los posibles impactos ambientales, su importancia y planes para atenuar cualquier efecto perjudicial

durante todas las fases del proyecto. No se requiere especificaciones detalladas de ingeniería hasta la

etapa de permisos, posterior al proceso del EIA.

- Las implicancias de cualquier efecto perjudicial que no pueda ser atenuado satisfactoriamente deben

analizarse para proponer diseños alternativos. Esto es de gran importancia para el público y, con

frecuencia, origina gran controversia, así como gastos.

- Los planes de contingencia como respuesta a las emergencias.

- Un plan para el abandono de la instalación.

- Los planes para la futura labor de investigación, como monitoreo, y de qué manera dichos planes se

incorporarán en el proyecto.

- Cualquier característica socio-económica o cultural del área y sus posibles efectos. Si los campesinos

y las comunidades oriundas fuesen afectados por el proyecto, debe bosquejarse las medidas de

prevención, minimización o eliminación de los efectos negativos de carácter social, cultural, económico

y sanitario.

- Los posibles diseños alternativos, ubicaciones y opciones, conjuntamente con análisis de sus ventajas

y deficiencias.

- La reacción del público ante la propuesta y partes de ésta, así como las respuestas de la refinería.

Si un proyecto se realiza en varias etapas, debe prepararse un EIA para cada una. El estudio básico para el EIA de

la primera etapa será utilizado para los posteriores EIAs.

5.2.2 Evaluación de Riesgos

La evaluación de riesgos es un planteamiento muy generalizado cuando se analizan las instalaciones para desechos

peligrosos. Puede emplearse con el fin de determinar objetivos post-correctivos para contaminantes; evaluando

diferentes tecnologías de limpieza cuando se preparan evaluaciones del impacto ambiental; seleccionando

emplazamientos para las instalaciones; desarrollando estudios "¿Qué pasa si?". Si bien las primeras evaluaciones

de riesgos se centraron en peligros y catástrofes de gravedad, las más recientes tienen que ver con exposición

crónica de menor grado ante las sustancias químicas.

La evaluación de riesgos debe estar a cargo de una persona capacitada en este campo.

Existen tres fases para una evaluación de riesgos: recolección de datos, evaluación de riesgos y control de riesgos.

Se puede obtener datos de un gran número de fuentes: de salud pública, estudios epidemiológicos, estudios de exposición ocupacional, investigaciones universitarias, historias médicas/clínicas, presentaciones de productos nuevos y bases de datos computarizadas.

Existen cuatro pasos importantes en la fase de evaluación de riesgos: identificación del peligro, evaluación de la toxicidad o reacción ante la dosis, estudio sobre exposición y caracterización de los riesgos.

Es importante recordar que un peligro es una fuente potencial de riesgo, no un riesgo propiamente dicho. A menudo, el público asocia peligro con riesgo y éste, a su vez, con daño real. Los peligros son el resultado de la posible exposición de los seres humanos a las sustancias químicas tóxicas. Es necesario identificar estas sustancias químicas y cómo los humanos podrían entrar en contacto con ellas.

La evaluación de la toxicidad emplea datos de laboratorios médicos, obtenidos en experimentos controlados para determinar la relación dosis/reacción, que habitualmente muestran un valor mínimo o cero. Debajo de este valor de dosis, no se ha observado ningún efecto toxicológico importante desde el punto de vista estadístico.

La evaluación de la exposición es la determinación de la magnitud, frecuencia, duración y vías de exposición.

Cuando se caracterizan los riesgos, se combinan los datos de toxicología y exposición para obtener un cálculo de la probabilidad de ocurrencia de los diferentes efectos sanitarios sobre la gente expuesta. (Se pueden emplear factores y procedimientos de cálculo diferentes para determinar el riesgo a la ecología, si bien no siempre se aceptan dichas cifras.)

El control de riesgos implica emitir criterios de valor cuando se asignan recursos y cuando se decide que constituyen riesgos aceptables. Debe considerarse tanto los riesgos reales como aquellos que se perciben.

5.2.3 Auditorías Ambientales

Mientras el procedimiento de evaluación del impacto ambiental constituye una herramienta de utilidad para garantizar que la propuesta de una instalación para desechos no planteará una amenaza para el medio ambiente, las auditorías ambientales regulares contribuirán a mantener o mejorar la capacidad de la instalación para cumplir dicho objetivo.

Una auditoría ambiental es un proceso de control interno que contribuye a revisar y evaluar la condición ambiental de diversas unidades operativas en toda la compañía, incluso las instalaciones para desechos. Provee un

planteamiento sistemático para verificar que las políticas de control son adecuadas y se están poniendo en práctica, para establecer prioridades con respecto a la mejora ambiental, así como para informar con una base consistente sobre el control ambiental.

Consisten en definir los requisitos normativos aplicables y en revisar las guías industriales. Esto determina las normas mínimas de funcionamiento que la ley exige mantener en la instalación y las prácticas operativas que se han impuesto en otras instalaciones similares, en especial en aquellas áreas no incluidas en los reglamentos ni en la legislación. La compañía podrá tener su propio conjunto de normas de funcionamiento, que por lo menos deben ser tan estrictas como las exigidas por las leyes y las empleadas en la industria.

5.3 Plan de Contingencias con Respuesta a las Emergencias

Un Plan de contingencias con respuesta a las emergencias es un procedimiento escrito y formal que bosqueja las líneas de acción en caso de un accidente grave, o accidente potencial, que constituya una amenaza para la salud humana o el medio ambiente. No es un sistema de control del peligro: es un componente esencial de dicho sistema, con el objetivo de reducir al mínimo los efectos nocivos sobre la gente, la propiedad y el medio ambiente que se derivan del accidente.

Cada instalación para desechos de una compañía debe tener un plan de respuesta a emergencias. Si la instalación está en el sitio y forma parte integral de la refinería, el plan de respuesta a las emergencias de la refinería debe incluir pasos para reaccionar ante accidentes y posibles accidentes, en dicho lugar. Los planes de respuesta de emergencia normalmente son específicos para cada lugar. Por consiguiente, aquí se puede ofrecer únicamente una guía de las principales características. Si desea obtener más datos, le recomendamos los dos documentos siguientes:

- "Code of Practice on the Prevention of Major Industrial Accidents", por la Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, 1990
- "APELL Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: A Process for Responding to Technological Accidents", por la Oficina de Industria y Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, París, 1988.

Para los efectos de la presente descripción, utilizaremos una instalación autónoma para desechos. El procedimiento es igualmente aplicable al caso de una instalación para desechos contigua a una refinería. En el segundo caso, la instalación para desechos es esencialmente otra unidad operativa. La figura 5.2 resume las medidas de preparación para una respuesta de emergencia.

5.3.1 Identificación de los Participantes

Es necesario determinar quién podría verse potencialmente afectado por cualquier accidente grave en la instalación para desechos. Asimismo, debe considerarse la posibilidad real de que los peligros derivados de dicho accidente podrían amenazar a las comunidades cercanas y al medio ambiente.

En el caso de una emergencia, el personal del emplazamiento obviamente participaría en cualquier respuesta. Fuera de las instalaciones, podrían participar la comunidad en pleno, los departamentos municipales de bomberos, la policía/milicia, los funcionarios de salud pública, las redes de transporte, comunicaciones, otras industrias y conservacionistas. Por lo menos, deberán tener conocimiento del incidente.

Los participantes deben ser observados desde dos aspectos:

- ¿Cómo se verán afectados y qué medidas deben tomarse para reducir cualquier riesgo que puedan enfrentar o inconveniente que deban soportar?
- ¿De qué manera podrían ayudar a atenuar los efectos del accidente?

5.3.2 Evaluación de los Riesgos

No todos los accidentes tienen las mismas repercusiones. Ni tienen la misma probabilidad de ocurrencia. La instalación para desechos debe determinar los tipos de accidentes que podrían producirse, como explosión, escapes de sustancias químicas tóxicas, derrame masivo de desechos, etc.; la posible magnitud y severidad; la probabilidad de que se produzcan.

Los desastres naturales, como terremotos y huracanes, podrían ser causa de accidentes.

Si la instalación se encuentra cerca de la refinería o de otros complejos industriales, podrían producirse emergencias dentro de la instalación o que afecten a ésta debido a incidentes en dichas plantas.

Debe considerarse la posibilidad de que dos o más accidentes podrían ocurrir simultáneamente o en rápida sucesión, con los mismos tipos de preguntas que los formulados anteriormente.

La instalación debe entonces determinar las clases de materiales que podrían escaparse; los peligros que presentan: inmediatos, de mediano y largo plazo; las partes que probablemente serán afectadas por el accidente. Este último aspecto también incluye daños al medio ambiente. Para evaluar esta etapa se podría aplicar una metodología de evaluación de riesgos.

La instalación para desechos deberá entonces preparar una lista de casos que probablemente podrían ocurrir.

5.3.3 Recursos y Capacidades Actuales

La instalación para desechos deberá revisar todos los procedimientos de emergencia y seguridad para determinar sus bondades, así como sus deficiencias. Estos procedimientos incluirían los que son directamente aplicables a la

instalación, los planes de respuesta de la comunidad y los procedimientos de los complejos industriales cercanos (si fuese posible).

Es recomendable que la instalación para desechos revise todos sus procedimientos operativos en busca de errores u omisiones. La probabilidad de un accidente puede reducirse significativamente en una planta segura y debidamente operada.

La administración debe evaluar las capacidades de la instalación para desechos. Por lo menos, debe existir la capacidad para reaccionar de inmediato ante una emergencia en el emplazamiento. Con respecto a las operaciones complejas, quizá sea deseable mantener en marcha el resto de la instalación mientras se soluciona el accidente. De ser así, debe contarse con personal suficiente para realizar ambas labores en forma segura.

Debe existir un equipo apropiado y adecuado para responder a los casos previstos. Esto también incluiría extinción de incendios, contención de derrames y suministros médicos. En caso de no contar con personal suficiente, equipo/suministros adecuados o apropiados, la instalación debe tomar medidas para remediar estas deficiencias o determinar dónde se podrían obtener dicho personal y equipos en poco tiempo.

Si el accidente es de tal magnitud que se requiere más ayuda, la instalación deberá saber el número de personal disponible de las siguientes organizaciones:

- Personal del emplazamiento que se encuentra fuera de la instalación al momento del accidente
- Personal de la compañía fuera de la instalación
- Personal de instalaciones similares (también denominadas de ayuda mutua)
- Personal de la comunidad.

El administrador de la instalación no sólo debe conocer el número de miembros en cada caso, sino también el nivel de capacitación en respuestas a las emergencias y el tiempo que se tardaría para lograr la movilización de este personal al lugar del accidente. Las últimas tres categorías de personal probablemente también posean equipo/suministros complementarios. Es necesario saber con qué contaría el personal de la instalación.

El administrador de la instalación debe tener una lista actualizada de números telefónicos para todo el personal del emplazamiento, contactos y números telefónicos para las organizaciones externas. Muchas compañías han contratado servicios telefónicos que llaman a las personas indicadas en las listas, cuando es necesario.

Si la instalación es miembro de un convenio de ayuda mutua, deberá saber de qué recursos (personal, equipo, suministros) puede prescindir en sus operaciones normales en caso de que se requiera su asistencia.

5.3.4 Preparación del Plan

Ahora ya se han determinado las posibles emergencias. Se ha evaluado cualquier deficiencia en la capacidad del personal de la instalación en primer lugar, para evitar estas emergencias, y en segundo lugar, para reaccionar ante ellas. Se ha determinado la fuente, cantidad, tipo y velocidad de movilización de recursos de respuesta.

La administración de la instalación debe preparar ahora un Plan con respuestas de emergencia a contingencias para el emplazamiento, aplicando los recursos de otras partes de la compañía, si fuese necesario. El primer paso consiste en mejorar la instalación adoptando medidas destinadas a reducir la probabilidad y severidad de los accidentes.

- Corrija todas las deficiencias en los procedimientos operativos. Elimine prácticas que no sean seguras. Cuando no haya instrucciones o éstas resulten obsoletas, revise debidamente el manual de operaciones.

- Instituya un programa para instalar oportunamente el equipo de respuesta de seguridad y emergencia necesario y reemplace el equipo que presenta deficiencias.

- Instituya un programa para modificar las unidades existentes, o instale nuevas unidades, con el fin de perfeccionar la seguridad total de la instalación. La implementación de este Programa depende de la economía pero debe asignarse máxima prioridad en el presupuesto a las propuestas de seguridad y respuesta de emergencia.

Asigne las funciones y responsabilidades que debe asumir el personal del emplazamiento durante una emergencia. Dichas funciones deben ser claras y sin ambigüedad, y no debe haber incompatibilidad de asignaciones. A medida que cambien los puestos del personal, es posible que el plan tenga que ser debidamente modificado.

Las labores específicas deberán asignarse de acuerdo con la autoridad, experiencia y recursos. Debe tenerse cuidado en evitar crear una deficiencia en un área asignando a una persona competente a otras labores.

Todo el personal debe saber dónde informar en el caso de una emergencia. Deberá indicarse claramente que la gente que no desempeña ninguna función o que es personal de reserva debe regresar a los lugares conocidos y permanecer allí. De esta manera se contribuye a determinar si la instalación ha sufrido algún accidente.

Las siguientes funciones son de especial importancia:

- Jefe de la base (mando total)
- Comandante in situ (en el lugar del accidente)

- Coordinador in situ (moviliza suministros y personal al lugar del accidente y desde éste)
- Coordinador de la base (solicita equipo y personal fuera de planta)
- Funcionario de relaciones públicas (notas de prensa, etc.).

Los detalles específicos en cuanto a las funciones y responsabilidades variarán de una a otra compañía.

Es absolutamente necesario que el programa vaya dirigido a dos situaciones de mando:

- El comandante inicial in situ probablemente será el supervisor de turno en el emplazamiento. Sin embargo, en caso de agravarse la situación, el comando in situ probablemente corresponderá a otra persona, como el comandante del cuerpo de bomberos. Debe haber instrucciones sumamente claras que describan cómo han de producirse las transferencias de mando y cómo se debe transmitir la información sobre este cambio hacia arriba y abajo de la cadena de comando. Esta situación ocurrirá con frecuencia si el público en general se ve seriamente amenazado.
- Si personal externo a las instalaciones y su equipo participan en la respuesta a la emergencia, deberá haber claras instrucciones sobre cómo coordinar equipos de gente con estructuras internas de mando separadas, diferentes niveles, así como áreas de especialización, y que puedan no estar familiarizados con el lugar del accidente. Es necesario contar con un oficial de enlace in situ que asista a estas personas cuando lleguen al lugar del accidente.

Es importante que las organizaciones externas que sean llamadas para prestar asistencia tengan pleno conocimiento del plan de respuesta de emergencia de la instalación para desechos y las funciones que probablemente asumirán. Asimismo, se les debe impartir instrucciones breves, tan pronto como sean identificados como equipos de asistencia mutua potencial (es decir, antes de cualquier emergencia), con respecto al funcionamiento de la instalación. Esto incluiría los tipos de procesos, equipo, productos, materiales de desecho dentro de la planta y los riesgos que conllevan. Esta información les permitirá llegar al lugar del accidente mejor preparados para una diversidad de emergencias, en caso de agravarse la situación.

Cuando prepare los elementos del Plan con respecto a una respuesta externa -ya sea de asistencia a la instalación o de ayuda mutua proveniente de ésta- la responsabilidad para preparar dichos elementos puede pasar a una organización externa. Sin embargo, la administración de la instalación debe aún participar en la preparación y revisión de aquellos elementos.

Asegúrese que los elementos internos y externos de las instalaciones sean consistentes.

Revise el plan con el personal al cual se le ha asignado funciones, incluso con el personal externo, cuando sea necesario.

5.3.5 Capacitación

Deberá colocarse avisos con el plan final en la instalación y la administración deberá asegurarse de que todo el personal del emplazamiento se familiarice con él, en especial con sus funciones.

El jefe de las brigadas de respuestas a las emergencias debe ser un profesional colegiado, plenamente capacitado y especializado en la materia. Sus funciones consisten en garantizar el debido mantenimiento del equipo de respuesta y la capacitación del personal.

Para que el plan de respuesta a las emergencias sea efectivo, todos los participantes deberán poseer un conocimiento cabal de sus obligaciones y saber cómo desempeñarlas. Esto únicamente se puede lograr creando un programa regular de capacitación.

Las inspecciones de equipo deben ser regulares y frecuentes, además deben realizarse según las recomendaciones de las Guías API 2002 y 2004, o equivalentes.

El programa de capacitación debe abordar todas las deficiencias mencionadas en la sección 5.3.3. En caso de adquirirse nuevo equipo, el personal deberá estar en condiciones de manejarlo. Asimismo, el personal deberá aprender y ensayar los procedimientos de respuesta de emergencia. Algunas actividades, como la extinción de incendios, requieren sesiones de capacitación con mayor frecuencia, de preferencia cada 2-4 semanas para cada miembro del cuerpo de bomberos. Es esencial repetir la capacitación en todas las facetas del plan.

La administración de las organizaciones externas que intervienen en el plan debe mantenerse informada de los elementos contenidos en el programa. Sus subalternos deben estar bien informados sobre las funciones que probablemente desempeñarán. En caso necesario, la administración de la instalación para desechos tendrá que asumir la responsabilidad de su capacitación. A manera de ejemplo, un gran número de cuerpos municipales de bomberos requieren capacitación en métodos de extinción de incendios provocados por petróleo y sustancias químicas.

Asimismo, es posible que el personal de la instalación para desechos deba ser capacitado con la finalidad de poder cumplir con sus obligaciones de ayuda mutua en otras instalaciones.

Una valiosa herramienta para determinar la efectividad del plan consiste en hacer prácticas simuladas regularmente. Estas prácticas simuladas deben realizarse por lo menos cuatro veces al año. Deberá bosquejarse un caso debidamente detallado, por ejemplo: un tanque lleno de material tóxico, se ha roto y ha derramado su contenido que es volátil, el líquido entonces ingresa en la red de desagüe, surge un fuerte viento que amenaza con soplar los vapores hacia el tren de incineración, durante esta última fase varios miembros del personal del

emplazamiento son cubiertos por la nube de gas.

La práctica puede consistir en que los participantes hagan un bosquejo de las medidas que tomarían a medida que se desarrolla la secuencia de hechos. También podría consistir en un simulacro completo en el que todo el personal actúe como si realmente se hubiera producido una emergencia. Es muy importante que la respuesta sea lo más real posible con el fin de poder reconocer las deficiencias del Plan. (Esto no podría ocurrir en el caso de un ejercicio en papel.)

El personal del emplazamiento, pero en especial las organizaciones externas como el gobierno municipal, los departamentos de policía y de bomberos, deben tener conocimiento de que se está desarrollando un simulacro.

Deberá someterse a prueba los procedimientos para recurrir a una ayuda externa, aun cuando no sea solicitada en la práctica. En dicho caso, sería beneficioso disponer que cierto personal del emplazamiento desempeñe la función del equipo externo con el fin de probar la capacidad del plan para integrar a otra parte en la respuesta.

Delegar a un funcionario de información la función de registrar el mayor número de hechos: el tiempo de respuesta para cada acontecimiento, la eficiencia de cada respuesta, la falta de procedimientos adecuados, etc. Si fuese posible, filme o tome fotografías. (Durante una emergencia real, el registro de las secuencias de hechos es de vital importancia para mejorar el plan, o si el accidente se deriva en litigio.)

Al concluir, el ejercicio debe someterse a una evaluación exhaustiva. Todos los participantes deberán poder dar su opinión con respecto a los puntos fuertes y deficiencias, las que deberán transmitirse a la administración y el plan deberá ser modificado cuando sea necesario. Las versiones actualizadas deben distribuirse a quienes recibieron las versiones originales.

5.3.6 Información a la Comunidad

La responsabilidad de la seguridad de los residentes en un área amenazada por un accidente, en general, recae en las autoridades civiles. Sin embargo, la administración de la instalación para desechos tiene la obligación de mantener informadas a dichas autoridades sobre los peligros de un posible accidente o los alcances de un accidente real con la finalidad de tomar las medidas adecuadas, como bloquear los caminos, evacuar a los pobladores de los alrededores, alertar a los hospitales, mantener en alerta a los cuerpos de bomberos.

Es posible que la administración de la instalación deba prestar asistencia en lo que respecta a la capacitación de los departamentos municipales y probablemente el personal deba secundar a las autoridades civiles con el propósito de prestar más asistencia técnica inmediata durante los períodos de emergencia.

En lo que respecta al trato con el público, siga los puntos indicados en el capítulo 4.0. Este aspecto es muy

importante durante una emergencia cuando sus temores son mayores.

Se debe advertir al personal de la instalación que indique a los medios de comunicación que dirijan sus preguntas al funcionario de relaciones públicas. La información proporcionada debe ser consistente con los hechos observables.

Las notas de prensa deben ser frecuentes, en especial si se están produciendo cambios. Dé respuestas completas a las preguntas de los medios, pero no especule.

Referencias

Programa de Control de Desechos

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and

Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Gillespie, R; Development of a Waste Management Program at Petro-Canada, Edmonton Refinery;
sin fecha (¿1988?)

Evaluaciones de Impacto Ambiental

Alberta Environment; Environmental Impact Assessment Guidelines; Edmonton; diciembre 1985

La Gaceta (Diario Oficial) No. 199; Guía Básica Para la Elaboración de los Estudios de Impacto

Ambiental; decreto publicado en el diario oficial del Gobierno de Costa Rica; La Uruca, San José, Costa Rica; 22 de octubre de 1990

Ministerio de Salud, República de Colombia; Decreto No. 2104; Bogotá, D.E.; 26 de julio de 1983

Saskatchewan Ministry of Environmental and Public Safety; Supporting Documents for "The Future of Environmental Assessment in Saskatchewan"; Regina; agosto 1990

Evaluaciones de Riesgos

Chemical Engineering Progress; Understand the Basics of Risk Assessment; artículo de R. Kolluru;
marzo 1991

Auditorías Ambientales

Energy Environmentl Report; Environmental Audits: Don't Shoot Yourself in the Foot; artículo de W.

Tilleman; abril 1991; y conversación telefónica con W. Tilleman, enero 1992

Plan de Contingencias

International Labour Office; Code of Practice on the Prevention of Major Industrial Accidents; Ginebra; 1990

United Nations Environment Programme, Industry and Environment Office; APELL Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: A Process for Responding to Technological Accidents; París; 1988

Cuadro 5.1

El Peruano; Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos; Cuadro 3; Lima, Perú; 12 de noviembre de 1993.

Figura 5.1

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Figura 5.2

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Oficina de Asuntos Industriales y Ambientales; APELL Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: A Process for Responding to Technological Accidents; París; 1988

Cuadro 5.1

PROGRAMA PARA EL MONITOREO DE AGUAS EFLUENTES

CARACTERÍSTICAS	DESAGUES DOMESTICOS	EFLUENTE DE REFINERIA	Planta de destilación primaria	AGUAS PLUVIALES CONTAMINADAS ¹	EFLUENTE DE REFINERIA FCCU+	CUERPO DE AGUA RECEPTOR
Volumen	X	X	X	X	X	X
Temperatura	X	X	X	X	X	X

pH	X				
		X			
			X		
Conductivi-dad				X	
					X
		X			
TDS			X		
	X				
		X			
			X		
Cloruro					X
		X			
				X	
Demanda					X2
bioquímica de					
oxígeno					
	X				
Oxígeno					
disuelto					
	X				
Coliformes					X
totales					
	X				
Aceites &					
grasas					
		X			
			X		
				X	
Fósforo					X
	X				

Nitrógeno
amoniacal
X

Fenoles

X

Azufre

X

Plomo

X

Cadmio

X

Bario

X

X

Mercurio

X

X

Cromo

X

X

X

X

El punto de medida para los efluentes se encuentra en el desagüe de descarga final; para los cuerpos receptores, aproximadamente a 500 metros de la corriente ascendente y la corriente descendente del punto de entrada para los

ríos, y en el caso del mar y los lagos, la ubicación dependerá de las corrientes.

1 Únicamente si el sistema recolector y de tratamiento es separado de otros efluentes

2 Excepto en el mar

6.0 TÉCNICAS DE MANIPULACION PARA LA ELIMINACION DE DESECHOS

6.1 Fuentes de Desechos y Clasificación

Antes de poder presentar cualquier clasificación de desechos de refinería, dejando de lado cualquier tratamiento o eliminación, es necesario, en primer lugar, determinar dónde se están produciendo los desechos. Dentro de una refinería existen literalmente docenas de fuentes potenciales, las que se pueden agrupar en siete categorías principales:

- Antorcha y/o área del pozo de la antorcha (flare),
- instalaciones de almacenamiento y carga,
- unidades de proceso,
- plantas de servicios (vapor y agua de refrigeración),
- instalaciones para el tratamiento de aguas residuales,
- operaciones de mantenimiento,
- desechos de laboratorio.

Los desechos sólidos y/o líquidos pueden ser encontrados en cada una de dichas áreas. En la presente guía los desechos sólidos comprenden chatarra, desechos en general, botellas y catalizadores usados, medios de filtración, tales como arcilla, arena y tierra diatomácea, lodo y suelo contaminado con petróleo.

El Anexo A contiene información variada sobre desechos que normalmente se hallan en las refinerías de petróleo.

La información presentada se encuentra compuesta por una breve descripción de los métodos de almacenamiento, incompatibilidades, técnicas de tratamiento y eliminación, y respuesta de derrame.

Se recomienda consultar la segunda edición del Informe 90-5 del Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, donde obtendrá información sobre las propiedades físicas y químicas, efectos crónico-agudos para la salud, medidas de primeros auxilios y equipo de

protección personal.

Las propiedades físicas/químicas y el volumen son los criterios que se toman en cuenta para determinar si los desechos son peligrosos. Sin embargo, en muchos casos, el volumen límite es tan bajo que virtualmente todas las corrientes de desechos de las refinerías no cumplen con dicho criterio. Para todo propósito basta considerar sólo la naturaleza de la corriente.

Los desechos de la industria del petróleo se clasifican en 30 tipos, los cuales han sido agrupados en 5 categorías: aceites, sustancias químicas orgánicas, sustancias químicas inorgánicas, metales y diversos. En el Anexo N°1 del RPAAH y en el Anexo B de este documento se incluye una lista de los tipos de desechos.

Los desechos que no estén incluidos en dichas listas deben ser clasificados de acuerdo con las siguientes propiedades:

- explosividad,
- inflamabilidad/combustibilidad,
- corrosividad,
- reactividad,
- toxicidad,
- radioactividad,
- lixivialidad.

En el caso de desechos sólidos y semisólidos, es necesario realizar una prueba de lixiviado para determinar el grado de toxicidad del extracto acuoso de los desechos para así establecer la posibilidad de contaminación del suelo y del agua del subsuelo con metales tóxicos lixiviables como lo son ciertos metales pesados.

No cumplir con el límite en lo concerniente a alguna de estas ocho propiedades es suficiente para clasificar a los desechos como peligrosos.

Los siguientes puntos deben considerarse al elaborar la lista de desechos peligrosos presentes en la refinería.

-- Con frecuencia los criterios de clasificación son extremadamente complejos. Se recomienda que el supervisor del control de desechos se ponga en contacto con la entidad estatal pertinente, con el fin de determinar los últimos requisitos reglamentarios con respecto a clasificación, etiquetado, comunicación de peligro, transporte y eliminación.

-- Los contenedores sin enjuagar que almacenen ciertos materiales peligrosos, podrían ser considerados peligrosos.

-- Normalmente se requieren permisos y certificados de aprobación para manipular o transportar desechos peligrosos. Por lo general, éstos se emiten teniendo en cuenta cada caso y siguiendo un amplio análisis técnico de los programas propuestos para el manejo de los desechos. Se recomienda que la refinería tenga pleno conocimiento de la naturaleza de sus corrientes de desechos antes de solicitar certificados de aprobación y permisos.

La Figura 6.1 ilustra un ejemplo del organigrama de decisión sobre clasificación de desechos. Este proceso debe repetirse para cada corriente de desechos.

6.2 Transporte a las Instalaciones Exteriores de Eliminación

Generalmente, los desechos son transportados desde la refinería hacia las instalaciones de desechos industriales.

La refinería tiene una importante participación en la responsabilidad de asegurar que los desechos sean entregados en forma segura a dicha instalación. Como remitente de mercancías que podrían causar daño al público, la refinería debe clasificar, documentar y etiquetar los envíos, así como reportar cualquier incidente. La refinería debe también capacitar personal para asegurar el cumplimiento de los procedimientos adecuados.

El supervisor del programa de control de desechos, o la persona que éste designe, debe conocer los reglamentos pertinentes para el transporte de desechos.

Todas las personas que participan en la manipulación, envío, recepción, acarreo y administración del transporte de desechos considerados peligrosos para el público deben estar debidamente capacitadas o encontrarse bajo la supervisión directa de una persona capacitada.

Es responsabilidad de la refinería clasificar apropiadamente los desechos a enviar.

La consignación debe ir acompañada de un manifiesto de desechos completo y preciso. Entre la información incluída debe figurar la siguiente:

- Tipo y cantidad de desechos e información sobre la clasificación respectiva,
- identidad del generador de desechos, el transporte y el destinatario,
- fecha de envío y fecha de llegada prevista al lugar de destino,
- instrucciones de manipulación especial y de emergencia aplicables a los desechos.

La refinería debe asegurarse que envía desechos peligrosos sólo en empresas de transporte para manipular tales desechos. Los vehículos y cualquiera de sus contenedores de desechos debe cumplir con las normas de seguridad apropiadas, y los conductores deben estar debidamente capacitados en los procedimientos para la manipulación de tales desechos. La refinería debe asegurarse que la empresa de transporte tenga un adecuado seguro de responsabilidad civil.

La refinería debe asegurarse que envía desechos peligrosos sólo a instalaciones aptas para manipular o tratar tales desechos.

La refinería debe asegurarse que se coloquen las debidas etiquetas de seguridad, afiches y avisos de peligro en los vehículos que contengan desechos, y si fuese posible, en los contenedores de desechos de ese vehículo.

Las autoridades de transporte y medio ambiente deben ser informadas sobre cualquier tipo de fugas, derrames, incendios, etc. que tengan que ver con los vehículos que transporten desechos considerados peligrosos. Los incidentes que representen o puedan representar una amenaza para la salud humana y el medio ambiente deberán informarse de inmediato. Los incidentes menos graves deben informarse dentro de un período razonable, menor de treinta días.

La refinería deberá preparar planes de contingencia con respuesta a las emergencias con el fin de atender los accidentes de transporte y deberá asegurarse que la empresa de transporte tenga conocimiento de ellos. Asimismo, la refinería deberá mantenerse informada sobre los planes de emergencia de la empresa de transporte.

6.3 Almacenamiento de Desechos Peligrosos

Cuando se crea una unidad de manipulación/tratamiento de desechos peligrosos en planta, se requiere mayor capacidad de almacenamiento para el excedente de producción de la refinería, especialmente cuando la instalación esté fuera de servicio, y para la mezcla de corrientes de desechos. Si bien los desechos mezclados y almacenados de esta manera serían normalmente líquidos, debe existir un lugar de almacenamiento apropiado para materiales sólidos. Asimismo, deben haber disposiciones con respecto a los cilindros antes de su tratamiento o destrucción en incineradores.

6.3.1 Permisos

Si la refinería quiere construir un lugar para disponer residuos peligrosos debe preparar un EIA y obtener la autorización de la DGH para operar dichas instalaciones.

6.3.2 Salud en General y Seguridad Ambiental

En el interés por aumentar la seguridad pública y la protección ambiental, deberá reducirse al mínimo el volumen de desechos peligrosos almacenados.

La instalación de almacenamiento debe ser de fácil acceso en caso de incendios y otros procedimientos de emergencia.

El emplazamiento no debe estar expuesto a inundaciones causadas por una tormenta de 24 horas en un período de

10 años. La amenaza a la calidad de las aguas superficiales del subsuelo, la salud humana y el medio ambiente, debe ser mínima.

La construcción de las instalaciones debe estar de acuerdo con los códigos aplicables de construcción, incendios, y diseño de equipos. Los desechos peligrosos que se encuentren en las instalaciones de almacenamiento no deben:

- generar presión o calor extremo
- producir neblinas tóxicas , humos, polvos o gases sin control y en tal cantidad que amenacen la salud humana o creen riesgo de incendio o explosión
- dañar la integridad estructural de la instalación de almacenamiento.

El acceso a la instalación de almacenamiento deberá limitarse al personal autorizado que ha sido capacitado en los procedimientos normales y de emergencia. Estos procedimientos deben estar al alcance de los empleados que tienen acceso a la instalación.

La instalación de almacenamiento debe mostrar carteles visibles desde cierta distancia en los cuales indiquen que en dicho emplazamiento están siendo almacenados desechos peligrosos.

