

INMOVILIZACIÓN E IMPACTO AMBIENTAL DE LOS METALES PESADOS PROVENIENTES DE LOS INCINERADOS DE DESECHOS PELIGROSOS



MARÍA PAULINA POMA COPA

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
paulina.poma@esPOCH.edu.ec

HÉCTOR ANDRÉS TORRES ALTA

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
hector.torres@esPOCH.edu.ec

Recibido: 13/02/2018

Aprobado: 23/05/2018

Resumen

Anualmente, se genera un promedio de 280.793 Ton de cenizas de fondo que contienen metales pesados, como Ba, Cr y Pb, producto del tratamiento térmico de incineración de desechos peligrosos, dispuestos en vertederos, sin ningún tratamiento ni monitoreo, lo cual contamina las aguas subterráneas y el entorno natural. El propósito del presente estudio consiste en establecer mecanismos que minimicen los impactos ambientales tras el problema que ocasionan los desechos sólidos. Para reducir la movilidad y la toxicidad de las cenizas de fondo, se llevó a cabo el proceso de estabilización/solidificación en el cual se reemplazó el agregado fino (arena) por cenizas de fondo para la elaboración de un hormigón de baja densidad con fines industriales; tal procedimiento se verificó mediante ensayos de laboratorio a razón del peso unitario óptimo para su producción tras determinar 0,849 kg/cm³ que resulta de la mezcla con un 60% de agregado grueso (piedra pómez) y 38% de agregado fino (ceniza de fondo). Cumpliendo con parámetros de calidad para ser utilizado en elementos estructurales establecidos según los lineamientos del *American Concrete Institute* (A.C.I.). Se comprobó la acción estabilizante de los metales pesados mediante el Método EPA 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP), cuyo resultado arrojado se encuentra dentro de los parámetros establecidos y no representa riesgo para el ambiente.

Palabras clave: metales pesados, desechos peligrosos, inmovilización, impacto ambiental.

IMMOBILIZATION AND ENVIRONMENTAL IMPACT OF HEAVY METALS FROM HAZARDOUS WASTE INCINERATES

Abstract

Annually, an average of 280,793 tons of bottom ash containing heavy metals is generated, such as Ba, Cr and Pb, product of the thermal treatment of incineration of hazardous waste, disposed in landfills, without any treatment or monitoring, which contaminates the waters underground and the natural environment. The purpose of this study is to establish mechanisms that minimize environmental impacts after the problem caused by solid waste. To reduce the mobility and toxicity of the bottom ash, the stabilization / solidification process was carried out in which the fine aggregate (sand) was replaced by bottom ash for the production of a low density concrete for industrial purpose; this procedure was verified by laboratory tests at the optimum unit weight for its production after determining 0.849 kg /cm³ resulting from the mixture with 60% coarse aggregate (pumice) and 38% fine aggregate (bottom ash). Complying with quality parameters to be used in structural elements established according to the guidelines of the American Concrete Institute (A.C.I.). The stabilizing action of heavy metals was proved by the EPA Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP), whose result is within the established parameters and does not represent a risk to the environment.

Keywords: heavy metals, hazardous waste, immobilization, environmental impact.



ARJÉ. Revista de Postgrado FaCE-UC. Vol. 12 N° 22. Ed. Esp. Ene-Jun. 2018/pp.249-259.

ISSN Versión electrónica 2443-4442, ISSN Versión impresa 1856-9153

Inmovilización e impacto ambiental de los metales pesados provenientes de los incinerados de desechos peligrosos

María Paulina Poma Copa y Héctor Andrés Torres Alta

Introducción

En los cantones Joya de los Sacha y Francisco de Orellana, se encuentran 4 empresas incineradoras de desechos peligrosos, generando anualmente 280.793 Ton de cenizas fondos dispuesta en vertederos sin ningún tratamiento. La Incineración es una de las tecnologías térmicas existentes para el tratamiento de residuos peligrosos, produciendo emisiones gaseosas, lixiviados y cenizas de fondo (escorias).

Para determinar el grado de toxicidad de la ceniza de fondo, se realizó un análisis fisico-químico mediante la Norma Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Límites Máximos Permisibles para los constituyentes tóxicos en el Extracto Pet. Donde se identificó que los parámetros siguientes se encuentran fuera de los límites permisibles (LPM). Siendo estos elementos nocivos para el ambiente y la salud de los humanos.

