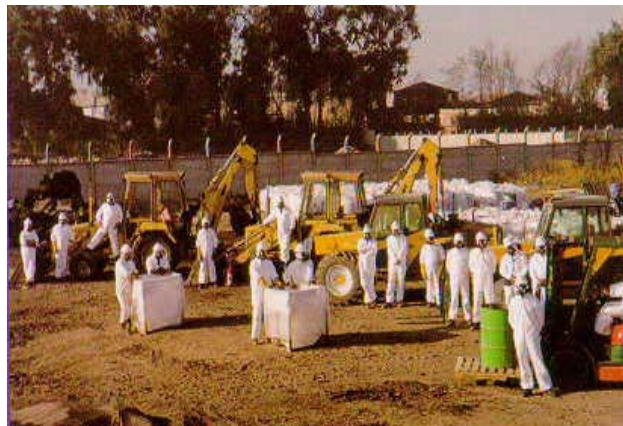


**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
ESCUELA DE POST GRADO**

**CURSO
GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

TRABAJO DE INVESTIGACION

“Tratamiento de Residuos Peligrosos, Uso de Arcillas Modificadas Orgánicamente y Materiales Termoplástico para la Estabilización y Solidificación”



DOCENTE: Dr. Diego Soria Dall'Orso

AUTORES:

- Arbulú Chereque Rodolfo
- Arbulú Ramos José del Carmen
- Cáceres Narrea Aníbal
- Chambergo Llontop Adela
- Panta Samillán Vicente Francisco

Diciembre 2008
Lambayeque – Perú

CONTENIDO

	Pagina
1.0 Resumen Ejecutivo	02
2.0 Introducción	04
2.1 Aspectos Generales	04
2.2 Marco Normativo	09
3.0 Objetivos	09
3.1 Objetivo General	09
3.2 Objetivos específicos	09
4.0 Desarrollo de la Investigación	09
4.1 Caracterización de los residuos peligrosos	09
4.2 Descripción del proceso Estabilización/Solidificación (E/S)	17
4.3 Arcillas modificadas orgánicamente para E/S de residuos	22
4.4 Materiales termoplásticos para la E/S de residuos	23
4.5. Casos	25
5.0 Análisis de los resultados	31
6.0 Conclusiones	34
7.0 Recomendaciones	34
8.0 Bibliografía	35
9.0 Anexos	37

1.0 Resumen ejecutivo

En los últimos 20 a 25 años se ha reconocido como un problema prioritario el manejo de los residuos peligrosos. Las acciones para controlarlos a menudo se han precipitado por efecto de un algún desastre ambiental. Los países en desarrollo necesitan algún tipo de estrategia para identificar y cuantificar los riesgos planteados por los residuos peligrosos, en orden de lograr una lista de prioridades para tomar acción con los recursos limitados con que se cuentan. Un sistema de control que incluya todos los aspectos del manejo de residuos peligrosos, desde la generación, almacenamiento, transporte y tratamiento y disposición; Involucramiento de todos los actores envueltos: generadores, transportistas, recicladores, gobierno, público, etc., a fin de que cumplan sus roles y responsabilidades.

El Convenio de Basilea establece normas destinadas a controlar a nivel internacional los movimientos transfronterizos y la eliminación de residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.

La disposición de Residuos Peligrosos es un problema dinámico, y actualmente se está trabajando fuertemente en los países en desarrollo tanto en procedimientos estándares como en licencias. En el Perú, existe una planta de tratamiento de residuos peligrosos (no tratan todos los residuos peligrosos), ubicada en la ciudad de Lima.

Los problemas de los Países en Desarrollo están relacionados con Un pobre control sobre la Contaminación y la Disposición de Residuos; Los Generadores de Residuos pueden ignorar el peligro de sus residuos; Acumulaciones de Residuos en espera de tratamiento o eliminación; Razones Socio-Políticas.

Existen muchas tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos que pueden ser utilizadas antes de la disposición de estos residuos. Su propósito es el de modificar las propiedades físicas o químicas de los residuos, además de reducir el volumen, inmovilizar componentes tóxicos o detoxificar estos compuestos.

El objetivo principal de la técnica de Estabilización/Solidificación (E/S), utilizando arcillas modificadas orgánicamente y materiales termoplásticos, es el de reducir el potencial de los componentes de residuos peligrosos a lixiviar. Los procesos más importantes de esta técnica es: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.

Según la CEPIS-OPS-OMS, el proceso típico de estabilización/solidificación incluiría las siguientes etapas: Colección (recolección) de residuos; Pretratamiento de residuos; Adición de agentes aglomerantes y de solidificación; Sistemas de mezclado/empaquetado; Área de fraguado y endurecimiento; Deposición de residuos endurecidos; Reutilización de residuos Estabilizados/Solidificados.

Los minerales arcillosos, tales como la bentonita, son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.

Los materiales termoplásticos son plásticos orgánicos capaces de revertir el ablandamiento y endurecimiento del sobrecalentamiento enfriamiento. Estos materiales poliméricos son usualmente materiales lineales con pocos enlaces cruzados y otros especialmente hinchados, o son solubles en solventes orgánicos. Los materiales termoplásticos incluyen asfalto, bitumen o betun, polietileno, polipropileno y nylon.

Se presentan cuatro casos relacionados con el tema como: 1) El servicio solicitado por Petroperú, para la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y confinamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara. 2) El proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla tipo **sepiolita**, para tratar diversos tipos de residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. 3) Tratamiento orgánico para modificar una arcilla natural (bentonita).4) Propuesta de como resolver el problema de la gestión de los residuos hospitalarios peligrosos. El equipo de trabajo consideró pertinente presentar este caso dado que al existir el riesgo de contaminación de suelos por estos residuos, una alternativa de recuperación sería la aplicación del método de estabilización/solidificación utilizando arcillas orgánicamente modificadas y/o materiales termoplásticos.

El método de Estabilización/Solidificación utilizado para el tratamiento de los residuos peligrosos incluye los procesos tales como: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.

Las arcillas modificadas orgánicamente para la estabilización y solidificación de residuos, debido a su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica son usadas para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.

2.0 INTRODUCCIÓN

2.1 Aspectos Generales

2.1.1 Los Problemas con Los Residuos Peligrosos

Márquez, F. 2002, indica que solamente en los últimos 20 a 25 años se ha reconocido como un problema prioritario el manejo de los residuos peligrosos. Las acciones para controlarlos a menudo se han precipitado por efecto de un algún desastre ambiental.

- Japón fue uno de los primeros países en introducir el control de residuos peligrosos, después del accidente de ***Bahía Minamata*** en los años 60, cuando muchas personas murieron por intoxicación al consumir pescados y mariscos contaminados con ***Mercurio*** que había sido descargado al mar por una planta química.
- En Inglaterra después de años en que un alto comité había investigado los problemas de residuos peligrosos, en Febrero de 1972 se produjo indignación pública al descubrirse tambores con ***Sales de Cianuro*** en un sitio desocupado donde jugaban niños. Diez días después del hecho se estableció la legislación pertinente.
- En los Estados Unidos se ha desarrollado un rígido sistema de control sobre residuos peligrosos desde 1976, provocado especialmente por la indignación ciudadana por el descubrimiento de la contaminación causada por el vaciado descontrolado de residuos peligrosos (Love Canal, Three Mile Island, etc.)

A pesar de que la definición de Residuos Peligrosos excluye a los Residuos Domésticos, puede ser difícil hacer una separación total de residuos industriales y domésticos. Los países en desarrollo necesitan algún tipo de estrategia para identificar y cuantificar los riesgos planteados por los residuos peligrosos, en orden de lograr una lista de prioridades para tomar acción con los recursos limitados con que se cuentan. Algunos factores que afectan el grado de riesgo son:

- Reactividad (fuego, explosión, lixiviación);
- Efecto biológico (toxicidad, largo o corto plazo, ecotoxicidad);
- Persistencia (efecto en el ambiente, potencial destoxificación, factores múltiples);
- Riesgos indirectos a la salud (patógenos, vectores); y
- Cantidades Reales y Condiciones Locales (temperatura, suelo, agua, humedad, luz, sistemas receptores, formas de usos, etc.).

2.1.2 Aspectos de un Sistema de Control para Residuos Peligrosos.

Márquez, F. 2002, hace hincapié que cada país necesita un Sistema de Control Nacional para los residuos peligrosos. Este sistema debe contener cuatro componentes vitales para ser exitoso: Legislación y regulaciones; Implementación y procedimientos de control apropiados; Adoptar servicios adecuados para el reciclado, tratamiento y disposición de residuos peligrosos; La introducción de la capacitación adecuada para los empleados del gobierno que fiscalizan, así como también para los operadores de plantas y para el público en general a través de programas educativos.

No importa cuan perfecto pueda aparecer un Programa Nacional de Control en el papel, si no es fiscalizado no tiene ningún valor. En forma similar, un programa de control no puede ser implementado si no existen los laboratorios, servicios y la capacitación adecuados. Por lo tanto la legislación y la provisión de los servicios adecuados deben proceder en paralelo, debiéndose tener en cuenta los siguientes aspectos: Buena información sobre cantidades actuales de residuos y sobre procesos industriales para identificar las prioridades; Desarrollo de una estrategia nacional para el manejo de residuos peligrosos, que incluya las necesidades de instalaciones (Incineradores, Vertederos, plantas de reciclo, etc.); Un sistema de control que incluya todos los aspectos del manejo de residuos peligrosos, desde la generación, almacenamiento, transporte y tratamiento y disposición; Involucramiento de todos los actores envueltos: generadores, transportistas, recicladores, gobierno, público, etc., a fin de que cumplan sus roles y responsabilidades.

2.1.3 Cuantificación de Residuos Peligrosos.

Márquez, F. 2002, indica que obtener una información confiable sobre las cantidades de Residuos Peligrosos producidos por cualquier país es muy difícil. El efectuar una comparación internacional también es casi imposible debido a las diferencias en la clasificación y definición de residuos peligrosos de país en país.

2.1.4 Progresos en el Control de Residuos Peligrosos.

Márquez, F. 2002, hace ver que en los últimos diez años, en los países en desarrollo, se ha echo un considerable esfuerzo en el control de residuos peligrosos. El progreso varía de país en país, en algunos existe una legislación efectiva en la que se ha introducido sistemas de control efectivo para el transporte de residuos. Se han entregado licencias a un número creciente de operadores para el tratamiento y disposición de residuos peligrosos. Así mismo se han implementado servicios

adecuados para el tratamiento de residuos peligrosos, para incineración y para vertederos controlados; En pocos casos se han implementado buenos sistemas de recolección y de transferencia.