Los desechos incompatibles deben ser almacenados de modo que no sea posible el contacto en caso de un escape accidental.

Se recomienda no almacenar equipos y desechos contaminados con PCB junto a otros desechos.

6.3.3 Instalaciones de Almacenamiento que emplean Tanques

Todos los tanques que contienen desechos líquidos deben estar cercados por un dique de tierra o su equivalente.

La capacidad del dique debe ser del 110% de la capacidad del tanque o si existiese más de un tanque en el complejo, la capacidad será del 110% de la del tanque más grande más el 10% de la capacidad total de los otros tanques.

El área del dique, incluyendo el área debajo del tanque, debe estar revestida por una capa de arcilla con una permeabilidad de 10^{-7} cm/seg o menos y un espesor de 0.5 metros o más. En vez de una barrera de arcilla, podría emplearse un revestimiento de plástico. Para mayor información acerca de estos revestimientos consulte los textos "Flexible Synthetic Liners and Their Use in Liquid Waste Impoundments" (abril, 1984) y "Guidelines for the Quality Assurance of Geomembrane Liners for Environmental Protection" (marzo, 1986), ambos publicados por Alberta Environment.

La resistencia de la pared del dique debe permitirle soportar la carga hidrostática cuando está llena de líquido. Las fugas provenientes del tanque hacia el área protegida por diques no podrán ingresar en el resto de la instalación de

almacenamiento ni más allá, incluso los desagües. Deberá tenerse cuidado que los animales de madriguera no dañen la integridad del dique.

El área dentro del dique debe tener una pendiente, un sumidero y encontrarse provista de la tubería necesaria para permitir la remoción de agua de lluvia. La tubería debe pasar sobre el dique no a través de éste. El sumidero debe estar conectado al desagüe de procesos en caso de existir riesgo de contaminación de petróleo.

En los casos en que sea físicamente imposible cercar el(los) tanque(s) con un dique, deberá construirse un sistema de drenaje hacia pozas colectoras con una capacidad por lo menos igual al 110% del tanque más grande.

Siempre que las presiones de vapor lo justifiquen, el tanque deberá estar dotado de algunos medios destinados a controlar las emisiones por evaporación, tales como una antorcha, un lecho de carbón activado, un lavador (scrubber), recompresión e inyección de vapor, sistema de gas inerte, etc. de modo tal que no se sobrepasen los criterios para la calidad del aire indicados en el Cuadro 2 del RPAAH (Consulte el Cuadro 9.1 de este documento).

Cuando los desechos peligrosos ingresan continuamente al tanque, el sistema alimentador deberá estar provisto de un mecanismo de cierre automático o de desvío, los cuales serán activados por un sensor de nivel alto del tanque. Deberá existir en el tanque una alarma de alto nivel colocada de tal modo que permita al operador tener tiempo suficiente para tomar las medidas del caso si el tanque estuviese en peligro de ser sobrellenado. En lo posible, debe indicarse en los tanques el tipo de desechos que almacenan.

Algunas veces los desechos son mezclados y luego almacenados antes de realizar la incineración final. Los desechos similares deben juntarse para asegurar una mayor uniformidad en la calidad del combustible. Los materiales incompatibles deben ser separados y no se deben mezclar desechos peligrosos con materiales no peligrosos. Estas dos últimas especificaciones se aplican no sólo a los desechos que se emplearán como combustibles, sino al almacenamiento de todo tipo de desechos.

6.3.4 Instalaciones de Almacenamiento que emplean Contenedores

Una instalación de almacenamiento para contenedores (con capacidad de 454 litros o menos) que contienen desechos líquidos peligrosos deberá contar con la siguiente estructura:

- Un piso que no reaccionará ni absorberá ningún tipo de desechos o componentes de los mismos.
- Un sardinel impermeable continuo, de por lo menos 15 cm. de altura, alrededor del perímetro del piso, sin brechas entre el piso y el revestimiento.
- Sin desagües del piso que estén directamente conectados a un desagüe.

- Paredes laterales y techo apropiados para proteger a los contenedores de la interperie. Siempre que sea necesario, deberán tomarse medidas para evitar que los cilindros se congelen o recalienten.

El emplazamiento de carga/descarga deberá contar con instalaciones para contener cualquier derrame. Estas deben estar revestidas de hormigón o su equivalente, con el fin de que la limpieza del derrame no signifique un aumento considerable de desechos a ser tratados, como podría ser el resultado de un derrame sobre el suelo.

Los contenedores con desechos sólidos peligrosos deben almacenarse de preferencia dentro de una estructura similar a la utilizada para desechos líquidos peligrosos. Si no fuese posible, aquéllos deberán tener características de contención secundarias, tales como revestimientos plásticos interiores o algún tipo de contenedor dentro de otro.

Otros diseños que se empleen para el almacenamiento de contenedores con desechos peligrosos, líquidos y sólidos, deben cumplir con las recomendaciones antes mencionadas.

Si un contenedor empezase a tener fugas, éste deberá colocarse dentro de otro o en su defecto el contenido deberá transferirse a un contenedor en buenas condiciones.

Cada contenedor deberá estar debidamente etiquetado, indicando la identidad de los desechos.

Los contenedores deberán estar permanentemente cerrados a menos que deban agregarse o removerse desechos.

Los contenedores deben ser manipulados de acuerdo con los reglamentos de seguridad pertinentes. Se deberá contener y limpiar cualquier derrame de material durante la apertura, manipulación y almacenamiento .

En un capítulo posterior encontrará información sobre los procedimientos para el almacenamiento de equipo antiguo que contiene desechos contaminados con PCB.

6.3.5 Inspección y Registro de Datos

El propietario/operador de la instalación de almacenamiento deberá mantener registros completos y precisos que indiquen la fecha, tipo, cantidad, lugar de almacenamiento en la instalación y el punto de origen/destino de todos los desechos peligrosos llevados a la instalación o retirados de ésta.

El operador deberá registrar información suficiente (temperatura, presión, niveles, transferencias, análisis, etc.) cuya frecuencia demuestre que la instalación está funcionando normalmente.

Deben llevarse registros adecuados de la recepción de desechos nuevos, transferencias entre tanques y bombeos para su tratamiento/eliminación con el fin de asegurarse que los desechos incompatibles no sean mezclados y que los mezclados para incineración final sean de calidad consistente y adecuada.

Deberá aplicarse un programa de inspección y monitoreo de corrosión para determinar la integridad estructural del equipo y de las tuberías.

El operador debe efectuar inspecciones visuales de rutina al área de almacenamiento para verificar la presencia de fugas y tomar las acciones del caso si fuese necesario.

Antes de realizar las transferencias a un tanque, el operador deberá asegurarse de que el mecanismo de cierre automático (o de desvío) se encuentre en buenas condiciones.

Referencias

Clasificación de Desechos

Alberta Environment; Alberta User Guide for Waste Managers; Edmonton; 1991

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Transporte de Mercancías Peligrosas

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Government of Manitoba; The Dangerous Goods Handling and Transportation Act; estatuto provincial; Winnipeg

Instalaciones de Almacenamiento

Alberta Environment; Hazardous Waste Storage Guidelines; Edmonton; junio 1988

7.0 TECNICAS PARA LA REDUCCION DE DESECHOS

La reducción de desechos comprende cualquier medida destinada a reducir la cantidad de desechos antes de llevar a cabo el tratamiento o la eliminación. Esto incluiría reducción en la fuente por medio de modificaciones del proceso (no tratadas en este documento, con la excepción de la reducción de lodo), recuperación de producto, venta o intercambio de desechos con otra compañía para la recuperación de productos secundarios.

El tratamiento se refiere a cualquier actividad que elimine o reduzca el volumen o la naturaleza peligrosa de algún desecho, preparándolo para la eliminación. Existen tres tipos básicos de tratamiento: biológico, térmico y físico/químico. Estos originan cambios en los desechos.

La eliminación se explica por sí sola. No se cambia la naturaleza o el volumen de los desechos aunque algunas veces éstos son encapsulados para evitar la lixiviación en el medio ambiente. Las formas comunes de eliminación son la inyección en pozos profundos para líquidos y mediante relleno de tierra para sólidos.

El almacenamiento de desechos deberá también tenerse en cuenta antes de realizar la eliminación o el tratamiento final, especialmente si existen problemas tecnológicos o políticos relacionados con el destino final de los desechos. Un ejemplo es el problema de los PCB.

Aquí se ofrecerá un enfoque global de las cuatro fases de manipulación de desechos. Se han preparado guías de protección ambiental para las opciones más convencionales de tratamiento/eliminación de desechos. Sin embargo, en este documento sólo pueden proporcionarse descripciones superficiales de los procesos de tratamiento que se están multiplicando rápidamente, pero éstas descripciones darán una indicación de la gran variedad de opciones existentes en este campo. Además, se tratará acerca de la manipulación de tipos especiales de desechos de refinería.

Cuando se considere el uso de tecnología para la recuperación de desechos, será importante resaltar que muchos de estos procesos son específicos con respecto al emplazamiento y a la carga de alimentación. Debe realizarse una completa evaluación del proceso para confirmar su viabilidad en las condiciones operativas de la refinería. De igual modo, la eficiencia de las diversas técnicas de tratamiento, destrucción y eliminación depende, en cierto modo, de la calidad de la carga de alimentación.

El programa de control de desechos debe:

- En primer lugar, investigar los medios de reducción del volumen producido.
- Determinar donde puede haber incentivos económicos para reciclar desechos líquidos (sección 7.1).
- Determinar qué instalaciones se requieren para la transferencia de desechos a otros lugares, tanto en planta como fuera de ella.

7.1 Reciclaje de Desechos Líquidos

Se deberán hacer todos los esfuerzos para reciclar desechos líquidos. Sin embargo, al hacerlo se deberá tener cuidado, con el fin de evitar problemas en los procesos que siguen. Si el volumen de desechos o reciclaje es significativo, se deberán realizar verificaciones técnicas - hidráulicas, cargas térmicas, cambios de composición, alteración de perfiles de temperatura , etc.- para asegurarse de que no existirán problemas metalúrgicos o de corrosión. Si se reciclan desechos provenientes de instalaciones externas a la refinería (por ejemplo, aceite para motores usado, el cual proviene de las estaciones de servicio) es extremadamente importante conocer sus componentes. Basándonos en esa información, los desechos pueden ser inyectados a los procesos de la refinería en las unidades más apropiadas para evitar envenenamiento de catalizadores, problemas de corrosión, etc.

Existen muchas formas de reciclaje de petróleo: reprocesamiento de productos desechados, recuperación de petróleo procedente de lodos, recuperación de aceite procedente de separadores API, etc. Quizá la clasificación más apropiada podría ser reducción de pérdidas de productos en vez de reciclaje de desechos.

A continuación se describen cuatro maneras en las que se podrían volver a utilizar las corrientes de desechos.

El agua ácida, rica en fenoles, podría ser inyectada en la carga de crudo antes de la desaladora de crudo. De preferencia, los fenoles irán a la fase de hidrocarburos (En este caso, el coeficiente de repartición es 1,27, es decir, en equilibrio la concentración de fenoles en el crudo será 1,27 veces la concentración de fenoles de la fase acuosa de la unidad desaladora de crudo. Las masas relativas de los dos líquidos determinarán la cantidad de fenoles transferidos). Pruebas realizadas en una refinería indicaron que más del 90% de los fenoles en la corriente de inyección fueron transferidos al crudo, reduciendo notablemente la cantidad de fenoles que ingresaron a la unidad de tratamiento de aguas residuales.

En vez de soda cáustica nueva temperatura del proceso no causen fragilidad cáustica en la tubería.

La soda cáustica fenólica usada puede emplearse para que reaccione con compuestos amoniacales en la alimentación al despojador de agua ácida para producir amoníaco, el cual puede entonces ser removido. Obsérvese que si la concentración cáustica es demasiado elevada, podrían surgir problemas metalúrgicos.

El ácido sulfúrico usado puede ser devuelto al fabricante.

Cada vez se presta mayor atención a la recirculación de las aguas residuales tratadas con el fin de reducir la cantidad que finalmente se descarga en la salida de la refinería. Un programa debidamente planificado para el re-uso del agua logrará mejores resultados. Todas las corrientes de aguas residuales son catalogadas según la medida del caudal y los contaminantes. Estos datos son luego confrontados con los requisitos para las diversas corrientes de agua (aguas de proceso, aguas de alimentación del caldero, aguas de enfriamiento, aguas contra incendios, aguas para servicios sanitarios). El siguiente paso es determinar qué tratamiento, si lo hubiese, será necesario. En el artículo científico titulado "Water Reuse Within a Refinery" por K. Eble y J. Feathers (artículo científico AM-92-08 de la Asociación Nacional de Refinadores de Petróleo) encontrará una excelente discusión acerca de este procedimiento.

7.2 Programa para el Intercambio de Desechos

Esta categoría de reducción de desechos comprende la transferencia de desechos a otra parte que posee un interés económico en esos desechos, ya sea por lo que éstos contienen o porque pueden ser empleados en un proceso distinto. Para la refinería, el resultado es una reducción del volumen de desechos a ser manipulado, lo cual no sólo

representa un ahorro en los costos de eliminación de desechos sino que genera un ingreso.

Además, el concepto de impuesto ambiental, por el cual las compañías deben pagar una tarifa por todos los materiales de desecho y emisiones, está ganando terreno. Este es otro incentivo para reducir al mínimo la producción de desechos.

Debido a que los desechos están siendo enviados fuera de la refinería, deben cumplirse con todos los reglamentos de transporte. El personal de la refinería tendrá que asegurarse de emplear sólo las empresas autorizadas para manipular esos desechos en particular, de tratar los desechos en instalaciones autorizadas y de presentar los manifiestos, así como la documentación pertinente. Para mayor información consulte la sección 6.2.

La práctica de intercambio de desechos está extendiéndose rápidamente. La dificultad inicial radica en encontrar clientes, quienes podrían pertenecer a cualquier sector de la industria, para corrientes de desechos específicos. Debido a la posibilidad de una respuesta adversa por parte de la prensa, algunas compañías se muestran renuentes a anunciar que producen o podrían emplear ciertos desechos. Pueden crearse entidades gubernamentales destinadas a proporcionar una oficina de información, aunque con carácter confidencial. Generalmente, la participación del gobierno finaliza una vez que se inician las negociaciones entre las partes interesadas.

Existen muchos ejemplos sobre dichos intercambios que afectan a los desechos de las refinerías de petróleo. Algunos son:

- Desechos fenólicos para ser re-usados en la producción de plásticos de fenol/formaldehído,
- Residuos ácidos para la neutralización de desechos alcalinos,
- Residuos ácidos para lixiviar metales de las cenizas,
- Soda cáustica usada para el lavado (scrubbing) de gases ácidos.

Si se piensa establecer un contrato a largo plazo con otra compañía para reciclar desechos de refinerías, es recomendable asegurarse de que los desechos sean los adecuados para el propósito de la otra compañía.

Por ejemplo, la soda cáustica fenólica usada puede ser procesada para la recuperación de ácidos cresílicos. La soda cáustica sulfúrica usada es empleada por la industria de pulpa y papel. Sin embargo, con frecuencia las dos corrientes cáusticas son mezcladas. El resultado podría ser la existencia de suficientes compuestos sulfúricos que no permitirían el procesamiento de la mezcla para la recuperación de ácido cresílico y, al mismo tiempo, habría demasiados fenoles para ser empleados en la fábrica de pulpa y papel.

Donde sea necesario, separe los desechos con el fin de mantenerlos apropiados para su intercambio.

La recuperación de metales se explica por sí misma. Los catalizadores usados, tales como aquéllos empleados para el hidrocracking e hidrotratamiento contienen pequeñas, pero apreciables, cantidades de metales como tungsteno, cobalto, níquel y molibdeno. Antes de la eliminación, debe determinarse si existe un mercado para los metales en cuestión. Algunos catalizadores, especialmente para reformado contienen platino (y con frecuencia un segundo metal llamado renio). El valor extremadamente elevado del metal precioso impide considerar al catalizador usado como desecho. Por el contrario, es enviado a un recuperador y el platino recuperado es mantenido como un inventario para cargas futuras del catalizador.

En la sección 11.2 encontrará una explicación en torno a los catalizadores usados. Existen preocupaciones específicas con respecto al medio ambiente y a la seguridad que debe tenerse en consideración.

La reventa es similar al intercambio de desechos. Un ejemplo de ello sería la venta de catalizadores antiguos, equipo sobrante y chatarra. En el caso del catalizador que ya no puede emplearse para el servicio original, se pueden investigar varias opciones: regeneración y re-uso en el mismo servicio; degradación a una operación menos severa dentro de la refinería (por ejemplo, de hidrotratamiento de nafta a tratamiento de gasóleo) y venta a otra refinería. Esta última opción se aplica frecuentemente con el catalizador de equilibrio FCC, que ya no satisface el programa de producción de una refinería específica.

7.3 Recuperación de Petróleo Procedente de los Lodos

Los lodos de las refinerías representan un gran problema para cualquier programa de control de desechos. Según la fuente del lodo, el contenido de petróleo puede variar de 3-20%, sólidos 5-25% y agua 60-90%. En algunos casos existe un incentivo comercial para recuperar el petróleo. De cualquier modo, la reducción en la cantidad de desechos a ser tratada puede dar como resultado un apreciable ahorro en el costo.

El programa de control de desechos debe:

- En primer lugar, investigar los medios para la reducción del volumen producido (sección 7.3.1).

- Determinar donde puede haber incentivos económicos para recuperar el petróleo procedente de los lodos y determinar si esto debería realizarse en planta o fuera de ella. En caso de efectuarse fuera de planta, existen otros puntos que han de tenerse en consideración (sección 7.3.2).

- Determinar las tecnologías apropiadas para realizar la remoción de petróleo (sección 7.3.3).

7.3.1 Reducción de la Producción de Lodos

La experiencia ha demostrado que reduciendo al mínimo la cantidad de suciedad y de aguas

superficiales que drenan a los desagües de proceso se aminoran enormemente la formación de lodos.

La cantidad de suciedad, polvo y otras partículas que van al desagüe de proceso (aceitoso) puede

disminuirse mediante la instalación de lozas de concreto y sardineles en las unidades de proceso y

pavimentando los caminos que conducen a la refinería, etc. El funcionamiento adecuado del sistema de

tratamiento de aguas residuales reducirá notablemente la cantidad de lodos producidos en esa área de

la refinería. Con frecuencia los fondos de la torre fraccionadora de la unidad FCC y las suspensiones

aceitosas (slurry) contienen finos del catalizador. La cantidad posiblemente podría reducirse cambiando

a un catalizador más resistente al desgaste e instalando mejores ciclones en los reactores y un

sedimentador de suspensiones.

Los desagües de aguas pluviales deben ser separados de los de aguas aceitosas. Generalmente, las

refinerías emplean la laguna de retención de aguas pluviales para el almacenamiento temporal de

aguas aceitosas, lo cual puede generar la contaminación de los lodos en la laguna de retención.

El petróleo es el tercer ingrediente necesario para la formación de lodos. Debe fomentarse y monitorearse el mínimo drenaje de petróleo a los desagües. Algunas refinerías recolectan y recuperan

el petróleo procedente de los sumideros o tanques enterrados de aguas aceitosas, los cuales están

ubicadas en cada unidad principal de procesamiento. El drenaje de agua de la desaladora de crudos es

la mayor fuente de petróleo que ingresa al desagüe de proceso. Esta operación es un arte y requiere de

un minucioso control.

El uso de polielectrolitos en lugar de sustancias químicas de floculación en las unidades de flotación de

la unidad de tratamiento de aguas residuales ha permitido notables reducciones de lodos en dicha área

de la planta.

7.3.2 Deshidratación de Lodos a través de Contratistas Externos

Estudios realizados han demostrado que generalmente una "típica" refinería no produce cantidades

suficientes de lodos para justificar económicamente la instalación de un sistema completo de

deshidratación de lodos destinado a la recuperación de petróleo. En algunos casos, donde diversas

refinerías se encuentran ubicadas cerca en una misma zona geográfica, se han creado compañías que

extraen los lodos de varias refinerías mediante contrato. Mientras que ésta podría ser una opción

interesante, existen algunas precauciones que se deben tener en cuenta, especialmente en vista de las

posibles responsabilidades legales implícitas en el concepto de ciclo total del control de desechos.

- Inspeccionar cuidadosamente las instalaciones del contratista para asegurarse de que pueda manipular las cantidades de lodo necesarias.
- Verificar que el contratista posea un permiso válido para manipular el lodo en cuestión.
- Verificar si existen características de seguridad adecuadas para proteger a los empleados del contratista contra materiales peligrosos, especialmente si se emplean filtros de placa y bastidor.
- Determinar si el contratista emplea ácido u otras sustancias químicas para reducir el pH antes del tratamiento. (Como resultado podría producirse el desprendimiento de H₂S o cianuros)
- Determinar las posibles responsabilidades legales de la refinería en caso de contratiempos o accidentes en el emplazamiento del contratista.
- Se necesitará personal apropiado de la refinería (y capacitado) para preparar la documentación de embarque necesaria.

7.3.3 Métodos para la Recuperación de Petróleo

Los volúmenes de residuo del fondo de los tanques pueden reducirse inyectando petróleo caliente al tanque y haciéndolo circular para disolver los compuestos cerosos y gelatinosos. El petróleo recuperado es redestilado en la unidad de crudos. Entre los solventes más usados se encuentran los gasóleos. Se recomienda no calentar el petróleo circulante por encima de su temperatura de inflamación o de la de los sedimentos del tanque. Los mezcladores del tanque aumentarán la efectividad de la operación. Los mezcladores de ángulo variable son mejores que los tradicionales para la suspensión de sedimentos a fin de que pueden ser reciclados. Se han realizado algunos trabajos, con muy buenos resultados en las pruebas hasta el momento, empleando limpiadores de tanques a chorro. Estos pueden instalarse ya sea como unidades de rotación situadas centralmente o conectarse a diversas entradas de acceso del tanque.

Un método muy común para reducir la cantidad de lodos es la sedimentación por gravedad en tanques de almacenamiento de lodos de modo que el agua pueda ser decantada. De hecho, la deshidratación (generalmente acompañada de acondicionamiento químico) es un prerrequisito para casi todos los procesos de tratamiento de lodos. Algunas veces se emplean demulsificadores, calor y solventes para mejorar y acelerar el proceso.

Antiguamente algunas refinerías esparcían los lodos en pozas o dentro del dique de tanques para exponerlos a la intemperie, es decir, evaporar el agua y los hidrocarburos ligeros. Existen muchas desventajas importantes en este proceso: olores, posible contaminación del suelo, mezcla del agua de

lluvia con el lodo esparcido, poca o nula evaporación en invierno y durante períodos fríos. Este proceso no es recomendable.

Existen varios procesos comerciales patentados que emplean la extracción por solventes. Uno de ellos

combina tres operaciones: filtración, extracción con solventes de la torta y fijación del lodo extraído.

Este proceso no crea nuevos problemas en el tratamiento del agua. Son diversos los solventes que se

emplean, todos ellos productos comunes de refinería. El primero es un hidrocarburo ligero, como el

propano, que se emplea para la separación de la mayor parte de petróleo ; el segundo es más pesado,

normalmente reformado, empleado para remover aromáticos polinucleares; el tercero es un hidrocarburo ligero usado para remover solventes residuales de segundo ciclo y cualquier aceite no

asfáltico remanente.

A comienzos de 1991 entró en funcionamiento un proceso que emplea propano líquido. Se afirma que

dicho proceso puede manipular, en forma efectiva, una variedad de desechos que abarcan desde suelos

contaminados, lodos no asfálticos pesados hasta lodos de plantas para el tratamiento de aguas

residuales. El agua tratada que sale del proceso puede ser dirigida a la unidad de tratamiento de aguas

residuales.

Los metales pesados e inorgánicos no se extraen por medio de solventes. Estos se concentran en la

fracción de sólidos tratados y son inmovilizados empleando técnicas tradicionales de fijación química.

Al parecer, el MEJOR proceso que emplea trietilamina produce petróleo con menos del 1% de

sedimento y agua, un sólido con menos del 0,2% de agua y una fase líquida con menos de 500 mg/l de

contenido orgánico total. Actualmente esta tecnología se somete a prueba.

Algunas refinerías mezclan ciertos tipos de lodos (por ejemplo, lodo de separador API, flotación DAF

(dissolved air flotation), sólidos emulsionados de aceites de desechos) con petróleo de desperdicio (slop

oils) y los inyectan en unidades coquificadoras - Coquificadoras retardadas y fluidas. Este puede ser un

método económico pero es una opción abierta sólo a un número limitado de refinerías. Sin embargo,

obsérvese que los lodos sin tratar que contienen metales pueden causar degradación en la calidad del

coque. Las unidades de cracking térmico también pueden procesar muchos tipos de lodos.

Las centrifugas ofrecen una opción factible cuando el volumen de lodo aceitoso justifica la recuperación de petróleo. Generalmente, están en funcionamiento durante algunas semanas cada

cierto tiempo. La información sobre el funcionamiento muestra que no se necesita ni calor ni sustancias

químicas para mejorar el rendimiento. Debido al desarrollo del tratamiento de la superficie por carburo

de tungsteno algunos años atrás, la durabilidad de las centrifugas ha mejorado enormemente. Un tipo muy común de centrifuga que se emplea en las refinerías es la de tipo espiral, básicamente se trata de un transportador helicoidal dentro de un recipiente. La torta tiene un alto contenido de sólidos, los cuales no podrían ser bombeados. Además, el efluente puede contener residuos, requiriendo así mayor tratamiento. Con frecuencia se emplea una centrifuga para la remoción de sólidos en la primera etapa y un filtro de placa y bastidor para la limpieza de la segunda etapa.

Tanto los filtros de vacío giratorios como los filtros de fajas de gravedad se utilizan ampliamente para los procesos de filtración y deshidratación, respectivamente, del biolodo municipal. Un filtro de vacío giratorio está compuesto de un tambor horizontal con compartimiento y un medio filtrante en la superficie externa. Este filtro rota sumergido parcialmente mientras el vacío succiona el líquido hacia los compartimientos del tambor. El consumo de energía es relativamente bajo. Sin embargo, podría necesitarse un recubrimiento preliminar si el filtro tendiese a obstruirse. Para los lodos aceitosos podría ser necesario agregar sólidos inertes a la alimentación equivalente a la cantidad de sólidos que hay en los desechos. Los filtros de fajas de gravedad están conformados por una faja móvil a través de la cual drena el agua libre. El lodo luego es prensado entre dos fajas móviles impulsando el agua y el petróleo a través de la faja. Debido a que las partes se mueven lentamente, existen menos problemas de mantenimiento que con las centrifugas. Además, el consumo de energía es razonable y la torta es relativamente seca y firme. Sin embargo, existen algunas desventajas: se necesita un suministro de agua; polímeros costosos de peso molecular elevado deben mezclarse con el lodo para causar coagulación; los polímeros son sensibles al pH.

Para manipular lodos con muy poco petróleo por recuperar y cualquier tipo de residuos de lodo al cual se le ha extraído el petróleo, existe una variedad de opciones de tratamientos finales por evaluar. Estos son el tratamiento en terrenos (sección 8.2), fijación química (sección 10.3) e incineración (capítulo 9.0). Obsérvese que el lodo tratado para removerle el aceite tiene un valor calorífico reducido y deberá quemarse otros desechos con mayor poder calorífico o gas combustible para mantener la combustión en el incinerador.

Referencias

Reducción de Desechos

- Franklin, N., Barron, N.; Phenol Removal from Sour Water to Crude; dos memorandos de British Petroleum Trafalgar Refinery; Oakville, Ontario; 26 de abril y 29 de mayo de 1974
- National Petroleum Refiners' Association paper AM-92-08; Water Reuse Within a

Refinery; documento presentado por K. Eble, J. Feathers; Washington, D.C.; marzo 1992

Intercambios y Reventas

Process Industries Canada; Your Industrial Waste -Garbage or Gold?; artículo de B. Laughlin; abril/mayo 1985

Técnicas de Reducción de Lodos

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

National Petroleum Refiners' Association; 1989 NPRA Session Notes; páginas 159-174; 1989 NPRA Session Notes

National Petroleum Refiners' Association AM-90-48; Treatment Technologies for Refinery Wastes and Wastewaters; exposición de D. Schleck; Washington; 1990

Oil & Gas Journal; Propane Extraction Treats Refinery Wastes to BDAT Standards; artículo de R. de Filippi y J. Markiewicz; 9 de setiembre de 1991

Oil & Gas Journal; Refiner Biodegrades Separator-Type Sludge to BDAT Standards; artículo de R. Vail, 11 de noviembre de 1991

Oil & Gas Journal; Solvent Extraction of Refinery Wastes Rates EPA BDAT; artículo de L. Roche, R. Derby y D. Wagner; 7 de enero de 1991

8.0 TECNICAS PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS

Existe una variedad de técnicas de tratamiento muy comunes. Estas se tratarán aquí junto con algunos procesos comerciales que recientemente han entrado en funcionamiento. La tecnología aún en período de planta piloto y los proyectos de investigación no se hallan incluidos en los alcances de la presente guía.

8.1 Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales es uno de los segmentos más importantes del programa de protección ambiental de una refinería. La cantidad de agua contaminada, como resultado del funcionamiento de la planta, puede alcanzar el 50-100% del consumo total de la refinería. Esta sección no se ocupará del diseño de ingeniería de alguna unidad de tratamiento de aguas residuales, excepto una breve descripción de una unidad tradicional, pero sí abordará los métodos destinados a mantener el rendimiento operativo. Existe una variedad de desechos líquidos que pueden ser tratados mediante la biodegradación, si ésta se realiza a un caudal controlado y tomando ciertas precauciones.

Las aguas residuales proceden de diversas fuentes: aguas de proceso (o aceitosas), aguas en lastre, purga de aguas de enfriamiento, purga de calderas, escorrentía de aguas pluviales, agua ácida, desechos sanitarios. Dependiendo de la fuente, el tratamiento debe remover sólidos disueltos, aceites, fenoles, amoníaco, sulfuros y

otras sustancias químicas.

Entre las numerosas sustancias químicas descargadas en las aguas residuales se hallan el EDTA en la purga de calderas, el cual forma complejos con los metales pesados; los ácidos nafténicos procedentes del lavado cáustico de kerosene y turbo combustible ; el cromo, zinc y biocidas procedentes de purgas de aguas de enfriamiento, hidróxido de calcio procedente del ablandamiento de agua de alimentación de las calderas [sales de sodio y amonio de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) son añadidos como quelador para limpiar el óxido de hierro y las escamas procedentes de los tubos de las calderas].

La figura 8.1 es una representación esquemática de las corrientes de desechos que deben someterse a tratamiento antes de ser descargadas al lago o río.

8.1.1 Minimización de Aguas Residuales/Contaminación

Se puede lograr una notable mejora en el funcionamiento del purificador de aguas residuales si se puede reducir al mínimo los flujos de aceite, sustancias químicas y agua.

Deben estudiarse todas las corrientes que actualmente van dirigidas a los desagües de proceso. La cantidad de cada corriente debe ser evaluada en términos de efectividad. ¿Se están despojando excesivamente los productos de destilación?, ¿se están descartando prematuramente las soluciones de tratamiento usadas (ácido, cáustico, glicol, etc), que deben ser eliminadas por esta vía?

En lo posible, las corrientes que actualmente son drenadas a los desagües de proceso deben ser recicladas dentro de sus unidades o re-usadas en otras unidades/lugares. Se recomienda asegurarse de no crear nuevos problemas en términos de otras emisiones, mala calidad de la producción o problemas de funcionamiento. Consulte las secciones 7.1 y 7.2.

Las regiones que cuentan con suministros limitados de agua fresca han empezado a reciclar el agua procedente de las industrias y servicios públicos. Es extremadamente importante tener un completo análisis de esta clase de agua, ya que pueden estar presentes sustancias químicas que no se encuentran normalmente durante las operaciones de la refinería. Encontrará una excelente descripción sobre las técnicas para lograr agua ultrapura en el artículo "Get Your Process Water to Come Clean" por B. Parekh (Chemical Engineering, enero, 1991). Los procesos mencionados en este artículo podrían tenerse en cuenta para el tratamiento de aguas residuales en ciertas circunstancias, especialmente después que el agua haya sido sometida a otras formas de tratamiento.

Cuando sea inevitable el uso del vertido manual en los desagües de proceso, deberán revisarse los procedimientos de operación para determinar aquellos aspectos en los que puedan efectuarse mejoras. Esto incluiría no sólo una

revisión de los procedimientos de vertido sino también las condiciones operativas del proceso. Por ejemplo, ¿la temperatura y la presión en un recipiente en particular permiten que las emulsiones de la interfase de petróleo/agua son minimizadas?