Tabla 1. Muestra ceniza de fondo

Parámetro	Límite Máximo Permisible (mg/l)	Resultado mg/l
Ba	100	241
Cr	5	18
Pb	5	17

Fuente: Ensayo 1311282-S001.

Efectos adversos sobre la salud humana y el ambiente

Uno de los debates en la última década ha sido sobre los riesgos potenciales en la salud humana y el ambiente que pueden ocasionar los residuos provenientes de procesos de incineración de los residuos peligrosos. A continuación, se describe las enfermedades principales ocasionadas por los elementos Pb, Cr, y Ba, presentes en las cenizas de fondo.

El plomo (Pb)

Las principales fuentes de exposición para la población, es el plomo contenido en el polvo ambiental

ocasionado por el uso de gasolina con plomo en automotores y la contaminación ambiental por emisiones industriales. El plomo afecta todos los órganos y sistemas. Actúa como agonista o antagonista de las acciones del calcio, y se relaciona con proteínas que poseen los grupos sulfidrílicos, amina, fosfato y carboxilo. El nivel sanguíneo de plomo materno aumenta el riesgo fetal y de alteraciones neurológicas en los recién nacidos. Los embarazos con niveles elevados de plomo en la sangre tienen un riesgo mayor de partos prematuros, abortos espontáneos, muertes fetales y de recién nacidos con peso bajo para su edad gestacional. (Poma. P, 2008).

Por otra parte, se acota que, los niveles de plomo en la sangre constituye una de las tantas amenazas que hoy el hombre enfrenta por la marcada afectación al organismo, con efectos especialmente dañinos en la etapa de la infancia. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la exposición a esa sustancia tóxica cada año causa en los menores 600 mil nuevos casos de discapacidad intelectual.

Ahora bien, la agencia de salud de la ONU señala que la intoxicación por ese elemento químico cobra anualmente 143 mil vidas, sin ningún tratamiento ni monitoreo, contaminando las aguas subterráneas y el entorno natural, registrándose las tasas más altas de mortalidad en las regiones en desarrollo; por tal razón, la comunidad científica internacional incluye hoy entre sus prioridades de investigación la incidencia en la salud humana de los niveles de plomo en sangre.

Cromo (Cr)

Las intoxicaciones crónicas producidas por el cromo se manifiestan por irritación de las mucosas nasales y secreción de mocos, pudiéndose producir en casos graves, incluso, la perforación del tabique nasal. Así mis-

mo, suelen ser típicos la producción de dermatitis, eczemas en las manos, ulceraciones, trastornos digestivos y bronquitis. El Cr puede causar problemas en la depuración biológica de aguas residuales, en estudios anteriores se atribuía al Cr una toxicidad intermedia para los organismos de aguas residuales, indicando una mayor toxicidad para Hg, Ni y Cu. Estudios más recientes dan el siguiente orden de toxicidad de diversos metales para organismos de aguas residuales $Hg > Ag > Cr > Ni > Cd > Co > Zn$. (Barceló, 1987)

Bario (Ba)

Provoca un descenso de la concentración de potasio (K) a niveles celulares, ya que ambos metales aparentemente presentan un radio iónico similar. Los efectos tóxicos incluyen desórdenes digestivo-respiratorias, inhibición de la mineralización de los huesos, hipertensión, anomalías en el ritmo cardíaco e, incluso, efectos carcinogénicos. Las toxicidades de las sales de Ba dependen de su solubilidad en agua; compuestos muy solubles como $BaCl_2$ y $Ba(NO_3)_2$, son muy tóxicos, y pueden provocar hipertensión y anomalías en el ritmo cardíaco. La exposición prolongada a partículas de polvo con Ba o partículas con compuestos de Ba pueden provocar baritosis, una dolencia pulmonar que provoca irritación. (Pozo, 2013)

Con el propósito de inmovilizar a los metales pesados: Pb, Cr y Ba presentes en las cenizas de fondo, se procedió a aplicar el método de estabilización/solidificación reemplazando el agregado fino (arena) por cenizas de fondo en la elaboración de hormigón de baja densidad con fines industriales. La inmovilización con materiales de cemento requiere solo una mezcladora de cemento como equipo. El tratamiento con esta tecnología puede hacerse in situ, ex situ en planta, inclusive, en planta móvil.