El Convenio de Basilea establece normas destinadas a controlar a nivel internacional los movimientos transfronterizos y la eliminación de residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente.

La disposición de Residuos Peligrosos es un problema dinámico, y actualmente se está trabajando

fuertemente en los países en desarrollo tanto en procedimientos estándares como en licencias.

En el Perú, existe una planta de tratamiento de residuos peligrosos (no tratan todos los residuos peligrosos), ubicada en la ciudad de Lima.

2.1.5 Problemas de Países en Desarrollo

Márquez, F. 2002, indica que los principales problemas que deben enfrentar los países en desarrollo respecto a los problemas de los residuos peligrosos son:

a. Un pobre control sobre la Contaminación y la Disposición de Residuos

En muchos países predominan los vertederos abiertos, y ante la ausencia de control, los residuos peligrosos son depositados en estos lugares. Los controles sobre la contaminación del agua y del aire son a menudo muy deficientes, y cuando estos controles se implementan, los lodos y polvos obtenidos en los tratamientos a menudo generan residuos peligrosos.

Esfuerzos aislados para controlar algunos residuos peligrosos específicos son a menudo inefectivos sin una práctica eficiente del manejo de residuos. Debe existir una buena coordinación entre los controles de la contaminación del aire y del agua y de los residuos peligrosos.

b. Los Generadores de Residuos pueden ignorar el peligro de sus residuos

La ignorancia del potencial daño de los residuos peligrosos es normal en todos los países, pero es un problema particular en el caso de generadores

pequeños en los países en desarrollo. Aunque las cantidades que ellos producen pueden ser pequeñas, los potenciales problemas pueden no ser insignificantes. Como ejemplo podemos citar la eliminación de contenedores con residuos de pesticidas que pueden envenenar seres humanos o contaminar fuentes sensibles de agua potable y de riego.

c. Acumulaciones de Residuos en espera de tratamiento o eliminación



En algunos países, las industrias nuevas pueden acumular sus residuos en sus propias plantas en espera de instalaciones de tratamiento o disposición. Después de 5, 10 ó 15 años comienzan a aparecer los problemas de contaminación, y de repente el problema se transforma en urgente. Estos tipos de residuos se pueden reprocesar o se deben mantener

controlados por las posibles fugas de sustancias tóxicas como a sucedido en numerosas ocasiones.

d. Fuentes de Recursos Limitadas

Algunos países en desarrollo no tienen los recursos financieros ni humanos especializados para manejar adecuadamente los residuos peligrosos. Ciertas restricciones al acceso a financiamientos externos hace difícil estas actividades. Una carencia de personal especializado puede impedir la planificación, el manejo, y la operación y mantención de estas instalaciones, y la fiscalización de las regulaciones y leyes.

e. Razones Socio-Políticas

Sin una educación pública en el tema y con un desconocimiento de los peligros de la disposición inapropiada de los residuos, va a existir una insuficiente demanda pública por acciones conducentes a un adecuado manejo de los residuos sólidos peligrosos. En los países en desarrollo en general la focalización se acentúa en otros problemas también reales y más urgentes y no se ve la disposición de residuos peligrosos como una meta política inmediata y necesaria.

En estos países se debe priorizar el control de los residuos peligrosos, y se deben focalizar los recursos disponibles en los problemas más significantes, aunque se debe tener en cuenta también las soluciones a largo plazo, que pueden significar el establecimiento de instalaciones centralizadas de tratamiento o disposición. Aún en el largo plazo se deben desarrollar soluciones que sean compatibles con los recursos limitados disponibles

2.1.6 Tratamiento de residuos Peligrosos

Existen muchas tecnologías diferentes de tratamiento de residuos peligrosos que pueden ser utilizadas antes de la disposición de estos residuos. Su propósito es el de modificar las propiedades físicas o químicas de los residuos, además de reducir el volumen, inmovilizar componentes tóxicos o detoxificar estos compuestos.

El escoger el mejor medio de tratamiento de un residuo dado depende de muchos factores, que incluyen la disponibilidad de instalaciones, normas de seguridad, costos, etc. No existe un sistema absolutamente seguro y cualquier sistema de tratamiento tiene asociado un grado de riesgo.

Los posibles sistemas de tratamiento son numerosos, pero en general se pueden clasificar en cuatro categorías:

- 1. Procesos de Separación de Fases:** Son potencialmente útiles en la reducción de volumen o recuperación de productos.
- 2. Procesos de Separación de Componentes:** Son capaces de segregar físicamente especies iónicas o moleculares de sistemas de residuos unifásicos y multicomponentes.
- 3. Procesos de Transformación Química:** Promueven las reacciones químicas para detoxificar, recuperar o reducir el volumen de componentes específicos en los residuos.
- 4. Métodos de Tratamiento Biológico:** Envuelven transformaciones químicas por medio de la acción de organismos vivos.

La selección de un proceso de tratamiento para un residuo en particular no es fácil, y se deben considerar: la naturaleza de los residuos, la característica deseada del efluente, aspectos técnicos, consideraciones financieras y económicas, ambientales, energéticas, de operaciones y de mantención, y otro tipo de consideraciones globales.

2.2 Marco Normativo

En el Perú, el manejo y disposición final de los residuos sólidos peligrosos está normado por los siguientes dispositivos:

- Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, Artículo 3, Artículo 22 y siguientes 22.1, 22.2
- Decreto Supremo N° 057-2004-PCM - Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, Artículo 27
- Ley N° 28611 Ley General del Ambiente Artículo 119° y siguientes 119.1, 119.2

3.0 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

El objetivo principal de la técnica de Estabilización/Solidificación (E/S) utilizando arcillas modificadas orgánicamente y materiales termoplásticos, es el de reducir el potencial de los componentes de residuos peligrosos a lixiviar.

3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los residuos sólidos peligrosos.
2. Describir el método de Estabilización/Solidificación para el tratamiento de residuos sólidos peligrosos.
3. Describir la utilización de arcillas modificadas orgánicamente para la Estabilización y Solidificación de residuos sólidos peligrosos.
4. Describir la utilización de o materiales termoplásticos para la Estabilización y Solidificación de residuos sólidos peligrosos.
5. Presentar casos relacionados con la utilización de arcillas modificadas orgánicamente y materiales termoplásticos para la Estabilización y Solidificación de residuos sólidos peligrosos.

4.0 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Caracterización de los residuos peligrosos

Definición de Residuo Peligroso

Residuos Peligrosos son aquellos materiales que posee alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como

envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece la Ley.



La siguiente definición de Residuo Peligroso fue preparada bajo el auspicio del PNUMA (UNEP) por un grupo de trabajo de expertos en el Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos Peligrosos en Diciembre de 1985.

“Residuos Peligrosos son aquellos Residuos diferentes a los Radioactivos que por razones de su reactividad química, toxicidad, explosividad, corrosividad u otras características

provocan un peligro o pueden causar peligro para la salud o el ambiente, ya sea por si solos o cuando se ponen en contacto con otros residuos, y se definen legalmente como peligrosos en el estado en el cual son generados o en el cual son eliminados o de la forma como son transportados”.

El Grupo de Trabajo del **PNUMA** también ha considerado la definición de cantidad de residuos peligroso:

- Para **pequeñas cantidades**, todos los países han escogido excluir los residuos domésticos de los “residuos peligrosos“. Al mismo tiempo, algunos países también excluyen a los generadores menores de residuos peligrosos. El punto de corte es muy importante para las normas de regulación. En los Estados Unidos por ejemplo, recientemente el valor máximo de control se ha reducido de 1000 kg./mes a 100 kg./mes, aumentando de esta manera el número de generadores de residuos peligrosos por un factor de diez.
- Para **grandes cantidades**, los reguladores desearían controlar los residuos que contienen bajas concentraciones de contaminantes, puesto que el volumen hace que aún sean peligrosos para el medio ambiente. Sin embargo, debido a los problemas prácticos que presenta el control de este tipo de residuos, algunos países excluyen los grandes volúmenes de residuos producidos por actividades mineras o agrícolas del control bajo la legislación de residuos peligrosos.

La **Agencia de Protección al Medio Ambiente Americana** (EPA) define un residuo peligroso como cualquier desecho, o combinación de desechos, que a causa de su cantidad, concentración o características físicas, químicas o infecciosas puedan:

- i) causar o contribuir significativamente a un incremento en la mortalidad, o a un incremento en enfermedades serias irreversibles o,
- ii) presentar un potencial peligro para la salud humana o el ambiente cuando son impropriamente tratados, almacenados, transportados, o desechados.

Los Residuos Peligrosos se generan a partir de un amplio rango de actividades industriales, de la agricultura, y aún de las actividades domésticas.

Los Residuos Peligrosos pueden estar en la forma de sólidos, líquidos o borras. En la mayoría de las definiciones se excluyen los Residuos Domésticos y los Efluentes Líquidos. Sin embargo una importante fuente de residuos peligrosos se obtiene del pretratamiento de efluentes líquidos para cumplir con los controles de contaminación de aguas, teniendo como ejemplos las borras con metales pesados del electrotratamiento de metales, borras del tratamiento de efluentes de curtiembres, etc.

4.1.1 Inclusiones y Exclusiones de la Definición

De acuerdo a la definición, los residuos peligrosos pueden incluir sólidos, líquidos, gases, borras, gases contenidos o contenedores contaminados, y se pueden originar de un amplio rango de fuentes comerciales, agrícolas, e industriales. En general los residuos peligrosos no pueden ser manejados en forma segura por medio de los sistemas de tratamientos de aguas servidas o por medio de los vertederos de residuos domésticos.

Se excluyen los residuos radioactivos que son considerados peligrosos, debido a que la mayoría de los países controlan y manejan estos materiales en una forma separada. Se pueden incluir residuos domésticos que pueden causar una significativa contaminación ambiental y que pueden contener incluso pequeñas cantidades de materiales peligrosos (mercurio de pilas secas o termómetros, solventes de residuos de pinturas, etc.).