Cuando el vertido a los desagües se controla mediante instrumentos, debe realizarse una verificación rutinaria a estos con el fin de asegurarse que el equipo esté funcionando adecuadamente.

Los derrames de sustancias químicas y aceites en las áreas de proceso deben limpiarse completamente, antes de hacer fluir los vestigios remanentes al desagüe. El drenaje químico debe ser recolectado y enviado a los pozos de neutralización antes de la eliminación final.

El agua sin contaminación debe ser separada del agua de proceso. Esta debe ser recolectada y descargada en el lugar especificado según el diseño del proyecto.

La alimentación del purificador de aguas residuales frecuentemente debe someterse a análisis. Si ocurriesen aumentos repentinos o anormales en el pH o con los niveles de contaminación, deberán aplicarse los esfuerzos necesarios para averiguar la fuente contaminante.

La refinería deberá preparar una lista de corrientes de rutina (tipo, cantidad, medida del caudal, propiedades físicas, etc.), las cuales puedan ser enviadas al purificador de aguas residuales. Deben prohibirse las descargas no rutinarias a menos que éstas sean debidamente autorizadas por la administración de la refinería. Se debe advertir al personal del purificador acerca de la descarga no programada, con el fin de poder tomar las medidas necesarias para mitigar los efectos en el funcionamiento del purificador.

Las corrientes de purga procedentes de sistemas de vapor y de aguas de enfriamiento pueden reducirse aumentando el número de ciclos de operación. Una refinería redujo notablemente sus necesidades de agua instalando analizadores automáticos de la calidad del agua y válvulas de purga en sus torres de refrigeración. El uso de vapor debe reducirse al mínimo, lo cual reduce la cantidad de purga (y ahorra costos de combustible). Los controladores automáticos de purga ahorrarán adicionales cantidades. Aunque ésta es una propuesta costosa, la instalación de intercambiadores enfriados por aire disminuirá la necesidad total de agua.

Obsérvese que si se emplea agua reciclada, ya sea como agua de enfriamiento o agua de relleno para la alimentación de la caldera, podría haber una necesidad mayor de purga. En la sección 8.1.6 encontrará ejemplos de problemas que se presentan en los sistemas de agua de enfriamiento.

8.1.2 Diagrama de Flujo para Tratamiento de Aguas de Elaboración

El agua de proceso es cualquier agua descargada procedente de las unidades de operación, como drenajes de bombas, agua del desalinizador de crudos, escorrentía de tormenta contaminada en el área de proceso, agua ácida

que ha sido esencialmente depurada del sulfuro de hidrógeno y amoníaco. La tecnología tradicional para el tratamiento de aguas residuales de las refinerías consiste en aplicar la reducción biológica en una serie de lagunas de aereación. Ultimamente se están haciendo populares otras tecnologías, las cuales se tratarán en la sección 8.1.10.

Como signatario de la Convención Internacional MARPOL 73/78, el estado exige a las refinerías con terminales marítimos dotarse de instalaciones para la recepción y el tratamiento de agua de lastre.

Si las bodegas de carga de las embarcaciones deben ser lavadas, los residuos resultantes deben ser descargados a la instalación de recepción hasta que la concentración de sustancias en el efluente dirigido a esa instalación estén al nivel o por debajo de la concentración residual indicada en el Apéndice II del Anexo II de la Convención MARPOL 73/78 y hasta que la bodega de la embarcación quede vacía. El Apéndice B de la Convención especifica un procedimiento para el lavado de las bodegas de carga.

La siguiente descripción muestra un purificador de aguas residuales de refinería que emplea tecnología tradicional y actualizada (en 1989) para manipular un flujo de admisión promedio de 3000 litros/min (diseño de 3785 l/m) de agua de proceso y reducir los niveles de contaminantes a:

Aceite y Grasa 10 mg/l

Fenol 0.02 "

Nitrógeno amoniacal 10 "

Sólidos suspendidos 15 "

- El petróleo es desnatado de la parte superior de los Separadores API y enviado a un Interceptor de Placas Inclinada que optimiza la separación del petróleo y del agua. El petróleo recuperado es almacenado en tanques de petróleo húmedo, antes del reprocesamiento.

- El agua que sale de los Separadores API fluye hacia una poza de igualación que proporciona capacidad de homogenización por sobrecargas de flujo y contaminantes. El agua que sale de esta poza es dosificada con un polielectrolito orgánico para promover la remoción de petróleo y sólidos en la unidad de Flotación de Aire Inducido (IAF). [Una alternativa es la unidad de Flotación de Aire Disuelto (DAF)]. Se inyecta vapor para mantener una temperatura de agua de 25-38°C, lo cual contribuye a la separación en la unidad IAF y al tratamiento biológico posterior a esa etapa.

- El aire es inyectado a la unidad IAF a través de aireadores mecánicos y el petróleo libre, el petróleo emulsionado y los sólidos suspendidos flotan a la parte superior y son enviados al Interceptor de Placas Inclinadas.

- El agua fluye hacia un depósito de aereación donde se inyecta oxígeno junto con un lodo activado compuesto por microorganismos. Las aguas residuales de las refinerías con frecuencia son deficientes en fósforo. Para proporcionar este nutriente esencial, se inyecta ácido fosfórico en proporción con el nitrógeno orgánico que hay en el agua. El licor mezclado resultante es luego enviado a un clarificador donde, bajo condiciones esencialmente de reposo, el lodo se asienta y se recicla nuevamente a la poza de aereación. El agua clarificada puede luego ser enviada ya sea directamente al proceso de acabado o a una poza de retención si aún no está en especificación o si es necesaria para diluir alimentación fuertemente contaminada de la poza de aereación.

- Debido a la reproducción de microorganismos y a la acumulación de sólidos como la arena y arcilla que no han sido removidas antes de la poza de aereación, es necesario purgar parte del lodo activado hacia un digestor. Se añade aire mas no nutrientes. Los organismos continúan alimentándose entre sí, reduciéndose el volumen del lodo. Luego de un tiempo, se corta el aire y la biomasa puede asentarse en el fondo. El líquido es reciclado a la alimentación de la unidad IAF.

- Si bien el agua clarificada es extremadamente limpia, con frecuencia aún permanecen suficientes fenoles y sólidos suspendidos que requieren un proceso de pulido. Debido a que el proceso de oxidación de los fenoles es lento, el agua es aereada en una poza con un tiempo de residencia de aproximadamente 24 horas. Puede añadirse carbón activado para remover vestigios remanentes de fenoles (y también benceno, tolueno y ciertos metales pesados como mercurio y cromo hexavalente). Luego, el agua atraviesa un filtro (30 cm. de arena y 60 cm. de antracita) e ingresa a un estanque de compensación en la salida de la refinería, la cual de preferencia recibe toda el agua de la planta, incluso el drenaje del área y el efluente procedente del separador de aguas pluviales. El enjuague de los filtros es devuelto a la poza de aereación.

- Los Separadores API deben estar cubiertos para evitar la evaporación del petróleo, lo cual no sólo causa olores sino que también reduce la cantidad de petróleo recolectado.

- Estudios realizados han demostrado que el purificador de aguas residuales es una de las mayores fuentes de emisiones de benceno dentro de una refinería. El aire procedente de la unidad de flotación de aire, la poza de aereación y el digestor de lodos pueden contener sulfuro de hidrógeno y amoníaco. Este aire debe ser recolectado y pasado a través de un lavador. Una solución de hipoclorito de sodio y de hidróxido de sodio (pH 10-11) es rociada en el empaque haciendo contacto con el aire ascendente. El sulfuro de hidrógeno reacciona con el hidróxido para formar sulfuro de sodio y éste, a su vez,

reacciona con el hipoclorito para formar sulfato de sodio. El aire luego atraviesa un separador de neblina y un rociador de agua para remover el cloro residual.

- En la unidad de tratamiento de agua se producen diversos lodos: de separador API, de flotación por aire inducido, de digestor, lodo aceitoso procedente del interceptor de placas inclinadas. Consulte el Capítulo 7 y el Anexo A para mayor información acerca de los métodos de minimización y eliminación de desechos.

Con frecuencia el proceso mencionado es descrito en términos de: tratamiento primario (desde los separadores API hasta la flotación por aire inducido); tratamiento secundario (pozas de aereación, clarificador y digestor); y tratamiento terciario (aereación fenólica y filtración).

8.1.3 Condiciones de Funcionamiento

La clave del tratamiento es la oxidación biológica de los contaminantes. Es necesario mantener condiciones propicias para obtener el máximo rendimiento. El carbono orgánico se oxida para formar dióxido de carbono, el nitrógeno orgánico y amoniacal para formar nitratos. Esta última conversión es más lenta. Las aguas residuales son realmente tóxicas para muchos microbios. Aquéllos que sobreviven se aclimatan al agua, pero cualquier cambio súbito (contaminantes, aguas pluviales, temperatura, pH) podría ocasionar su muerte. Por esta razón, las pozas de igualación son muy importantes para uniformizar las oscilaciones en el flujo y composición de las aguas residuales.

El control de la relación alimentación (orgánicos)/ biomasa (lodo) puede realizarse regulando el índice de destrucción orgánica/crecimiento de microbio. Se emplea la prueba de sólidos suspendidos del licor mezclado (MLSS) para medir este índice y controlar el reciclaje de lodo y el lodo al digestor.

El oxígeno disuelto normalmente no es un factor limitante a menos que exista un mal funcionamiento en el sistema de aereación, un limpiador químico de oxígeno en el agua o una temperatura elevada.

El pH del agua es muy importante. Inhibe la actividad microbiana o, si es suficientemente elevado, mata los microbios. Las unidades IAF operan en el rango de 6-8, lo cual es óptimo para la demulsificación de petróleo/agua. Se deben realizar pruebas para determinar el pH óptimo correspondiente al polielectrolito en uso. La espuma aumenta con el pH: bajo 7, no se genera espuma; sobre 8.5 aumenta en exceso. Ya que los Separadores API funcionan mejor en el rango 6.5-7, se requiere un ajuste del pH en la corriente que sale del separador.

El índice más alto de destrucción orgánica por medios biológicos se obtiene bajo las siguientes condiciones:

pH 7.8 - 8.7

Temperatura 25 - 38°C

MLS 2500 - 3500 mg/L

Oxígeno disuelto 2 mg/L o más

Los fenoles son mejor tratados a temperaturas de 30 -37°C. Los nutrientes deben mantenerse, por adición si fuese necesario, a índices de 1:70 fósforo-a-fenol y 1:10 nitrógeno-a-fenol. Obsérvese que una concentración muy alta de amoníaco puede causar problemas.

El lodo microbiano activado tarda en aclimatarse a los fenoles, y, por consiguiente, en lograr una mejor y mayor eficiencia en la remoción. En otras palabras, existe un óptimo tiempo de residencia para el lodo en la poza de aereación. Pruebas realizadas en diversas refinerías han demostrado que este período puede durar sólo unos días o prolongarse hasta cincuenta días. La duración se controla regulando el índice de evacuación de el lodo hacia el digestor.

Se recomienda regular dicho índice con el fin de optimizar la remoción del fenol. Cuando se realice este estudio, es necesario recordar que los lodos activados antiguos son más difíciles de asentar en el clarificador.

La remoción de fenoles residuales en la etapa terciaria es necesaria para cumplir con los bajos límites permisibles de efluentes. Para mayor información acerca de la calidad de salida, consulte la sección 8.1.11.

El ozono puede ser inyectado al agua para proporcionar una fuente de oxígeno. Esto no sólo oxida los fenoles sino que también desinfecta el agua. (El cloro, desinfectante común de agua, reaccionaría con los vestigios de fenoles y formaría sustancias clorofenólicas que poseen un olor muy desagradable). El proceso funciona mejor a un nivel de pH de 11.5-11.8. Sin embargo, es efectivo a un pH de 8-8.5 pero requiere más ozono y períodos de retención más prolongados. El carbono activado en polvo adsorbe los fenoles restantes. El carbono es retenido en la unidad mediante el filtro de arena que sigue a continuación.

Otros procesos químicos de oxidación inyectan peróxido de hidrógeno, en presencia de pequeñas cantidades de hierro ferroso o sales de sulfato ferroso. También pueden emplearse las sales de aluminio, cobre y cromo. El peróxido de hidrógeno también reaccionará con sulfuros, mercaptanos y aminas; sin embargo, no es un biocida. Este funciona mejor en el rango de pH de 3-5 aunque hasta 6.5 es aún relativamente efectivo. No depende de la temperatura. El dióxido de cloro convierte los fenoles en benzoquinona a valores pH de 7-8 y a ácidos maleicos y oxálicos si el pH es mayor que 10. No se producen clorofenoles. El dióxido de cloro puede ser generado en planta a partir del gas de cloro o del hipoclorito.

El permanganato de potasio oxidará fenoles muy efectivamente en el rango pH de 7-10. Forma óxido de

manganeso que se precipita como lodo, la cual debe ser removida. Esta forma de oxidante no se emplea, por lo general, en la industria de la refinación del petróleo.

Generalmente, los metales pesados en una forma orgánica pueden ser precipitados como hidróxidos añadiendo cal o soda cáustica a las aguas residuales. Se prefiere la coprecipitación con hidróxido de aluminio o hierro en el caso del arsénico, cadmio, cobre y mercurio. La precipitación de sulfuro removerá arsénico y selenio. El bario puede ser removido como sulfato de bario.

La precipitación de sulfuro debe realizarse con un nivel de pH de aproximadamente 6.5; la coprecipitación del hidróxido de hierro a 8.5; la precipitación de hidróxidos diversos en el rango de 8.5-10.

El cianuro y amoníaco forman complejos con muchos metales, limitando así la cantidad que puede ser precipitada. El cianuro puede ser removido mediante cloración alcalina u oxidación de peróxido de hidrógeno catalizada con carbono. La cloración removerá también el amoníaco. El sulfato ferroso, el metabisulfito de sodio y dióxido de azufre pueden ser empleados para reducir el cromo hexavalente al estado trivalente.

El fósforo, en exceso a las necesidades biológicas, puede ser precipitado usando sales de aluminio, hierro o calcio. El sulfato de aluminio actúa mejor en el rango pH de 5.5-6.6. El sulfato férrico actúa mejor a un pH de 5 (demasiado bajo para biotratamiento) pero a un pH de 7, el precipitado de hierro puede formar un coloide que debe ser coagulado. La cal actúa mejor en el rango pH de 9-10.5 para formar hidroxiapatitas.

Para un estudio breve del tratamiento de aguas residuales para una variedad de industrias, consulte el artículo "Wastewater Treatment" (por W. Eckenfelder, J. Patoczka y A. Watkin, publicado en Chemical Engineering, 2 de setiembre de 1985).

8.1.4 Eliminación de Desechos en Aguas Residuales

Teniendo en mente los factores antes mencionados que afectan el rendimiento de la planta de tratamiento para aguas residuales, se puede inyectar una variedad de desechos en las aguas residuales de alimentación. Esto debe realizarse en condiciones de control y estricto monitoreo, con el fin de no alterar el funcionamiento de la unidad. En caso de deteriorarse el rendimiento, deberá suspenderse la adición de estas corrientes de desechos hasta que mejoren las condiciones.

La espuma procedente de las unidades de Flotación de Aire Disuelto e Inducido contiene pequeñas cantidades de petróleo y sólidos. Por lo general, se introduce lentamente en la antecámara del Separador API, se dispersa en el agua y se recupera el petróleo.

La soda fenólica usada puede ser reciclada en la unidad de destilación de crudo y/o vendida para la recuperación de ácido cresílico (ver sección 7.2). El material que no sea conveniente para esos fines puede purgarse muy

lentamente en la poza de aereación, luego de haber sido neutralizado a un pH de 7-9. De ser así, el pH de la poza de aereación y el fenol en la salida de la refinería deben someterse a un cuidadoso monitoreo. Del mismo modo, la soda cáustica sulfítica usada puede ser añadida a la poza de aereación a una velocidad lenta y constante. Puede ser añadido a la soda cáustica fenólica antes de realizar la inyección. Si esta corriente es neutralizada antes de efectuar la inyección en el purificador, se desprenderá sulfuro de hidrógeno. Se requerirán precauciones de seguridad.

Con frecuencia los drenajes de los fondos de tanques de destilados y de gasolina con tetraetilo de plomo contienen agua alcalina y compuestos fenólicos, generalmente provenientes de inhibidores. La concentración de fenoles con frecuencia puede ser de muchas partes por millón. Por ello, debe efectuarse un análisis antes de realizar el vertimiento del agua, el cual debe hacerse a una velocidad controlada.

El líquido catalizador Merox usado es una mezcla de sulfonato de talocianina de cobalto y soda cáustica más mercaptanos y sulfuro de hidrógeno. De preferencia, debe ser devuelto al proveedor para la recuperación de cobalto, pero si no fuese posible, puede ser neutralizado (con las mismas precauciones de seguridad que para la soda cáustica sulfítica usada) y lentamente inyectado en el purificador de aguas residuales.

La solución Stretford es una solución alcalina que contiene sal de vanadio y antraquinona-ácido disulfónico que se utiliza para despojar el sulfuro de hidrógeno procedente de gas rico en productos azufrados. Los diseños más antiguos requerían la purga de una pequeña porción de esta corriente para evitar la formación de productos secundarios indeseables. Los diseños modernos han eliminado esta necesidad. Si se realiza muy lentamente, la solución Stretford usada podría ser vertida al purificador de aguas residuales. (Otra opción para la eliminación de la solución Stretford es el proceso CRI-MET para la recuperación de vanadio. Una unidad Stretford puede convertirse en un proceso catalizador con quelato de hierro no tóxico como el LO-CAT o una unidad SulFerox).

El líquido regenerante para el intercambio de iones contiene, con frecuencia, altas concentraciones de cloruro de sodio. El choque de cloruros puede causar una disminución en la actividad de los microbios. Debe ser inyectado con cuidado en el purificador.

Los líquidos de limpieza de intercambiadores de calor pueden ser ácidos o alcalinos, según el compuesto. Con frecuencia el ácido sulfúrico inhibido se emplea para remover las incrustaciones calcáreas escama de cal. Antes de inyectar estos desechos al purificador, deberán ser neutralizados. El ácido sulfúrico dañará también el hormigón de la red de desagües.

8.1.5 Aguas Pluviales

Las aguas pluviales pueden contaminarse si la escorrentía hace contacto con derrames de petróleo en acequias y diques de tanques. Otra causa común consiste en la transferencia del excedente de agua de proceso al sistema de tratamiento de aguas pluviales durante el período de parada de una refinería o de emergencias, lo cual puede conducir a otros problemas más serios. Los materiales en el agua de proceso como metales pesados y BTEX, pueden contaminar el lodo en el fondo de las pozas de igualación de aguas pluviales.

El drenaje superficial es la escorrentía procedente de campos, prados, etc., donde no hay, o existe, una posibilidad muy remota de contaminación con petróleo. Esta debe mantenerse segregada de otras aguas pluviales, usando zanjas y canales, con el fin de reducir el volumen a ser tratado. El drenaje superficial podría ser derivado a la poza de homogenización en la salida de la refinería. Este sistema debe ser revisado periódicamente para asegurarse de que no existen fuentes de contaminación. La escorrentía superficial de agua debe ser segregada del sistema de aguas pluviales de la refinería y canalizadas hacia el sistema de drenaje superficial.

En caso de contaminación del drenaje superficial, éste deberá ser derivado al separador API de aguas pluviales (o a la poza de igualación de aguas pluviales si el volumen es demasiado elevado). Las aguas superficiales de escorrentía (que llegan) deben ser revisadas con el fin de determinar si son la fuente de contaminación.

Si se descarga al río o lago segregados, la calidad de las aguas pluviales deberá cumplir con los criterios y programación de pruebas establecidos en el Cuadro 3 del RPAAH (5.1 de este documento) en la columna denominada "Aguas Pluviales Contaminadas". Si todas las aguas residuales se combinasen, la salida de la refinería deberá cumplir con los criterios indicados en el mismo cuadro en la(s) columna(s) indicada como "Efluente de la Refinería".

Las aguas pluviales contaminadas deberán ser enviadas a un separador API para la remoción de petróleo (o a la poza de compensación si el volumen es demasiado alto). Si el agua continuase contaminada, ésta deberá ser enviada al depósito de igualación del agua de proceso, antes de realizar el tratamiento. Si no estuviese contaminada, debe ser enviada a la poza de compensación en la salida de la refinería.

El agua que se encuentre en el fondo de los tanques de almacenamiento jamás debe ser drenada al sistema de alcantarillado de aguas pluviales. Debe ser drenada al desagüe de proceso.

8.1.6 Agua de Enfriamiento

El agua de enfriamiento sin reciclaje circula solamente una vez a través de los intercambiadores de calor de la refinería y luego se descarga al lago/río. Posee un volumen enorme y no debe hacer contacto con el petróleo. Debe ser monitoreada con frecuencia y si se detectase contaminación, el agua debe ser enviada a una poza de

compensación para su respectivo tratamiento. Las refinerías modernas tienden a usar agua de enfriamiento circulante e intercambiadores de calor enfriados por aire.

En aquellas refinerías que tienen agua de enfriamiento, se ha comprobado que las gotitas muy pequeños de agua procedentes de las torres de enfriamiento son peligrosas para la salud . Ello se debe al tratamiento químico que recibe el agua con un compuesto de cromato hexavalente-cinc (el primero es un carcinógeno). Dicha sustancia no sólo presenta un riesgo a través de la inhalación del rociado sino que también podría contaminar la escorrentía superficial o la alimentación del purificador de aguas residuales debido a la purga. El uso de cromato hexavalente-zinc se está volviendo cada vez más restringido.

Un sustituto de fosfato de zinc puede ser muy efectivo en términos de control de corrosión. Algunos fosfatos de zinc son mezclados con un dispersante polimérico que estabilizará el zinc en presencia de sulfuro de hidrógeno (el zinc en los inhibidores de cromato se precipitará). Sin embargo, el sistema de agua de enfriamiento será más susceptible a problemas derivados de la baja velocidad del agua, altos flujos de calor y alteraciones del pH. Algunas refinerías han experimentado aumentos considerables en los costos de inyección química, otros han tenido disminuciones (posiblemente debido a que el sistema tiene que ser más automatizado).

Cuando se realice conversión de cromato de zinc, es necesario disponer de un mayor control y monitoreo en cuanto a la proporción de inyección de fosfato de zinc. Se requerirá un biocida ya que el fosfato es una fuente de nutrientes. Podría emplearse ozono porque también reduce la formación de incrustaciones de calcio y sílice en los intercambiadores de calor. El pretratamiento de estos intercambiadores tendrá que realizarse antes de poner en marcha las unidades, luego se inyectarán dispersantes e inhibidores para lograr el control de la incrustación y corrosión, posteriormente se optimizará la adición de fosfato de cinc. Mientras que los sistemas de cromato podían actuar en un rango pH de 6-8, los sistemas de fosfato deben permanecer cercanamente en 7.7-7.9. Bajo 7.7 la película de pasividad se rompe: sobre 7.9 se precipitarán los fosfatos y los carbonatos de zinc, calcio y magnesio. La dureza debe fluctuar entre 100 y 400. Si fuese demasiado baja, la película protectora del fosfato de calcio será más delgada: si fuese demasiado alta, el fosfato y el carbonato de calcio se precipitarán.

El rango de pH más elevado que se requiere para inhibidores de fosfato reduce la efectividad de la capacidad biocida del cloro (y del blanqueador líquido). Los compuestos de bromo son una solución alternativa. Son mejores biocidas y menos persistentes en el medio ambiente.

Si se realiza la conversión a inyección de fosfato de zinc, se recomienda lo siguiente:

- Mejorar el sistema de monitoreo.
- Realizar chequeos de pH, cada 2 o 4 horas, de dureza en cada turno, así como de fosfato soluble y

total 3 veces por semana.

- Iniciar la inyección del fosfato mientras se esté usando cromato, lograr las condiciones de operación apropiadas y luego eliminar el cromato.
- Usar un dispersante de fosfato resistente a la contaminación de hidrocarburos.
- Mantener la temperatura del agua de los intercambiadores de calor bajo 40-60 °C.

Otros fosfatos que pueden emplearse son los fosfonatos y poliacrilatos, aunque éstos han mostrado algunos problemas debido al amoníaco.

Se ha tenido en cuenta el uso de aguas residuales como relleno de agua de enfriamiento. Existe una diversidad de problemas que pueden presentarse: aumento de incrustaciones biológicas (fosfatos y amoníaco), incrustación de fosfato (el exceso de fosfato necesario para inhibir la corrosión), aumento de corrosión (total de sólidos disueltos), incrustación de precipitación de zinc (sulfuros), incrustación de particulados (sólidos suspendidos). Varias refinerías han intentado reciclar aguas residuales como relleno de aguas de enfriamiento pero descubrieron que los problemas, así como el aumento del costo y del monitoreo superaban los beneficios.

8.1.7 Desechos Sanitarios

Las aguas servidas deben ser eliminadas de una manera adecuada. El artículo 53d del Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos ("RNRPH"), establece que los desechos sanitarios serán recolectados para su separación y enviados a tanques/campos sépticos o a unidades de tratamiento antes de su descarga al drenaje limpio o a la red pública de desagüe.

Si la refinería optase por tratar sus propios desechos sanitarios, éstos deberán, por lo menos, ser recolectados y sometidos a un tratamiento secundario o equivalente. Los desechos sanitarios no tratados no deberán ser descargados en la cuenca hidrográfica de los alrededores.

Existen alternativas para el tratamiento secundario. Son apropiados los tanques sépticos y formaciones subterráneas si el personal es reducido. Sin embargo, si el personal fuese numeroso, será necesario emplear el tratamiento sobre-superficie, el cual incluiría lagunas de almacenamiento, lagunas aereadas y plantas paquete de tratamiento.

8.1.8 Depuración de Agua Acida

Las aguas ácidas son ricas en sulfuro de hidrógeno y amoníaco además de algunos cianuros y fenoles. El sulfuro de hidrógeno es particularmente dañino para el funcionamiento del purificador de aguas residuales, aunque los otros materiales también afectan el rendimiento del purificador. Por ello es necesario eliminarlos en un despojador (stripper) antes de enviar el agua a la unidad de tratamiento.

La explicación acerca del funcionamiento de un depurador de agua ácida y la eliminación de gases están fuera de los alcances del presente documento.

Muchas refinerías inyectan agua ácida depurada al desalinizador. Como se trató en la sección 7.1, esto transferirá los fenoles procedentes del agua hacia los crudos.

8.1.9 Pozas de Igualación y de Compensación

La descripción de la planta de tratamiento tradicional en la sección 8.1.2 asume que existen suficientes pozas y lagunas para los fines de control de sobrecargas e igualación. El tamaño, número y disposición dentro del diagrama de flujo serán específicos del emplazamiento. La frecuencia e intensidad de las precipitaciones son variables importantes (un factor muy común para definir capacidad es la precipitación de una hora en diez años), así como lo son los flujos y composiciones de las aguas residuales de la refinería.

Si la refinería está considerando la posibilidad de aumentar o modificar la capacidad de compensación existente, se recomienda consultar la siguiente bibliografía:

- Designing Stormwater Handling Systems, por R. Elton III, Chemical Engineering, junio 2, 1980.

- Design and Construction of Liners for Municipal Wastewater Stabilization Ponds, preparado por Alberta Environment, Edmonton, Alberta.

- Stormwater Management Guidelines for the Province of Alberta, preparado por Alberta Environment, marzo, 1987.

- Guidelines for the Quality Assurance of Geomembrane Liners for Environmental Protection, preparada por Alberta Environment, marzo, 1986.

- Flexible Synthetic Liners and Their Use in Liquid Waste Impoundments, preparado por Alberta Environment, abril, 1984.

- Guidelines for Alberta Brine Storage Reservoirs, preparado por Alberta Environment, marzo 1, 1978.

- Initial Dilution Zone and Limited Use Zone Concepts for Receiving Streams, preparado por Alberta Environment, junio, 1987.

Cuando se diseñe una poza de compensación, la refinería debe adquirir todos los permisos y licencias necesarios.

La poza debe contar con un revestimiento impermeable: arcilla compacta, asfalto o sintético.

Si la poza contuviera lodo peligroso, hidrocarburos o salmuera, deberán instalarse pozos de observación de aguas del subsuelo con el fin de proporcionar protección a las áreas sensibles. Un hidrogeólogo debe supervisar la instalación de dichos pozos.

En lo posible, las aguas contaminadas deben mantenerse separadas de las no contaminadas hasta que sean descargadas a la poza de compensación en la salida de la refinería (si la hubiese).

Debe desnatarse cualquier vestigio de petróleo que se encuentre en dichas pozas con la debida rapidez con el fin de evitar cantidades indeseables de evaporación de hidrocarburo.

8.1.10 Tecnologías Recientes

Los métodos recientes para el tratamiento de aguas residuales se diferencian enormemente de la tecnología tradicional de lagunas aeradas. En esta sección mencionaremos tres. El artículo "Get Your Process Water Clean" al que se hace referencia en la sección 8.1.1, brinda información acerca de otras técnicas que podrían ser aplicables y apropiadas para el tratamiento de algunas corrientes de aguas residuales.

El carbón activado granular puede remover hasta 99% de los hidrocarburos volátiles mediante la adsorción de contaminantes en la superficie de carbón vegetal o en los poros. La efectividad depende de la mezcla de los compuestos por remover, la temperatura del agua, el pH y el tiempo de contacto. Sobre los 95°C la volatilidad del hidrocarburo aumenta y la sustancia química pierde su afinidad por el carbón. En general, lo mejor es emplear un pH neutral o ligeramente ácido (aproximadamente 5.5). Sin embargo, las sustancias básicas se adsorben mejor con valores de pH más elevados.

El carbón es empacado en columnas o lechos. El flujo de agua puede ser corriente arriba o corriente abajo, con o sin instalaciones de retrolavado. El retrolavado removerá partículas y materia biológica pero no removerá los hidrocarburos adsorbidos. Debe removerse el carbón granular pulverizado por retrolavado para evitar una caída de la presión excesiva.

Un sistema característico de carbón activado granular cuenta con un prefiltro para reducir la turbidez del agua.

Las unidades que no cuenten con instalaciones de retrolavado requieren menos mantenimiento. Sin embargo, los lechos de carbono deberán ser reemplazados por no haber medios eficientes que eviten su obstrucción.

El flujo de agua dirigido a los lechos deberá atravesar las rejillas de distribución, con el fin de evitar la canalización.

No deben existir bolsas de aire ya que éstas provocan un patrón desigual de flujo.

El carbón usado es reactivado mediante el quemado de los hidrocarburos. En esta etapa del proceso, alrededor del 10% del carbón es destruido y el porcentaje restante sólo puede ser restaurado al 90-95% de rendimiento, comparado con el carbón reciente. Por tanto, es necesario hacer agregados de carbón granular fresco.

El paso de contaminantes, debido a la sobrecarga del lecho o a la canalización, puede evitarse colocando múltiples

lechos en serie. Esta distribución puede manipular cargas de masa elevada. Cuando el primer lecho deja pasar contaminantes se retira de la línea, se reemplaza el carbón y se coloca nuevamente el lecho en la línea al final de la serie. (Obviamente, esto requiere una complicada distribución de tuberías).

Para caudales elevados de agua, deben emplearse lechos paralelos con el fin de obtener cargas de masa reducida. (Si se produce la saturación, se reducirá al mínimo la pérdida de contaminante.) En la práctica, se instala una combinación de lechos paralelos y en serie con el objeto de proporcionar capacidad para elevados caudales e incluso contar con protección contra el paso de contaminantes.

Generalmente, los tiempos de retención hidráulica duran de 10 a 60 minutos.

También puede emplearse carbón activado en polvo. Normalmente su uso es posible sólo en operaciones en tandas debido a la excesiva caída de presión. No es práctico regenerar polvos; por consiguiente, el consumo es elevado. Los resultados en bancos de pruebas sugieren que el carbón en polvo tiene la misma eficiencia de remoción y costos que el carbón granulado para la remoción de orgánicos tóxicos del agua potable.

El despojado, ya sea mediante aire o vapor, es más económico que la adsorción de carbón activado. Sin embargo, la eficiencia de remoción es menor: 80-90+%. El agua fluye en forma descendente y el aire en forma ascendente a través de una columna rellena con empaques, tales como anillos o trinquetes raschig o monturas. Las disminuciones de presión deben limitarse a 0.8-4.2 cm de agua/metro de altura del empaque. Los flujos elevados de agua pueden causar inundaciones y reducir el rendimiento. La proporción de aire a agua debe ser, por lo menos, de 15:1, aunque 22-30:1 es mejor. Para la remoción de contaminantes mayores al 90% en concentraciones bajas, se requiere una proporción de aire a agua de 50:1. Esto sólo puede realizarse si la hidráulica del sistema lo permite.