El término general “inmovilización” incluye métodos físicos y químicos, utilizados para solidificar y estabilizar los residuos, convertidos en una forma más estable normalmente, esto se logra mediante la adición de reactivos que mejoran el manejo y las características físicas del residuo, disminuye la superficie a través de la cual se puede dar la liberación de los contaminantes, reducen o limitan la solubilidad de cualquier contaminante presente en el residuo y, finalmente, reducen la toxicidad de los contaminantes. (Romero, 2008)

La 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. La adición de reactivos facilita la solidificación de dicha masa para obtener una mayor resistencia, menor compresibilidad y menor permeabilidad de residuo. (Romero L., 2008)

El proceso de inmovilización es particularmente efectivo en el tratamiento de lodos residuales, que han sido contaminados con metales pesados, la inmovilización de este tipo de lodos (I) permite que no se dé la lixiviación de los metales pesados y de esta manera se pueda llevar la disposición final del material. La tecnología de inmovilización se ensayó utilizando la ceniza de fondo en la elaboración de hormigón de baja densidad donde la dosificación debe cumplir las siguientes características: resistencia máxima a la compresión de 180 kg/cm^2 y con una densidad que varía entre 300 Kg/m^3 y 1900 Kg/m^3 , asentamiento de 4 cm y una consistencia plástica (Heredia, 2015).

Metodología

El presente estudio comprende tres partes, la primera es el análisis de las cenizas de fondo y la segunda, es la inmovilización de los metales pesados Ba, Cr, y Pb a través del método de estabilización/solidifica-

ción con el fin de identificar de una manera detallada los generadores y el manejo real que tienen estos residuos, así como también minimizar su impacto ambiental. Tal procedimiento fue llevado a cabo para elaborar hormigón de baja densidad cumpliendo los parámetros del método de diseño A.C.I. 211.1. La tercera parte corresponde a la puesta en práctica del análisis de lixiviado a través del método TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) con el fin de determinar la movilidad, tanto de compuestos orgánicos, como inorgánicos presentes en líquidos, sólidos y residuos multifásicos. Para la inmovilización de los metales pesados se realizaron los siguientes procesos especificados a continuación.

Dosificación

Los parámetros de diseño están directamente relacionados con el uso que se le va a dar al hormigón, el tipo de obra en el cual se va a emplear y con las propiedades físico-mecánicas de los agregados:

1. La relación agua / cemento
2. La consistencia de la mezcla
3. El factor cemento
4. La relación de agregados fino y grueso
5. El contenido de aire
6. Uso de aditivos

Con base en el contenido de aire y peso unitario del hormigón se determinó el tipo de asentamiento para la construcción. El asentamiento recomendado para este tipo de construcción, los pavimentos debe tener un máximo de 7,5 y mínimo de 2,5.

Materiales

Mediante los ensayos realizados en el laboratorio, se determinó las propiedades mecánicas del agregado fino, y se pudo apreciar que este material cumple con las especificaciones técnicas para la producción de un

hormigón de baja densidad, pues se encuentra dentro de los límites admisibles. Los materiales a utilizar se detallan a continuación:

Agregado grueso (Piedra Pómez)

Mediante los ensayos realizados en el laboratorio se determinó las propiedades mecánicas del agregado grueso, y se pudo evidenciar que este material cumple con las especificaciones técnicas para la producción de un hormigón de baja densidad, por encontrarse dentro de los límites admisibles según el método de diseño A.C.I. 211.

Tabla 2. Agregado grueso

Propiedad Mecánica	Unidad	Valor Determinado
Tamaño nominal máximo.	PLG	3/4"
Peso unitario suelto.	g/cm ³	0,48
Peso unitario compactado.	g/cm ³	0,53
Peso específico	g/cm ³	1,037
Capacidad de absorción.	%	51,4

Fuente: ensayo.

Agregado fino (Arena)

Mediante los ensayos llevados a cabo en el laboratorio se determinó las propiedades mecánicas del agregado fino, y se puede apreciar que este material cumple con las especificaciones técnicas para la producción de un hormigón de baja densidad, pues se encuentra dentro de los límites admisibles. Sin embargo, se evidencia que las propiedades mecánicas se encuentran con % menores al valor determinado.