4.1.2. Clasificación de los residuos peligrosos

Según la Comunidad Europea se entiende por residuo a cualquier sustancia u objeto perteneciente a una de las categorías que se describe en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 CLASIFICACIÓN GENERAL DE RESIDUOS

1. RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS <ul style="list-style-type: none">– Domiciliarios.– Voluminosos– Comerciales.– Sanitarios.– De construcciones y demolición.– Asimilables a urbanos
2. RESIDUOS INDUSTRIALES <ul style="list-style-type: none">– Inertes.– Asimilables a urbanos.– Residuos tóxicos y peligrosos.
3. RESIDUOS HOSPITALARIOS
4. RESIDUOS DE ACTIVIDADES MINERAS
5. RESIDUOS FORESTALES
6. RESIDUOS AGRÍCOLAS
7. RESIDUOS GANADEROS
8. RESIDUOS RADIATIVOS

Fuente: Márquez, F. 2002,

4.1.3. De acuerdo a sus características los residuos peligrosos se pueden subdividir en:

- a) Residuos inertes:** Escorias, escombros, fangos digeridos o desecados, arcillas, arenas, etc. y en general, todos aquellos que no necesitan de un tratamiento previo a su disposición en un vertedero controlado.
- b) Residuos asimilables a urbanos:** Generados fuera del ambiente urbano en actividades auxiliares de la industria como oficinas, limpieza, sanitarios, comedores, embalajes, etc. Sus características, semejantes a las de los urbanos, les permiten ser tratados conjuntamente.
- c) Residuos tóxicos y peligrosos:** Los materiales sólidos, pastosos, líquidos y gaseosos contenidos en recipientes, que siendo resultado de un proceso de producción, transformación, utilización o consumo, su productor los destine al abandono y contengan en su composición algunas de las sustancias y materias que figuran en la tabla 4.2.

Estas sustancias se considerarán peligrosas si existen en concentraciones tales que representen un riesgo para la salud humana, recursos naturales y medio ambiente.

Tabla 4.2 SUSTANCIAS O MATERIAS TÓXICAS Y PELIGROSAS

1. Arsénico y compuestos del arsénico
2. Mercurio y compuestos del mercurio
3. Cadmio y compuestos del cadmio
4. Talio y compuestos de talio
5. Berilio y compuestos del berilio
6. Compuestos de cromo hexavalente
7. Plomo y compuestos del plomo
8. Antimonio y compuestos del antimonio
9. Fenoles y los compuestos fenólicos
10. Cianuros orgánicos e inorgánicos
11. Isocianatos
12. Compuestos organohalogenados con exclusión de los polímeros inertes y otras sustancias mencionadas en las lista
13. Disolventes clorados
14. Disolventes orgánicos
15. Biocidas y las sustancias fitosanitarias
16. Productos a base de alquitrán procedentes de operaciones de refinación y los residuos alquitranados procedentes de operaciones de destilación
17. Compuestos farmacéuticos
18. Peróxidos, cloratos, percloratos y nitruros
19. Éteres
20. Sustancias químicas de laboratorio no identificables o nuevas cuyos efectos sobre el medio ambiente no sean conocidos
21. Aminato (polvo y fibras)
22. Selenio y compuestos de selenio
23. Teluro y compuestos de teluro
24. Residuos procedentes de la industria de dióxido de titanio.
25. Compuestos aromáticos policíclicos (con efectos cancerígenos)
26. Carbonilos metálicos
27. Compuestos solubles de cobre
28. Sustancias ácidas y/o básicas utilizadas en los tratamientos de superficie de los metales
29. Aceites usados, minerales o sintéticos, incluyendo las mezclas agua-aceite y las emulsiones.

Fuente: Márquez, F. 2002,

4.1.4. Clasificación Específica de Residuos Peligrosos

La clasificación de un residuo peligroso se puede realizar de distintas maneras, considerando los siguientes factores: Tipos particulares de residuos peligrosos; Procesos industriales a partir de los cuales los residuos se definen como peligrosos; Sustancias, ya sea específicas o por clases, cuya presencia es indicativa de un potencial peligro a la salud humana y/o al medio ambiente; La capacidad de ignición o la inflamabilidad del residuo; La corrosividad del residuo; La reactividad del residuo. Tabla 4.3.

Tabla 4.3 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS

RESIDUOS INORGÁNICOS	<ul style="list-style-type: none"> – ácidos y álcalis. – residuos de cianuro – borras y soluciones de metales pesados. – residuos de asbesto. – otros tipos de residuos sólidos
RESIDUOS ACEITOSOS	<ul style="list-style-type: none"> – aceites lubricantes y fluidos hidráulicos. – sedimentos del fondo de estanques de almacenamiento de aceites.
RESIDUOS ORGÁNICOS	<ul style="list-style-type: none"> – solventes halogenados – residuos de solventes no-halogenados (tolueno, etanol, etc.) – residuos de bifenilos policlorados (BPCs). – residuos de resinas y pinturas. – residuos de biocidas – otros tipos de residuos químicos orgánicos.
RESIDUOS ORGÁNICOS PUTREFACTOS	<ul style="list-style-type: none"> – aceites comestibles – residuos de mataderos, curtiembres, y otras industrias alimenticias.
RESIDUOS DE ALTO VOLUMEN - BAJA PELIGROSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> – cenizas de la quema de combustibles fósiles, relaves de faenas mineras, barros de perforaciones de la extracción del petróleo, etc.
RESIDUOS VARIOS	<ul style="list-style-type: none"> – residuos infecciosos – residuos de laboratorios – residuos explosivos

Fuente: Márquez, F. 2002,

Internacionalmente, los residuos se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 4.4 Códigos de peligrosidad de los residuos (CPR)

CARACTERÍSTICAS	CÓDIGOS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Inflamabilidad	I
Biológico-Infeccioso	B

4.1.5. Identificación de Residuos Peligrosos

Para desarrollar un sistema organizado para la cuantificación y manejo de residuos peligrosos, se debe formular un sistema de identificación y clasificación de los mismos. En muchos países, este sistema es una parte integral de una definición legal de residuos peligrosos. La mayoría de los países han usado una definición basada en una lista inclusiva de los siguientes factores: Tipos particulares de residuos peligrosos; Procesos industriales a partir de los cuales los residuos se definen como peligrosos; Sustancias, ya sea específicas o por clases, cuya presencia es indicativa de un potencial peligro a la salud humana y/o al medio ambiente.

4.1.6. Generación de Residuos Sólidos Peligrosos.

Dependiendo de tipo de actividad industrial se generan diferentes tipos de residuos peligrosos:

Tabla 4.5 TIPO DE RESIDUO GENERADO POR DIFERENTES INDUSTRIAS

Industria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Grupo de Residuo											
1. Residuos Inorgánicos											
• Ácidos y álcalis.	•		•	•		•	•	•	•		
• Residuos de cianuro				•							
• Borrás y soluciones de metales pesados.				•	•	•		•			
• Residuos de asbesto.					•	•					
• Otros residuos sólidos				•		•					
2. Residuos Aceitosos								•			
3. Residuos Orgánicos											
• Solventes halogenados						•	•	•			•
• Solventes no-halogenados.	•					•		•	•		
• Residuos de BPCs.						•					
• Residuos de resinas y pinturas.						•		•	•		
• Residuos de biocidas	•				•	•		•	•		
• Otros residuos químicos orgánicos			•	•		•					
4. Residuos Orgánicos Putrefactos	•					•	•				
5. Residuos de alto volumen-baja peligrosidad			•	•		•					
6. Residuos Varios											
• Residuos infecciosos	•									•	
• Residuos de laboratorios						•				•	
• Residuos explosivos						•					•

Fuente: Márquez, F. 2002,

- A: Producción Agrícola; Forestal y Alimenticia
- B: Extracción de Minerales
- C: Generación de Energía
- D: Manufacturas de Metales
- E: Manufactura de Minerales no-metálicos
- F: Industrias Químicas y Relacionadas
- G: Industria de Vehículos y Repuestos
- H: Industria Textil , del Cuero y de la Madera
- I: Manufactura de Papel, Impresión y Publicación
- J: Servicios Médicos y de Salud
- K: Servicios Comerciales y de Personas

Tabla 4.6 Grupos Industriales

- A Agricultura, Producción Forestal y de Alimentos**
 - agricultura, manejo forestal, industria pesquera;
 - productos animales y vegetales del sector alimentos;
 - industria de licores;
 - industria de alimentos de animales.
- B Extracción Mineral (excluyendo Hidrocarburos)**
 - minería y tratamiento de minerales no-metálicos.
 - minería y tratamiento de minerales metálicos.
- C Energía**
 - industria del carbón , extracción, producción de gas y coque;
 - industria del petróleo y gas natural, extracción de petróleo y gas, producción de productos refinados;
 - producción de electricidad;
 - producción de agua potable;
 - distribución de energía.
- D Manufactura de Metales**
 - metalurgia ferrosa;
 - metalurgia no-ferrosa;
 - fundición y operaciones de trabajo de metales.
- E Manufactura de Productos Minerales No-Metálicos**
 - materiales de construcción, cerámicas y vidrios;
 - refinación de sal;
 - productos de asbestos;
 - productos abrasivos.
- F Industria Química y Relacionadas**
 - petroquímica;
 - producción de químicos primarios y productos intermedios;
 - producción de tintas, barnices, pinturas y pegamentos;
 - fabricación de productos fotográficos;
 - industria del perfume, de jabones y detergentes;
 - materiales plásticos y gomas;
 - producción de explosivos y pólvora;
 - producción de biocidas.
- G Industria de Repuestos, Vehículos e Ingeniería**
 - ingeniería mecánica;

- manufactura de maquinas de oficina y de equipos de procesamiento de datos;
 - ingeniería eléctrica y electrónica;
 - manufactura de motores y partes de vehículos;
 - manufactura de equipos de transporte;
 - ingeniería de instrumentos;
 - otras industrias de manufacturas metálicas(n.e.).
- H Industrias Textiles, del Cuero, de Madera y Troncos**
- industria textiles, de calzado, de ropas;
 - industria del cuero y calzado;
 - aserraderos, maderas y muebles;
 - otras n.e.
- J Manufactura de Papel y Productos, Impresión y Publicación**
- papel y cartones;
 - impresión, publicación y laboratorios fotográficos.
- K Servicios Médicos, Sanitarios y de Salud**
- salud; hospitales, centros médicos y laboratorios;
 - servicios veterinarios.
- L Servicios Comerciales y Personales**
- lavanderías, secado y secado en seco;
 - servicios domésticos;
 - instituciones de cosméticos (i.e., peluquerías);
 - otros servicios personales n.e.

Fuente: Márquez, F. 2002,.

4.2. Descripción del proceso Estabilización/Solidificación (E/S)

Los procesos más importantes de los métodos de Estabilización/Solidificación para controlar los residuos peligrosos son: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.

Tratamiento. Se refiere a cualquier método, técnica o proceso, que tenga como propósito cambiar las características físicas, químicas o biológicas, o la composición de cualquier residuo peligroso para neutralizarlo, recuperar energía o recursos materiales del mismo, o bien transformarlo en otro no peligroso o menos peligroso; que sea seguro de transportar, almacenar o disponer; o de poco volumen.