Las columnas empacadas pueden distribuirse tanto en serie como en forma paralela.

El despojado con vapor removerá compuestos con puntos de ebullición superiores a los 200°C, tales como combustible diesel y aceites lubricantes. Puede operar a presión atmosférica o bajo un vacío. Este método puede manipular una mayor variedad de compuestos y obtener un rendimiento de remoción superior a los procesos de despojado con aire y carbón activado granular. Los costos de capital son mayores, pero es posible que los de operación sean menores.

Los reactores biológicos de aguas residuales operan bajo los mismos principios que los sistemas tradicionales antes descritos. El agua pasa por una película fija de microorganismos y algas. Los medios de soporte para los microbios pueden ser discos y cilindros giratorios, y los filtros percoladores. A diferencia de los depósitos de aereación relativamente profundos, el agua está en contacto con el aire de modo que no se requiere un equipo de

aereación. Se añaden los nutrientes necesarios. El rendimiento de destrucción es bueno (un reactor de una etapa puede tratar hasta por debajo de 100 ppb, una de dos etapas alcanzará 50 ppb) y el sistema es relativamente inmune a cargas tóxicas repentinas. La principal desventaja de los reactores biológicos parece ser su incapacidad para tratar las cargas de hidrocarburo que se experimentan en las refinerías.

8.1.11 Calidad del Efluente de Agua

El cuadro 2a enumera los criterios correspondientes a las aguas pluviales, el cuadro 2b para el agua en lastre y el cuadro 2c para el agua de proceso. Las especificaciones de calidad del agua para los cuerpos de agua receptores varían de acuerdo con el(los) uso(s) final(es) del agua. El artículo 81 del Reglamento de la Ley General de Aguas (MRLGA) presenta seis clasificaciones de agua receptora:

I Aguas de suministro doméstico con desinfección simple.

II Aguas de suministro doméstico con tratamiento equivalente a los procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.

III Aguas para irrigación de vegetales, que se comen crudos y para consumo del ganado.

IV Aguas para las zonas de recreación (natación y actividades similares).

V Aguas en áreas destinadas a la pesca de mariscos bivalvos.

VI Aguas en áreas para la preservación de la fauna acuática y zonas destinadas a la recreación y pesca comercial.

El cuadro 8.1 describe criterios específicos bacteriológicos y bioquímicos acerca de la calidad del agua, según el artículo 82 del MRLGA. El cuadro 8.2 describe criterios acerca de metales y sustancias químicas.

La(los) basura/desechos domesticos e industriales no deben ser botados en cuerpos de agua receptores de ningún tipo.

8.2 Tratamiento de Tierras

El tratamiento de tierras, también conocido como biotratamiento de terrenos, biodegradación del suelo, esparcido de tierras, etc., emplea bacterias de suelo que se hallan en estado natural para la descomposición de lodos aceitosos o biológicos que han sido aplicados a la superficie del suelo en un proceso controlado. Es un proceso relativamente simple, razonablemente económico y puede manipular la mayoría de lodos y suelos contaminados que se encuentran en una refinería.

Esta forma de tratamiento no debe confundirse con la práctica de botar basuras sólidas en depresiones del terreno, la cual es una forma de eliminación.

Existen muchas otras técnicas para la manipulación de suelos contaminados. Dichas técnicas serán tratadas en una sección posterior de la presente guía. Además, la ciencia de la manipulación biológica de desechos está expandiéndose rápidamente con el objeto de tratar la multiplicidad de condiciones de suelo y contaminación, especialmente en el sector de comercialización de la industria.

8.2.1 Proceso Biológico

Antes de abordar los requisitos para la construcción y funcionamiento de una instalación destinada al tratamiento de tierras ("tierra de cultivo") es necesario, en primer lugar, describir el proceso que se emplea para descomponer el petróleo.

El índice de biodegradación es una función de la concentración de desechos, oxígeno y, a un nivel relativamente menor, nutrientes (fósforo, nitrógeno, azufre y vestigios de metales como potasio, hierro, sodio, etc.). Después del oxígeno, el agua es el factor más importante, pues las bacterias son acuáticas y el proceso se realiza mediante la difusión en el agua. Además, el agua se lleva los productos de desechos tóxicos. Sin embargo, se detendrá el proceso con un contenido de agua demasiado elevado. El mejor contenido de humedad es de 40-80%.

El rango de pH óptimo es 6-8. Las condiciones demasiado ácidas tienden a aumentar la solubilidad de metales y la posibilidad de contaminación de las aguas del subsuelo. Asimismo, puede disminuir la actividad bacteriana. Es posible que sea necesario añadir piedra caliza a los suelos ácidos. Es preferible que las temperaturas del suelo fluctúen entre 18-32°C: sobre los 40°C las bacterias mueren rápidamente.

El trabajo de campo ha demostrado que las enzimas y bacterias de suelo que se hallan en estado natural son con frecuencia tan efectivas como las poblaciones especialmente producidas, particularmente una vez que ya se han aclimatado a los desechos (alrededor de un mes).

La biodegradación de mezclas de hidrocarburos se realiza secuencialmente. Los hidrocarburos volátiles desde la gasolina hasta los crudos, fenoles y aromáticos polinucleares simples son degradados de manera muy efectiva mediante este método (en la práctica, sólo la mitad del petróleo se destruye biológicamente, el resto es removido por evaporación.). La destrucción de compuestos aromáticos es una función de número de anillo. Los aromáticos más complejos son insolubles y se combinan con el suelo. Por ello, las bacterias al ser acuáticas no pueden atacarlas. En ese caso, es necesario añadir surfactantes.

Los compuestos halogenados normalmente se degradan anaeróbicamente. Los PCB con cloración elevada son parcialmente de clorados bajo condiciones anaeróbicas y posteriormente reducidos aeróbicamente. Se halla en estudio el empleo del hongo blanco de podrición para descomponer moléculas complejas como el benzopireno y los PCB con el fin de que éstas puedan atravesar las paredes celulares de las bacterias.

Los desechos de las refinerías sujetos a tratamiento de tierras son:

- Lodos de separadores por gravedad (debido a que los niveles de metales pesados son bajos)
- Sedimentos de tanques de crudos (fácilmente degradables)
- Sedimentos de tanques de gasolina (los derivados del cresol deberán ser primero evacuados en un biopurificador en condiciones controladas)
- Sedimentos de los tanques de combustibles residuales (se requiere índices reducidos de aplicación ya que los hidrocarburos de cadena larga se degradan lentamente)
- Lodos biológicos (los olores no deben ser un problema si el lodo ha sido estabilizado con 20 o 30 días de aereación, normalmente no se requieren nutrientes y es posible la carga de 50 toneladas por hectárea al año. La aereación del suelo no es tan importante como para el lodo aceitoso aunque el lodo sin estabilización sí requiere aereación)
- Fangos de las pozas pluviales (fácilmente degradables)
- Lodos procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales, lodos de desalinización, arcillas de filtro, espuma de IAF y lodo floculado.

8.2.2 Selección del Emplazamiento

Al ubicar un lugar para el cultivo de tierras en la propiedad de la refinería, el emplazamiento debe encontrarse lejos de zonas residenciales, vías de drenaje y áreas sujetas a inundaciones por temporadas. Además de las restricciones previas, si el emplazamiento tiene una ubicación central para recibir desechos procedentes de varias refinerías, éste no deberá estar cerca de bosques ni de tierras agrícolas primarias, pantanos y hábitat de fauna importantes.

Para ubicar una matriz eficiente de pozos para el monitoreo de las aguas del subsuelo, es necesario revisar la hidrogeología de la región en un radio de tres kilómetros del emplazamiento propuesto, tomando en cuenta la litología, la ubicación de los pozos de agua y el rendimiento de la capa acuífera.

El terreno debe tener una ligera pendiente con el fin de evitar la acumulación de agua. Si el talud es mayor que 4% (máximo 9%) el emplazamiento deberá estar distante de los cursos de agua y recibir índices reducidos de aplicación de desechos. Podría emplearse un emplazamiento nivelado o terraplenado para proporcionar un buen drenaje de superficie, así como control de escorrentía.

Es preferible un suelo fértil. Los suelos arcillosos tienden a retener agua, pero excluyen el oxígeno. Al mismo tiempo, son difíciles de labrar. Los suelos arenosos o limosos provocan la lixiviación de metales pesados. El cuadro

8.3 muestra los parámetros de suelo ideales.

La profundidad máxima de la zona de tratamiento debe hallarse, por lo menos, a 1 o 2 metros sobre la capa freática.

Deberá producirse un período libre de hielo de aproximadamente 100 días y de por lo menos 60 días cuando la temperatura se encuentre por encima de los 10°C.

8.2.3 Caracterización de los Desechos

Con el fin de diseñar y operar apropiadamente una tierra de cultivo, es necesario definir las características de los desechos, es decir, determinar las propiedades químicas de los mismos. Dicha información permite al encargado de la tierra de cultivo regular y optimizar la frecuencia y cantidad de la aplicación de desechos, la cantidad necesaria de nutrientes adicionales, el control de humedad, así como la frecuencia del labrado y, al mismo tiempo, evitar la sobrecarga de la tierra de cultivo, que podría dar como resultado una degradación inaceptable de la calidad del suelo y de las aguas del subsuelo.

Con el objeto de asegurar un análisis representativo de los desechos, prepare una muestra compositiva. La información analítica debe incluir, sin sentido limitativo, las pruebas indicadas en el cuadro 8.4 (sección superior - Desechos).

Para reducir el área requerida para la tierra de cultivo, el contenido de petróleo de los desechos no debe exceder el 15%. Para mayor información acerca de las técnicas relacionadas con la recuperación de petróleo procedente de los lodos, consulte la sección 7.3.

Si es preciso solicitar un permiso a las autoridades para operar un terreno para biotratamiento, se solicitará la información antes mencionada. Además, las autoridades necesitarán conocer la siguiente información: características del suelo, profundidad de la capa freática, dirección del flujo de aguas de subsuelo; calidad de las aguas de subsuelo (petróleo, fenoles y metales pesados); profundidad hasta la capa acuífera superior.

Los planos del terreno deberán mostrar las instalaciones propuestas, las vías de acceso, las medidas de seguridad y las ubicaciones de los pozos de prueba.

8.2.4 Diseño de Emplazamiento

Deberán existir instalaciones apropiadas para el almacenamiento de desechos durante los períodos de frío y lluvia en el año. Esto puede lograrse empleando una fosa revestida, un tanque de acero o depósito de hormigón. Las instalaciones de almacenamiento deben ser inspeccionadas en forma rutinaria con el objeto de verificar que no existan fugas. Las instalaciones no deben presentar problemas de olores. La Figura 8.2 muestra una instalación característica para el tratamiento de tierras.

El diseño y operación deben tener en cuenta los problema ambientales en potencia, tales como el polvo y los olores. Entre las técnicas para eliminar/reducir estas amenazas se encuentran el pretratamiento de los desechos, inyección directa al suelo, labores de cultivo inmediato después de la aplicación de desechos y una zona tampón en el área circundante.

El acceso a la tierra de cultivo debe limitarse sólo al personal autorizado.

Los pozos de observación para el monitoreo de aguas del subsuelo deben ser colocados hidráulicamente aguas arriba y aguas abajo del terreno de biotratamiento para determinar la calidad natural (o línea de base) del agua del subsuelo. La profundidad de dichos pozos de observación debe permitir proporcionar información acerca del posible impacto sobre el manto acuífero superior. Es preferible que cada estación de muestreo tenga pozos a diferentes profundidades en la zona de aguas del subsuelo.

El número y ubicación de los pozos de observación son específicos del emplazamiento debido a la hidrogeología local. Como regla general, los pozos deben tener un espaciamiento de 200 m según coordenadas de la cuadrícula y los materiales de la superficie/lecho de roca de todo el emplazamiento deberán detallarse a una profundidad de por lo menos 6 metros.

Para asegurar un número y ubicación convenientes de los pozos, (así como una evaluación previa exacta del emplazamiento), esta fase del trabajo debe ser conducida o supervisada por personal que posea experiencia en investigaciones de aguas del subsuelo, un hidrogeólogo de preferencia.

Se evitará la escorrentía de las aguas superficiales (hacia el emplazamiento de la tierra de cultivo) mediante el uso de estructuras de derivación que rodeen el emplazamiento. Se recomienda que la dimensión de estas estructuras permita resistir una descarga máxima de 24 horas un periodo de 10 años.

La escorrentía de aguas superficiales (procedente del emplazamiento de la tierra de cultivo), antes de ser descargada a la cuenca hidrográfica circundante debe cumplir con los siguientes criterios recomendados: demanda química de oxígeno de 50 mg/l; aceite y grasa de 10 mg/l; pH de 6.5-8.5. El emplazamiento para la tierra de cultivo debe poder resistir el volumen de escorrentía resultante de un tormenta de 24 horas ocurrida en los últimos 10 años.

Podrían necesitarse tubos de arcilla para mejorar el drenaje. Deberá haber un punto bajo en el emplazamiento terminado con el fin de recolectar la escorrentía superficial. En condiciones normales, la escorrentía superficial contendrá cantidades muy pequeñas de petróleo o una película iridiscente visible. Esta agua puede ser tratada en el sistema de tratamiento para aguas residuales.

8.2.5 Aplicación de Desechos

Los índices de aplicación de desechos no deberán exceder la capacidad de asimilación del sistema de suelos para el componente limitante de desechos. La cantidad total aplicada de desechos no debe poner en peligro el futuro aprovechamiento de la tierra. En condiciones ideales, pueden degradarse en una temporada hasta 230 m³ de desechos por hectárea, según la temperatura del suelo, composición del petróleo, tipo de suelo, etc.

Los lodos con petróleo no deberán exceder, en muestras representativas, un promedio de 5% por peso de petróleo en los 15 cm de la parte superior del suelo subsecuente al cultivo. (Sobre niveles de petróleo de 10%, algunos suelos se vuelven hidrofóbicos convirtiéndose la disponibilidad de oxígeno en un factor limitante.)

No deben aplicarse desechos cuando el suelo esté saturado con agua, cubierto de hielo, nieve o congelado.

Generalmente, los desechos se aplican empleando un camión dotado especialmente de un conducto horizontal de distribución. Para el biotratamiento de terrenos relativamente pequeños, puede emplearse una manguera para incendios conectada a un sistema fijo de tuberías. El objetivo principal es lograr una aplicación uniforme de los desechos.

Es probable que los lodos más pesados deban ser transportados al emplazamiento en un camión volquete y distribuidos mediante una cuchilla niveladora o un bulldozer.

Si los olores constituyen un problema, los lodos pueden ser inyectados unos centímetros debajo del suelo, pero en ese caso se requerirá equipo especial.

El lodo se distribuye mejor en la tierra de cultivo, en tres o cuatro aplicaciones, durante la temporada en vez de realizarlo en una sola aplicación.

8.2.6 Parámetros de Oparación

La disponibilidad de oxígeno es de extrema importancia, especialmente para los suelos arcillosos. Esto puede lograrse mediante la remoción de tierra con arado de discos, rastrillaje, etc. Un método común consiste en adherir un arado rotatorio a la parte posterior de un tractor agrícola. El empleo de un protector para el arado rotatorio contribuirá a reducir la generación de polvo.

El arado debe realizarse aproximadamente cada dos semanas hasta que el nivel de petróleo en los 15 cm superiores disminuya a 2 o 3%. En adelante, la operación deberá realizarse cada 2 o 4 semanas.

Aditivos como cal o fertilizantes deben aplicarse en forma creciente y las veces que sean necesarias para mantener

el pH del suelo y la capacidad de intercambio de cationes dentro de los rangos aceptables, así como para asegurar un suministro adecuado de nutrientes a las bacterias. El Manual API acerca de la Eliminación de Desechos de Refinerías contiene un nomograma para determinar la cantidad de nutrientes o fertilizantes necesarios para la degradación de una determinada cantidad de petróleo. Probablemente se tenga en cuenta el contenido de nutrientes del suelo y el lodo.

8.2.7 Monitoreo

Antes de utilizar la tierra de cultivo, debe determinarse la calidad de fondo del agua en el subsuelo y aguas superficiales en la posible zona de influencia basándose, por lo menos, en el muestreo trimestral durante un período de un año.

Antes de realizar el muestreo, habrá de registrarse el nivel de agua en los pozos de observación, a los que se purgará el agua estancada en la tubería de revestimiento y en la parte adyacente, con el fin de que la muestra sea representativa.

Las muestras de aguas del subsuelo se tomarán de los pozos por lo menos dos veces al año, de preferencia con más frecuencia, durante la operación de la tierra de cultivo. El cuadro 8.4 enumera las pruebas que deberán realizarse.

Antes de iniciar el tratamiento de desechos, habrá de probarse una muestra compositiva del suelo superficial, sobre la base de 20 muestras espaciadas uniformemente por hectárea de la tierra de cultivo y tomada desde una profundidad de 0-15 cm, para los parámetros indicados en el cuadro 8.4. Con respecto a las trazas de metales, deben determinarse tanto las concentraciones totales como las de lixiviado.

Antes de la operación, deben tomarse muestras de sondeo de cuatro ubicaciones espaciadas uniformemente por hectárea de tierra de cultivo. Las muestras se dividirán en secciones (profundidades: 0-15 cm, 15-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm) y combinadas para formar muestras compuestas para cada profundidad, las que deben ser probadas según el cuadro 8.4.

Deben realizarse pruebas periódicas de muestras superficiales y de sondeo del suelo, por lo menos, una vez al año aunque sería preferible hacerlo con mayor frecuencia. El cuadro 8.4 debe utilizarse como guía necesaria para monitorear el contenido de petróleo del suelo y asegurarse de que los metales pesados no aumenten hasta el punto de volverse tóxicos para las bacterias del suelo. Las muestras de sondeo deben ser tomadas en la misma ubicación general que las mencionadas en el párrafo anterior. Los huecos deben ser sellados para minimizar las posibles vías de acceso para la migración de los contaminantes.

Las pruebas analíticas en muestras de suelo y aguas de subsuelo deben realizarse según el(los) método(s)

prescrito(s) o aprobado(s) por los organismos de control del estado.

Además de los análisis de suelo y de aguas del subsuelo, el encargado de una instalación para biotratamiento debe llevar registros completos en los cuales se detallen las cantidades, ubicación y características físicas/químicas de los desechos tratados en el emplazamiento.

Deberá realizarse una evaluación estadística de la información para mostrar cualquier cambio importante de los valores iniciales en términos estadísticos.

Para mayor información acerca de la evaluación de las aguas de subsuelo y con respecto a la construcción de pozos de observación consulte "Guidelines for Land Treatment of Industrial Wastes", publicado por los Servicios de Protección Ambiental, Alberta Environment, junio de 1988.

8.2.8 Cierre de un Area de Biotratamiento

El cierre se produce cuando no hay más tratamiento de desechos en el emplazamiento, no al momento de la última aplicación de desechos.

Al cierre definitivo de un área de biotratamiento, se requiere que el lugar sea seguro para su siguiente uso y que los contaminantes remanentes en el emplazamiento no perjudiquen el medio ambiente más allá de sus límites.

8.2.9 Variaciones en el Biotratamiento

El biotratamiento es un proceso biológico relativamente lento. La velocidad de degradación puede aumentar mediante el compostaje. El material a ser biodegradado es mezclado con materiales, tales como viruta o paja, con el fin de aumentar la porosidad. Estos agentes también ayudarán a disminuir la concentración de materiales tóxicos. La aereación se logra mediante el uso de ventiladores o removido mecánico. Los índices de descomposición pueden ser muy altos debido a la generación de temperaturas elevadas, lo cual puede dar como resultado una deficiencia de oxígeno. La poca ventilación y mezcla pueden provocar condiciones anaeróbicas que produzcan ácidos y metano. La cal es necesaria para controlar el pH.

Grandes volúmenes de suelos contaminados se pueden corregir con mayor rapidez aplicando la biocorrección optimizada, algunas veces llamada biopila. El material por tratar es colocado en montículos o pilas y los nutrientes se añaden a través de tubos múltiples. El flujo de oxígeno es inducido empleando un múltiple similar. Si la pila es profunda, puede haber varias capas de tubería. Se agrega la humedad necesaria. Para evitar la contaminación del área circundante, las pilas pueden ser colocadas en revestimientos plásticos o lozas de concreto. Los diques que rodean la pila controlarán los lixiviados y la escorrentía. Con frecuencia se colocan lonas impermeables sobre el suelo para reducir las emisiones gaseosas. Algunas jurisdicciones exigen tratamiento del gas producido. La Figura

8.3 muestra una vista transversal de un emplazamiento característico con biocorrección optimizada.

Una refinería que debía eliminar una enorme cantidad de lodo procedente del depósito de compensación de aguas pluviales con elevadas concentraciones de hidrocarburos aromáticos polinucleares y BTEX, acordonó una porción del depósito con tablestacado y construyó un reactor biológico. El lodo fue dragado al reactor y mezclado con agua para formar un licor mediante aereadores flotantes de tipo aspirador. Prácticamente, el reactor era una versión gigante de una unidad de oxidación biológica, utilizada en plantas de tratamiento de aguas residuales. Durante un año, se degradó biológicamente cerca de 6500 toneladas de lodo (aproximadamente 3 semanas por lote) a niveles de contaminantes aprobados por el gobierno. La reducción volumétrica del lodo, es decir, dejando esencialmente sólidos inertes fue 50-70% del lodo original, según el método de cálculo. El principal problema fue la formación de espuma, causada aparente e irónicamente por la presencia de demasiado oxígeno disuelto en el agua durante la primera fase del proyecto y muy poco oxígeno disuelto durante la segunda fase.

Referencias

Tratamiento de Aguas Residuales

Alberta Environment; Environmental Control Guidelines for Asphalt Paving Plants; Edmonton, marzo 1977

Alberta Environment; Guidelines for Alberta Brine Storage Reservoirs; Edmonton; 1 de marzo de 1978

Alberta Environment; Waste Water Effluent Guidelines for Alberta Petroleum Refineries; Edmonton; reimpresso, 9 de abril de 1985

Chemical Engineering; Treatment of Phenolic Wastes; artículo de K. Lanouette; 17 de octubre de 1977

Chemical Engineering; Get Your Process Water to Come Clean; artículo de B. Parekh; enero de 1991

Chemical Engineering; Designing Stormwater Handling Systems; artículo de R. Elton III; 2 de junio de 1980

A. Chemical Engineering; Wastewater Treatment; artículo de W. Eckenfelder, J. Patoczka, Watkin; 2 de setiembre de 1985

Chemical Engineering; Removing VOCs from Contaminated Water; artículo de E. Heilshorn; primera parte, febrero 1991; segunda parte, marzo 1991

Chemical Engineering; Water Supply and Disposal Update; artículo de G. Parkinson, N. Basta; abril 1991

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

National Petroleum Refiners' Association; 1989 NPRA Session Notes; páginas 159-174;

1989

National Petroleum Refiners' Association Report AM-90-48; Treatment Technologies for Refinery Wastes and Wastewaters; exposición de D. Schleck; Washington; 1990

Petro-Canada Products Inc.; Effluent Water Treater; manual de operaciones para la Refinería de Oakville; Oakville, Ontario; noviembre 1984

Petro-Canada Products Inc.; Wastewater Treatment Facilities Operating Principle Manual; preparado por Stone & Webster para la Refinería de Oakville; Oakville, Ontario; junio 1989

Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment Report 80-1; Sour Water Stripper Manual; Ottawa; 1980

Quebec Ministry of the Environment; Draft Regulation on Liquid Waste; ciudad de Quebec, 2 de julio de 1991 más addendum 21 de noviembre de 1991

Water & Pollution Control; Powdered Activated Carbon Cross Flow Filtration System for Drinking Water Treatment; artículo de H. Donison, A. Benedek, J. Bancsi, que resume un estudio preliminar; febrero 1990

Tratamiento de Tierras

Alberta Environment; Guidelines for Land Treatment of Industrial Waste; Edmonton, junio 1988

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Franklin, N.; Disposal of Contaminated Soil; documento de posición para Petro-Canada Products; 4 de abril de 1991

Cuadro 8.1

Gobierno del Perú, Ministerio de Salud; Modificatoria al Reglamento de la Ley General de Aguas; emitido como Decreto Supremo 007-83-SA, artículo 82; Lima, Perú

Cuadro 8.2

Gobierno del Perú, Ministerio de Salud; Modificatoria al Reglamento de la Ley General de Aguas; emitido como Decreto Supremo 007-83-SA, artículo 82; Lima, Perú

Cuadro 8.3

Alberta Environment; Guidelines for Land Treatment of Industrial Waste; Edmonton, junio 1988

Cuadro 8.3

Alberta Environment; Guidelines for Land Treatment of Industrial Waste; Edmonton, junio 1988

Figura 8.1

CPPI (PACE) Informe No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para el Instituto Canadiense de Productos de Petróleo, Ottawa; abril 1990

Figura 8.2

Alberta Environment; Guidelines for Land Treatment of Industrial Waste; Edmonton, junio 1988

Figura 8.3

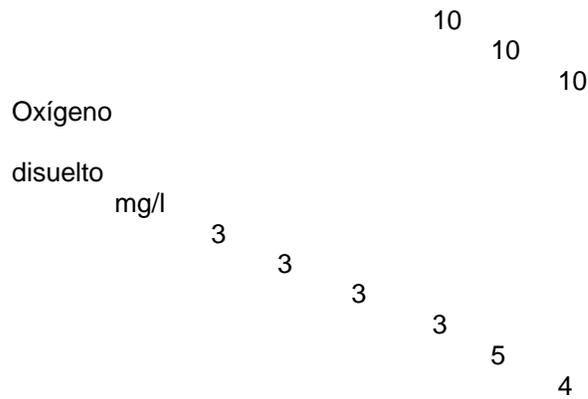
INTERA KENTING; Manual of Petroleum Contaminated Soil Treatment Technologies; preparado para el Grupo de Trabajo de Suelos Contaminados con Petróleo del Instituto Canadiense de Productos de Petróleo; Nepean, Ontario; 15 de abril de 1991

Cuadro 8.1

CRITERIOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA

REQUISITOS BACTERIOLOGICOS y BIOQUIMICOS

Parámetro	USO FINAL DEL CUERPO DE AGUA RECEPTOR					
	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes Totales	8.8 NMP/100 ml	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes fecales	0 NMP/100 ml*	4,000	1,000	1,000	200	4,000
Demanda bioquímica de oxígeno	5 mg/l**	5	15			



* Valor máximo en 80% de 5 o más muestras mensuales

** Valor basado en 5 días a 20°C

NPM/100ml Número de colonias probable por 100 mililitros

Uso final del Cuerpo de Agua Receptor

Aguas de suministro doméstico con desinfección simple.

II Aguas de suministro doméstico con tratamiento equivalente a los procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobado por el Ministerio de Salud.

III Aguas para riego de vegetales, sin depuración y para consumo del ganado.

IV Aguas para zonas de recreación (natación y actividades similares).

V Aguas en áreas destinadas a la pesca de mariscos bivalvos.

VI Aguas en áreas destinadas a la preservación de la fauna acuática y zonas destinadas a la recreación y pesca comercial.

Cuadro 8.2

CRITERIOS PARA LA CALIDAD DEL AGUA

REQUISITOS DE SUSTANCIAS QUIMICAS Y METALES

PARAMETRO	USO FINAL DEL CUERPO DE AGUA RECEPTOR				
	I	II	III	IV	V
UNIDADES					
LIMITES PARA LAS SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS					
Selenio					

	mg/m3 (2)
Mercurio	10 10 50 5 10
PCB	2 2 10 0.1 0.2
Esteres	1 1 1+ 2 2
Cadmio	0.3 0.3 0.3 0.3 0.3
Cromo	10 10 50 0.2 4
Níquel	50 50 1,000 50 50
Cobre	2 2 1+ 2 **
Plomo	1,000 1,000 500 10 *
	50 50 100

Zinc	"	10	30
Cianuros (CN)	"	5,000	5,000
	"	25,000	20
	"		**
Fenoles	"	200	200
	"	1+	5
	"		5
Sulfuros	"	0.5	1
	"	1	1+
	"		1
	"		100
Arsénico	"	1	2
	"	2	1+
	"		2
	"		2
Nitratos (N)	"	100	100
	"	200	10
	"		50
	"	10	10
	"	100	100
	"		n.a.
	"		n.a.

PESTICIDAS

Los criterios para la calidad de agua establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU se usarán como límites para cada categoría de uso.

LIMITES Y PARAMETROS PARA SUSTANCIAS POTENCIALMENTE DAÑINAS

M.E.H. (3)

mg/l

1.5
1.5
0.5
0.2

S.A.A.M. (4)

"

0.5
0.5
1.0
0.5

C.A.E. (5)

"

1.5
1.5
5.0
5.0

C.C.E. (6)

"

0.3
0.3
1.0
1.0

* Pruebas LC50 de 96 horas multiplicadas por 0.1.

** Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02.

LC50 Dosis letal requerida para causar 50% de mortalidad o inmovilización de las especies a prueba en el bioensayo.

1+ Valores a ser determinados. Si se sospecha la presencia de sustancias, se aplicarán provisionalmente los valores de la columna V.

n.a. No aplicable.

(2) Concentraciones no aplicables para uso del agua VI.

(3) Material extractable en hexano (principalmente grasa).

(4) Sustancias activas en azul de metileno.

(5) Extracto de una columna de carbón activado usando alcohol, según el método de prueba de índice bajo.

(6) Extracto de una columna de carbón activado usando cloroformo, según el método de prueba de índice bajo.

Con respecto a la temperatura, el Ministerio de Salud determinará para cada caso, las lecturas de temperatura

máxima para recorridos cortos y promedio semanal.

9.0 INCINERACION

Se considera a la incineración como un método de tratamiento de desechos extremadamente efectivo, especialmente desde el desarrollo de equipos más eficientes. Con este tipo de tecnología pueden tratarse muchos tipos de desechos -líquidos, sólidos, gases, a menudo en combinación. Entre los tipos de desechos sólidos se encuentran los sedimentos del separador de gravedad y lodos de la desaladora, los sedimentos del fondo de los tanques de gasolina sin plomo, arcilla gastada, azufre fuera de especificación, asfalto, suelo contaminado con petróleo, algunos compuestos inorgánicos en condiciones controladas, desechos en general (esencialmente no peligrosos). Sin embargo, no existe una tecnología única que pueda tratar todos los desechos en cualquier condición.

La Figura 9.1 es un diagrama esquemático que esboza un complejo de tratamiento de desechos peligrosos, incluyendo un sistema de incineración.

9.1 Incineración de Desechos Peligrosos

Los tipos de equipo adecuado para los desechos peligrosos incluyen los hornos rotatorios, lechos fluidificados, unidades de múltiples cámaras y quema directa. Este último tipo se limita a los desechos líquidos. Los desperdicios y basura en general pueden quemarse en incineradores de una sola cámara, de múltiples cámaras y de ventilación controlada (ventilación deficitaria o ventilación forzada).

Las principales ventajas de la incineración son la marcada reducción de la cantidad de desechos que deben tratarse y la destrucción casi completa de los desechos orgánicos peligrosos. Por lo general, la ceniza es inerte y puede ser eliminada en un depósito de basura o utilizada en procesos de fijación química de cemento/ceniza fina. Los metales pesados a menudo son transformados en óxidos generalmente menos tóxicos. Los carcinógenos combustibles y los compuestos biológicamente activos son destruidos de manera efectiva. Los incineradores más recientes emiten mucho menos dioxinas y partículas.

Existen, sin embargo, algunos puntos que considerar con respecto a los incineradores. La incineración puede ser un proceso costoso. Debido a ello, muchas refinerías envían sus desechos a incineradores externos. No obstante, algunos refinadores prefieren ejercer un control total sobre sus propios desechos y construir sus propios servicios. Asimismo, existen unidades móviles que son particularmente efectivas para manejar grandes volúmenes de desechos esencialmente por una sola vez, como los suelos contaminados. Los productos de la combustión -ceniza,

escoria, gases de la combustión- y el agua residual proveniente de la limpieza de gases se deben someter a tratamiento.

Debido al elevado costo potencial, deberá realizarse una exhaustiva evaluación técnica y económica de esta opción. Deben investigarse otras vías de eliminación de desechos, ambas en términos de economía, facilidad para la eliminación de los desechos (incluso los permisos) y el impacto ambiental. Esta última consideración requerirá un completo análisis del material que se someterá a tratamiento/incineración/eliminación y un cálculo de los desechos que podrían generarse con las distintas opciones.

Se necesitan limpiadores de gases de combustión (scrubbers), filtros y/o precipitadores electrostáticos para eliminar los niveles excedentes de óxidos de azufre, cloruro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no quemados (generalmente no son problema), partículas y metales pesados (que pueden volatilizarse a temperaturas muy elevadas). Las aguas residuales son ácidas y contienen partículas. La ceniza fina y las partículas recogidas del equipo de control de aire contaminado que sigue al incinerador pueden o no ser clasificadas como peligrosas y, por lo tanto, pueden o no necesitar fijación y almacenamiento en un relleno seguro.