Tabla 3. Agregado fino

Propiedad Mecánica	Unidad	Valor Determinado
Módulo de la Finura		2,6
Peso unitario suelto	gr/cm ³	1,51
Peso unitario compactado	gr/cm ³	1,62
Peso específico	gr/cm ³	2,371
Capacidad de absorción	%	3,35

Fuente: ensayo.

Tabla 4. Agregado fino ceniza de fondo

Propiedad Mecánica	Unidad	Valor Determinado
Módulo de la Finura		1,88
Peso unitario suelto	gr/cm ³	1,23
Peso unitario compactado	gr/cm ³	1,42
Peso específico	gr/cm ³	2,136
Capacidad de absorción	%	2,986

Fuente: ensayo.

Cemento

Se utilizó cemento Portland (ASTM C 150) y con la norma NTE INEN 2380. La densidad del cemento utilizado es de 3.15g/cm³.

Ceniza

La ceniza para su uso como aditivo en la fabricación de hormigón de cemento ha sido clasificada en la norma ASTM 618 en dos tipos generales: de clase C y clase F, de acuerdo a la cantidad de los tres principales óxidos ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$) éstos deben ser, en total, más de 50 % para la clase C y más de 70 % para la clase F. Mediante el análisis de difracción de rayos X, la ceniza proveniente del proceso de incineración en bruto de residuos industriales se clasificó como tipo C según el criterio ASTM (American Standard for Testing and Materials) ya que el total de los principales óxidos fue de 58 %. (Benavides “y” Montenegro, 2015, p. 2). El análisis granulométrico arena fina se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Análisis granulométrico (Arena fina)

Norma	INEN696				
Peso Muestra	700 g.	Pérdida de la muestra %	0,4		
Tamiz	Retenido		% Retenido	% Que	Limites ASTM %
	Parcial (gr)	Acu. (gr.)	Acumulado	Pasa	Que Pasa
3/8”	0,0	0,0	0,0	100	100
#4	48,2	48,2	6,9	93,11	95-100
#8	85,2	133,2	19,03	80,97	80-100
#16	87,5	220,7	31,53	68,47	50-85
#30	94,5	315,2	45,03	54,97	25-60
#50	148	463,2	66,17	33,83	10-30
#100	142	605,2	85,46	13,54	2-10
#200	55,5	660,7	94,39	5,61	
Bandeja	36,5	697,2	99,6	0.40	
Modulo Finura		2.6			

Fuente: ensayo.

Tabla 6. Análisis granulométrico ceniza de fondo

Norma	INEN 696				
Peso de la Muestra	700 g.		Pérdida de la muestra % 0,6		
Tamiz	Retenido		% Retenido	% Que	Limites ASTM %
	Parcial (gr)	Acu. (gr.)	Acumulado	Pasa	Que Pasa
3/8"	0,0	0,0	0,0	100	100
#4	48,2	40,2	6,9	93,11	95-100
#8	80,2	130,2	19,03	86,97	80-100
#16	87,5	220,7	31,53	60,33	50-85
#30	93,5	315,2	40,03	54,00	25-60
#50	148	463,2	65,17	30,20	10-30
#100	142	605,2	83,2	11,24	2-10
#200	50,5	660,7	94,1	4,33	
Bandeja	36,5	697,2	97,6	0,38	
Modulo Finura		1,88			

Fuente: ensayo.

Tabla 7. Propiedades y composición química de la ceniza.

Composición química.	%
(Na, Ca), Al (Si, Al) Si ₂ O ₈	35
SiO ₂	29
Fe ₂ O ₃	1
CaMgSi ₂ O ₆	22
CaSiO ₃	6
KAlSi ₃ O ₈	5
FeO(OH)	2

Fuente: Benavides Cedeño, 2015.

Tabla 8. Propiedades físicas de la ceniza

Composición	Cantidad
Densidad real (Kg/m ³)	2300
Densidad aparente (Kg/m ³)	930
Porcentaje de vacíos (%)	87,61
Granulometría d ₈₀ (mm)	1,52
Contenido de humedad (%).	17,16

Fuente. (Benavides Cedeño, 2015).



Figura 1. Disposición de las ceniza de fondo empresas gestoras.