Inmovilización. En general el término 'inmovilización' incluye métodos físicos y químicos tanto para solidificar como para estabilizar los residuos.

Estabilización. Término usado para describir técnicas o métodos mediante los cuales los residuos peligrosos son convertidos en una forma más estable. El proceso de estabilización, permite reducir la peligrosidad de un residuo mediante la aplicación de reactivos y/o aditivos que transforman las especies menos solubles,

móviles o tóxicas, a una forma químicamente estable. (IAWG, 1997; Batstone et Al., 1989; Freeman, 1997)

Solidificación. Se refiere a las técnicas que inmovilizan los residuos en una masa sólida. Esta masa puede ser el residuo original o el residuo previamente estabilizado. El proceso asegura mecánicamente una matriz sólida. El mecanismo es la migración de contaminantes, reducción de la superficie expuesta (residuo) o la aplicación, cubierta de baja permeabilidad (encapsulación). La encapsulación de partículas finas o *Microencapsulación*; la encapsulación de un gran volumen de residuo en una chaqueta de material inerte o *Macroencapsulación*. (IAWG, 1997; Freeman, 1997).

Absorción. La absorción es el proceso mediante el cual los contaminantes son absorbidos dentro del absorbente prácticamente del mismo modo en que una esponja absorbe el agua. El proceso es empleado primariamente para remover los líquidos libres con el fin de mejorar las características de la manipulación de residuos, es decir, para solidificar el residuo. Los absorbentes más comunes incluyen: Suelo; Cenizas sueltas; Polvo del horno de cemento; Polvo del horno de cal; ***Minerales de arcilla que incluyen bentonita, caolinita, vermiculita, y zeolita***; Aserrín; Heno y paja. (Andromalos, K. y A. Sarubbi. 2004).

Adsorción. Además del atrapamiento físico dentro de la masa solidificada y estabilizada antes descrita, pueden ocurrir interacciones electroquímicas. La adsorción es el fenómeno por el cual los contaminantes se unen electroquímicamente a los agentes estabilizantes dentro de la matriz. La estabilización de residuos orgánicos mediante el uso de arcillas orgánicamente modificadas ilustra como la adsorción puede ser utilizada en la estabilización de residuos. Las arcillas orgánicamente modificadas son arcillas que han sido alteradas al reemplazar los cationes inorgánicos intercambiables adsorbidos en las superficies de la arcilla por cationes orgánicos de cadena larga, produciendo las arcillas **organofílicas**. Las arcillas organofílicas tienen afinidad con las moléculas orgánicas. Sin modificación, las arcillas que ocurren naturalmente son por lo general organofóbicas. Las moléculas de los residuos orgánicos son entonces adsorbidas por la arcilla. (Andromalos, K. y A. Sarubbi. 2004).

La Macroencapsulación. Es el mecanismo por el cual los componentes de los residuos peligrosos son atrapados físicamente en una matriz estructural más grande, es decir, son retenidos en poros discontinuos dentro de materiales estabilizantes.

Según la degradación física (descomposición) del material estabilizado, aún de los tamaños de las partículas relativamente grandes, los materiales atrapados son libres para migrar. De este modo, los contaminantes estabilizados por sólo macroencapsulación pueden encontrar su lugar en el medio ambiente si se mantiene la integridad de la masa.

La Microencapsulación. los componentes de residuos peligrosos son atrapados dentro de una estructura cristalina de la matriz solidificada en un nivel **microscópico**. Como resultado, aún cuando los materiales estabilizados se degradaran en tamaños de partículas relativamente pequeñas, la mayoría de los residuos peligrosos estabilizados permanecen atrapados.

4.2.1 El método de Estabilización y Solidificación es el proceso mediante el cual se convierte al residuo (Forma líquida, semilíquida y Sólida) en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer (segura y aceptable). No debe ser un proceso reversible, se emplea aditivos para la inmovilidad del contaminante.

De la misma forma que la inmovilización se utiliza en combinación con otras técnicas (Ej. el tratamiento físico-químico) la estabilización y la solidificación son usadas a menudo en combinación y generalmente son utilizadas para tratar residuos provenientes de otros procesos de tratamiento Ej. lodos de la precipitación de metales pesados o deshidratación o cenizas volantes de la incineración (incluyendo la de residuos sólidos municipales).

4.2.2 Etapas del proceso de estabilización/solidificación, CEPIS-OPS-OMS, indican que el proceso típico de estabilización/solidificación incluiría las siguientes etapas:

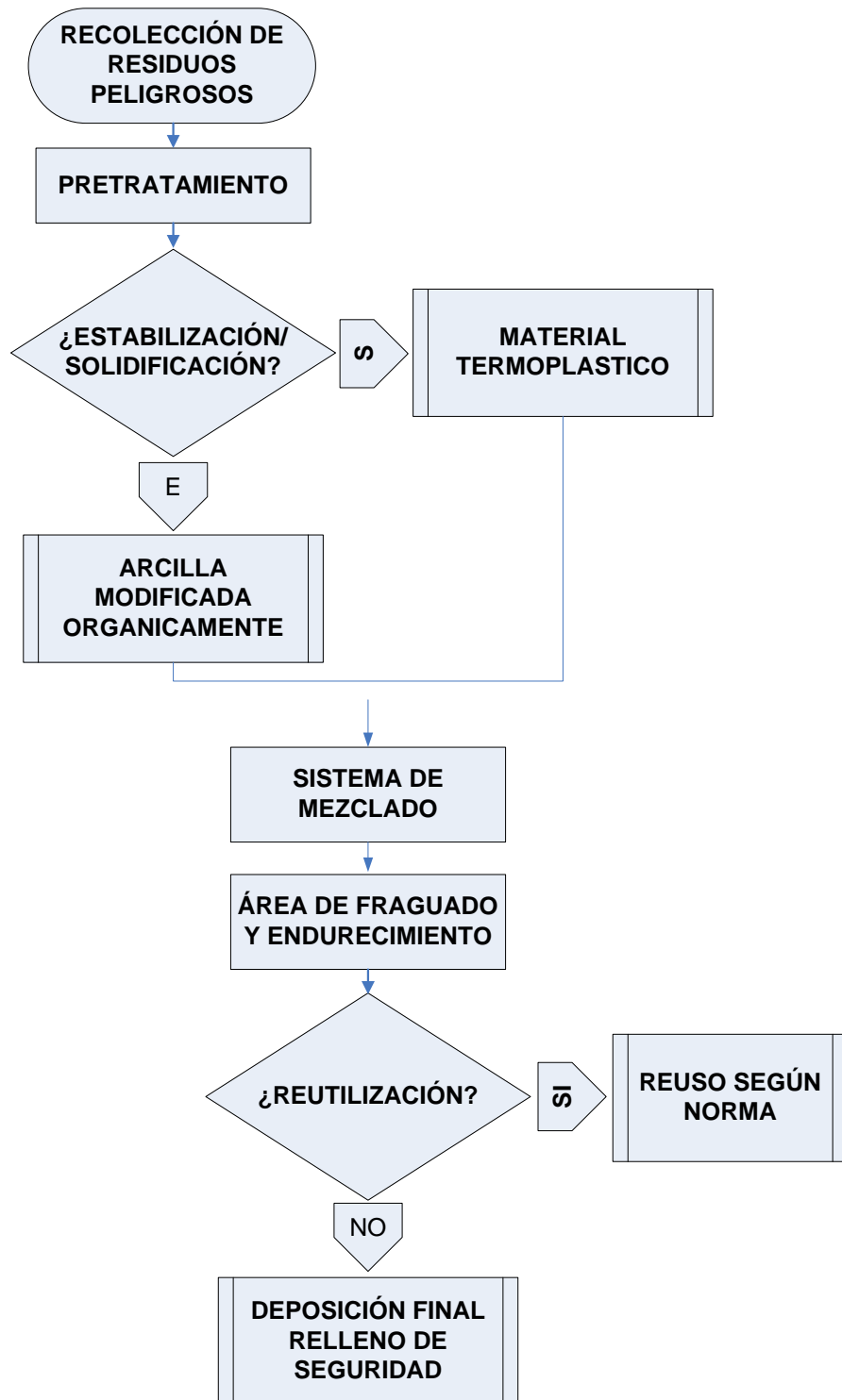
- **Colección (recolección) de residuos:** algunas plantas pueden segregar los residuos a ser solidificados. La mezcla de los residuos afectará el proceso escogido para el pretratamiento y la solidificación.
- **Pretratamiento de residuos:** pretratamientos físicos requeridos pueden incluir decantación, desaguado, evaporación o calcinación, destrucción con cianuro, neutralización, o reducción con cromo. Tratamientos químicos previos a la solidificación pueden ser requeridos para algunos procesos.
- **Adición de agentes aglomerantes y de solidificación:** cada técnica de estabilización/solidificación tendrá un requerimiento para la adición de agentes.

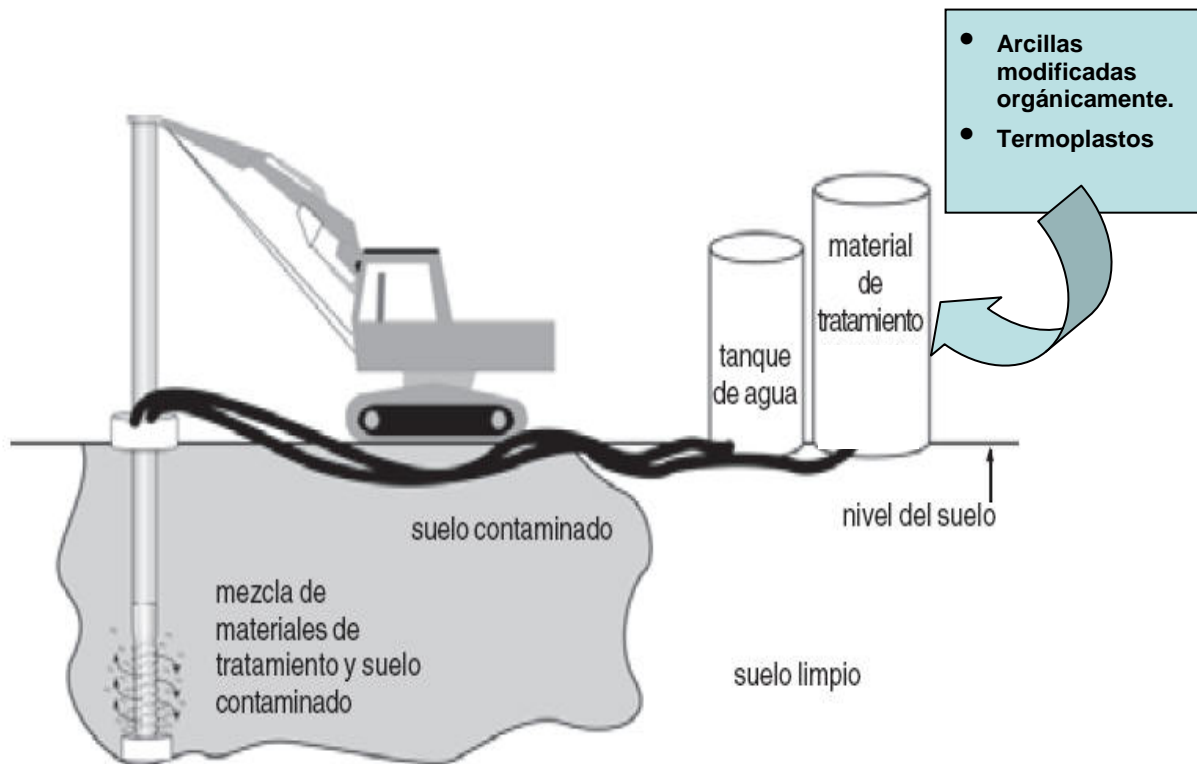
El total de aditivos será probablemente determinado por las especificaciones requeridas para la aprobación del procedimiento estructural integral. Otras especificaciones pueden ser requeridas dependiendo del uso final del material.