Los incineradores de múltiples cámaras son recintos cilíndricos verticales con una serie de cámaras horizontales y superpuestas. Los desechos se colocan en la parte superior y son llevados mediante brazos giratorios al centro de la cámara, de donde los desechos caen al siguiente nivel. En una unidad estándar de seis cámaras el sedimento es secado en las dos primeras cámaras, quemado en las siguientes tres y enfriado en la última. El aire precalentado de la combustión se distribuye a través de un eje central y enfría los brazos giratorios. Las ventajas radican en el elevado rendimiento térmico y los menores requerimientos adicionales de combustible. Las desventajas radican en el daño térmico y la corrosión de las partes móviles. Existen límites para los desechos que pueden tratarse: su espesura no debe permitir la formación de surcos, ni contener partículas de 2 cms. o más, ni tender a volverse pegajosos o formar costras al calentarse.

Los incineradores de lechos fluidos son reactores cilíndricos cubiertos con material refractario que contienen un lecho arenoso calentado y fluidificado por un soplador. Los desechos se inyectan en el lecho mediante una bomba de cavidad progresiva o un alimentador de tornillo y la temperatura se mantiene a 900-1000oC. De esta forma, se origina la descomposición térmica y combustión de los productos más livianos sobre el lecho y del coque dentro del lecho.

Los tiempos de residencia pueden durar varios días en el caso de los sólidos atrapados por el lecho. Los gases calientes de la combustión proporcionan el precalentamiento del aire.

Generalmente, se necesita un ciclón o un lavador húmedo para quitar la arena traída desde el lecho. Debido a la

gran cantidad de arena en el lecho, este tipo de incinerador reacciona con relativa lentitud a los cambios producidos en el valor calorífico de los desechos. Sin embargo, la unidad tiene un elevado costo de capital y el aire debe ser precalentado. A velocidades reducidas de inyección de desechos la eficiencia de utilización del combustible es mala.

9.2 Hornos Rotatorios

Este tipo de incinerador es en la actualidad el más comúnmente utilizado, especialmente en las instalaciones centrales de tratamiento de desechos. Virtualmente cualquier tipo de desechos puede ser quemado -líquido, gas, lodo, suelo- a granel o en cilindros. Los hornos rotatorios comerciales alcanzan un 99,995% de rendimiento en destrucción y eliminación. Los hornos de cemento -una versión de esta tecnología- logran un 99,992% de rendimiento.

La Figura 9.2 muestra un típico tren de incineración de horno rotatorio. Como su nombre lo indica, un horno rotatorio es un cilindro rotatorio cubierto con material refractario, colocado con una inclinación aproximada de 3 grados. La carga de los desechos sólidos ingresa en la parte superior del horno y los desechos se deslizan por la gravedad. Una variante de este diseño la constituye el horno oscilante, el cual se carga por lotes y luego se balancea en un arco de 45 grados desde la línea central.

Después de una breve descripción de una unidad típica, que incluye el equipo de control de contaminación del aire que se instala a continuación del incinerador, enumeraremos algunas pautas de operación.

Esta tecnología se adapta satisfactoriamente a los proyectos de limpieza de suelos, que utilizan tanto los hornos centralizados como los portátiles. Existen varios puntos peculiares para la corrección de suelos, tema que se discute en una sección posterior. La presente sección trata de manera general la incineración de desechos peligrosos (pero no de los suelos).

Entre las ventajas encontramos la versatilidad del horno para tratar prácticamente todos los tipos de desechos de las refinerías y todavía alcanzar porcentajes extremadamente altos de rendimiento de destrucción. El costo constituye una desventaja significativa. La cifra es específica a la alimentación, volumen y emplazamiento.

A menudo ésta se encuentra en el rango de \$250-400 por tonelada, aunque algunas veces puede disminuir hasta \$75-120 por tonelada, o ascender a más de \$500 por tonelada. Asimismo, existen los problemas inherentes a un gran cilindro giratorio y han habido oportunidades en que los desechos se han pegoteado en el horno o se han apelmazado en el refractario, provocando así malos olores y humo.

9.3 Permisos

Probablemente algunas compañías prefieran tener su propio incinerador con el fin de ejercer un pleno control sobre su programa de control de desechos. Si eligen esta opción, necesitarán un permiso para construir la instalación y ponerla en funcionamiento. La decisión de construir en el emplazamiento o fuera de éste afectará el cronograma del proyecto. La preparación de la información técnica y las audiencias públicas, etc., pueden tardar de 18 a 24 meses. Por otro lado, conseguir el permiso para un incinerador en el emplazamiento puede demorar tan sólo cuatro meses, especialmente si la refinería mantiene buenas relaciones con sus vecinos. Antes de poner la unidad en funcionamiento a tiempo completo, se debe demostrar mediante una quema de prueba que se pueden cumplir los reglamentos de emisión en condiciones de máximo funcionamiento.

Si la refinería decide llevar sus desechos a una instalación de desechos industriales, debe asegurarse de que éstos sean registrados, documentados y se hagan los manifiestos de acuerdo con los reglamentos de transporte pertinentes. A continuación, se ofrece mayor información. Asimismo, debe asegurarse que la empresa de transportes tenga los permisos adecuados y el incinerador cuente con los permisos para el quemado de los desechos específicos en cuestión.

Los siguientes son los rendimientos de destrucción y eliminación característicos: 99,99% para los principales desechos orgánicos peligrosos; 99,9999% para los PCBs; 99% para el HCl de los gases de la chimenea, o aproximadamente 2 kg/hr.

9.4 Sistema de Carga del Combustible

Un típico tren de incineración de horno rotatorio (véase Figura 9.2) contiene un sistema de carga capaz de manipular los desechos específicos. Los gases y vapores se inyectan mediante tuberías o se mezclan con el aire de la combustión. Los líquidos y los lodos susceptibles de bombeo se inyectan mediante lanzas utilizando aire comprimido o vapor para atomizar. Los sólidos y desechos no sujetos a bombeo se cargan por lotes a través de un sistema que no permite el ingreso de aire utilizando transportadores de tornillo sin fin o fajas móviles.

Para el tratamiento de los sólidos se necesitan trituradoras y compactadoras. El sistema de carga de los sólidos debe estar bajo un manto de gas inerte con el fin de evitar una combustión prematura. Algunas de las unidades centralizadas más grandes cuentan con sistemas de manipulación de cilindros altamente automatizados.

9.5 Horno

El horno puede diseñarse para dos métodos: escoriado (1200-1400oC) y cenizado (650-1000oC). El horno de escoriado puede funcionar con cualquier método, el de cenizado no. El primero se utiliza para cargas con valor calorífico mayor a 2,8 kcal/g más humedad y halógenos moderados; es decir, para desechos que pueden soportar la

combustión a altas temperaturas o contienen contaminantes, tales como el material contaminado de PCB, que requiere esas temperaturas.

Este horno también se utiliza si van a quemarse los cilindros de desechos, incluyendo los cilindros. Mientras más carga puede procesarse, las temperaturas extremas, la abrasión de los metales y la corrosión de compuestos tales como el fluoruro de sodio reducen la vida del refractario a 3000-5000 horas. Los sólidos controlan la capacidad de los hornos. Los tiempos de residencia de los gases son muy cortos: los tiempos de residencia de los sólidos generalmente fluctúan entre 60-120 minutos, siendo este último el más común.

Los hornos de cenizado son mucho más económicos para el tratamiento de material de bajo valor calorífico, el cual necesita el uso constante de combustible auxiliar como en el caso de los suelos contaminados. (Los costos de un horno portátil para tratamiento de suelos contaminados fluctúan entre \$100 y \$250 por tonelada. Al incluir la recuperación del sitio, excavación, instalación de los servicios, permisos, etc., el costo total puede ascender a \$600 por tonelada.) Los tiempos de residencia de los sólidos son menores que en los hornos de escoriado, 30-60 minutos.

Puede existir un flujo paralelo o contracorriente de gases/sólidos. En ambos casos, los sólidos son cargados en la parte superior del horno y descienden por acción de la gravedad. Los combustibles gaseosos y líquidos pueden inyectarse axialmente por cualquiera de los extremos. Mientras que el flujo contracorriente maximizará el rendimiento de la energía, también requerirá tuberías y conductos de carga y descarga más complejos. Asimismo, es probable que surjan problemas al controlar el tiempo de residencia para los sólidos, es decir, éstos podrían ser arrastrados en el gas.

9.6 Cámara de Combustión Secundaria

Los gases de la combustión provenientes de los hornos rotatorios generalmente salen a una cámara de combustión secundaria. La mezcla relativamente mala de combustible/aire en el horno origina una combustión por etapas. (Asimismo, origina menos emisiones de óxidos nitrogenados que las previstas para aquellas temperaturas.) La cámara secundaria corrige esta deficiencia de la mezcla. La mezcla con turbulencia es inducida ya sea por aire o por aire más combustible. En algunas unidades, se recicla el gas de la combustión. Para asegurar la completa destrucción de desechos tóxicos que se hayan volatilizado o arrastrado, el tiempo de residencia debe ser de, por lo menos, dos segundos a temperaturas de 1230°C o más. Los desechos peligrosos necesitan 870-1530°C. Se recomienda un límite mínimo de 1230°C para la cámara secundaria, sin considerar los desechos, por lo menos con 4% de O₂ (base en vía seca) en la salida de la chimenea. Cualquiera de los combustibles quemados en esta sección del tren debe estar libre de partículas, tales como los aceites vírgenes limpios o los solventes de desechos.

9.7 Tratamiento de los Gases de Combustión

Un típico enfriador de gases de combustión, en forma de caldera de recuperación de calor, enfría el gas a menos de 650oC, con el fin de proporcionar precalentamiento de aire, generar vapor y reducir el tamaño del equipo de control de contaminación de aire en la corriente abajo. La menor velocidad del gas resultante permite la eliminación de cenizas y partículas. El diseño deberá tener en cuenta la facilidad de servicio y el mantenimiento.

El diseño del equipo de tratamiento de los gases de combustión depende de la composición de los desechos, proporciones de la carga, disponibilidad del agua, límites de emisión, costos de operación/mantenimiento. Esta sección es con frecuencia la más costosa del tren de incineración.

Un secador en spray hace descender la temperatura a alrededor de 200oC y elimina parcialmente el HCl, SO₂ y algunas partículas. El agua es sometida a tratamiento. Una cámara de filtros de bolsa, o en algunas plantas un precipitador electrostático, elimina las partículas (ceniza fina y productos de reacción de gases ácidos). Un enfriamiento rápido reduce la temperatura a 85oC para saturar el gas. Debido a los componentes de los gases ácidos, el equipo a menudo está hecho de fibra de vidrio o es reforzado con plástico. Luego se lavan los gases ácidos y las partículas.

9.8 Instalaciones para el Manejo de las Cenizas

La ceniza y las partículas se desprenden del gas en cuatro lugares: el horno, la cámara de combustión secundaria, el refrigerador de los gases de la combustión y el lavador. Los dos primeros pueden tener un sistema común de recolección de ceniza seca para reducir el posterior tratamiento del agua. El metal triturado y la escoria pueden ser eliminados de la ceniza seca después de realizar el enfriamiento, así como las pruebas, y luego ser enviados fuera para la recuperación de los metales. Debe diseñarse un procedimiento de manipulación y descarga de las cenizas, con el fin de que no haya ningún peligro para el personal o el equipo. Asimismo, debe haber instalaciones adecuadas para el enfriamiento de las cenizas: el enfriamiento de 800oC a 90oC puede demorar hasta diez días.

9.9 Instrumentación

Se recomienda utilizar instrumentos para mantener una adecuada temperatura de incineración. La sección 9.11 nos muestra el ejemplo de un esquema de optimización de la temperatura de incineración. Asimismo, se requiere la secuencia correcta de las válvulas, etc., especialmente en las operaciones de preparación de carga de los sólidos y descarga de las cenizas.

9.10 Calidad de la Carga

La calidad de la carga (combustible) de los desechos es extremadamente importante. Las cargas deben estar

mezcladas para ejercer un mejor control sobre los parámetros críticos - valor calorífico, contenido de halógenos, contenido de nitrógeno, humedad e inertes. En especial, esto se aplica especialmente a las cargas de alto valor calorífico, con el fin de evitar temperaturas excesivas en el horno. Se debe evitar la mezcla de desechos incompatibles. De acuerdo con las razones que expondremos en la siguiente sección 9.12, no se deben mezclar desechos indicados como peligrosos con aquéllos caracterizados como no peligrosos.

La calidad de la carga también es importante si los desechos van a ser quemados, a manera de combustible suplementario, en una instalación industrial como cemento, agregado, en un horno de cal para pulpa de papel o en una caldera de alto rendimiento. Entre los desechos de las refinerías destruidos según el presente procedimiento se encuentran los sedimentos y los sólidos de la prensa de filtros. Se deben tomar varias precauciones.

Los desechos deben mezclarse con un mejor combustible para lograr un adecuado valor calorífico, metales y características físicas. Las unidades deben estar equipadas para quemar estos desechos especiales, y en unidades como los hornos de cemento, los desechos no deben alterar la calidad del producto.

Es absolutamente necesario el registro, preparación de manifiestos, así como etiquetado completo y exacto de todos los desechos que lleguen para ser destruidos. En caso necesario, se hará una caracterización química y pruebas para suplir cualquier falta de información. Este procedimiento no sólo proporcionará información destinada a emitir posteriormente informes a las autoridades competentes, sino que también reducirá la posibilidad de mezclar desechos incompatibles, lo que podría provocar problemas en el transporte, el almacenamiento y la temperatura de incineración, así como causar posibles peligros que atentarían contra la salud de los trabajadores.

9.11 Control de la Incineración

Las altas temperaturas de los hornos producen altos rendimientos de destrucción y eliminación. Sin embargo, las altas temperaturas y mayormente los materiales inertes pueden causar problemas, tales como las "escorias vítreas" cuando se quema el suelo o el daño al material refractario. Mas aún, se produce un aumento de la volatilización de los metales pesados como el plomo, zinc, cadmio y cromo. Por lo tanto, es preferible mantener el horno a una temperatura constante para mantener un balance entre lograr el rendimiento requerido y evitar daños causados por altas temperaturas y/o problemas de las emisiones.

La entrada de calor, mas no la entrada de masa, determina la carga del horno. Las cargas del horno con suficiente valor calorífico para soportar la combustión deben estar adecuadamente mezcladas para evitar desviaciones de la temperatura.

El tiempo de residencia es el principal parámetro determinante de la temperatura para los sólidos. Para los

desechos con valor calorífico menor a 5,6 kcal/g, tales como los sólidos y suelos, la temperatura es controlada por el quemado de combustible suplementario (o desechos de alto valor calorífico) y está influenciada por el exceso de aire, el vapor atomizante (en caso de utilizarse) y los tiempos de residencia de los sólidos.

El quemado óptimo se logra cuando la velocidad del gas es constante en el rango de 5-7 m/s. Mas aún, la cámara de combustión secundaria y la sección de tratamiento de los gases de la combustión trabajan mejor en condiciones constantes de flujo de gas. Un acercamiento para lograr este nivel óptimo es mantener un flujo permanente de aire primario de combustión. Ello puede lograrse fácilmente con compuertas de tiro activadas a control remoto. Luego, se inyectan con valores preestablecidos todas las corrientes líquidas y de gas, excepto los desechos líquidos de alto valor calorífico (es decir, aceites de desecho o solventes de limpieza). La temperatura de salida del horno controla y permite fluctuar la inyección de esta única corriente.

Debido a que las termocuplas pueden ensuciarse, sería recomendable conectar en cascada el circuito de control, utilizando otra variable (por ejemplo, oxígeno o monóxido de carbono) que están directamente relacionadas a la temperatura de salida. Si el tiempo de retraso de la señal es un problema, la solución es utilizar la regulación con corrección anticipada en el combustible "flotante" de tal modo que la introducción de un desecho sólido dé lugar a un ajuste del combustible flotante antes de la onda de calor.

Se han efectuado algunos experimentos en el uso del aire enriquecido con oxígeno, lo cual puede aumentar la temperatura, disminuir la adición de combustible y elevar la capacidad hasta alcanzar la capacidad del ventilador. En particular se adapta a los desechos con valores caloríficos reducidos. Debido a las filtraciones del horno, un enriquecimiento del oxígeno del 40% parece ser el límite práctico superior.

9.11.1 Reglamentos para Productos de Incineración

Todos los productos del tren de incineración - ceniza/escoria, gases de la combustión y agua del lavado -deben ceñirse a los reglamentos locales para la protección del medio ambiente antes de ser eliminados o liberados.

Las aguas de limpieza provenientes de la sección de tratamiento de gases de la combustión son ácidas debido al HCl y al SO₂. Dichas aguas tendrán que ser neutralizadas y tratadas antes de eliminarlas.

Las emisiones de aire deben cumplir con las concentraciones o cantidades reglamentadas. En la Tabla 9.1 aparecen las máximas concentraciones permitidas, se indican en la Tabla 2 del RPAAH. La altura de las chimeneas de las calderas/calentadores debe permitir alcanzar dichos valores.

El método de eliminación de la ceniza a menudo está determinado por el tipo de desecho del que proviene.

Si el desecho original era un desecho de lista, es decir, que ha estado incluido en una lista de determinados

productos químicos peligrosos, la ceniza también será considerada dentro de esta lista y deberá ser eliminada en un relleno (para desechos peligrosos) seguro. La ceniza puede ser excluida de esta lista si su limpieza queda demostrada mediante evaluaciones de riesgos y análisis de toxicidad.

La ceniza producida por un desecho caracterizado (aquél que fuera considerado peligroso porque falló en una prueba de criterios de clasificación tal como se menciona en la anterior sección 6.1), es peligrosa únicamente si ella misma falla en la prueba de clasificación.

Para eliminar los problemas en esta área, separe los desechos peligrosos caracterizados y los de lista así como sus cenizas. La mezcla de las dos clases hará que toda la mezcla pertenezca a la lista. Programe periodos definidos para la quema de cada clase de desecho por separado.

9.11.2 Incineración del Suelo Contaminado

El suelo contaminado constituye una de las mayores cargas para los hornos rotatorios. Debido a la gran cantidad de suelo que será tratado durante una limpieza del emplazamiento, el costo del envío hacia una instalación centralizada puede ser extremadamente alto. Los incineradores móviles de hornos rotatorios resuelven este problema. Asimismo, la incineración en el emplazamiento elimina la necesidad de tener permisos de transporte, etc. Estas unidades cuentan con capacidades que fluctúan en el rango de 10-20 toneladas por hora.

A pesar de la versatilidad de los hornos, los suelos contaminados -el suelo y los contaminantes- pueden presentar problemas. La mejor carga es el suelo arenoso que fluye libre; la peor es la arcilla. Esta última tiende a tener un alto contenido de partículas finas (polvorientas) cuando seca, pero, al ser hidrocólicas, se vuelven pesadas y pegajosas. Ello ocasiona a menudo adhesiones y atoros en los cargadores diseñados para sólidos que fluyen libres.

Con frecuencia están presentes los contaminantes de metales pesados. Estos contaminantes podrían volatilizarse y salir por la chimenea debido a las altas temperaturas de los hornos, tal como se experimenta en el modo de escoriado. Deben considerarse los peligros que representan estos contaminantes -- arsénico, cadmio, cromo, berilio (todos carcinógenos) más antimonio, bario, plomo, mercurio, plata y talio -- y tomar las medidas necesarias para reducir sus volúmenes de emisión, especialmente cerca de áreas pobladas.

Algunas veces encontramos otros problemas como el escoriado y las escorias vítreas no uniformes. Se recomienda tener bajas velocidades de gas en la sección de incineración del tren, de otra manera, el arrastre de las partículas afectará el equipo de limpieza de los gases de combustión.

El contenido de aceite en un lugar de limpieza probablemente variará en un amplio rango de concentraciones. Esto originará problemas de temperatura en el horno a menos que el suelo esté bien mezclado. El suelo húmedo puede

mezclarse con ceniza reciclada, o algún otro material seco, para mejorar su calidad. Mediante un cribado deben eliminarse las grandes rocas, tocones y ramas. Se debe secar la mezcla del suelo en caso que sea necesario. Se recomienda mantener una provisión de cinco días de carga para el horno.

A fin de evitar muchos de los problemas mencionados anteriormente, la tendencia entre los operadores de incineradores es utilizar bajas temperaturas en el horno. Las unidades en realidad funcionan como desabsorbedores térmicos. Los orgánicos se volatilizan a temperaturas que fluctúan en el rango de 300-400°C y posteriormente se queman en una cámara de combustión secundaria o pasan a través de los filtros de adsorción de carbón. Los resultados de la destrucción pueden ser mayores de 99% para la gasolina, combustible para aviones a reacción, diesel y aceites de calefacción. Con el fin de tratar productos más pesados, se utilizan altas temperaturas (400-600°C) para evaporar y descomponer parcialmente los orgánicos, los que luego se envían a una etapa de combustión secundaria.

9.11.3 Procesador "AOSTRA Taciuk"

El presente proceso, autorizado comercialmente por primera vez a mediados de 1989, es una variante del tratamiento térmico de baja temperatura mencionado en el último párrafo. Desarrollado originalmente para extraer bitumen de las arenas bituminosas, ha tenido resultados satisfactorios en el tratamiento de desechos de producción de aceite pesado, emulsiones de hidrocarburos y suelos contaminados de PCB. Se están efectuando pruebas que utilizan desechos ácidos de refinerías y residuos de brea de hulla como cargas.

Esta unidad portátil puede tratar de 10 a 13 toneladas por hora de suelo contaminado. La velocidad de la carga depende del tipo de carga: lodo aceitoso, 6-9 t/hr; depuración de PCB, 6-11 t/hr. Al utilizar pirólisis anaeróbicas, los líquidos condensables son recolectados ya sea para reciclado o para un posterior tratamiento. Los gases de la combustión son tratados antes de liberarlos y los residuos se envían al exterior para su eliminación. En la Figura 9.3 se muestra la disposición de planta para esta unidad.

9.12 Incineradores para Desperdicios en General

La presente sección de la guía trata sobre la incineración de desperdicios y otros desechos que se han generado en el emplazamiento, pero no como resultado directo de la refinación de petróleo. Aquí se puede incluir la madera de desecho, papel, basura, desechos de alimentos y desechos médicos. En la Tabla 9.2 se proporciona información sobre la clasificación y datos de diseño de varios tipos de los desechos mencionados. No se discutirá sobre los desechos de Tipo V y VI. Las técnicas de incineración de desechos peligrosos descritas en las secciones anteriores serán las adecuadas.

Para los Tipos I-IV, se cuenta con tres modelos de incineradores: de cámara única; de cámara múltiple; de

ventilación controlada (en modelos de ventilación subalimentada o deficiente y forzada).

Las unidades de cámara única generalmente están limitadas a los desechos del Tipo I. Deben tener un sistema de abastecimiento de aire capaz de proporcionar un 50-100% de exceso de aire. A menudo, estos incineradores no están equipados con quemadores de combustible auxiliares. Este diseño no es recomendable, salvo para 0-50 kg/hr de desechos del Tipo I y sólo en ciudades pequeñas y pueblos.

Los incineradores de cámaras múltiples constituyen una tecnología bien establecida y, en consecuencia, todavía son muy comunes. Existen dos diseños básicos: los tipos de retorta y en línea. El primero de estos tipos es más pequeño, trata de 45-450 kg/hr. El flujo de aire de diseño es de 200-400%. Sin embargo, desde los años 70, la pirólisis, o incineración de ventilación controlada, ha sido ampliamente aceptada y parece constituirse en el diseño preferido.

Los incineradores de ventilación controlada tienen tres componentes básicos: una cámara de combustión primaria hermética donde se forman los gases producto de la pirólisis; una cámara secundaria con un quemador auxiliar para asegurar una combustión completa; una chimenea para dar una adecuada dispersión de los gases de la combustión. Véase la Figura 9.4. El modelo de ventilación deficiente proporciona menos del teórico en la cámara primaria y suficiente exceso de aire en la cámara secundaria para llegar a un porcentaje general de exceso de aire de 200-400%. Debido a que no existe suficiente aire en la cámara de combustión primaria, la porción volátil de los desperdicios es gasificada y quemada en la siguiente cámara. La carbonización de los desechos y un quemador auxiliar proporcionan el calor en la cámara primaria. La combustión incompleta también controla la temperatura de la cámara de combustión (en que se encuentran los quemadores) con fin de reducir el daño al refractario.

En las unidades de ventilación forzada, el aire de la combustión es proporcionado por un ventilador a través de pequeños orificios en el piso o paredes de la cámara de combustión. El exceso de aire controla la temperatura de la cámara de combustión. Existe nuevamente un quemador auxiliar en la cámara primaria.

Se recomienda que todos los incineradores de desperdicios tengan las siguientes características:

- Todos los incineradores que quemen desechos, diferentes a los del Tipo 1, deben estar equipados con quemadores auxiliares. Los incineradores de ventilación controlada siempre deben tener quemadores auxiliares, prescindiendo del tipo de desecho.

- Se deben instalar medidores de compuerta/tiro o controles manuales positivos de tiro, medidores de opacidad e indicadores de temperatura en todos los incineradores. La cubierta refractaria debe cumplir con los estándares ASTM. Se necesitan suficientes accesos para limpiar todo el incinerador.

- La chimenea debe estar diseñada para proporcionar suficiente tiro, con el fin de operar adecuadamente el incinerador y facilitar una apropiada dispersión de todos los contaminantes del aire para lograr concentraciones a nivel de tierra aceptables. Debe estar ubicado, por lo menos, a la distancia mínima especificada en el reglamento de construcciones desde la toma de aire de cualquier edificio.

9.12.1 Pautas de Emisión de la Incineración de Desperdicios

En la Tabla 9.1 se enumeran los límites específicos de emisión para incineradores de desechos.

Si el incinerador no puede cumplir con estos requisitos, se deberán instalar lavadores de los gases de la combustión, recolectores de ceniza fina, etc. para corregir esta situación.

El agua residual proveniente de los lavadores de los gases de combustión deberá ser neutralizada y sometida a tratamiento antes de eliminarla.

Se deben efectuar pruebas con la ceniza fina para determinar si es peligrosa. De ser así, entonces deberá eliminarse en cualquier relleno seguro.

9.12.2 Desechos Médicos

Deberán seguirse estrictos procedimientos de manipulación a fin de reducir las oportunidades de contraer infecciones y enfermedades. Sólo el personal que haya sido capacitado con ese fin podrá manejar los desechos médicos, para ello deberá usar vestimenta de protección apropiada.

Los desechos médicos tendrán que etiquetarse adecuada y claramente antes de ser almacenados. Deben mantenerse separados de otros desechos y almacenarse, para su destrucción final, de manera segura de acuerdo con los reglamentos de salud pertinentes. Debe restringirse el acceso al personal no autorizado.

De ser posible, los desechos médicos deberán enviarse a un incinerador autorizado para su procesamiento. Si deben quemarse en el emplazamiento, sólo podrá hacerlo en un incinerador de ventilación controlada.

Referencias

Alberta Environment; Guidelines for Design and Operation of Refuse Incinerators in Albert; Edmonton; Febrero 1983.

Alberta Oil Sands Technology and Research Authority; AOSTRA Taciuk Processor Performing Soil Cleanup; publicado en The TARpaper newsletter; Edmonton; Diciembre 1990.

Calgary Sun; Clean-up Process Working; artículo periodístico; Calgary; 9 de enero de 1992.

Canadian Council of Resource and Environment Ministers (ahora Canadian Council of

Ministers of the Environment); Operating and Emission Guidelines for Municipal Solid Waste Incinerators; Ottawa; Octubre 1988.

Chemical Engineering Progress; Rotary Incineration Systems for Solid Hazardous Wastes; artículo de D. Tillman, A. Rossi y K. Vick; Julio 1990.

Chemical Processing; Incineration: Flexible and Efficient; artículo de T. McGowan y R. Ross; Setiembre 1990.

Chemical Engineering Progress; Improve Combustion Control in Rotary Kiln Incinerators; artículo de A. Sigg; Enero 1991.

CPPI (PACE) Report No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Second Edition; preparado por Monenco Consultants Ltd. para Canadian Petroleum Products Institute, Ottawa; Abril 1990.

National Petroleum Refiners' Association Report AM-89-57; Industrial Waste Management at Phillips -Meeting the Land Ban; presentado por D.M. Jackson; Washington; 1989.

UMATAC Industrial Processes; Waste Treatment with the AOSTRA Taciuk Process; folleto; Calgary; no fechado.

Cuadro 9.1

El Peruano; Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos; Table 3; Lima, Perú; 12 de noviembre de 1993.

Cuadro 9.2

Alberta Environment; Guidelines for Design and Operation of Refuse Incinerators in Albert; Edmonton; Febrero 1983.

Figura 9.1

Chemical Engineering Progress; Rotary Incineration Systems for Solid Hazardous Wastes; artículo de D. Tillman, A. Rossi y K. Vick; Julio 1990.

Figura 9.2

Chemical Engineering Progress; Improve Combustion Control in Rotary Kiln Incinerators; artículo de A. Sigg; Enero 1991.

Figura 9.3

UMATAC Industrial Processes; Waste Treatment with the AOSTRA Taciuk Process; folleto; Calgary; no fechado.

Figura 9.4

Alberta Environment; Guidelines for Design and Operation of Refuse Incinerators in Albert; Edmonton; Febrero 1983.

Cuadro 9.2

CLASIFICACION Y DATOS DE DISEÑO DE LOS TIPOS DE DESECHOS

CLASIFICACION Y DATOS DE DISEÑO DE LOS DESECHOS A INCINERAR

Tipo de Desecho: I*

Descripción: Basura

Componentes Principales:

Desechos de combustibles, papel, cartones, trapos, pedazos de madera, polvo del barrido de pisos; fuente doméstica, comercial, industrial.

Composición Aproximada % en Peso:

Basura 100% (Desperdicios hasta 20%)

Contenido de Humedad % (Máximo de Diseño): 25%

(Promedio) de Sólidos No Inflamables, %: 10%

Valor KJ por Kg. de Desperdicios quemado (Mínimo de Diseño): 15000

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw por Kg de Desechos): 0

Tipo de Desecho: II*

Descripción: Desperdicios

Componentes Principales: Basura y Desperdicios; fuente residencial.

Composición Aproximada % en Peso: Basura 35-80% Desperdicios 65-20%

Contenido de Humedad, % (Máximo de Diseño): 50%

(Promedio) de Sólidos No Inflamables, %: 7%

Valor KJ por Kg. de Desperdicios cuando se queman (Máximo Diseño): 10000

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw pr Kg de Desechos): 1,3

Tipo de Desecho: III*

Descripción: Desechos

Componentes Principales:

Desechos animales & vegetales, restaurantes, hoteles, mercados; fuentes institucionales, comerciales & clubes.

Composición Aproximada % en Peso: Desechos 100% (Basura hasta 35%)

Contenido de Humedad, % (Máximo de Diseño): 70%

(Promedio) de Sólidos No Inflamables, %: 5%

Valor KJ por kg. de Desperdicios cuando se queman (Máximo Diseño: 5815

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw por Kg de Desechos): 1,9

Tipo de Desecho: IV**

Descripción: Animales y desechos orgánicos

Componentes Principales: Cadáveres, órganos, desechos orgánicos sólidos; provenientes de hospitales, laboratorios de camales, depósitos de animales y similares

Composición Aproximada % en Peso: 100% de tejido animal & humano

Contenido de Humedad, % (Máximo de Diseño): 62%

(Promedio) de Sólidos No Inflamables, %: 9%

Valor KF por Kg. de Desperdicios cuando se queman (Máximo Diseño): 2300

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw por Kg de Desechos): 7,5

Tipo de Desecho: V

Descripción: Desechos gaseosos, líquidos o semilíquidos

Componentes Principales: Desechos de procesos industriales (breas, pinturas, solventes, humos).

Composición Aproximada % en Peso: Variable

Contenido de Humedad, % (Máximo Diseño): Depende de los componentes predominantes.

(Promedio) de los Sólidos No Inflamables, %: Debe determinarse mediante un examen de los desechos.

Valor KJ por Kg. de Desperdicios cuando se queman: -

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw por Kg de Desechos): Debe determinarse mediante un examen de los desechos.

Tipo de Desecho: VI

Descripción: Sólidos y semisólidos

Componentes Principales: Combustibles que requieren equipo de quemado con cámara de combustión, retorta o parrillas (basura, plásticos, desechos de madera).

Composición Aproximada % en Peso: Variable

Contenido de Humedad, % (Máximo Diseño): Depende de los componentes predominantes.