Fuente: DPAO-2016

Elaboración del hormigón de baja densidad a través del método de diseño: A.C.I. 211.1

Este método de diseño se presenta como alternativa de reúso de las cenizas de fondo, el método propuesto tiene diferentes tipos de materiales, y la cantidad de pasta mínima necesaria para obtener un hormigón de buena calidad, para lo cual es necesario obtener una combinación de agregados que deje el menor porcentaje de vacíos posible.

Los parámetros a considerar para el diseño del hormigón son relación (a/c), cantidad de cemento, tipo de cemento, tipo de árido y granulometría; el tipo de aditivos y ediciones. Una vez que se determinaron las propiedades mecánicas de los agregados finos, grueso, análisis granulométrico arena fina y agregado fino Ceniza de fondo, la densidad del cemento, las propiedades físicas y composición química de la ceniza. Se procedió a realizar ensayos según los lineamientos establecidos en la Norma A.C.I.211.1

Para cada una de las dosificaciones propuestas se fabricaron muestras a escala, siguiendo dos procedimientos distintos, uno para las muestras 1-2 y otro para las muestras 3. La preparación de muestras incluye las correcciones necesarias en la cantidad de agua de mezcla, con la intención de obtener una mezcla homogénea de los componentes del hormigón. (Yépez et al, 2014)



Figura 2. Muestras de hormigón.

Fuente: DPAO-2016

Se agregó a la muestra 1 el 10 %, muestra 2,20 %, y muestra 3,30% de ceniza de fondo con el objeto de evaluar el encapsulamiento de los metales pesados en el hormigón, el cual será analizado con el lixiviado mediante una análisis de laboratorio de TLCP al concreto. Finalizados los tiempos de mezclado de cada una de las dosificaciones, se procedió a comprobar las propiedades físicas como el asentamiento, temperatura y contenidos de aire, acorde con la norma ASTM C143, en la cual todas las muestras mostraron asentamientos mayores a las 5 pulgadas fijadas como requerimiento mínimo. Finalmente, se procedió a la fabricación de muestras cilíndricas (figura 2) y a su posterior curado acorde con la norma ASTM C31. Las pruebas a compresión se realizaron a los 7 y 28 días siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C39. Se elaboraron 4 probetas cilíndricas de dimensiones 30 x15 cm.

Tabla 9. Dosificación para 1 m³ de hormigón

Materiales	0	%	10	%	20	%	30	%
Agua	193,00	8,86	193,00		193,00		193,00	
Cemento	309,80	14,23	309,80		309,80		309,80	
Agredo fino	723,80	33,24	506,04	23,24	288,28	13,24	70,52	3,24
Agregado grueso	951,00	43,67	951,00		951,00		951,00	
Aire	0,00	0,00	0,00		0,00		0,00	
Ceniza	0,00	0,00	217,76	10,00	435,52	20,00	653,28	30,00
Total m ³	2177,60		2177,60		2177,60		2177,60	

Fuente: ensayo.

Análisis de TLCP de concreto

A los efectos de verificar que el reemplazo de la agregada fina (arena) por la ceniza de fondo éste no presenta riesgo para el ambiente; se procedió a elaborar un hormigón de estado endurecido para someterle a un análisis TLCP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) en aras de determinar la movilidad, tanto de compuestos orgánicos como inorgánicos presentes en líquidos, sólidos y residuos multifásicos.

Tabla 10. Análisis TLCP

Nº	Análisis Solicitado	Unidad	LMP Tabla 7a	Resultado 1 10843	Resultado 2 10844	Resultado 3 10613
1	pH	-	6-9	6.68	9.45	9.59
2	Conductividad	uS/cm	4000	443	3190	372
3	Ba/TCLP	mg/L	<5	0.59	0.69	<0.30
4	Cd/TCLP	mg/L	<0.05	<0.03	<0.03	<0.03
5	Cr t/TCLP	mg/L	<1.0	0.12	0.16	<0.10
6	Va/TCLP	mg/L	<0.2	<0.20	<0.20	<0.20
7	TPH/TCLP	mg/L	<1	<0.05	<0.05	0.07
8	Hidrocarburos Aromáticos	mg/L	<0.003	<0.00016	<0.00016	0.00065

Fuente: ensayo.