- **Sistemas de mezclado/empaquetado:** la solidificación es muchas veces conducida a uno u otro contenedor, o por mezclado en línea con descarga a un contenedor o no. La mezcla en contenedores del residuo y los agentes de solidificación, pueden ser realizados con mezcladores de rodillo, mezcladores rotatorios o tipo kettle. El mezclado en línea es realizado por mezclas dinámicas o batch. Al usarse los contenedores, estos deben ser inspeccionados, monitoreados y etiquetados.
- **Área de fraguado y endurecimiento:** el residuo puede ser dirigido a una serie de lagunas de endurecimiento y fraguado, o puede ser descargado directamente al sitio de depósito final para un endurecimiento in-situ. Áreas de laguna podrían ser suficientes para mantener al residuo tratado durante una semana por lo menos, tiempo durante el cual el proceso de endurecimiento podría completarse.
- **Deposición de residuos endurecidos:** la proximidad de la planta de tratamiento a un depósito para los residuos fijados, es un factor determinante de la viabilidad comercial del proceso. El producto final es más aglomerado que el residuo original; si son usadas lagunas intermedias, remoción del producto fijado por excavadores y el transporte al depósito puede aumentar considerablemente el costo total del tratamiento.
- **Reutilización de residuos Estabilizados/Solidificados**

Por regla general, las técnicas de E/S deben ser consideradas como una etapa de pretratamiento de vertedero. Aunque puedan existir posibles métodos de utilización de los residuos tratados mediante E/S, hay una serie de factores que deben ser tomados en consideración. El escaso conocimiento sobre el funcionamiento a largo plazo, y el impacto medioambiental de los residuos tratados mediante E/S, son los más importantes de todos ellos. En vista de la amplia gama de escenarios posibles en situaciones de empleo, es a menudo imposible predecir las consecuencias medioambientales causadas por la utilización de productos de residuos, basados en datos extraídos de pruebas limitadas. La percepción de riesgo asociado con el empleo de residuos de E/S, limitará frecuentemente la conveniencia y las oportunidades. El potencial de

lixiviación puede hacer que los residuos tratados por E/S sean adecuados para su utilización sólo en circunstancias específicamente controladas ejemplo: rehabilitación de canteras, material base de carreteras.





Las modalidades mediante la cual se realiza el agregado de los reactivos de estabilización/solidificación son las siguientes:

- **Operación discontinua:** los materiales a tratar son acondicionados y homogeneizados para conformar celdas de tratamiento, las cuales son cubicadas en función de sus dimensiones y la composición de los materiales a tratar. Los reactivos de estabilización/solidificación son agregados directamente sobre el área afectada en proceso *batch*, es decir por celda. Este tipo de operación es mas lenta y se aplica normalmente a casos en los que el volumen del material a tratar no es demasiado grande.
- **Operación continua:** requiere en general del acopio de insumos a granel en el sitio y maquinaria mas especializada para la incorporación de los reactivos. Normalmente la aplicación de esta operación es *in situ*, y cuando los volúmenes son considerablemente mayores que para el caso de la operación discontinua (>30.000 m³).

4.3. Arcillas Modificadas Orgánicamente para la Estabilización y Solidificación de Residuos.

Los minerales arcillosos, tales como la bentonita, con su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica, reaccionarán con los compuestos orgánicos y por lo tanto son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos, conteniendo sobre el 5% de ciertos orgánicos, generalmente básicos (Kupiec 1980). Hay muchos tipos de minerales arcillosos pero sólo aquellos con la suficientemente alta capacidad de intercambio catiónico son aceptables. Ejemplos de arcillas son la vermiculita y la montmorillonita las que tienen capacidades de intercambio catiónico en el rango de 130 a 150 meq por 100 g (Grim 1962, Thang 1974). El agente de fraguado, usualmente OPC, refuerza la acción de **gelling** de la arcilla y forma un material físicamente estable tal que tiene la habilidad de atrapar y ligar los residuos contenidos. Ese material residual es convertido en un sólido química y físicamente estable, similar al suelo, el que es demandado por ser substancialmente insoluble en agua pero esponjoso, con lo que reabsorbe el agua a través de su apreciable extensión.

H.G. Botasso y E. Fensel 2001, indican que los contaminantes orgánicos interfieren en el proceso de hidratación y no son fáciles de estabilizar; para mejorar esta situación se puede incorporar junto con el cemento otros aditivos como arcillas modificadas orgánicamente o naturales, vermiculita y silicatos de sodio solubles. Las arcillas modificadas orgánicamente se añaden primero para adsorber los contaminantes orgánicos.

Fantin, L. et. Al., 2005, hacen mención de la existencia de diversas clases de **arcillas naturales y modificadas** que han sido utilizadas en procesos de estabilización. Entre ellas se pueden mencionar la bentonita, kaolinita, vermiculita y las zeolitas. Estos materiales actúan como absorbentes y adsorbentes, y son generalmente agregados al material afectado para mejorar sus características. Los mismos pueden interactuar químicamente con el material a tratar o simplemente retener la fracción líquida por capilaridad. Particularmente las zeolitas tienen propiedades porosas que son consideradas únicas, y permiten encontrarles numerosas aplicaciones dentro del tratamiento de sustancias orgánicas e inorgánicas. Las propiedades selectivas de las zeolitas permiten que sean utilizadas para adsorber ciertas moléculas tanto orgánicas como

inorgánicas, mientras excluyen a otras. De esta manera pueden ser utilizadas para retener ciertos contaminantes en forma selectiva.

4.4. Materiales Termoplásticos para la Estabilización y Solidificación de Residuos.

Son plásticos orgánicos capaces de revertir el ablandamiento y endurecimiento del sobrecalentamiento enfriamiento. Estos materiales poliméricos son usualmente materiales lineales con pocos enlaces cruzados y otros especialmente hinchados, o son solubles en solventes orgánicos. Los materiales termoplásticos incluyen asfalto, bitumen o betún, polietileno, polipropileno y nylon. Los materiales más frecuentemente usados en este grupo son asfalto y bitumen.

En la técnica de estabilización, el residuo necesita ser secado o deshidratado hasta que el residuo tenga un alto contenido de sólido y, entonces, es mezclado con el polímero a elevada temperatura (usualmente 100°C). Algunos procesos utilizan líquidos pastosos y los mezclan con el material termoplástico, mientras alcanzan la temperatura para evaporar el exceso de agua. El proceso ha sido usado en continuo o batch, mezclando las operaciones donde la energía utilizada esta claramente concentrada en la operación (Pojasek 1979). Los materiales, tales como el sulfuro, han sido incorporados en la matriz de encapsulación, para proveer la resistencia física y la estructura integra. El 60% del sulfuro contenido en la mezcla sulfuro/asfalto puede ofrecer una técnica de costo más efectivo, que esta sujeta a la disposición de grandes cantidades de sulfuro a bajo costo desde fuentes secundarias, tales como residuos gaseosos de chimenea, refinerías de petróleo, procesamiento del carbón(Breuner y Rugg 1982).

Botasso, H.G. y E.Fensel, 2001, indican que los materiales termoplásticos como asfaltos, parafina, betún, polietileno, polipropileno y azufre se funden con los residuos a altas temperaturas y al solidificarse el material resultante se caracteriza por ser un residuo revestido termoplasticamente el mismo que se puede conservar en bidones. Estos residuos tratados son bastante resistentes a la lixiviación y biodegradación.

4.5. Casos

4.5.1. CASO 1

“SERVICIO DE ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS, BORRA Y TIERRAS CONTAMINADAS EN OPERACIONES NORTE PETROLEOS DEL PERU – PETROPERU S.A.

El servicio consiste en efectuar la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, que emanan gases tóxicos dañinos (cancerígenos) a la salud del hombre; y su tratamiento con materiales limpios y confinarlos en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara. Los materiales utilizados para la operación, así como para ejecutar el servicio fueron lutita, piedra confitillo, afirmado; cilindros para el transporte de la borra, el solvente N° 3 para la limpieza de líneas en canaletas de tuberías, producto biodegradable, hitos, chimeneas, tubos de venteo, parihuelas de madera; así mismo los equipos fueron volquetes, de movimiento de tierras; y herramientas como carretillas, picos, lampas, baldes, lonas y otros.

El retiro de borra y sedimentos de hidrocarburos consistió en: Retirar y vaciar en cilindros o tinas metálicas, los sedimentos e hidrocarburos pesados, los que fueron ubicados apropiadamente para su transporte posterior a Milla 6; Retiro de borra o sedimentos del fondo de tanques hacia cilindros o tinas cubicadas para su posterior traslado a Milla Seis; Retiro de la tierra ó greda contaminada existente en zanjas ó canaletas de tuberías en donde la presencia de las tuberías dificultaba la extracción del producto; Relleno con una capa de tierra ó afirmado, de 0.10 m de espesor, debidamente nivelada y compactada en forma ordenada; Limpieza de los ductos de los sistemas de desagüe industrial pasando elementos limpiadores (llamados “chanchos”) por el interior de los ductos; Transporte de borra, sedimentos, tierra o greda contaminada retirada y acopiada en lugares fuera del área industrial de Refinería Talara al área de confinamiento de Milla 6; Excavado de pozas de confinamiento en Milla 6, de aproximadamente 2.30 metros de profundidad, el largo y ancho de la poza fue indicada por Protección Ambiental de Petroperú, en función al volumen total de la mezcla a confinar; Relleno del fondo y paredes de la poza con arcilla, compactándola a mano con agua. El espesor de la capa de arcilla fue de 0.30

m; Instalación de chimenea con tubería de 8" de diámetro y conductos para desfogue de gases con tubería de 2 3/8" de diámetro, marcando con hitos, usando tubería pintada de color blanco; Llenado de poza con los productos contaminados, con sobre relleno de una capa de 0.30 m de espesor, con arcilla (lutita) y otra capa de 0.50 m de espesor, con tierra limpia del lugar. Este sobre relleno fue debidamente compactado y nivelado a mano.