(Promedio) de los Sólidos No Inflamables, %: Debe determinarse mediante un examen de los desechos.

Valor KJ por Kg. de Desperdicios cuando se queman: -

Consumo Mínimo Requerido del Quemador (kw por Kg de Desechos): Debe determinarse mediante un examen de los desechos.

* Se recomienda utilizar las cifras mencionadas arriba para calcular la liberación de calor, proporción de quemado, velocidad y otros detalles relacionados con el diseño del incinerador.

** Los desechos del Tipo IV necesitan un incinerador de tipo crisol caliente.

10.0 TECNICAS DE ELIMINACION DE DESECHOS

10.1 Rellenos para Desechos Peligrosos

Los rellenos siguen siendo el método más común de eliminación de los desechos provenientes de las refinerías. Sin embargo, la preocupación sobre la deterioración de la calidad del agua ocasionada por los lixiviados provenientes de botaderos antiguos o mal diseñados originó una mayor presión para restringir el uso de este método, ahora que otras técnicas de eliminación de desechos van a la vanguardia. Véase la Figura 10.1.

Otro factor que influye en la elección del relleno como opción de eliminación de desechos radica en el aspecto económico. Muchos rellenos se están llenando y los derechos para su utilización han aumentado de manera alarmante en los últimos años. En el caso de algunos tipos de desechos y en algunas regiones aún no existe suficiente presión para persuadir a los refinadores para que escojan otro método de eliminación.

Los rellenos seguirán siendo por algún tiempo un medio de eliminación viable, especialmente para los residuos provenientes de otros procesos de tratamiento de desechos.

Existen dos tipos básicos de rellenos: los seguros (Clase I) para los desechos peligrosos; los sanitarios (Clase II) para los no peligrosos y la Clase III para los materiales secos e inertes.

El Artículo 20, incisos a y b del RPAAH establecen que los desechos orgánicos y los desechos sólidos inorgánicos pueden enterrarse en los rellenos sanitarios. En vista de las potenciales responsabilidades civiles y costos de limpieza excesivos si se produce lixiviación de las sustancias químicas de un relleno sanitario al agua subterránea circundante, se recomienda colocar todos los desechos peligrosos sólo en rellenos seguros.

10.1.1 Desechos Indicados para Rellenos Seguros

Muchos de los problemas relacionados con los rellenos surgen debido al vaciado indiscriminado de los desechos peligrosos, a menudo sin pensar en los posibles daños al medio ambiente. Si bien una gran variedad de desechos puede eliminarse en un relleno seguro, existen muchos productos que deberían excluirse de este método.

Es preferible prohibir el depósito de cualquier clase de líquido en un relleno seguro, ya que contribuyen a la producción de lixiviados.

Se recomienda que los líquidos sean depositados en un relleno sólo como último recurso, y que se coloquen en contenedores seguros antes de ser eliminados.

No debe enviarse líquidos libres a un relleno. Los líquidos libres son líquidos que se separan fácilmente de la porción sólida del desecho en condiciones ambientales. Un desecho líquido peligroso es aquel desecho que contiene líquidos libres.

La siguiente es una lista no exhaustiva de las sustancias prohibidas. La refinería debe consultar con las autoridades reguladoras para obtener más detalles relacionados con las sustancias prohibidas.

- Líquidos libres y materiales que contengan o adsorban líquidos libres (para reducir la amenaza de lixiviación).
- Los contenedores vacíos, a menos que estén compactados, triturados o reducidos en su volumen de alguna manera similar (para reducir la posibilidad de hundimiento de la cubierta del relleno).
- Sólidos inflamables, materiales de combustión espontánea, materiales reactantes en agua, oxidantes y peróxidos orgánicos.
- Desechos ácidos, cianuros, compuestos orgánicos halogenados.
- Materiales que contengan PCB en concentraciones superiores a 50 ppm.
- Desechos peligrosos que contengan solventes orgánicos en una concentración mayor a 1000 ppmw (para proteger los revestimientos sintéticos).

Los desechos líquidos peligrosos pueden ser depositados en un relleno si previamente son tratados adecuadamente y si el lugar del relleno está construido apropiadamente para recibir desechos líquidos (véase a continuación).

Sin embargo, no se deben considerar los siguientes desechos:

- Desechos líquidos peligrosos que contengan metales pesados en concentraciones mayores que:

- arsénico, cromo, plomo 500 ppmw

- níquel, talio 130 ppmw

- cadmio, mercurio, selenio 100 ppmw

No se debe realizar la dilución o combinación de desechos peligrosos con otros materiales para satisfacer los criterios de concentración.

Los encargados de los rellenos deberán tener conocimiento de que la mezcla de ciertos desechos incompatibles puede provocar reacciones adversas tales como calor, fuego, explosión, gases tóxicos y gases inflamables. En la Tabla 10.1 proporcionamos una lista de las posibles mezclas peligrosas. La lista no es exhaustiva.

El interés del encargado y del usuario de un relleno seguro debe ser el de asegurar que los desechos peligrosos sean almacenados en una instalación construida de la manera más segura. La contaminación del agua subterránea podría provocar un daño ambiental de gran alcance, siendo el usuario responsable de los gastos de limpieza. La refinería deberá confirmar la conveniencia del o los lugares de relleno que utiliza.

Como política, la refinería se esforzará por reducir la cantidad de los desechos peligrosos que irán al relleno y también por mantener tales desechos en las condiciones más seguras antes de llevarlos al relleno.

10.1.2 Criterios de Selección de Lugares de Relleno Seguros

Al considerar la construcción de un relleno seguro, la refinería debe solicitar todos los permisos y aprobaciones, así como remitir la información sobre el diseño cuando le sea solicitada.

La hidrogeología del lugar es de suma importancia. Debido a las diversas variables y a su interdependencia, cada lugar es único. La refinería deberá tener personal capacitado para conducir una investigación minuciosa de las características del agua subterránea (flujo, dirección), drenaje de superficie, suelo y lecho de roca, calidad del aire de la región dentro de un radio de tres kilómetros del lugar.

El relleno no debe ubicarse cerca de áreas residenciales, pantanos, hábitat de fauna silvestre en peligro, vías de drenaje, áreas sujetas a inundaciones estacionales, ni el terreno debe ser invadido por una corriente, río o lago por una vez en 100 años.

No se deben construir rellenos seguros sobre canales enterrados de acuíferos a menos que esté protegida por un estrato de grosor significativo de baja permeabilidad.

El lugar propuesto no debe ubicarse en la capa acuífera de agua dulce que esté en uso o pueda utilizarse como

suministro de agua potable.

Una ubicación deseable para el relleno tendría las siguientes características:

- Una topografía plana o moderadamente ondeante.
- Geología superficial con conductividades hidráulicas de 1×10^{-6} cm/seg o menos, tales como los depósitos lacustres de arcilla o morrena.
- Geología de lecho de roca con baja conductividad hidráulica como el esquisto.
- Profundidad de materiales nativos de 10 metros o más.
- Areas bajo las cuales se extienden capas acuíferas, ya sea superficiales o lechos de roca, en las que la producción aparente de 20 años sea menos de 9 l/min.
- Agua superficial que puede demostrarse no se halla afectada por contaminantes movilizados.
- Napa freática estacional elevada por lo menos a 1.5 metros bajo el fondo de la fosa o cavidad, a menos que el lugar conste de suelos de muy baja permeabilidad.

El lugar propuesto puede ser apropiado aún cuando no satisfaga todas estas condiciones. Consulte con los organismos de control respecto a la aceptabilidad de cualquier lugar propuesto para relleno seguro.

Debe prepararse una evaluación de impacto ambiental. Véase la sección 2.1.

Antes de iniciar las operaciones se debe crear algún tipo de financiamiento para imprevistos en caso de que fallen los sistemas de protección del relleno y requieran reparación ya sea durante su vida activa o después del cierre.

10.1.3 Diseño y Construcción

Existen dos principios de operación respecto a los rellenos de desechos peligrosos, la atenuación natural y la contención técnica.

El enfoque de atenuación natural se basa en las premisas de que los desechos representarán una amenaza al medio ambiente durante cientos de años o más; que las condiciones naturales y una lenta descarga del agua subterránea podrán resistir el flujo de lixiviado; que no se ha establecido la integridad a largo plazo de los sistemas controlados técnicamente.

La contención técnica se apoya en las instalaciones (construidas por ingenieros) para proteger el medio ambiente, basándose en que es difícil predecir la capacidad a largo plazo del medio ambiente para soportar el lixiviado.

Los emplazamientos basados en la atenuación natural deben contar con un abastecimiento de agua seguro. Se deberá efectuar tareas de monitoreo, mantenimiento y proporcionar un seguro de responsabilidad civil, al menos,

durante varias décadas. Sin embargo, después de algunas décadas, se podrá discontinuar la recolección y tratamiento del lixiviado, con la correspondiente reducción de costos.

La atenuación natural no excluye el uso de instalaciones de recolección del lixiviado y revestimientos flexibles; éstos representan una protección adicional a las fuerzas de la naturaleza.

El presente documento asume una filosofía basada en la ingeniería de contención.

El diseño del área de relleno para el emplazamiento puede basarse en uno de los tres conceptos siguientes: superficial, excavación poco profunda y convencional. Ver Figura 10.2. Dependiendo del emplazamiento, un método puede ser más adecuado que otro. Algunos de los puntos a considerarse son:

- Mantenimiento de la topografía actual-excavación poco profunda.
- Mantenimiento a largo plazo -excavación poco profunda.
- Capa freática elevada -superficial, convencional.
- Ciclo de congelamiento/deshielo, -excavación erosión poco profunda.
- Escasez de relleno -excavación poco profunda, convencional.

Existen tres métodos generales para desarrollar un relleno. Cada uno de éstos puede adaptarse a cualesquiera de los tres conceptos mencionados anteriormente.

El método de desarrollo de celdas utiliza celdas discretas que se abren, se llenan y se cierran como una unidad. Este método es el menos eficiente en cuanto a la utilización del área, pero es ideal para cantidades relativamente pequeñas de desechos, restricciones estacionales y cuando se necesita una cubierta sobre la superficie de trabajo a cielo abierto. La celda funciona durante semanas o meses.

En el método de desarrollo de fosa se cava continuamente una fosa extensa mientras se realiza actividades de abertura, relleno y recubrimiento a lo largo de ésta. El periodo es de meses a años.

El método de desarrollo del área emplea el área total del emplazamiento, en vez de una sola fosa. Este método es el más eficiente en lo que respecta a la utilización del área.

Se deberá aplicar principios de ingeniería geotécnica que se adecuen a aquellos aspectos de la instalación que implican la construcción de diques, taludes recortados, celdas de terraplén, caminos y estructuras de drenaje.

El polietileno de alta densidad es el material de construcción preferido. Otros tipos de revestimiento, mucho menos comunes, son el asfalto, el caucho, el plástico, la bentonita y las mezclas de bentonita, así como cemento de suelo.

Los revestimientos flexibles deben ser compatibles con los desechos y el lixiviado en el emplazamiento. Deben ser resistentes a la intemperie, daño físico, bacterias, roedores y temperatura. Deben cubrirse con una capa de

material granular cuyo espesor sea de 0.5-1.0 m.

Sobre los revestimientos debe instalarse un sistema de recolección y remoción del lixiviado. Este puede constar de una tubería perforada o rejillas/mallas de drenaje (georedes, geotejidos). En los taludes laterales se recomienda un sistema de drenaje sintético. Las tuberías perforadas deben ser resistentes al ataque químico. La tubería se coloca en una capa de material granular, normalmente de 0.5-1.0 m de espesor.

El área de relleno puede revestirse con caliza para elevar el pH del lixiviado e inhibir la migración de compuestos metálicos solubles.

El diseño hidráulico del sistema de recolección del lixiviado deberá tener en cuenta las precipitaciones que puedan ocurrir antes de cubrir la instalación.

Es necesario un sistema de detección de filtraciones, el cual también puede actuar como un sistema de eliminación secundario. Este puede constar de un sistema entre los dos revestimientos o uno debajo de los revestimientos. La figura 10.3 describe, a grandes rasgos, un sistema compuesto típico de doble revestimiento.

El lixiviado recolectado se considerará un desecho peligroso y deberá someterse a tratamiento. Se deberá realizar todos los esfuerzos posibles para minimizar la cantidad del lixiviado.

Asimismo, será necesario instalar un sistema de monitoreo del agua de subsuelo tanto antes (para determinar la calidad del agua sin contaminación o línea base) como después del relleno. Estos deberán ser lo suficientemente profundos para tener una indicación del impacto potencial del relleno sobre el estrato superior de la napa freática que soporta el agua. La colocación de los pozos de observación deberá ser supervisada o realizada por personal capacitado de preferencia un hidrogeólogo. En Guidelines for Industrial Landfills (Pautas para la Fabricación de Rellenos Industriales), publicado por Alberta Environment, en junio de 1987, encontrará información sobre este sistema.

La escorrentía de lluvia deberá derivarse fuera de los rellenos seguros. La escorrentía de las partes activas del emplazamiento deberá recolectarse por separado, analizarse y, si se descubre que está contaminada, tratarse como un desecho peligroso. El área activa del emplazamiento puede protegerse de las precipitaciones utilizando una cubierta.

Se deberá suministrar un sistema de recolección de gases y ventilación adecuado debido a la generación de gases procedentes de la descomposición de materia orgánica. Para tal efecto, se utilizará una red de tuberías en fosas rellenas con grava (o su equivalente), ubicada debajo del revestimiento de la cubierta impermeable.

Entre los tratamientos a que se pueden someter los gases se encuentran el de incineración para el metano/volátiles

orgánicos; la depuración con agua para el ácido sulfídrico y la absorción con carbón para pequeñas cantidades de hidrocarburos volátiles.

Se deberá instalar un sistema definitivo de recubrimiento técnicamente diseñado sobre cada celda o fosa de relleno, con el objeto de aislar los desechos y cualesquier gas generado, controlando la infiltración del agua de la superficie y brindando protección contra la erosión. Esta cubierta se extenderá conforme sea necesario.

Un sistema típico constará de una capa superior de suelo lo suficientemente profunda como para sostener la vegetación que posee raíces poco profundas (mínimo 30 cm); una capa de soporte formada con material poroso de fácil drenaje, por lo menos, 60 cm de espesor para manipular la escorrentía de las grandes tormentas (se recomienda para la mayor tormenta de 24 horas de los últimos 10 años) y prevenir la penetración de las raíces y una capa inferior de material impermeable. El revestimiento flexible colocado sobre la parte superior de la arcilla compactada es un ejemplo de esta última capa. Cabe resaltar que aún no se ha demostrado el rendimiento a largo plazo de las cubiertas técnicamente diseñadas. La figura 10.4 muestra una sección transversal de una celda impermeable de desecho peligroso, incluyendo detalles de la cubierta, la pared y el fondo de la celda.

La cubierta final se nivelará con pendiente para evitar empozamientos superficiales debiendo, sin embargo, tener una pendiente máxima de 15% con el fin de prevenir la erosión.

Al diseñar la capa impermeable de la cubierta, la opinión predominante es que el criterio fundamental sería la cantidad de flujo que atraviesa la capa y no la permeabilidad. El objetivo es equilibrar los flujos de agua a través de la capa de recubrimiento y del lixiviado a través del revestimiento del fondo del relleno, de tal manera que no se produzca una acumulación del lixiviado en el relleno. Se deberá considerar la intensidad y frecuencia de las lluvias, la evaporación y las tormentas.

En las áreas donde exista la posibilidad de un congelamiento, la capa impermeable deberá estar totalmente debajo de la línea de helada promedio.

La cubierta deberá tener una estructura resistente para evitar su hundimiento. Los factores a considerarse son los procedimientos para la acumulación de desechos (celdas, fosas), la profundidad de las celdas, la sedimentación, la estabilidad de las pendientes, la elasticidad y alargamiento de la membrana flexible.

La capa impermeable del sistema de recubrimiento deberá integrarse de manera segura en el sistema de revestimiento del relleno dentro del perímetro de las celdas del relleno. Cuando sea pertinente, el sistema de recubrimiento deberá tener el grosor suficiente para minimizar los esfuerzos ocasionados por los ciclos de congelamiento/deshielo.

Se deberá instalar cotas de referencia topográfica que sean seguras y adecuadas para monitorear el posible hundimiento de la cubierta .

La disposición del emplazamiento deberá tener en cuenta el sistema local de carreteras, el sistema de carreteras internas y el hecho de que las secciones del emplazamiento se abrirán, llenarán y cerrarán progresivamente. Las carreteras internas recorridas frecuentemente deberán ser, de preferencia, pavimentadas.

Sólo se deberá permitir el acceso de personal autorizado, el que ingresará y abandonará el lugar a través de un punto de control donde se podrá verificar los manifiestos, tomar muestras, etc. Se deberá dotar de instalaciones para inspeccionar y limpiar los desechos peligrosos de los vehículos que salen del emplazamiento. Es probable que los productos del lavado sean desechos peligrosos, razón por la cual se deberá colocar instalaciones para su recolección.

Se necesitará una zona de tampón adecuada alrededor del emplazamiento para proteger al público del ruido y de la liberación accidental de contaminantes. Para que el emplazamiento resulte agradable, desde el punto de vista estético, se colocará bermas y/o árboles. Se deberá instalar una cerca alrededor del perímetro con signos de identificación de advertencia y peligro, así como un cartel con un número telefónico de emergencia.

El emplazamiento deberá contar con laboratorios para analizar los desechos que ingresan y mantener el control de calidad de las operaciones que realiza, tales como las pruebas de determinación de la escorrentía superficial y fijación. Los desechos generados por el laboratorio deberán considerarse peligrosos y se deberá colocar instalaciones de recolección.

El personal dispondrá de áreas separadas y limpias para trabajar, alimentarse, lavarse y cambiarse. Asimismo, deberá haber una lavandería. El agua del lavado se considerará peligrosa, por lo cual será necesario contar con instalaciones de recolección adecuadas.

Se deberá colocar instalaciones para la descontaminación de los vehículos y equipo. El agua del lavado, los solventes, etc., que se utilizan para este propósito se clasifican como elementos peligrosos.

Para el control de inventario se requiere una balanza.

10.1.4 Operación y Monitoreo

En el emplazamiento deberá existir un manual de operaciones completo y actualizado específicamente para la instalación. Se deberá cubrir todas las funciones, incluyendo el mantenimiento, administración, salud ocupacional, seguridad, etc. El personal que trabaja en el emplazamiento recibirá la capacitación necesaria sobre todos los aspectos referentes a su operación.

En el emplazamiento deberá existir un plan de respuesta a las emergencias para la instalación. Para mayores detalles, remítase a la sección 5.3.

En el emplazamiento deberá haber suficientes servicios de protección contra incendios, equipo y personal capacitado para actuar inmediatamente ante una emergencia y deberá haber recursos adicionales con los que se pueda contar fácilmente para cualquier acción de respuesta a largo y mediano plazo.

El operador deberá permitir el acceso al emplazamiento sólo al personal autorizado. Si el emplazamiento del relleno se encuentra localizada lejos de la refinería, rodéela con una cerca de alta seguridad instalando torres de vigilancia y otras medidas de seguridad.

La capa superficial del suelo que se extrae de las celdas y fosas puede ser apilada para utilizarla como material de recubrimiento final para la revegetación. El suelo debe almacenarse de manera que se aminore la erosión.

Los desechos deberán compactarse utilizando un rodillo mecánico antes de colocarlos en celdas o fosas para reducir al mínimo las posibilidades de hundimiento. Tal vez este procedimiento no sea adecuado para los desechos solidificados.

No se debe mezclar los desechos incompatibles. En el Cuadro 10.1 encontrará ejemplos de combinaciones que deben evitarse.

Se deberá tratar de proteger la integridad del sistema de revestimiento del relleno y recolección del lixiviado.

Las condiciones del clima local y la naturaleza del desecho determinan la frecuencia para recubrir el desecho, con el fin de evitar condiciones molestas y peligrosas. Se recomienda colocar una capa de suelo compacto de 15 cm. (mínimo) sobre el desecho después del relleno. Si existe un periodo prolongado entre rellenos de desechos, se deberá utilizar una capa de suelo compacto, de por lo menos 30 cm. de grosor. Cuando todas las celdas/fosas estén llenas, recúbrelas con una capa de suelo compacto cuyo grosor mínimo deberá ser de 60 cm., extienda las tuberías para la salida de gases y el sistema definitivo de recubrimiento.

Se deberá lavar los vehículos y el equipo estacionario que se contaminen o que pudieren estar contaminados. Este procedimiento se recomienda especialmente para los vehículos y equipo que salen del emplazamiento o antes de los trabajos de mantenimiento.

Se deberá retirar el agua de lluvia y el agua de escorrentía que se acumule en una fosa de relleno para evitar que entre en contacto con el desecho. Estas se considerarán peligrosas, salvo se pruebe lo contrario.

El lixiviado y las aguas de la superficie/subsuelo que estén contaminadas deben tratarse según los estándares vigentes de calidad de agua antes de liberarlos.

Las aguas del lavado y las soluciones de limpieza, provenientes de las habitaciones donde el personal se cambia la ropa, la lavandería, la limpieza de vehículos y equipo, etc., así como los desechos de laboratorio deben considerarse peligrosos, salvo se demuestre lo contrario.

Antes de autorizar un relleno, la evaluación de impacto ambiental proporciona un perfil de referencia (línea base) del emplazamiento y sus alrededores. Esto servirá como el punto de referencia para las mediciones posteriores. Se debe establecer y ejecutar un programa de monitoreo riguroso. Los elementos incluirán lo siguiente:

- El peso de todos los vehículos que entran y salen del emplazamiento y los detalles referentes a su carga (fecha de entrega, origen, tipo, cantidad y composición del desecho).
- El volumen del lixiviado recolectado y el análisis regular del mismo (en el Cuadro 8.4 de la sección 8.2.7 --parte tres, agua del subsuelo-- encontrará algunas sugerencias sobre este tipo de pruebas).
- El volumen del lixiviado y el análisis regular de cualquier líquido hallado en el sistema de detección de fugas (es posible que no se origine en el emplazamiento).
- Análisis de las aguas de escorrentías superficiales, aguas de lavado, etc.
- Descripción completa de las celdas o fosas describiendo, en líneas generales, el lugar, emplazamiento, construcción, composición y cantidad de contenidos y la fecha de clausura.

Es de vital importancia mantener limpia el agua del subsuelo. Es preferible que la calidad del agua del subsuelo después del límite del emplazamiento sea la misma que la de antes del emplazamiento. En ningún caso, deberá exceder los estándares de calidad especificados para el agua de consumo humano. Los parámetros de calidad del agua de línea base no deben ser excedidos en los pozos colindantes que suministran agua del subsuelo. Un sistema adecuado para el monitoreo de agua del subsuelo incluirá:

- Un análisis completo del flujo, nivel y patrones de composición del agua del subsuelo antes de establecer el emplazamiento. Este constará de, por lo menos, 3 a 4 lecturas tomadas durante un periodo mínimo de un año.
- Muestras de los pozos de observación del agua del subsuelo. Estas deberán tomarse, por lo menos, dos veces al año. En el Cuadro 8.4 de la sección 8.2.7 (parte tres, agua del subsuelo) encontrará pruebas típicas, las cuales deben realizarse siguiendo los procedimientos analíticos aprobados.

Las emisiones de aire provenientes del emplazamiento del relleno incluirán polvo, partículas de desecho y gases de las tuberías de ventilación de las cubiertas o del equipo para el tratamiento de vapor. Se deberá instalar

muestreadores de polvo precipitado y de grandes volúmenes de aire del ambiente en varios lugares alrededor del perímetro del emplazamiento. La ubicación de éstos dependerá de la dirección y velocidad predominantes del viento.

Se deberá analizar con regularidad el aire para determinar la existencia de polvo, partículas, el total de compuestos de azufre reducido y otros compuestos de interés. Se deberá monitorear periódicamente las tuberías de ventilación y el equipo para el tratamiento de gases con el fin de determinar el total de compuestos de azufre y los hidrocarburos.

El operador debe realizar inspecciones visuales frecuentes del emplazamiento para asegurarse que se están siguiendo todos los procedimientos de operación y monitoreo; que la seguridad del emplazamiento está intacta; que no se ha deteriorado la vegetación ni la cubierta del suelo o los canales de drenaje del agua superficial y que los animales de madriguera no han dañado la integridad del emplazamiento.

Se debe supervisar periódicamente la cubierta del terraplén para determinar si se ha hundido.

10.1.5 Clausura y Postclausura

El diseño y los procedimientos de clausura y postclausura de un emplazamiento de relleno deben ser una parte integrante del planeamiento original. Las modificaciones que se les realice serán determinadas por los cambios posteriores en el diseño de la instalación, los procedimientos de operación o los requisitos legales.

El objetivo principal después de la clausura del relleno es proteger a largo plazo la salud humana y el medio ambiente. Un objetivo secundario es reducir al mínimo las actividades y los costos de mantenimiento posteriores.

En el momento de la clausura, todos los vehículos y equipos, con excepción de aquéllos para monitoreo, deben descontaminarse o ser eliminados de la manera más conveniente.

Durante el periodo posterior a la clausura, podría ser de 20 años o mientras se recupere el lixiviado, el propietario/operador del relleno debe:

- Mantener la integridad de la superficie del emplazamiento de relleno (cubierta final, canales de desviación y drenaje).
- Operar los sistemas de recolección y tratamiento del lixiviado y gas.
- Monitorear el agua del subsuelo y el lixiviado y tomar las medidas necesarias en caso se requiera.
- Mantener todos los registros de los desechos depositados en el relleno.

10.2 Rellenos de Desechos No Peligrosos

Los desechos industriales no peligrosos pueden depositarse en un relleno sanitario, algunas veces denominado relleno municipal o industrial de Clase II (un relleno seguro es de Clase I). Un relleno de Clase III puede utilizarse para desechos sólidos secos e inertes.

El diseño, la operación y los procedimientos administrativos de un relleno sanitario de Clase II son idénticos a aquéllos de un emplazamiento seguro de Clase I, excepto que:

- Sólo se necesita un revestimiento para el fondo (sintético o de arcilla)
- No es necesario colocar un sistema de recolección y remoción del lixiviado
- No es necesario instalar un sistema de detección de fugas.

Si bien no es indispensable, se recomienda que al momento de construir un relleno sanitario se observe los estándares de la Clase I. Siempre se producirá el lixiviado y siempre existirá la posibilidad de que los desechos peligrosos puedan contaminar a los desechos no peligrosos o de que los desechos que actualmente se consideran como no peligrosos sean reclasificados.

Si se envía desechos no peligrosos a instalaciones externas de eliminación, se deberá confirmar que dicho emplazamiento los aceptará. Los líquidos deberán enviarse a estos lugares, sólo como último recurso utilizando contenedores a prueba de fugas. No se deberá enviar líquidos sin envasar a un relleno.

Un terraplén de Clase III deberá estar equipado con sistemas de control de drenaje de escorrentías superficiales.

10.3 Fijación Química

Después de la neutralización, detoxificación y/o reducción del volumen de un desecho, los fangos/precipitados/sólidos con frecuencia son dispuestos con fijación química. El resultado es un bloque sólido de desecho tratado con integridad estructural. Las variaciones de este proceso son la solidificación, la estabilización y la encapsulación (aunque en el último proceso no se puede producir un núcleo sólido). El resultado final de todas estas técnicas es el mismo: hacer que un desecho que se va a colocar en un relleno sea seguro.

No todos los desechos pueden someterse a la fijación química. El contenido orgánico máximo está en la escala de 10-20%. La materia orgánica interfiere con el proceso de adhesión. Algunos compuestos inorgánicos, tales como las sales solubles de manganeso, el estaño, cinc, cobre y plomo pueden afectar el tiempo de solidificación y la resistencia del bloque final. Los procesos que utilizan materiales puzolánicos muestran una mayor capacidad para manejar niveles moderados de materia orgánica y más tolerancia a ciertos metales pesados que los procesos que utilizan cementos.

Se recomienda que el laboratorio de la instalación de desechos analice los desechos para determinar si se puede utilizar esta técnica de tratamiento.

A pesar de las restricciones antes señaladas, la fijación química se está convirtiendo rápidamente en un medio aceptado para la manipulación de desechos. Muchas plantas de tratamiento centralizado de desechos industriales, y aquéllas en las etapas de planeamiento, utilizan este proceso.

Antes de la solidificación, los desechos se almacenan de manera tal que se evitan las mezclas incompatibles con el tratamiento posterior. Luego, los desechos se dosifican con productos químicos para causar una precipitación, neutralización o detoxificación. Para neutralizar un desecho ácido, se puede emplear la sosa cáustica. La fase acuosa se decanta y se recicla o se somete a un tratamiento biológico.

Después, el fango resultante se mezcla con productos químicos para provocar la solidificación. Los productos químicos con base de cemento tienen la ventaja de que pueden mezclarse en una mezcladora de cemento cuando se les conduce a un relleno. Para otros procesos, la mezcla deberá efectuarse in situ. En todos los casos, la mezcla se vierte en moldes, se deja fraguar y, luego, se entierra en el relleno debajo de una capa impermeable.

Se deberá observar que la mezcla del desecho con los agentes adherentes genera, aproximadamente, el doble del volumen que se va a manipular.

Existe una gran cantidad de productos químicos que se utilizan como agentes adherentes. Sin embargo, algunos no han sido probados desde el punto de vista comercial. Aquí se proporcionan algunos de los procesos más comunes.

El cemento Portland, a menudo junto con aditivos (muchos de ellos patentados) para mejorar las características del desecho, se utiliza en muchos de estos procesos. Dependiendo del desecho y los aditivos, el primero se adhiere física y/o químicamente con el cemento. El agua en el residuo de desecho reacciona con el cemento para formar compuestos hidratados de silicato y aluminato mientras que el residuo sólido actúa como un agregado para formar concreto. El tipo y la composición del residuo de desecho determinará la cantidad óptima y el tipo de cemento utilizado, el aditivo, la cantidad de agua que se requiere y la resistencia del concreto final.

Los aditivos más comunes para las mezclas de cemento Portland/ residuo de desechos y sus ventajas son los siguientes:

- La cal mejorará el proceso de endurecimiento (fraguado) para algunos desechos y generará un producto mejorado.

- La arcilla, siendo un material silíceo, disminuirá la lixiviación de la matriz solidificada, bajo circunstancias apropiadas.

- Los silicatos solubles, normalmente de sodio y potasio, se utilizan con una variedad de desechos.

Algunas veces, se añade reactivos. El resultado es un aglutinado rápido que solidifica fuertemente, el

cual previene la formación de agua libre en la superficie y disminuye la lixiviación.

- La ceniza fina es un material silíceo y, bajo circunstancias apropiadas, disminuirá la lixiviación. Más aún, por sí misma la ceniza fina no sólo es un desecho si no que reemplaza una parte del cemento que normalmente debería utilizarse.

Algunos procesos están basados en la cal, en lugar del cemento. Para solidificar en un "concreto", la cal debe reaccionar con agua y un material silíceo de grano fino. Dos materiales comunes de este tipo son la ceniza fina y la arcilla. Muchos de los procesos que utilizan mezclas de cal/ceniza fina también emplean aditivos y procedimientos operativos patentados.

A pesar de los excelentes resultados de solidificación obtenidos con el cemento y la cal, el empleo de los polvos de horno de cemento y de horno de cal no ha tenido mucho éxito. Sin embargo, éstos generan buenos ingredientes de relleno y absorbentes. El polvo de horno de cal también puede utilizarse para neutralizar los residuos ácidos. Cuando se considere la posibilidad de utilizarlos de este modo, se deberá observar que sus propiedades químicas tienden a variar significativamente de una fuente a otra.

10.4 Coeliminación

La filosofía común en la industria de la refinería es segregarse los desechos. En la mayoría de los casos, esto facilita el proceso de eliminación y tratamiento. Existen unas cuantas excepciones que no sólo vuelven menos peligrosos a los componentes de los desechos, sino que también ahorran los costos de embarque y manipulación.

- Cáusticos gastados con ácidos gastados.
- Cáusticos fenólicos y sulfúricos gastados.
- Solución Merox gastados con cáusticos gastados.
- Residuos del tanque de destilado con cenizas (el primero posee PNAs y la ceniza fija el fango).
- Fango de la torre de enfriamiento con fango de cal del sistema de agua de alimentación de la caldera (el último eleva el pH y reduce la movilidad de los metales pesados).

10.5 Eliminación de Pozos Profundos

Durante muchos años, se ha realizado la elaboración en pozos profundos. Normalmente, los pozos tienen una profundidad de 600 a 2000 metros y se encuentran ubicados en formaciones del subsuelo tales como arena, arenisca, piedra caliza, dolomita y neis fracturado. Estos no deben confundirse con las cavernas de sal.