Durante la ejecución y al termino de cada servicio, se mantuvo limpia el área de trabajo, eliminando cualquier vestigio de sedimentos o borra, restos de waipe, trapos, tarros de pintura, brochas, maderas, escobas, latas y otros similares.

4.5.2. CASO 2

“SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS MEDIANTE GRANULACIÓN CON SEPIOLITA”

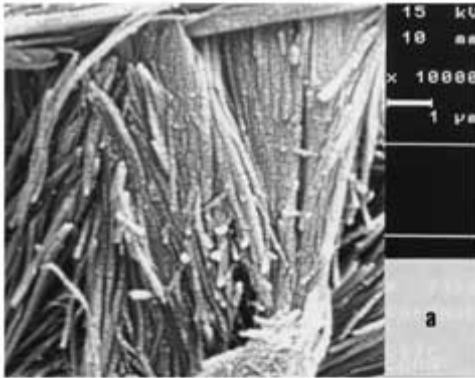
F. A. LÓPEZ Y A. LÓPEZ-DELGADO. 2008.

Se estudia un proceso de solidificación/estabilización con sepiolita, de diversos tipos de residuos industriales conteniendo contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos (pinturas, cosméticos, tensoactivos, resinas...). El proceso se realiza mezclando el residuo y la arcilla hasta obtener un material granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100 °C

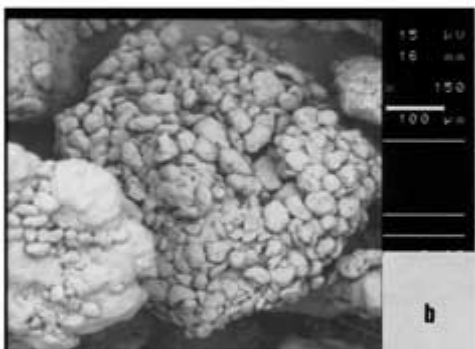
El tratamiento individualizado con sepiolita de cada uno de los residuos estudiados, indica que puede obtenerse un material adecuado para su almacenamiento en un depósito de residuos, o bien, un combustible de residuo (CDR) apto para su revalorización energética en hornos de fabricación de clinker. En el caso de un tratamiento conjunto de todos los residuos con la arcilla, se obtiene un material cuyo destino más adecuado sería su revalorización energética. La cantidad de arcilla utilizada varía según el tipo de residuo y está comprendida entre 0.3 y 0.6 kg de residuos orgánico por cada kg de materia inerte final. Se estudian y caracterizan químicamente cada uno de los materiales obtenidos. Finalmente, algunos de ellos se estudian mediante microscopía de barrido a -190 °C Como resultado del procedimiento desarrollado se llegan a obtener dos tipos de materiales finales. Por un lado, un sólido granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100°C, cuyo destino final puede ser un depósito de residuos. Por otro lado, un

combustible de residuo (CDR) que podría ser revalorizado energéticamente en la producción del clinker, en cuyo caso, los materiales finales conseguidos aportarían elementos composicionales de interés, principalmente alúmina.

Figura 1.- Aspectos morfológicos observados mediante Crio-scanning a $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$



- a. Cristales aciculares y microfibrosos de sepiolita antes de su empleo en el proceso



- b. Aglomerados de arcilla y compuestos orgánicos en un inerte que contiene 0.6 kg de arcilla/kg de inerte



- c. Cristales aciculares de sepiolita observados en un inerte.

4.5.3. CASO 3

SÍNTESIS DE NANOCOMPUESTOS POLIMERICOS A PARTIR DE ARCILLAS ORGANICAMENTE MODIFICADAS

Norkis Salazar Serge, José L. Feijoo*, Nery Suárez*, María Hernández, Salvador Lo Mónaco. 2008.

Las arcillas se han utilizado como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas que son solubles en agua, polares o de actividad catiónica baja; definiendo así su naturaleza hidrofílica. Los sistemas arcilla-polímero consisten en capas de silicatos, de uno a pocos nanómetros de espesor. Estos sistemas, o nanocompuestos poliméricos en una dimensión, han despertado en los últimos años un gran interés científico y tecnológico debido a sus excepcionales propiedades físico-mecánicas. En un nanocompuesto polimérico el polímero puede intercalarse entre las capas de silicatos y/o las capas de silicatos pueden exfoliarse en la matriz polimérica. Para optimizar la intercalación en polímeros insolubles en agua, la arcilla debe ser modificada orgánicamente con el fin de convertir su superficie hidrofílica en organofílica. Se conocen diferentes métodos para obtener estos nanocompuestos; hay tres procesos principales: exfoliación-adsorción, intercalación por polimerización in situ y fundido. El método más sencillo es el de exfoliación-adsorción porque solo requiere la mezcla en un disolvente común de la arcilla con el polímero.

Este estudio se centró en el tratamiento orgánico de una arcilla natural, la bentonita, compuesta por capas de silicatos que contienen fundamentalmente filosilicatos. A partir de la llamada "organoarcilla" u "organobentonita" obtenida, y de poli (metacrilato de metilo), se sintetizaron nanocompuestos poliméricos con diferentes concentraciones de OB en peso. Se investigaron la morfología y los movimientos moleculares o dinámica del polímero puro y de los nanocompuestos, utilizando las técnicas de difracción de rayos X, microscopía electrónica de transmisión, espectroscopia de infrarrojo con transformada de *Fourier*, corrientes de depolarización estimuladas térmicamente y calorimetría diferencial de barrido.

El método diseñado para modificar la bentonita resultó eficiente, como lo demuestran los resultados de la difracción de rayos X; donde se pudo observar que se produjo el proceso de intercalación, ya que la distancia basal de las laminillas se

desplazó de 15 a 37 Å, lo cual resultó en un desplazamiento neto de 22 Å. La modificación de la bentonita se pudo también verificar cualitativamente a través de las imágenes de Microscopía electrónica de transmisión de los nanocompuestos preparados.

4.5.4. CASO 4

**PROPUESTA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS
HOSPITALARIOS
LOPEZ GARRIDO PEDRO A, ALONSO GUTIERREZ MANUEL G, RAMIREZ
BAUTISTA SAUL. 1996**

En los últimos años los Municipios han experimentado un crecimiento acelerado que demanda la prestación de diferentes servicios entre los que destacan los de salud, cuyos residuos al no ser manejados sanitariamente, generan graves problemas de contaminación ambiental y riesgos en la salud de la población. Se resume el trabajo de López *et al.* (1996) que proporciona, a los que toman decisiones y a la población, una propuesta de como resolver el problema de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos a fin de preservar no sólo el medio ambiente y la salud de la población, sino también de generar fuentes de empleo a través de la prestación de servicios de corte ambiental.

El crecimiento acelerado que demanda la prestación de diversos servicios entre los que destacan los de salud, educación, abasto, agua potable, electrificación, etc. A su vez estos servicios generan desechos que deben ser manejados y dispuestos en forma sanitaria para garantizar la salud de la población y la protección del ambiente. Dentro de estos desechos se encuentran los generados en centros hospitalarios privados o públicos, cuyas características biológicas infecciosas hacen que la normatividad ambiental vigente los considere residuos peligrosos, que requieren un manejo especial.

La bibliografía establece datos de generación de residuos hospitalarios que varían entre 1 y 6 Kg/paciente/día ó 4.5 a 5.4 Kg/cama/día, y que en ellas el componente de residuos peligrosos como entre el 10 y 20% de la generación total hospitalaria,

La tendencia nacional e internacional hasta este momento favorece a la incineración y la esterilización. La alternativa de tratamiento es la incineración a través de un sistema de operación intermitente con cámara primaria y secundaria de combustión que asegura temperaturas entre 800 y 1000 °C respectivamente; sistema de enfriamiento y lavado de gases de combustión; sistema de separación de lodos y sistema de neutralización de aguas residuales; tablero de control de temperaturas para arranque y paro de quemadores y registro de temperaturas en cámaras y salida de gases en chimenea; equipo anticonta-minante de separación de partículas a base de filtros bolsa y chimenea con plataforma y puertos de muestreo para mediciones isocinéticas; alimentado con Gas L.P., con una capacidad de 50 Kg/h para que con una operación de 10 hrs al día, se tenga una capacidad instalada de 500 Kg/día, equivalente al 192% de la capacidad requerida considerando un índice de ocupación del 60% y un 15% arriba para un índice de ocupación del 100%.

En ciudades de unos 350 000 habitantes, se generan alrededor de 1200 Kg/día de residuos hospitalarios de los cuales el 30% se refiere a biológico infecciosos, existe un mercado cautivo que oscila entre 260 y 435 Kg/día de residuos biológico infeccioso que actual-mente son recolectados y dispuestos en forma inadecuada por el desconocimiento de la normativa ambiental vigente; por la falta de prestadores de servicios ambientales locales y también por el desconocimiento por parte de inversionistas locales de la existencia de estos mercados.

Finalmente, aún las instituciones públicas deberían analizar la posibilidad de ser ellos mismos los prestadores del servicio, en especial en el caso del gobierno del estado o del municipio.

5.0 Análisis de los resultados

Análisis de la información general

Los residuos peligrosos son aquellos materiales que posee alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad. La cantidad de residuos peligrosos es otro factor importante en la definición: Para pequeñas cantidades, todos los países han escogido excluir los residuos domésticos de los “residuos peligrosos“. En los Estados Unidos el valor máximo de control se ha reducido de 1000 kg/mes a 100 kg/mes. Para grandes cantidades, los reguladores de algunos países excluyen los grandes volúmenes de residuos producidos por actividades mineras o agrícolas del control bajo la legislación de residuos peligrosos.

Los residuos sólidos peligrosos quedan clasificados como residuos inorgánicos, ácidos y álcalis, residuos de cianuro, borras y soluciones de metales pesados, residuos de asbesto, otros; residuos aceitosos, aceites lubricantes y fluidos hidráulicos, sedimentos del fondo de estanques de almacenamiento de aceites; residuos orgánicos, solventes halogenados, residuos de solventes no – halogenados (tolueno, etanol etc.), residuos de bifenilos policlorados (BCPs.), residuos de resinas y pinturas, residuos biocidas, otros; residuos orgánicos putrefactos, aceites comestibles, residuos de mataderos, curtiembres y otras industrias alimentarias; residuos de alto volumen – baja peligrosidad, cenizas de la quema de combustibles fósiles, relaves de faenas mineras, barros de perforaciones de la extracción del petróleo, etc.; y residuos varios residuos infecciosos, residuos de laboratorios y residuos explosivos.

La identificación de residuos peligrosos se hace en función de diferentes factores como: tipos, procesos industriales y sustancias específicas o por clases con potencial peligro para la salud o el medio ambiente.

Entre los principales grupos de industrias generadoras de residuos sólidos peligrosos se encuentra la Producción Agrícola, Forestal y Alimenticia; Extracción de Minerales; Generación de Energía; Manufacturas de Metales; Manufactura de Minerales no-metálicos; Industrias Químicas y Relacionadas; Industria de Vehículos y Repuestos; Industria Textil, del Cuero y de la Madera; Manufactura de Papel,

Impresión y Publicación; Servicios Médicos y de Salud; y Servicios Comerciales y de Personas.

Entre los métodos utilizados para el tratamiento de los residuos peligrosos están los de Estabilización/Solidificación que incluyen procesos tales como: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.

Mediante el método de Estabilización/Solidificación se convierte al residuo de forma líquida, semilíquida y Sólida, en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer segura y aceptablemente. No debe ser un proceso reversible, por lo que se emplea aditivos para la inmovilidad del contaminante.

Las modalidades mediante la cual se realiza el agregado de los reactivos de estabilización/solidificación es a través de Operación discontinua, en la que los materiales a tratar son acondicionados y homogeneizados para conformar celdas de tratamiento. Los reactivos de estabilización/solidificación son agregados directamente sobre el área afectada en proceso *batch*. De Operación continua, la que requiere del acopio de insumos a granel en el sitio y maquinaria mas especializada para la incorporación de los reactivos.

Las arcillas modificadas orgánicamente para la estabilización y solidificación de residuos, debido a su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica, reaccionan con los compuestos orgánicos por lo que son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.

En los procesos de estabilización se utilizan diversas arcillas como la bentonita, kaolinita, vermiculita y las zeolitas. Estos materiales actúan como absorbentes y adsorbentes, y son generalmente agregados al material afectado para mejorar sus características. Interactúan químicamente con el material a tratar o simplemente retienen la fracción líquida por capilaridad.

Análisis de los casos presentados

En el primer caso estudiado, el servicio solicitado por Petroperú, consistió en la

eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y confinamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara.

En el segundo caso presentado, se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla tipo **sepiolita**, para tratar diversos tipos de residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado del procedimiento desarrollado se llegó a obtener dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y punto de inflamación próximo a 100°C. Un combustible de residuo (CDR) que podría ser revalorizado energéticamente en la producción del clinker.

En el tercer caso presentado, se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla natural (bentonita); el método diseñado para tal efecto resultó eficiente, como lo demuestran los resultados de la difracción de rayos X; donde se pudo observar que se produjo el proceso de intercalación, ya que la distancia basal de las laminillas se desplazó de 15 a 37 Å, lo cual resultó en un desplazamiento neto de 22 Å. La modificación de la bentonita se pudo también verificar cualitativamente a través de las imágenes de Microscopía electrónica de transmisión.

El cuarto caso se refiere a una propuesta de como resolver el problema de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios peligrosos a fin de preservar no sólo el medio ambiente y la salud de la población, sino también de generar fuentes de empleo a través de la prestación de servicios de corte ambiental. El equipo de trabajo consideró pertinente presentar este caso dado que al existir el riesgo de contaminación de suelos por estos residuos, una alternativa de recuperación sería la aplicación del método de estabilización/solidificación utilizando arcillas orgánicamente modificadas y/o materiales termoplásticos.

6. 0 Conclusiones

- a) Los residuos peligrosos se definen como aquellos materiales que posee alguna de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad
- b) Los residuos sólidos peligrosos se clasifican en residuos inorgánicos; residuos aceitosos; residuos orgánicos; residuos orgánicos putrefactos; residuos de alto volumen – baja peligrosidad; y residuos varios.
- c) Los principales grupos de industrias generadoras de residuos sólidos peligrosos son: la Producción Agrícola, Forestal y Alimenticia; Extracción de Minerales; Generación de Energía; Manufacturas de Metales; Manufactura de Minerales no-metálicos; Industrias Químicas y Relacionadas; Industria de Vehículos y Repuestos; Industria Textil, del Cuero y de la Madera; Manufactura de Papel, Impresión y Publicación; Servicios Médicos y de Salud; y Servicios Comerciales y de Personas.
- d) El método de Estabilización/Solidificación utilizado para el tratamiento de los residuos peligrosos incluye los procesos tales como: tratamiento, inmovilización, estabilización, solidificación, absorción, adsorción, macroencapsulación y microencapsulación.
- e) El método de Estabilización/Solidificación convierte al residuo de forma líquida, semilíquida y Sólida, en otra forma física que se pueda manejar, almacenar y disponer segura y aceptablemente. No es un proceso reversible.
- f) El método de estabilización/solidificación utiliza la modalidad de Operación discontinua, en la cual se realiza el agregado de los reactivos a los materiales a tratar, acondicionandolos y homogeneizandolo y conformando celdas de tratamiento. Y la Operación continua, la que requiere del acopio de insumos a granel en el sitio y maquinaria mas especializada para la incorporación de los reactivos; esto cuando los volúmenes son considerablemente mayores que para el caso de la operación discontinua (>30.000 m³).

- g) Las arcillas modificadas orgánicamente para la estabilización y solidificación de residuos, debido a su capacidad de intercambio catiónico y gran superficie específica son usados para aumentar el rango de residuos aceptados por fijación a residuos inorgánicos.
- h) En los procesos de estabilización se utilizan diversas arcillas como la bentonita, kaolinita, vermiculita y las zeolitas. Estas actúan como absorbentes y adsorbentes, de los materiales afectados para mejorar sus características.
- i) En el primer caso, el servicio solicitado por Petroperú, consistió en la eliminación de sedimentos, borra y tierras contaminadas de hidrocarburos pesados, y su tratamiento con materiales limpios y su posterior confinamiento en el Relleno Industrial de Milla Seis Talara.
- j) En el segundo caso, se estudia un proceso de solidificación/estabilización utilizando una arcilla **sepiolita**, para tratar residuos industriales que contenían contaminantes orgánicos considerados tóxicos y peligrosos. Como resultado se obtuvo dos tipos de materiales finales: Un sólido granulado, de baja humedad y Un combustible de residuo (CDR).
- k) En el tercer caso, se utilizaron arcillas como sistemas adsorbentes por su alta área superficial específica y su capacidad de adsorción de moléculas orgánicas. Estudio que se centró en el tratamiento orgánico para modificar una arcilla bentonita.
- l) El cuarto caso es una propuesta como resolver el problema de la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios peligrosos a fin de preservar el medio ambiente, la salud de la población y generar fuentes de empleo a través de la prestación de servicios de corte ambiental.

7.0 Recomendaciones

- a) Que la Escuela de Postgrado de la UNPRG, implemente un laboratorio donde se apliquen las metodologías utilizadas en el tratamiento de suelos contaminados con residuos peligrosos.
- b) Considerar como alternativa de futuros trabajos de tesis la problemática de contaminación de suelos por residuos peligrosos y su solución.

8.0 Bibliografía

1. ASOCIACIÓN MEXICANA PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS, A. C. Gestión Ambiental para Desechos Peligrosos o Tóxicos <http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/iv/3/enlace/amcrespac.htm>.
2. BOTASSO H. G. Y E. FENSEL. Experiencia en la utilización de barros contaminados en bases y sub bases de pavimentos de hormigón. Área Medio Ambiente y Obras Civiles. Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata, 2001.
3. CEPIS-OPS-OMS. Curso manejo seguro de residuos tóxicos o peligrosos. Universidad de Concepción. 2001. <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsarp/e/fulltext/seguro/seguro.pdf>.
4. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. Office of Solid Waste. Estados Unidos. <http://www.epa.gov/epaoswer/osw/hazwaste.htm>
5. <http://biblioteca.iapg.org.ar/iapg/ArchivosAdjuntos/JornadasPreservacionVI/022.pdf>
6. LEONARDO FANTÍN, ALFRIDO WAGNER-MANSLAU Y NICOLÁS GWYTHER. Tratamiento de corrientes de desechos oleosos dentro de yacimientos petrolíferos y gasíferos. Empresa: ERM Argentina S. A. 2005.
7. LÓPEZ F. A. Y A. LÓPEZ-DELGADO “Solidificación / Estabilización de residuos orgánicos mediante granulación con sepiolita” Boletín de la Sociedad Española de Artículo Cerámica y Vidrio. Dpto. de Reciclado de Materiales y Residuos Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Editorial Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV), Madrid. 2008.
8. LÓPEZ F. A., A. LÓPEZ-DELGADO, J. NÚÑEZ Y M. RUIZ, “Procedimiento de estabilización e inertización de residuos orgánicos de carácter tóxico y peligroso”. Patente española. 2000.
9. LOPEZ GARRIDO PEDRO A, ALONSO GUTIERREZ MANUEL G, RAMIREZ BAUTISTA SAUL. Propuesta para el manejo de residuos peligrosos hospitalarios en Oaxaca de Juárez, OAX. 1996.
10. MARICRUZ, VARGAS. L, G. ROMERO, E.”Tecnología de inmovilización de desechos peligrosos en Costa Rica”. Tecnología en Marcha. Vol. 19-3 - 2006.

11. MÁRQUEZ F. Manejo seguro de residuos peligrosos. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. Chile. 2002.
12. PETROLEOS DEL PERU – PETROPERU S.A. GERENCIA PETROPERU OPERACIONES NORTE Proceso Adjudicación Directa Pública N° ADP–0018–2004–RTL/PETROPERU (N° Interno ADP–0620086–2004–MTNT/RTL).
13. Report. <http://www.epa.gov/tio/download/remed>. 2005.
14. SALAZAR NORKIS, JOSÉ L. FEIJOO, NERY SUÁREZ, MARÍA HERNÁNDEZ, SALVADOR LO M. Síntesis de nanocompuestos poliméricos a partir de arcillas orgánicamente modificadas. *Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 9(3), Mayo de 2008. Coloquio Venezolano de Polímeros, Universidad de Oriente, Cumaná 2007.*
15. WILSON, D., BALKAU, F. Y THURGOOD, M. Solidificación y Estabilización. Manual de Formación en gestión de residuos peligrosos para países en vías de desarrollo. 2005.