10.5.1 Condiciones Geológicas para la ubicación

La premisa de esta modalidad de eliminación es que los desechos permanecerán indefinidamente en la formación del subsuelo. Con el fin de garantizar esto, existen varios requerimientos:

- El área del pozo de desecho debe ser geológicamente estable.
- La formación para eliminación o recepción de desechos debe tener una buena permeabilidad para aceptar el desecho y ser lo suficientemente grande para recibir desechos por un tiempo razonablemente prolongado.
- Debe existir estratos impermeables entre la formación de eliminación de desecho y la superficie o agua potable del subsuelo. No deben existir fracturas verticales las cuales podrían provocar que el desecho entre en contacto con el agua potable del subsuelo.
- La formación debe estar aislada de los reservorios de petróleo y gas.

Al momento de considerar una ubicación propuesta para un pozo profundo, se debe estudiar minuciosamente la geología de la región. El alcance geográfico de la investigación debe extenderse lo suficiente como para garantizar que las regiones adyacentes no serán afectadas. Si el pozo no es lo suficientemente profundo, o si la formación del subsuelo no sigue siendo la misma que la existente donde está el pozo (bien por debajo de acuíferos, fracturamientos, impermeabilidad, etc.), los residuos podrían contaminar el agua del subsuelo en regiones insospechadas. Algunas veces, esta contaminación puede ocurrir a decenas de kilómetros de la ubicación del pozo.

Antes de efectuar cualquier diseño sobre un pozo a ser perforado, la refinería deberá confirmar con las agencias reguladoras que éste es un método de eliminación aprobado, y, de ser así, obtener una relación de las corrientes de desecho aceptables.

La refinería debe garantizar la obtención de las licencias pertinentes antes de iniciar la construcción del pozo. Esto es aplicable ya sea tanto si la refinería es la única propietaria/operadora del pozo o si lo es en sociedad con otras empresas.

10.5.2 Desechos apropiados para Eliminación en Pozos Profundos

Los líquidos apropiados para su eliminación deberán ser compatibles con la formación y esencialmente componentes inorgánicos. Algunos ejemplos son:

Caústicos sulfúricos gastados Acido neutralizado HF

Caústicos fenólicos gastados Líquidos inorgánicos para limpieza de intercambiadores de calor

Catalizador Merox (en caústico) Desechos inorgánicos de laboratorio

Salmueras de Efluentes de Condensados

En el caso de que exista una sociedad, la refinería deberá garantizar que sus desechos no sean incompatibles con los introducidos por otro usuario del pozo. Si la refinería es la única responsable de la operación del pozo, debe garantizar que los desechos recibidos para eliminación se encuentren aprobados y sean compatibles con otros flujos.

10.5.3 Diseño y Operación

El ingreso al lugar del pozo para eliminación de desechos sólo deberá ser permitido al personal autorizado. Los operadores deben recibir la capacitación necesaria en todas las facetas de la instalación.

Se debe proporcionar facilidades de seguridad apropiadas, tales como cercos y un solo punto de control de entrada/salida.

Debe existir un equipo apropiado y personal entrenado en el lugar, con el fin de actuar en forma inmediata ante una emergencia. Asimismo, deberá existir un equipo de respaldo inmediatamente disponible para adoptar medidas a mediano y largo plazo. Ver la sección 5.3 que se refiere a la elaboración de planes de contingencia.

La Figura 10.5 muestra la sección transversal de un típico sistema de inyección de pozo profundo. El tubo de inyección, por lo general de 10 cm. de diámetro o menos, se encuentra dentro del tubo de revestimiento (casing). Tanto el tubo de revestimiento como el tubo de inyección se extienden hasta la formación de eliminación de desechos. Un empaque sella el espacio anular (entre el tubo de inyección y el revestimiento) de la formación que recibe los desechos.

El espacio anular se rellena con algún fluido inhibidor de la corrosión, tal como el kerosene. Se instala un indicador de presión. Una caída en la lectura indicará la existencia de una posible fuga.

El tubo de inyección debe poseer una metalurgia compatible con los desechos o estar provisto de un revestimiento.

Se recomienda utilizar una bomba de alta presión multi-etapas, con el fin de vencer la resistencia de la contrapresión de la formación a flujos elevados de inyección de desechos.

Se deberá contar con una balanza para todos los vehículos de transporte de desechos que entran y salen del lugar, así como con instalaciones para el procesamiento de la documentación y manifiestos requeridos.

Por lo general, los desechos se filtran o se decantan por gravedad para remover los sólidos que pudieran taponar el pozo o la formación. Luego de este paso, no se deben mezclar los desechos ya que podrían ocasionar precipitaciones.

Si el pozo de eliminación está fuera de la refinería, se aplicará el reglamento correspondiente sobre transporte de productos peligrosos. Ver la sección 6.2.

Después de algún tiempo, será necesario poner fuera de servicio el pozo para acidificar y reactivar la formación.

10.5.4 Monitoreo

La refinería deberá mantener registros precisos de sus desechos inyectados al pozo (fecha, tipo de desecho, cantidad, composición, etc.). Si el pozo es utilizado por terceros, se proporcionará a los usuarios los registros completos de todas las inyecciones. Debe existir un centro de archivo de datos, de tal forma que se pueda evaluar el desempeño total del pozo y de las capacidades. La refinería independientemente deberá mantener registros separados del uso que ella misma hace del pozo como parte del programa de administración de desechos.

La presión del tubo de revestimiento (casing) debe ser monitoreada en forma regular, con el fin de determinar si existe una posible corrosión o fuga. Se anotará las lecturas de la bomba (flujo, presión, potencia, etc.) en cada inyección. Una baja en el rendimiento indicará la existencia de una obturación en el tubo de inyección.

Se debe determinar la capacidad de la formación para manejar los volúmenes y/o tipos de desechos futuros en forma regular de tal manera que se puedan buscar opciones de eliminación alternativas en caso de producirse el cierre temporal o permanente del pozo.

10.6 Aspersión de Desecho en Carreteras

El petróleo de desecho de la refinería puede rocearse en superficies de carreteras como una forma de controlar el polvo. La disponibilidad de otros supresores de polvo para eliminar el polvo, usos más deseables para los desechos de petróleo y la mayor atención prestada al medio ambiente han llevado a que se cambien a otros medios de eliminación.

Esta práctica no es recomendada, excepto en circunstancias muy específicas. La refinería deberá obtener licencias tanto de las autoridades reguladoras del estado como de la municipalidad antes de utilizar cualesquiera de las opciones abajo mencionadas.

El petróleo de desecho no debe contener hidrocarburos halogenados ni otro tipo de lubricante elaborado o sustancias perjudiciales.

El índice de aplicación recomendado sobre la superficie de carretera es 12 m³ por kilómetro de carretera por centímetro de grava. El índice de aplicación no deberá exceder los 40m³/km. Las condiciones climatológicas deben ser favorables.

Se utilizará arena oleosa o cualquier otro sólido de desecho oleoso para el revestimiento de carreteras municipales. Se dará preferencia a los sólidos a los que se les ha extraído el agua y el petróleo antes que a los sólidos oleosos

sin tratamiento.

Debe aplicarse el reglamento referido al transporte de productos considerados como peligrosos, dependiendo de los contaminantes existentes en el petróleo de desecho.

En resumen, no se recomienda la eliminación de desecho sobre carreteras. La práctica es cada vez menos frecuente y no es una solución a largo plazo.

Referencias

Relleno

Alberta Environment; Elements of Engineering Design for a Sanitary Landfill; pautas preparadas por

G. Leskiw; Edmonton; 27 de febrero de 1981

Alberta Environment; Guidelines for Industrial Landfills; Edmonton; junio de 1987

Alberta Environment; Guidelines for the Quality Assurance of Geomembrane Liners for Environmental

Protection; marzo de 1986

Canadian Council of Ministers of the Environment; National Guidelines for the Landfilling of Hazardous Waste; Ottawa; abril de 1991

CPPI (PACE) Reporte N° 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and

Upgraders, Segunda Edición; elaborado por Monenco Consultants Ltd. para el Canadian Petroleum

Products Institute, Ottawa, abril de 1990

Fijación Química

CPPI (PACE) Report N° 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; elaborado por Monenco Consultants Ltd. para el Canadian Petroleum

Products Institute, Ottawa, abril de 1990

Co-Eliminación

CPPI (PACE) Reporte N° 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; elaborado por Monenco Consultants Ltd. para el Canadian Petroleum

Products Institute, Ottawa, abril de 1990

Eliminación en Pozo Profundo

CPPI (PACE) Reporte N° 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; elaborado por Monenco Consultants Ltd. para el Canadian Petroleum

Products Institute, Ottawa, abril de 1990

Aspersión de Desechos sobre Carreteras

CPPI (PACE) Reporte N° 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; elaborado por Monenco Consultants Ltd. para el Canadian Petroleum

Products Institute, Ottawa, abril de 1990

Cuadro 10.1

Alberta Environment; Guidelines for Industrial Landfills; Edmonton; junio de 1987

11.0 DESECHOS ESPECIFICOS DE REFINERIA

Existe una serie de desechos que son comunes para la mayoría de refinerías y que presentan problemas especiales que algunas veces pueden llegar a ser complejos y, por lo tanto, deben abordarse por separado. Entran en discusión cuatro desechos sólidos y dos líquidos: suelo contaminado por petróleo, catalizadores gastados, desechos sólidos con contenido de azufre y asbesto, PCBs y dioxinas/furanos.

11.1 Suelo Contaminado por Petróleo

Muchas refinerías poseen, a menudo en los patios de tanques, viejos emplazamientos en donde se colocaba todo tipo de desperdicios y desechos. Algunos de estos emplazamientos podían ocasionar daños a la salud y al medio ambiente. La limpieza de desechos sólidos, tales como cilindros, chatarra, etc., se puede realizar a través de cualesquiera de los métodos antes descritos, dejando en consideración únicamente el suelo.

La protección de las aguas superficiales y del subsuelo es de extrema importancia y si los contaminantes en el suelo las han afectado o potencialmente pueden afectarlas, dichos contaminantes deberán ser retirados.

El suelo contaminado por derrames y fugas debe limpiarse si existe riesgos que atenten contra la salud, la seguridad y que representen una posibilidad de incendio.

El proceso de saneamiento del suelo es costoso. Muchas de las técnicas de limpieza son de alto costo en unitario e incluso de no ser así, los volúmenes a ser tratados son, con frecuencia, muy grandes. Asimismo, puede ser un proceso bastante prolongado y, algunas veces, puede requerir meses o incluso años.

11.1.1. Criterios para Determinar el Saneamiento

Existen dos formas de determinar si un emplazamiento se encuentra lo suficientemente contaminado para requerir saneamiento: Si existen productos químicos perjudiciales en cantidades mayores a las concentraciones especificadas en los reglamentos y si estos productos químicos representan un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente.

La mejor manera de determinar lo anterior es comparando las concentraciones de contaminantes en el suelo/agua del subsuelo con el criterio establecido en los reglamentos. El criterio recomendado se muestra en la Tabla 11.1

En dicha tabla se muestra más de 100 productos químicos. Sin embargo, si se encuentra productos químicos adicionales en el emplazamiento, se deberá desarrollar un criterio para los mismos. En el caso de materiales no

cancerígenos, se utilizará la concentración 96-Hora LC50 para las especies salmonoides más sensibles (o su equivalente) con referencia al criterio de agua. Se aplicará factores de seguridad adicionales en el caso de las sustancias persistentes y/o bioacumulativas. De presentarse un producto químico que no se encuentre en la relación, se consultará con las autoridades reguladoras sobre los procedimientos para determinar el criterio apropiado.

El nivel A de la Tabla 11.1 representa los límites aproximados factibles de detección analítica para elementos orgánicos, así como los niveles de línea base para metales y materiales inorgánicos.

Tanto para el suelo como para el agua, se presenta una matriz de decisiones, con una serie de niveles de contaminación en un lado y la utilización de suelo/agua en el otro. Comparar las pruebas del emplazamiento en esta matriz, permitirá determinar la acción requerida, la cual puede ser la de no realizar ninguna acción, efectuar una investigación detallada para determinar la extensión y naturaleza del daño o hacer el saneamiento del área. Ver la Tabla 11.2 para la matriz de definición.

Una evaluación del emplazamiento específico basado en el riesgo de exposición es una práctica útil cuando las restricciones físicas y financieras hacen difícil el retiro de los contaminantes. Algunas empresas han demostrado que, si bien se excedió los criterios de concentración, el riesgo de exposición fue demasiado bajo para justificar el proceso de depuración. Si bien se puede evaluar el riesgo para demostrar el impacto en la naturaleza, generalmente esta evaluación se limita a estimar los efectos sobre la salud humana.

La evaluación de riesgo es una herramienta muy poderosa y útil para evaluar los emplazamientos para eliminación de desechos, así como un procedimiento muy complejo. Realizar una descripción detallada de este procedimiento se encuentra fuera de los alcances del presente documento. Sin embargo, en la sección 5.2.2., encontrará una breve referencia sobre el tema.

Algunos productos químicos, como por ejemplo los PCBs, no pueden ser evaluados sobre la base de riesgo: la concentración en el suelo es la única base para tomar una decisión. Los efectos potenciales sobre el medio ambiente únicamente pueden ser manejados utilizando los criterios de concentración de contaminante.

Cuando se utiliza el método de evaluación de riesgo, es necesario distinguir entre los cancerígenos y los no cancerígenos. Para el primero, el riesgo de cáncer máximo aceptable es 7 en 1'000,000 con 1 en 1'000,000 de preferencia. (Este último riesgo comúnmente se considera como un nivel mínimo bajo el cual, por lo general, no se realiza ninguna acción de saneamiento).

En el caso de los no cancerígenos, el riesgo de exposición debe reducirse a un nivel tal que la toma crónica diaria

pronosticada para la utilización de terreno residencial sea menor que los niveles especificados por el reglamento.

Pueden existir contaminantes volátiles en el suelo o agua del subsuelo, los cuales al evaporarse representan un riesgo en el aire. Los criterios de evaluación de riesgo en este caso son iguales a los detallados en párrafos anteriores. Si la evaluación utiliza criterios de concentración en el aire, estos valores se obtendrán de las autoridades reguladoras.

11.1.2 Establecimiento de Objetivos de Depuración

Una vez que el lugar ha sido declarado contaminado y necesita ser saneado, el problema será precisar qué tanto es depurado.

El establecimiento de objetivos de concentración final para un emplazamiento es una parte muy importante del proceso total. Se debe evaluar el aumento de los costos asociados con una remoción mayor de contaminantes ante la posibilidad de la existencia de una futura obligación legal, en caso de que surjan problemas inesperados. Sería conveniente llegar a un nivel incluso más bajo que el estipulado por los criterios reguladores para evitar el riesgo de posibles litigios.

Este riesgo de acción legal está motivando que los compradores potenciales de terrenos insistan en que se realice una evaluación de los niveles de contaminación del lugar como condición de venta.

Los objetivos son la obtención de niveles deseados de contaminantes luego del saneamiento. Estos son específicos para cada emplazamiento y deben considerar la proximidad de la capa freática, la utilización de suelo esperada y el impacto sobre el medio ambiente. Se utilizará el enfoque de concentración de contaminante o la evaluación de riesgo.

Tal como se ha indicado anteriormente, el nivel A en la Tabla 11.1 muestra la línea base típica para cada sustancia. Si el nivel base real del emplazamiento en cuestión es mayor que el señalado en la Tabla 11.1, éste será utilizado para establecer el criterio de concentración o para determinar los niveles base de riesgo. Los niveles objetivo podrían ser mayores si no existen riesgos extraordinarios para la salud. El suelo y/o el agua contaminada, siguiendo el criterio de la Tabla 11.1, no puede utilizarse como referencia para los niveles de línea base.

Se recomienda que en la refinería se tenga conocimiento de las implicaciones legales de cualquiera de los objetivos propuestos.

La refinería debe consultar, y obtener la aprobación de las autoridades reguladoras al momento de establecer objetivos de limpieza.

La refinería y las autoridades deben acordar un período de tiempo aceptable dentro del cual se llegue a lograr

estos objetivos.

11.1.3 Establecimiento de la Extensión de la Contaminación

Luego de identificar la existencia de un derrame de petróleo o fuga, el siguiente paso es determinar la dimensión del daño. Una vez bajo tierra, el petróleo puede extenderse sobre distancias considerables. Los factores son la cantidad de tiempo desde el momento en que sucede el derrame o fuga, el tipo de petróleo, las características del suelo, la profundidad y el caudal de agua del subsuelo, así como la presencia de tuberías y desagües bajo tierra.

Los estudios estándar de vapor de suelo se basan en muestras de vapores de suelo obtenidos a una cierta profundidad en la zona vadosa (sobre la capa freática), mediante la utilización de un tubo delgado pasando a través de un detector para el análisis cromatográfico de gas. Este método proporciona resultados excelentes pero los principales problemas son el alto nivel de sofisticación y el alto costo inicial de la instrumentación.

Esta sección describe un método de investigación mediante la utilización de estudios de vapor de suelo, los cuales han sido originalmente desarrollados para permitir un trazado de mapas indirecto de las estelas de agua del subsuelo. A pesar de que esto involucra la necesidad de técnicas analíticas altamente sofisticadas cuando se aplican a problemas de contaminación de suelo es posible utilizar equipos mucho más simples. Se trata de un acercamiento semicuantitativo y proporciona una evaluación preliminar económica y no intrusiva de la contaminación orgánica.

Los estudios de vapor de suelo siguen una metodología similar pero utilizan tubos detectores de gas de higiene industrial en vez de equipo GC. El resultado es un trazado de mapas del compuesto específico de la contaminación del suelo, productos de fase libre y agua del subsuelo muy contaminada.

No obstante el uso de tubos detectores de gas hace posible evaluar más de 200 componentes volátiles específicos en varias concentraciones, las limitaciones de los tubos por si mismos conducen al resultado que sólo se puede evaluar la contaminación directa del suelo y el agua del subsuelo afectada severamente. Este acercamiento no pretende reemplazar a los estudios de suelo estándares. Sin embargo, representa una herramienta muy valiosa para decidir dónde aplicar un estudio más intensivo.

El suelo en la zona vadosa se encuentra conformado por tres componentes: agua de suelo, gas de suelo y la sustancia sólida (orgánica e inorgánica). Se distribuirá un componente orgánico volátil (COV) en cada uno de ellos, según lo determine su solubilidad, volatilidad, el contenido orgánico del suelo y el tamaño de la porosidad, etc.

La teoría básica es que los COVs tienden a formar vapores que son más fáciles, rápidos y económicos de utilizar

para realizar muestreos que el suelo o el agua del subsuelo. La medición de la fase de vapor proporciona un estimado indirecto de los contaminantes del suelo y del agua del subsuelo.

Los COVs encontrados en el suelo derivan del flujo del producto libre, la migración lateral de vapores de una fuente de contaminantes o de la migración vertical del agua subterránea afectada. Las concentraciones de vapor en el rango de ppm indican una fuente o flujo de producto libre: en el rango de ppb, la migración de los vapores en forma lateral o vertical.

Resulta muy difícil calcular con precisión los niveles de contaminación del suelo o del agua del subsuelo a través de la utilización de análisis de vapor. La distribución de un COV a través del suelo es una función compleja de muchas variables. Por lo general, se carece de muchos de estos datos. Más importante aún es la necesidad de obtener resultados reproducibles a bajos niveles de vapor.

Se llega a la profundidad deseada a través de perforaciones de diámetro pequeño mediante la utilización de un tubo hueco con un extremo ranurado. Una bomba de fuelle de operación manual limpia el tubo, luego se introduce en el tubo hueco de caucho con un detector de gas insertado y se utiliza la bomba de fuelle para hacer pasar un volumen específico de aire (mencionado en el paquete) a través del detector.

El reactivo en el detector cambia a un color determinado dependiendo del componente que se está evaluando. La intensidad del cambio de color determina la concentración de vapor, la cual se lee directamente en el detector. Algunas veces, otros componentes (mencionados en el paquete) interfieren con la lectura y deben tomarse en cuenta.

Esta técnica puede utilizarse para proporcionar una rápida visión general del problema que acaba de presentarse, determinar la ubicación óptima para el monitoreo y perforaciones de muestreo, evaluar el progreso del saneamiento in situ y comparar rápidamente las lecturas obtenidas con un estudio de suelo estándar.

Cualquier estudio de suelo y agua del subsuelo debe ser efectuado por o bajo la supervisión de una persona específicamente capacitada para esta tarea. Si la refinería decide hacer su propio estudio, se deberá, por lo menos, utilizar los servicios de un geólogo y/o hidrogeólogo, con el fin de determinar las áreas más probables sobre las cuales centrar la atención.

La efectividad de este método, así como la de un estudio estándar se incrementarán si se conoce la hidrogeología y la geología del subsuelo de un emplazamiento contaminado. De ser posible, se debe obtener información sobre los tipos y la estructura de suelo, la profundidad de la capa freática, la dirección y velocidad del flujo de agua del subsuelo.

Se deberá conocer al máximo la contaminación encontrada en el suelo, el tipo de componentes orgánicos, metales pesados y propiedades físicas.

Si la contaminación es por derrame, se deberá calcular la cantidad de petróleo que se ha perdido.

La historia previa de un emplazamiento podría ayudar a explicar los hidrocarburos detectados en el mismo. Tal como se indica en la sección 5.1.1, se deberá recolectar la mayor cantidad de información posible sobre botaderos antiguos, etc., en la área de la refinería como parte del programa de manejo de desechos.

Se deberá determinar si la fuente de contaminación proviene de una propiedad cercana, ya que podría estar filtrándose hacia el lugar de la refinería.

Se deberá establecer de inmediato un programa de muestreo, especialmente si se ha producido recién un derrame o fuga. Se deberá muestrear a lo largo de la que se sospecha es la fuente de flujo de hidrocarburos. Se deberá iniciar con puntos que se distancien entre 10 y 20 metros, uno de otro. Se deberá colocar líneas adicionales de puntos de muestreo (se debe expandir o contraer la rejilla, conforme sea necesario) hasta obtener una razonablemente precisa visión global de la contaminación. Esta evaluación preliminar puede realizarse mediante el método descrito anteriormente debido a la velocidad con la que se puede hacer las pruebas.

Se deberá cavar pozos de monitoreo para proteger los lugares sensibles, tales como los pozos de agua potable, ríos, etc. Estos pozos deben encontrarse a una distancia lo suficientemente alejada del lugar sensible como para poder realizar una acción correctiva a tiempo.

Una vez que se determine la extensión de la contaminación del emplazamiento, se deberá realizar un estudio más detallado del área. Asimismo, se deberá determinar los tipos de contaminantes, si es que aún no se conocen, las características del suelo y del agua del subsuelo. Los tubos y desagües subterráneos son caminos rápidos para la movilización de hidrocarburos. Esto debe proporcionar una indicación de como podría ser el desplazamiento futuro de la contaminación.

Basándose en esta información, se deberá revisar la cuadrícula de ubicación de las pozas de muestreo. Se deberá repetir periódicamente el muestreo para observar cualquier desarrollo inesperado. La Figura 11.1 muestra un ejemplo de utilización de esta técnica.

11.1.4 Elección del Método de Saneamiento

La elección del método de saneamiento es una función de tecnología y legislación. Algunas jurisdicciones especifican los procedimientos que deben utilizarse para purificar el suelo. Sin embargo, se ha demostrado que muchas de las nuevas técnicas son muy eficientes y están siendo aceptadas por los reguladores. Esta sección asume que no existen restricciones legales sobre el tipo de método de saneamiento.

Las opciones de saneamiento varían desde la no acción (atenuación natural), pero con cierta responsabilidad hasta la completa destrucción, lo cual no deja desechos ni responsabilidades. Incluso las descripciones breves de los diversos procesos de tratamiento de suelos se encuentran fuera del alcance del presente documento. Al final de esta sección, se encontrará una relación de las lecturas recomendadas sobre este tema.

El propósito de esta sección es señalar los puntos que deben considerarse cuando se enfrenta un proyecto de saneamiento de suelo. Por lo general, las diversas técnicas funcionan mejor bajo condiciones específicas y, mediante el cumplimiento de ciertos criterios, las opciones apropiadas se limitan a unas cuantas. En este punto, se recomienda consultar a empresas especializadas en estas técnicas antes de tomar una decisión final.

Al respecto, ya se ha determinado la extensión y tipo de contaminación. Después de las conversaciones con las autoridades de medio ambiente, se ha establecido objetivos de limpieza y se ha determinado un margen de tiempo.

Es importante la elección del lugar de tratamiento. La limpieza puede realizarse in situ, ex situ o sobre el lugar. Existen beneficios y desventajas para cada elección.

El tratamiento in situ significa que el suelo no se excava. Para el tratamiento sobre el sitio, se excava el suelo pero no se le transporta fuera del sitio. El tratamiento ex situ se realiza fuera del lugar.

Las ventajas del primer método son una menor exposición de contaminantes para los trabajadores y público en general, costos de tratamiento más bajos, no es necesario realizar una excavación/rellenado posterior, no se necesita licencias para transporte y se conserva más el valor estético del lugar. Los métodos in situ funcionan apropiadamente cuando el retiro de la tierra es imposible o muy difícil debido a características del subsuelo, tales como desagües, tuberías y cimentaciones. Las desventajas son la necesidad de mayor investigación y monitoreo del lugar, el uso de tecnologías más complejas, una reducida efectividad y la necesidad de más tiempo para alcanzar los objetivos.

Los tratamientos ex situ permiten un saneamiento completo y rápido del lugar, no obstante el suelo contaminado puede permanecer en el lugar de tratamiento por un tiempo considerable. Por lo general, son más costosos.

Los tratamientos sobre el lugar presentan características de los otros dos tipos. No hay problema de licencia para transporte, pero los trabajadores y el público en general se encuentran expuestos a estos contaminantes. Las técnicas in situ pueden mejorarse mediante un mayor control del proceso y se pueden emplear los métodos ex situ, aunque, por lo general, en una escala menor. La variación de los costos oscila entre precios muy económicos y elevados.

Existen dos categorías principales de medidas de saneamiento: métodos de control y tratamiento de limpieza.

Ambos pueden ser in situ, ex situ o sobre el lugar.

Por lo general, los métodos de control son una medida provisional para limitar el área dañada o para almacenar/conservar el suelo contaminado para tratamientos posteriores.

Este método incluye las diversas técnicas de encapsulación/solidificación en las cuales no se tratan o retiran los contaminantes, sólo se inmovilizan. Es una buena opción para manipular contaminantes pesados, no móviles. Este método previene contaminaciones posteriores de manera efectiva, pero el material solidificado debe ser transportado para su eliminación. Los costos son, inclusive, mayores debido al incremento del volumen de desechos.

Los tratamientos de limpieza retiran el contaminante y/o lo descomponen en elementos menos dañinos.

Las técnicas in situ funcionan mejor en suelos porosos (arena, grava) ya que en dichos lugares puede existir un movimiento más rápido de petróleo y/o de aditivos de tratamiento, tales como nutrientes y vapor. Por lo general, los terrenos de limo y arcilla requieren una excavación, ya sea en caso de tratamiento ex situ o sobre el sitio.

El tipo de derivado de petróleo que se encuentra involucrado es importante. Los componentes volátiles se mueven con mayor rapidez a través del suelo y las técnicas de extracción con vapor funcionan en forma apropiada. Es preferible la extracción mediante solventes en el caso de componentes más pesados. El biosaneamiento natural funciona de manera más efectiva cuando se trata de productos más livianos. Los componentes más pesados, especialmente los aromáticos, requieren más tiempo. El biosaneamiento mejorado acelera el proceso y será más efectivo en el caso de terrenos de limo y arcilla. Los metales pesados no pueden ser saneados y es necesario destruirlos o inmovilizarlos.

Se debe considerar los productos finales del proceso. Algunos procesos producen agua contaminada, la cual debe ser tratada. Los procesos de incineración deben mantener la calidad del aire.

El costo y el tiempo son dos variables muy importantes. Ambas varían entre márgenes muy amplios.

La tabla 11.3 muestra varias opciones de tratamiento considerándolas en base a los factores antes mencionados.

Se indican las ventajas y desventajas de cada uno.

En los últimos años, se ha realizado muchos estudios con la finalidad de mejorar las técnicas de limpieza de suelos.

Se recomienda los siguientes artículos ya que proporcionan buenas referencias sobre el tema:

- Manual of Petroleum Contaminated Soil Treatment Technologies, elaborado por Intera Kenting para CPPI National Petroleum Contaminated Soil Task Force, abril de 1991

- Disposal of Contaminated Soil, documento de posición de Petro-Canada, abril de 1991

Las referencias en dichos documentos proporcionan mayores detalles sobre temas específicos.

Para una revisión de las técnicas de muestreo para suelos y agua del subsuelo, consulte la Guide des Méthodes de Conservation et d'Analyses des Echantillons d'Eau et de Sol, publicada por el Ministerio de Medio Ambiente de Quebec en mayo de 1990.

Si se considera el establecimiento de un sistema de contención de suelo contaminado, se recomienda los dos documentos del Ministerio de Medio Ambiente de Quebec, ambos publicados en enero de 1988.

- Guide Technique des Mesures de Contrôle à Effectuer Lors des Travaux d'Excavation de Sols Contaminés.

- Guide d'Implantation et de Gestion de Lieux d'Enfouissement de Sols Contaminés.

11.2 Catalizadores Gastados

Las refinerías utilizan un gran número de catalizadores para una diversidad de propósitos: craquear el petróleo pesado en productos más livianos; reformar moléculas; polimerizar moléculas más pequeñas en gasolina y retirar contaminantes no deseados.

No obstante que algunos catalizadores son líquidos, la mayoría posee una base de alúmina-sílice, a la cual se han agregado los metales. No sólo las composiciones son diferentes, sino que, con frecuencia, durante las operaciones éstas adquieren diferentes contaminantes. Además, algunos son vertidos desde las unidades operativas en un estado no regenerado y luego se convierten en un peligro potencial de incendio.

En esta sección no se abordan todos los catalizadores utilizados en una refinería. (Ver Anexo A para mayor información sobre tipos individuales). Sin embargo, los enumerados a continuación son bastante comunes y todos ellos tienen opciones más allá de su eliminación o destrucción.

11.2.1 Procedimientos Generales

Las siguientes recomendaciones se aplican virtualmente a todos los desechos sólidos de catalizadores. La siguiente sección las clasifica de acuerdo con el servicio.

No se debe mezclar los catalizadores. Estos deben almacenarse en un lugar seguro y protegido, claramente identificados. Los catalizadores no regenerados deben almacenarse en recipientes bajo una capa de gas inerte (nitrógeno o hielo seco).

Los empleados que se dedican al manejo de catalizadores gastados deben ser instruidos sobre procedimientos de operación apropiados y deben tener conocimiento de las precauciones con referencia a incendios potenciales, salud y seguridad industrial.

La refinería debe verificar con las autoridades reguladoras la clasificación que corresponde a cada catalizador.

Algunas instalaciones para tratamiento de desechos clasifican ciertos tipos de catalizadores gastados como peligrosos, sin considerar los reglamentos locales. Para su manipulación fuera de las instalaciones, la refinería deberá confirmar que la instalación para desechos acepta el catalizador gastado.

Todos los contenedores de catalizadores gastados que son remitidos fuera de la refinería deben identificarse claramente en cuanto a su contenido, las precauciones de salubridad, seguridad y emergencia. El conductor del vehículo deberá tener copias de las hojas de información de seguridad de materiales del(los) catalizador(es).

La refinería es responsable de todas las secciones relevantes de los reglamentos aplicables en referencia al transporte de artículos considerados como peligrosos. Ver la sección 6.2.

11.2.2 Opciones de Eliminación/Tratamiento

Los catalizadores de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluido (UFFC) son zeolitas de alúmina y sílice contaminadas con ligeras cantidades de metales pesados y diversos niveles de coque, dependiendo de la cantidad de regeneración. Con el fin de garantizar la correcta actividad del catalizador para la mezcla de producto deseada, se retira una porción del catalizador gastado y se agrega catalizador fresco a la unidad.

Una proporción relativamente significativa del catalizador gastado se bota en rellenos. Algunos rellenos sanitarios todavía podrán tomar este material si se encuentra húmedo. Sin embargo, la tendencia es no utilizar los rellenos sanitarios y la refinería deberá considerar esta tendencia. Algunas veces se utiliza la fijación química. No es recomendable la eliminación en seco ni el biotratamiento en terrenos. Los metales más preocupantes son el níquel, el vanadio y el antimonio; la lixiviación representa un problema potencial.

El catalizador gastado no es necesariamente un desecho. Una práctica muy frecuente es vender el catalizador de equilibrio gastado a otra refinería, la cual puede aprovechar sus propiedades. Otra opción es desmetalizar el catalizador y devolverlo a la unidad. Se pueden realizar procesos de desmetalización en el lugar.