9.0 Anexos

Anexo Nº 01

2.2 Marcos Normativo

Ley Nº 27314 - Ley General de Residuos Sólidos

Artículo 3.- Finalidad. La gestión de los residuos sólidos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de política que se establecen en el siguiente artículo.

Artículo 22.-

22.1 Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

22.2 Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerarán peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, adiacividad o patogenicidad.

Decreto Supremo Nº 057-2004-PCM - Reglamento de la Ley Nº 27314, Ley General de Residuos Sólidos

Artículo 27.-

1. La calificación de residuo peligroso se realizará de acuerdo a los Anexos 4 y 5 del presente reglamento. El Ministerio de Salud, en coordinación con el sector competente, y mediante resolución ministerial, puede declarar como peligroso a otros residuos, cuando presenten alguna de las características establecidas en el artículo 22 de la Ley o en el Anexo 6 de este Reglamento, o en su defecto declararlo no peligroso, cuando el residuo no represente mayor riesgo para la salud y el ambiente; y,
2. La DIGESA establecerá los criterios, metodologías y guías técnicas para la clasificación de los residuos peligrosos cuando no esté determinado en la norma indicada en el numeral anterior.

3. Se consideran también, como residuos peligrosos; los lodos de los sistemas de tratamiento de agua para consumo humano o de aguas residuales; u otros que tengan las condiciones establecidas en el artículo anterior, salvo que el generador demuestre lo contrario con los respectivos estudios técnicos que lo sustenten.

En el Anexo se presenta la lista de residuos peligrosos contenida en el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

Ley N° 28611 Ley General del Ambiente Artículo 119°.-

119.1 La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales. Por ley se establece el régimen de gestión y manejo de los residuos sólidos municipales.

119.2 La gestión de los residuos sólidos distintos a los señalados en el párrafo precedente son de responsabilidad del generador hasta su adecuada disposición final, bajo las condiciones de control y supervisión establecidas en la legislación vigente.

Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

Anexo 4

LISTA A: RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos enumerados en este anexo están definidos como peligrosos de conformidad con la Resolución Legislativa N° 26234, Convenio de Basilea, el cual no impide para que se use el anexo 6 del presente Reglamento con el fin de definir que un residuo no es peligroso.

A1.0 RESIDUOS METÁLICOS O QUE CONTENGAN METALES

A1.1 Residuos metálicos y aquellos que contengan aleaciones de cualquiera de los elementos siguientes:

- i. Antimonio;
- ii. Arsénico;
- iii. Berilio;
- iv. Cadmio;
- v. Plomo;

- vi. Mercurio;
- vii. Selenio;
- viii. Telurio; y
- ix. Talio.

Son excluidos los residuos que figuran específicamente en el anexo 5 del Reglamento.

A1.2 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, cualquiera de las sustancias siguientes:

- i. Antimonio; compuestos de antimonio *;
- ii. Berilio; compuestos de berilio *;
- iii. Cadmio; compuestos de cadmio *;
- iv. Plomo; compuestos de plomo *;
- v. Selenio; compuestos de selenio *;
- vi. Telurio; compuestos de telurio *;
- vii. Arsénico; compuestos de arsénico;
- viii. Mercurio; compuestos de mercurio; y
- ix. Talio; compuestos de talio.

*: Se excluyen aquellos residuos de metal en forma masiva.

A 1.3 Residuos que tengan como constituyentes:

- i Carbonilos de metal; y,
- ii Compuestos de cromo hexavalente.

A 1.4 Lodos galvánicos.

A 1.5 Residuos contaminados con líquidos de residuos del decapaje de metales.

A 1.6 Residuos de la lixiviación del tratamiento del zinc.

A 1.7 Residuos de zinc no incluidos en el anexo 5 del Reglamento, que contengan plomo y cadmio en concentraciones tales que presenten características del anexo 6 del Reglamento.

A 1.8 Cenizas de la incineración de cables de cobre recubiertos.

A 1.9 Polvos y residuos de los sistemas de depuración de gases de las fundiciones de cobre.

A 1.10 Residuos contaminados con soluciones electrolíticas usadas en las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A 1.11 Lodos residuales, excluidos los fangos anódicos, de los sistemas de depuración electrolítica de las operaciones de refinación y extracción electrolítica del cobre.

A 1.12 Residuos contaminados con soluciones de ácidos que contengan cobre disuelto.

A 1.13 Residuos de catalizadores de cloruro cúprico y cianuro de cobre.

A 1.14 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en el anexo 5 del Reglamento.

A 1.15 Residuos de acumuladores de plomo enteros o triturados.

A1.16 Residuo de acumuladores sin seleccionar, excluyendo las mezclas de acumuladores citadas en el anexo 5 del Reglamento. Los acumuladores de residuo no incluidos en el anexo 5 del Reglamento que contengan constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que los conviertan en peligrosos.

A 1.16 Residuos o restos de Montajes eléctricos y electrónicos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidas en el presente anexo, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o aquellos indicados en el anexo 5 numeral 1.11 que estén contaminados con constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que posean alguna de las características del anexo 6 del Reglamento.

A2.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES O MATERIA ORGÁNICA

A 2.1 Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.

A2.2 Residuos de compuestos inorgánicos de flúor en forma de lodos, con excepción de los residuos de ese tipo especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A2.3 Residuos de catalizadores, con excepción de los residuos de este tipo especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A2.4 Yeso de residuo procedente de procesos de la industria química, si contiene constituyentes del anexo I del Convenio de Basilea, en tal grado que presenten una característica peligrosa del anexo 6 del Reglamento.

A2.5 Residuos de amianto sean éstos en polvo o fibras.

A2.6 Cenizas volante de centrales eléctricas de carbón que contengan sustancias que están señaladas en el anexo I del Convenio de Basilea, en concentraciones tales que presenten características del anexo 6 del Reglamento.

A3.0 RESIDUOS QUE CONTENGAN PRINCIPALMENTE CONSTITUYENTES ORGÁNICOS, QUE PUEDAN CONTENER METALES Y MATERIA INORGÁNICA

A3.1 Residuos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto.

A3.2 Residuos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados.

A3.3 Residuos que contengan, estén integrados o estén contaminados por lodos de compuestos antidetonantes con plomo.

A3.4 Residuos contaminados con líquidos térmicos (transferencia de calor)

A3.5 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas adhesivos, excepto los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A3.6 Residuos de nitrocelulosa.

A3.7 Residuo de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de lodo.

A3.8 Residuos contaminados con éteres excepto los especificados en el anexo 5 del Reglamento

A3.9 Residuos de cuero en forma de polvo, cenizas, lodos y harinas que contengan compuestos de plomo hexavalente o biocidas.

A3.10 Residuos de cuero regenerado que no sirvan para la fabricación de artículos de cuero, que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas.

A3.11 Residuos del curtido de pieles que contengan compuestos de cromo hexavalente o biocidas o sustancias infecciosas.

A3.12 Pelusas -fragmentos ligeros resultantes del desmenuzamiento.

A3.13 Residuos de compuestos de fósforo orgánicos.

A3.14 Residuos contaminados con disolventes orgánicos no halogenados pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A3.15 Residuos contaminados con disolventes orgánicos halogenados

A3.16 Residuos resultantes de desechos no acuosos de destilación halogenados o no halogenados derivados de operaciones de recuperación de disolventes orgánicos.

A3.17 Residuos resultantes de la producción de hidrocarburos halogenados alifáticos, como el clorometano, dicloroetano, cloruro de vinilo, cloruro de alilo, epicloridrina, entre otros.

A3.18 Residuos y artículos que contienen; consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración igualo superior a 50 mg/kg

A3.19 Residuos de desechos alquitranados, con exclusión de los cementos asfálticos, resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos.

A4.0 RESIDUOS QUE PUEDEN CONTENER CONSTITUYENTES INORGÁNICOS U ORGÁNICOS

A4.1 Residuos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos farmacéuticos, pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.2 Residuos de establecimientos de atención de salud y afines; es decir residuos resultantes de práctica médica, enfermería, dentales, veterinaria o actividades similares, y residuos generados en hospitales u otras instalaciones durante actividades de investigación o el tratamiento de pacientes, o de proyecto de investigación.

A4.3 Residuos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de residuos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados, o no aptos para el uso previsto originalmente.

A4.4 Residuos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.

A4.5 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

- i. Cianuros inorgánicos, con excepción de los residuos que contienen metales preciosos, en forma sólida, con trazas de cianuros inorgánicos; y,
- ii. Cianuros orgánicos.

A4.6 Residuos contaminados con mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

A4.7 Residuos que contiene desechos de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.8 Residuos de carácter explosivo, con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.9 Residuos contaminados con soluciones ácidas o básicas, distintas de las especificadas en el anexo 5 del Reglamento.

A4.10 Residuos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de los gases industriales, pero con exclusión de los residuos especificados en el anexo 5 del Reglamento.

A4.11 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con algunos de los productos siguientes:

i Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados; y,

ii Cualquier sustancia del grupo de las dibenzodioxinas policloradas.

A4.12 Residuos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos.

A4.13 Envases y contenedores de residuos que contienen sustancias incluidas en el anexo I del Convenio de Basilea, en concentraciones suficientes como para mostrar las características peligrosas del anexo 6 del Reglamento.

A4.14 Residuos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o que ya caducaron, según a las categorías del anexo I del Convenio de Basilea, y a las características de peligrosidad señalada en el anexo 6 del Reglamento.

A4.15 Residuos contaminados con sustancias químicas nuevas o no identificadas, resultantes de investigación o de actividades de enseñanza, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.

A4.16 Carbón activado consumido no incluido en el anexo 5 del Reglamento

FOTOS



Foto 1: Aplicación de estabilización/solidificación en operación discontinua utilizando retroexcavadora y reactivos mezclados con agua.



Foto 2: Aplicación de estabilización/solidificación en operación continua utilizando retroexcavadora y reactivos en seco.



Foto 3: Aplicación de estabilización/solidificación en operación continua utilizando retroexcavadora con rodillo hidráulico.



Foto 4: Estabilización/solidificación en operación continua utilizando retroexcavadora con rodillo hidráulico y reactivos mezclados con agua.



Foto 5: Equipo para tratamiento de estabilización/solidificación en operación continua tipo pac mill.