Es posible efectuar la eliminación como componente en una mezcla de concreto, pero una opción más aceptable, en lo que se refiere al medio ambiente, es recuperar el alúmina que constituye un ingrediente necesario para el cemento Portland. No hay riesgo de responsabilidad futura si se consume químicamente el catalizador. Debido a que el cemento es calcinado a temperaturas que llegan a los 2000°C, los metales se vaporizan y son retirados de los gases de la chimenea del horno. Las evaluaciones realizadas en Europa han demostrado que el catalizador gastado puede mezclarse en el cemento en concentraciones de hasta 6%.

El fabricante de cemento requiere una provisión estable del catalizador gastado, por lo cual sería conveniente efectuar un acuerdo con varias refinerías para poder abastecerlo. La refinería deberá confirmar que el fabricante de cemento puede aceptar el envío en caso de que existan metales pesados en el catalizador.

Recientes estudios efectuados en Europa han demostrado que, si el contenido de antimonio del catalizador es menor de 600 ppm, se puede utilizar hasta el 5% del catalizador gastado como suplemento de asfalto. En el caso de concentraciones mayores de antimonio, la cantidad de catalizador en el suplemento deberá ser inferior a 3%.

Asimismo, estos estudios han demostrado que hasta el 5% del catalizador puede utilizarse para la fabricación de ladrillos, a pesar de que los metales objeto de preocupación se encuentren retenidos en los ladrillos mientras son sometidos al quemado.

Los catalizadores de hidrotratamiento contienen mezclas de níquel-molibdeno o cobalto-molibdeno o níquel-cobalto-molibdeno en una base de alúmina. Recientemente, se ha utilizado también el tungsteno. Estos serán contaminados por los carbonilos de níquel/cobalto, sulfuros, coque y aceite (especialmente los dos últimos de no ser regenerados). Los lechos de catalizador con frecuencia absorben metales pesados de las corrientes de alimentación, por lo que también podrían presentarse cantidades de plomo, arsénico, vanadio, etc.

El catalizador no regenerado puede ser pirofórico. Este debe almacenarse bajo una capa de gas de hielo seco o nitrógeno y no debe dejarse secar.

Todos los catalizadores de níquel, incluso los regenerados, deben almacenarse/enviarse en contenedores bajo una capa inerte.

Los polvos de níquel, carbonilo de níquel y subsulfuro de níquel (Ni_3S_2) son cancerígenos, así como el carbonilo cobáltico. Estos componentes no son fáciles de analizar en niveles de rastros. Si se utilizan tubos detectores para evaluar el carbonilo de níquel, interferirán el H_2S y SO_2 . Esto debe ser depurado con una solución cáustica al 10%, lavado con agua y cualquier tipo de agua arrastrada será eliminada.

Los rellenos sanitarios no deben utilizarse.

Los catalizadores de hidrotratamiento (e hidrocrqueo y reformación) están sobre un lecho de soporte de bolas de cerámica y virutas. Si el catalizador no fue regenerado, es muy probable que este soporte contenga coque, petróleo o rastros de metales pesados, no obstante, sin ser tan poroso como el catalizador. La refinería deberá confirmar la clasificación que deberá tener este material.

En la medida de lo posible, se debe segregar el catalizador y el medio de soporte. Estos probablemente posean distintos procedimientos de manipulación. El soporte regenerado puede ser reutilizado, de no encontrarse

contaminado por metales pesados.

Otras opciones de control de desechos son la fijación química, la recuperación de metales y la degradación a una utilización menos severa. Sin embargo, esta opción se verá limitada por la tendencia a obtener diesel más puro y, por lo tanto, requerimientos de hidrot ratamiento más rigurosos.

Los catalizadores de hidro craqueo poseen una composición similar a la que se utiliza para el hidrot ratamiento (óxidos de níquel y tungsteno en alúmina) y un uso similar al craqueo fluido (petróleo pesado, pero ante la presencia de hidrógeno). En consecuencia, los catalizadores gastados muestran muchas de las propiedades de esos tipos.

Las opciones de eliminación incluyen fijación química y eliminación en un relleno seguro.

El catalizador de hidrot ratamiento puede ser degradado a una operación menos severa, como por ejemplo, el desulfurizado de destilados. Además se pueden recuperar los metales.

Los catalizadores de cumeno y de polimerización utilizan ácido fosfórico como el ingrediente activo. Por lo general, éstos se envían a los fabricantes de fertilizantes. Como alternativa, se pueden utilizar como fuente de nutriente en operaciones de biot ratamiento de terrenos y tratamiento de agua de desecho. Se recomienda clasificar como peligrosos los catalizadores que usan el ácido fosfórico como ingrediente activo.

Los catalizadores no pasarán la prueba de corrosividad si están húmedos y deberán ser neutralizados con cal y luego enviados a un relleno seguro.

Antes de elegir una opción de eliminación, se debe evaluar el contenido de arsénico en los catalizadores.

Los catalizadores de reformación de nafta nunca deben considerarse como desecho. Los catalizadores gastados deben ser enviados para la recuperación de metales (platino y posiblemente renio). El o los metales recobrados se almacenan como reserva para luego utilizarlos en el siguiente lote de catalizador.

11.3 Desechos Sólidos con Contenido de Azufre

La mayoría de daños que los compuestos azufrados ocasionan al medio ambiente se deben a emisiones en el aire. Sin embargo, es significativo el impacto que los sólidos que contienen azufre, provocan en el suelo o en el agua del subsuelo local.

Tal como se detallara en la sección anterior, los catalizadores de hidrot ratamiento no regenerados contienen sulfuros. Sin embargo, las opciones posibles son tales que la cantidad de azufre en contacto con el suelo y el agua del subsuelo es mínima. Para las refinerías, las mayores fuentes de azufre son los catalizadores gastados de unidades Claus modificadas de recuperación de azufre (sulfuros, sulfatos y azufre natural); los derrames y fugas de la unidad de recuperación de azufre; la contaminación del suelo alrededor del área de almacenamiento de azufre. El óxido de zinc se utiliza ocasionalmente para limpiar productos gaseosos ácidos o gas de combustión. El material gastado es contaminado con sulfuros de cinc.

La eliminación de desechos mediante entierro o biotratamiento de terrenos es aceptable siempre y cuando se neutralicen los ácidos producidos como resultado de una acción biológica en el suelo. Asimismo, la refinería deberá confirmar la no existencia de otros contaminantes en el desecho que pudiesen interferir en la aplicación de estos métodos de eliminación.

La refinería debe contactarse con las autoridades reguladoras en lo referente a las licencias, si las hubiere, las cuales serán necesarias para la eliminación de desechos con contenido de azufre.

11.3.1 Método de Entierro en Fosas

Este método se utilizará para todo desecho con contenido de azufre, no obstante, los desechos acuosos deberán ser pretratados hasta lograr un estado seco razonable. Se deberá excavar una fosa de tamaño apropiado y recubrirla, de manera uniforme, con caliza tanto en el fondo como en los lados. La cantidad de caliza depende de la cantidad de azufre que contenga el desecho. Cada kilogramo de azufre requiere 3.2 kilogramos de caliza.

La fosa deberá estar ubicada sobre la capa freática y contener una base de arcilla o limo.

La cantidad de caliza para neutralizar los agentes desulfurizantes de gas ácido se determina a través del procedimiento de cálculo mostrado en la Tabla 11.4.

Se requiere un peso menor de cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ que cuando se utiliza caliza CaCO_3 . Sin embargo, existe con frecuencia CaCO_3 natural en el suelo, lo cual deberá tomarse en cuenta. Asimismo, el CaCO_3 mantiene el pH del suelo en un rango que promueve el crecimiento de plantas. Cuando se aplica en cantidades requeridas para la neutralización de azufre, la cal hidratada inmediatamente neutraliza el suelo, eleva el pH e impide el crecimiento de plantas.

Si se utiliza caliza dolomítica, surgen problemas de salinidad debido a la solubilidad del sulfato de magnesio.

Luego de recubrir la fosa con caliza, se deposita el desecho y, posteriormente, se le cubre con una capa de caliza en una cantidad equivalente al 10% de la cantidad utilizada para recubrir la fosa. Finalmente, se recubre el lugar con tierra.

La parte superior del desecho deberá estar, por lo menos, un metro debajo del nivel final del terreno.

La nivelación final de la superficie debe eliminar la acumulación de agua de superficie en el lugar.

11.3.2 Biotratamiento de Terrenos

Bajo las condiciones de suelo aeróbico, la acción de bacterias descompondrá el azufre en ácido sulfúrico. Esto disminuirá el pH del suelo y los resultados netos serán la reducción de la actividad microbiana y el incremento de las concentraciones de nutriente (fósforo), así como de iones potencialmente tóxicos en la superficie y aguas del subsuelo. El calcio en forma de caliza o la cal hidratada neutraliza el ácido y forma sulfato de calcio (o yeso) el cual es relativamente benigno en el suelo. Es poco probable que el yeso origine problemas de salinidad debido a que es muy poco soluble. Se deberá notar que esto no se puede aplicar para el sulfato de magnesio (ver información anterior).

El desecho sólido contaminado por azufre puede biotratarse en terrenos hasta en un máximo de 5 toneladas de azufre por hectárea, distribuido de manera uniforme. Se puede realizar múltiples aplicaciones hasta llegar a dicha carga máxima.

Ya sea antes o inmediatamente después de la aplicación de desechos, la cantidad calculada de caliza CaCO_3 o caliza hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$ debe esparcirse, de manera uniforme, sobre el área de desecho. Posteriormente, el desecho y los agentes neutralizantes deben ser inmediatamente mezclados con la tierra.

El biotratamiento de terrenos con desechos que contengan azufre debe realizarse en un ciclo de 3 a 4 años (es decir, tratar hasta 5 toneladas de azufre por hectárea cada tercer o cuarto año). Durante los años comprendidos entre la eliminación de desechos, se debe sembrar pasto en el área o cultivarla (es decir, debe tener vegetación). Deberá efectuarse muestreos regulares de la tierra para asegurar el control del pH.

No deberá realizarse el biotratamiento de terrenos de desechos que contienen azufre durante periodos fríos ya que la acción de las bacterias es lenta y existen mayores posibilidades de que se contamine el agua de la superficie. De manera similar, esta práctica no debe iniciarse durante, o poco antes de, periodos de lluvia intensa.

11.4 Asbestos

Antes de 1970, los asbestos eran bastante utilizados en las refinerías debido a sus excelentes propiedades de aislamiento y resistencia química. Sin embargo, las evidencias médicas demuestran que el polvo y la fibra de asbestos, al ser inhalados, pueden conllevar a una gran posibilidad de contraer enfermedades tales como asbestosis, cáncer al pulmón y mesotelioma (cáncer terminal, específicamente relacionado con los asbestos, el cual se desarrolla en el revestimiento de las cavidades del pulmón y de las partes abdominales).

Los asbestos son una familia de minerales fibrosos, los cuales incluyen actinolita, amosita, antofilita, crisolita, crocidolita y tremolita. El desecho de asbestos significa un desecho que contiene asbestos en concentraciones superiores al 1% en peso.

11.4.1 Clasificación

Debido a sus efectos nocivos para la salud, el asbesto ha sido clasificado como un material peligroso y se han tomado medidas para limitar la continuación de su utilización, así como para retirar las grandes cantidades de este material utilizadas para aislamiento en tuberías y naves.

11.4.2 Preparación para el Transporte

El asbesto no debe mezclarse con otro tipo de desechos. Muchas veces encontramos el asbesto embebido en aceite y, en estos casos, gran cantidad del mismo se considera "desmenuzable". En este estado, el desecho de asbesto deberá colocarse en contenedores rígidos, impermeables y sellados, lo suficientemente fuertes como para soportar el desecho. De lo contrario, se deberá colocar en dos bolsas de polietileno de 6 milésimas.

Los contenedores y/o bolsas deben estar sin roturas o agujeros. Todos deberán estar claramente marcados indicando el contenido de los mismos y la presencia de un cancerígeno, con una advertencia de no aspirar el polvo.

El asbesto "desmenuzable" que se puede embolsar o colocar fácilmente en cajas, no deberá transportarse ni eliminarse a granel. Sin embargo, si no se pudiera empacar con facilidad, se deberá forrar la cabina de carga del vehículo de transporte con polietileno de 6 milésimas y se cubrirá para prevenir que se dispersen fibras y polvo. Cuando el asbesto "desmenuzable" se encuentra a granel, se puede humedecer para prevenir el escape de fibras. El forro de polietileno utilizado deberá eliminarse junto con el desecho.

El asbesto "no-desmenuzable" no necesita ser empacado.

Las superficies externas de todos los vehículos y contenedores deberán quedar libres de desecho de asbesto.

11.4.3 Transporte

Por lo general, los propietarios de las instalaciones de desechos poseen el derecho de negarse a recibir una carga de desecho que consideren peligrosa para la propiedad o la salud y seguridad de los empleados y público en general. Asegúrese de que el relleno propuesto aceptará la carga de desechos de asbestos.

El documento de embarque (manifiesto, conocimiento de embarque, certificado de peso) deberá completarse de acuerdo con los reglamentos aplicables. Para efectos de la administración del desecho, el documento deberá contener por lo menos la siguiente información:

- Procedencia del desecho - compañía, dirección, unidad de operación.
- Nombre y dirección de destino.
- Nombre del transportista.
- Masa o volumen total del desecho y número de bolsas y/o cajas.
- Clasificación del desecho.

El desecho de asbesto no deberá transportarse junto con otro tipo de carga. No se deberá transportar en un vehículo compactador de desechos. El desecho de asbesto deberá asegurarse debidamente, dentro de un vehículo cerrado o, si éste no fuera cerrado, cubierto por una lona o red.

Los vehículos que transportan el desecho de asbesto "desmenuzable" deberán contar con el equipo necesario de limpieza para derrames (pala, escoba, agente humedecedor, ropa protectora, bolsas de polietileno de 6 milésimas con sus precintos de seguridad respectivos, máscaras protectoras de respiración para el personal que maneje el asbesto).

Las fugas de desecho de asbesto "desmenuzable" que se produzcan durante el transporte deberán recogerse de inmediato y ser depositadas en bolsas dobles. De ser posible, el contenedor en el que se produjo la fuga, también deberá colocarse en bolsas dobles.

El desecho de asbesto deberá transportarse de la manera más directa posible al emplazamiento de eliminación.

Se deberá comprobar que el vehículo transportador se encuentre en buenas condiciones, el transportista tenga licencia y permiso para transportar desecho de asbesto y el conductor haya sido debidamente capacitado para realizar dicha actividad.

11.4.4 Eliminación

La eliminación deberá ser en un relleno seguro y sólo en la porción que ha sido acondicionada para recibir desecho de asbesto o de alguna otra forma apropiada para ese fin.

La eliminación en el relleno se realizará bajo la supervisión directa del operador del área (u otra persona que se designe para ese fin), el mismo que no deberá operar simultáneamente la maquinaria o el camión.

El asbesto "desmenuzable" que se encuentre libre y las bolsas y cajas que presenten fugas no podrán eliminarse en ese estado. Estas deberán colocarse en bolsas dobles de polietileno de 6 milésimas.

El desecho de asbesto depositado deberá cubrirse inmediatamente con una capa no menor de 25 cm. de material de cobertura (que no sean desperdicios). Se deberá evitar el contacto directo del desecho con la compactadora y otros equipos. La cobertura final deberá tener un grosor mínimo de 125 cm. y se podrá incluir desperdicios.

Los vehículos y contenedores retornables que hayan estado en contacto directo con el desecho de asbesto "desmenuzable" deberán lavarse minuciosamente antes de dejar el emplazamiento de eliminación. Reduzca la cantidad de agua utilizada y cubra inmediatamente cualquier desecho que se haya generado.

Toda persona que estuvo directa o indirectamente relacionada con el transporte, manipulación y manejo del desecho de asbesto deberá tomar todas las precauciones necesarias para evitar que las fibras de asbesto se dispersen.

11.5 PCBs

Los bifenilos policlorados (PCBs) constituyen una familia de compuestos muy estable, no corrosiva, relativamente no inflamable y con propiedades térmicas excelentes. Por estas características han sido muy utilizados en las refinerías, especialmente, en los sistemas de circulación como medio calefactor y en transformadores y condensadores eléctricos. Cuando se emplean como fluidos de aislamiento eléctrico, los PCBs se identifican con su nombre genérico de askarelos. Su uso en la actualidad es estrictamente reglamentado.

Se tratará brevemente sobre el almacenamiento y eliminación de desecho contaminado con PCB y equipo contaminado. Estas pautas se dan considerando que las medidas apropiadas han sido adoptadas en las siguientes áreas:

- Conversión del equipo existente a un ambiente sin PCB.
- Rotulación apropiada del equipo que continua utilizando PCBs.
- Procedimientos de manipulación, mantenimiento y depuración.
- Precauciones de salud ocupacional y seguridad industrial.

Si desea un tratamiento más completo de todos los aspectos de manipulación y eliminación de los PCBs, se recomienda consultar los siguientes documentos:

- Handbook on PCBs en Electrical Equipment, Tercera Edición, publicado por Medio Ambiente de Canadá, abril 1988.

- Manual for the Management of Wastes Containing Polychlorinated Biphenyls (PCBs), publicado por Medio Ambiente de Canadá, febrero de 1987.

El término "PCBs" será utilizado de ahora en adelante en el presente documento para referirnos a los diferentes compuestos de PCB o a otros líquidos contaminados por estos compuestos, con excepción de los casos en los que se indique específicamente.

11.5.1 Almacenamiento de PCB

El almacenamiento del equipo de PCB y de materiales contaminados, incluyendo equipos nuevos, puede realizarse en lugares abiertos o cerrados. Es preferible elegir un lugar cerrado para reducir el riesgo de contaminar la escorrentía del agua de lluvia. La tabla 11.2 muestra un almacén cerrado típico.

El almacén deberá estar ubicado lo más cerca posible del punto de origen del desecho pero, a la vez, lo más lejos posible de otras actividades de planta. Se recomienda que el almacén se mantenga separado de otras instalaciones de almacenaje de desecho. El emplazamiento deberá contar con un acceso adecuado al equipo de transporte y a extinguidores de incendios. (Se deberá utilizar polvo químico o espuma no agua. El dióxido de carbono puede extinguir pequeños incendios.) El emplazamiento escogido deberá estar ubicado en un área que no presente mayor riesgo de inundación y que tenga una adecuada capacidad para controlar el drenaje de la escorrentía.

11.5.2 Procedimientos de Operación

Se deberá contar con procedimientos de operación y depuración completos en el lugar de almacenamiento. Todo el personal deberá estar bien capacitado y conocer dichos procedimientos.

Se deberá restringir el acceso al almacén sólo al personal autorizado (y capacitado).

Se deberá separar los desechos de PCB de acuerdo con la Tabla 11.5. Se deberá mantener los PCBs puros lejos de desechos inflamables. No se deberá apilar los contenedores, salvo que estén diseñados para dicho efecto.

Se deberá asegurar de tener a la mano provisiones adecuadas de absorbentes y solventes.

Se deberá contar con un equipo de primeros auxilios, equipos y ropa de protección, aparatos de respiración auto-contenidos y extinguidores de incendios (polvo químico).

Se deberá inspeccionar regularmente el almacén, por lo menos una vez al mes. Se deberá asegurar que los

Contenedor es se almacenen de acuerdo con los procedimientos y que se encuentren en buen estado. Se deberá reparar cualquier daño que exista en el piso, así como en los sardineles, y reemplazar lo más pronto posible cualquier contenedor defectuoso.

Se deberá anotar todas las entradas y salidas de carga del almacén, indicando la fecha, descripción, cantidad del desecho y cantidad de PCBs, fuente/destino, remitente/receptor. Se deberá anotar el nombre y departamento de la persona que autorizó las entradas y salidas. Cada ítem deberá tener un código de almacenamiento, con el fin de poder ser ubicado fácilmente.

Se deberá proporcionar toda la información a las autoridades reguladoras, de acuerdo con los requerimientos de la legislación local.

Cada pieza de equipo o contenedor ubicado en el área de almacenamiento deberá indicar claramente su contenido, fecha de almacenamiento y advertencias. Los contenedores deberán pintarse adecuadamente para prevenir su corrosión.

11.5.3 Almacenamiento de los PCBs y del Equipo Contaminado

Los materiales que presenten una concentración de PCBs mayor de 50 ppm se clasifican como desechos de PCB.

El almacenamiento de los PCBs drenados provenientes de los transformadores o líquidos de relleno/limpieza que han sido contaminados con PCBs generalmente representa un riesgo mayor que dejar los PCBs en un transformador debidamente mantenido y protegido.

Los PCBs deberán almacenarse en cilindros de acero de buena calidad, de preferencia 16 gauge o más gruesos, con capacidad para 200 litros y tapón doble. Se deberá dejar un espacio de aire de 7 a 10 cms. en la parte superior para permitir la expansión del líquido.

No deberá mezclarse otros líquidos con los PCBs.

Los condensadores de PCB descartados deberán dejarse intactos y envolverse en una bolsa plástica muy resistente y se colocarán en cilindros de acero de 200 litros (18 gauge o más gruesos) que estén provistos de tapas de acero removibles y empaquetaduras fabricadas con un material resistente al PCB, tal como eljebe de nitrilo, corcho o teflón. Los condensadores deberán almacenarse colocando los terminales hacia arriba, con el fin de evitar fugas a través de las boquillas. Luego, el cilindro deberá empacarse con aserrín u otro absorbente y ser sellado. Si el condensador no pudiera colocarse dentro de un cilindro, se deberá sellar al calor en una bolsa plástica resistente y luego ser embalado.

Si un transformador (o condensador) se almacena temporalmente en un lugar cerrado, deberá colocarse sobre una bandeja metálica de goteo cubierta con una capa de pintura resistente al PCB. La bandeja debe tener soldadura continua. El volumen deberá ser, por lo menos, de 125% con relación al volumen del PCB contenido en el transformador y los lados deberán tener una altura que permita una ventilación adecuada. (Se deberá considerar la posibilidad de aspersión de líquido.) Se puede utilizar un sistema de contención de concreto siempre que se sellen las rajaduras y drenajes, y que se instalen sardineles apropiados. El concreto deberá estar cubierto con pintura resistente al PCB. De igual manera, el volumen del sistema de contención deberá ser equivalente a por lo menos 125% del PCB en el transformador. Se recomienda construir un sistema de contención alrededor de cada transformador.

El sistema de contención exterior deberá consistir de una estructura de concreto similar a la versión antes mencionada. Cualquier superficie de concreto existente deberá limpiarse completamente con un solvente antes de taponear las rajaduras y cubrir con la capa de pintura resistente al PCB. Los sardineles deberán anclarse y asegurarse con un pegamento de concreto y, posteriormente, sellarse. Los sardineles deberán ir alrededor de cada transformador. Todas las entradas de cables al transformador que vayan por el piso deberán sellarse fijamente a la entrada con un compuesto de calafateo autorizado resistente a PCB. No deben existir drenajes en el área de contención. Los drenajes de agua del techo deberán derivarse fuera del área cubierta por el techo y el área de contención.

Se deberá inspeccionar con regularidad los transformadores que se encuentren almacenados temporalmente para determinar si existen fugas.

No se deberá drenar ni lavar los transformadores que van a ser descartados, salvo si se especifica en el reglamento de transporte. Ver información más adelante. El drenaje y lavado generan desecho adicional de PCB y los materiales utilizados en el lavado, tales como el kerosene, pueden representar un peligro de incendio. Los baldes metálicos deberán colocarse debajo de los conductos de drenaje y se deberán retirar las manijas de las válvulas. (La restricción que señala que el líquido contenido en los transformadores debe tener menos de 50 ppm de PCBs para que se les pueda vender, incluso como chatarra, significa que su eliminación es la única opción posible; limpiarlos resulta sumamente difícil).

Se deberá retirar y eliminar los sólidos contaminados por derrames de PCB. Las superficies impermeables, tales como el concreto sellado, asfalto, edificios y vehículos, deberán someterse a un proceso de lavado por tres veces con solvente. El solvente deberá considerarse contaminado.

Los PCBs son relativamente insolubles en el agua y más densos que ésta. Si se derraman sobre el agua, se hundirán hasta el fondo, pero el agua también será contaminada. El suelo o sedimento deberá dragarse y almacenarse en cilindros seguros. De igual manera, el agua tendrá que almacenarse o pasarse por un absorbente, el mismo que será almacenado para ser luego eliminado. Una lista parcial de materiales absorbentes adecuados incluye el carbón activado, turba de musgo, aserrín, suelos con alto contenido de humus, vermiculita y otros productos patentados.

Todo equipo y ropa contaminados con PCBs deberán lavarse de inmediato o, de preferencia, se les deberá preparar para ser eliminados en cilindros. (La exposición de ropa al PCB puede causar el deterioro de algunos de sus materiales.)

Los incendios que se presenten en instalaciones que contengan PCBs generarán grandes cantidades de hollín aceitoso y probablemente dioxinas y furanos. Los procedimientos para su limpieza y eliminación, luego de ocurridos estos incidentes, deberán ser realizados por personal experto en el tratamiento de tales situaciones. Los residuos de PCB deben retirarse de todas las superficies contaminadas o potencialmente contaminadas, utilizando solventes. Toda la ropa que se utilice en la extinción de incendios y el material de limpieza deberán colocarse dentro de cilindros y almacenarse como desechos de PCB.

11.5.4 Transporte de PCBs

Hay muy pocos rellenos sanitarios que aceptan desecho y equipos contaminados por PCB. Si fuera necesario eliminarlos en instalaciones exteriores de eliminación, se seguirá con las mismas medidas adoptadas para transportar de manera segura desechos peligrosos. Se tendrá cuidado de que no se fugue material de ninguno de los contenedores del vehículo. Se deberá brindar protección a los elementos. El transportista del equipo contaminado por PCBs deberá revisar frecuentemente el estado de la carga mientras dure el viaje. Cualquier fuga o derrame deberá comunicarse inmediatamente a las autoridades.

Es extremadamente importante que la refinería confirme lo siguiente:

- La carga ha sido correctamente cargada.
- La documentación está completa.
- El transportista está calificado para manipular este tipo de desecho.
- Las instalaciones de recepción aceptan el desecho.

11.5.5 Eliminación de PCBs

El criterio considerado para clasificar el desecho como PCB es de una concentración de 50 ppm y cualquier condensador que contenga más de 0.5 kilogramos de PCBs. Sin embargo, si los valores son menores que los señalados, no significa que el desecho deba ser eliminado en terraplenes municipales. La Tabla 11.6 resume las tecnologías disponibles.

El flujo de desecho de PCB debe detenerse automáticamente si no se cumple con los criterios del monóxido de carbono o si se presenta alguna falla en el equipo de monitoreo.

11.5.6 Respuesta de Emergencia para Desechos de PCB

Debe existir un plan de emergencia global para el almacenamiento de PCB. Los datos fundamentales para preparar este plan se detallan en la sección 5.3. Los detalles son específicos para cada emplazamiento y están fuera del alcance del presente documento. Se deberá colocar avisos del plan en el emplazamiento y asegurarse de que todo el personal esté lo suficientemente capacitado.

Se deberá informar a las autoridades locales de la existencia, ubicación y contenido de las instalaciones de almacenamiento. Asegurarse que los bomberos tienen conocimiento de cómo combatir incendios por PCB.

La tabla 11.7 muestra una breve reseña de los pasos a seguir en cualquier programa relacionado con derrames.

Los puntos básicos (salud no ocupacional) fueron mencionados en las secciones anteriores.

11.6 Dioxinas/Furanos

Las dioxinas y los furanos se conocen más apropiadamente como clorodibenzo-p dioxinas y clorobenzofuranos.

Dependiendo del grado de sustitución de cloro, existen 75 posibles isómeros de la primera y 135 del segundo. Es más conveniente clasificar los isómeros de acuerdo con el mismo grado de sustitución de cloro. Estos son conocidos como congéneres, siendo los más comunes los congéneres tetra a octa (cuatro a ocho sustituciones de cloro).

La dioxina/furano más tóxica conocida es la 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD). Las otras dioxinas y los furanos se clasifican de acuerdo con ese compuesto. Las concentraciones totales de dioxina/furano generalmente se expresan en base al equivalente de 2,3,7,8-TCDD. Las concentraciones del congener se multiplican por los factores enumerados en la Tabla 11.8. Ver la tabla.

En las refinerías, las fuentes serán los drenajes cáusticos gastados que provienen de las reformadoras durante los procesos de regeneración, debido a las inyecciones de cloruro. (Las emisiones en el aire se producen en forma simultánea.)

El equipo y las técnicas de pruebas han avanzado a tal punto que se puede observar lecturas parciales en partes por cuatrillón (ppq). Los isómeros tetra, penta y hexa pueden detectarse en un rango de 6-30 ppq. Los límites mínimos detectables para octa-isómeros fueron de aproximadamente 70 ppq.

La refinería debería estudiar el efluente de agua de desecho para verificar la existencia de dioxinas y furanos durante la regeneración de la reformadora de nafta.

Esta prueba es muy compleja y deberá ser realizada por un laboratorio analítico competente. Debido a la extrema sensibilidad de la prueba en estas concentraciones, el procedimiento para la ejecución de la misma deberá seguirse en forma estricta y rigurosa. Se deberá discutir este procedimiento con el laboratorio.

Se deberá tomar muestras duplicadas del efluente de la refinería, antes de que ingrese al lago/río. También se requiere una muestra del agua que ingresa a la refinería.

Al momento de tomar las muestras, se deberá asegurar de que no exista evidencia de humo en los alrededores (las precipitación de partículas podrían contener dioxinas). Esto incluye el escape de vehículos y el humo de cigarrillos.

Si la prueba de efluente de la refinería muestra una lectura que sobrepasa el límite, se deberá repetir la prueba utilizando la otra muestra del efluente de la refinería. Si aún así, se sobrepasa el límite, se deberá examinar el agua de alimentación. Las dioxinas podrían haberse originado del agua y no del proceso de regeneración.

Referencias

Suelo Contaminado por Petróleo

British Columbia Ministry of the Environment; Criteria for Managing Contaminated Sites in British Columbia; Victoria; 21 de noviembre de 1989.

Chemical Engineering Progress; Check Soil Contamination Easily; artículo de M. Crouch; setiembre de 1990.

Franklin, N.; Disposal of Contaminated Soil; informe de opinión para Petro-Canada Products; 4 de abril de 1991.

INTERA KENTING; Manual of Petroleum Contaminated Soil Treatment Technologies; preparado por el Instituto Canadiense de Productos Petroleros - National Petroleum Contaminated Soil Task Force; Nepean, Ontario, 15 de abril de 1991.

Ministère de l'Environnement du Québec; Guide d'Implantation et de Gestion de Lieux d'Enfouissement de Sols Contaminés; enero de 1988.

Ministère de l'Environnement du Québec; Guide des Méthodes de Conservation et d'Analyses des Echantillons d'Eau et de Sol; mayo de 1990.

Ministère de l'Environnement du Québec; Guide Technique des Mesures de Contrôle à Effectuer Lors des Travaux d'Excavation de Sols Contaminés; enero 1988.

Catalizadores Empleados

CPPI (PACE) Reporte No. 90-5; Waste Management Guidelines for Petroleum Refineries and Upgraders, Segunda Edición; preparado por Monenco Consultants Ltd. para Canadian Petroleum Products Institute, Ottawa; abril de 1990.

National Petroleum Refiners' Association; 1989 NPRA Session Notes; páginas 159-174; 1989.

Oil & Gas Journal; NPRA Q & A; 2 de julio de 1979.

Oil & Gas Journal; FCC Catalyst Finds Three Safe Reuse Outlets in Europe; artículo por R. Schmitt; 18 de noviembre de 1991.

Boletín PDVSA; El Reciclaje de Catalizadores en la Industria de la Refinación; Caracas.

Desechos Sulfurosos

Alberta Environment; Guidelines for the Disposal of Sulphur Containing Solid Wastes; Edmonton; marzo de 1983.

Asbesto

Alberta Environment; Guidelines for the Disposal of Asbestos Waste; Edmonton; agosto de 1989.

Boletín PDVSA; Remoción de Asbestos: Una Experiencia Muy Interesante; Caracas.

PCBs

Environment Canada; Handbook on PCBs in Electrical Equipment, Tercera Edición; Ottawa; abril de 1988.

Environment Canada; Manual for the Management of Wastes Containing Polychlorinated Biphenyls (PCBs); Ottawa; febrero de 1987.

Dioxinas/Furanos

Alberta Environment; Dioxin Sampling and Analysis of Select Municipal Drinking Water Sources in the Athabasca and Peace River Basins; Edmonton; julio de 1990.