Resultados y discusión

Para la elaboración de hormigón haciendo uso del método A.C.I. 211.1 basado en la ceniza de fondo, los materiales a utilizar deben cumplir las siguientes especificaciones: agregado grueso con un peso específico 1,073 gr/cm³ y una capacidad de absorción de 51,4 %; el agregado fino con un peso específico 2,371 gr/cm³ y una capacidad de absorción de 3,35 %; el agregado fino ceniza de fondo con un peso específico equivalente a 2,316 gr/cm³ y capacidad de absorción 2,99 %. En efecto, el cemento debe cumplir con las normas ASTM C 150 y la norma NTE INEN 2380 con una densidad de 3.15g/cm³. Y con el análisis de la granulométrico de la arena fina con módulo de finura 2,6 %, análisis granulométrico de la ceniza de fondo módulo finura 1,88 y con las propiedades físicas

de la ceniza densidad real 2300 (Kg/m³), densidad aparente 930 Kg/cm³, porcentaje de vacíos 87,61 % y con el contenido de humedad 17,16%.

Por otra parte, en lo que respecta a las mezclas de hormigón con ceniza, las mezclas 20 y 30 % de reemplazo, a diferencia de las demás, obtuvieron una mayor ganancia de resistencia a los 3 y 7 días comparados con la del hormigón convencional, tal como se muestra en la figura 2, luego de estas edades, la resistencia del hormigón con 20 y 30 % de ceniza, a partir del día 14 y 7, disminuye, respectivamente en relación con el hormigón convencional, es decir sigue aumentando en el tiempo, pero de forma gradual con valores menores a hormigones convencionales.

Se pudo evidenciar que al mezclar el 30% de ceniza por agregado fino, la mezcla de hormigón mantuvo un mejor comportamiento de resistencia a la compresión comparada con el hormigón convencional.

Formas posibles de participación individual o colectiva

- Derechos ambientales ciudadanos.

Para tal fin, es vital conocer la normativa ambiental y sus derechos de participación, de información, de compensación en caso de daño por responsabilidad civil que le otorgan la leyes ambientales y civiles, y los recursos de participación que le ofrecen: la denuncia popular, el recurso de inconformidad, la denuncia penal a la fiscalía ecológica de la PGR, el derecho de amparo, la denuncia a la Comisión Nacional de Derechos Humanos.

- Apoyo a las propuestas para que se enmiende nuestra Constitución y se añada a las garantías individuales el derecho a un medio ambiente libre de contaminación.
- Derecho a la información.

En su delegación, municipal o estatal, es necesario indagar cuáles son las empresas más contaminantes, que generan mayor cantidad de residuos peligrosos, el tipo de tratamiento que les dan, el acceso a los manifiestos en la generación y transporte de residuos peligrosos. En tal sentido, es necesario ejercer el derecho a recibir información clara, veraz y oportuna de las autoridades ambientales y de las empresas (Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales, 1994).

- Exigir que sea obligatorio el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) y verificar cuáles empresas deberían cumplirlo en su comunidad, municipio o estado en términos de solicitar que en las empresas más contaminantes se exija un registro del uso de sustancias y emisiones de contaminantes para lograr una evaluación y un programa de reducción de residuos peligrosos (Narvarte, 1993).
- Exigir de sus autoridades una conducta transparente a través de la solicitud de audiencias públicas para escuchar los pros y contras de proyectos que busquen instalar los confinamientos de residuos peligrosos.
- Rechazar la instalación de tecnologías indecorosas para el tratamiento de residuos peligrosos como la incineración y la quema de residuos peligrosos en hornos de cemento.
- Exigir que su Estado y la federación se comprometan a realizar programas específicos de reducción de residuos peligrosos, con metas claras y evaluables, donde se establezcan instrumentos financieros y fiscales que sirvan de estímulos económicos, apoyo a la evaluación y

planeación de reducción de tóxicos en los centros de enseñanza e investigación científica y tecnológica, y que cuenten con formas amplias de acceso público a la información y de participación ciudadana.

Conclusiones

Basado en la información recopilada, cabe destacar que, anualmente las cuatro (4) empresas gestoras ubicadas en la provincia de Orellana, de la República del Ecuador, las cuales generan 278,93 Ton de cenizas de fondo, que no realizan ningún tratamiento para la disposición final.

En tal sentido, del análisis realizado a las cenizas de fondo, se determinó la presencia de metales pesados como Ba con 241 mg/l, Cr:18 mg/l y Pb: 17 mg/l, parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles de la Norma Mexicana NOM-052-SE-MARNAT-2005.

Se puede considerar que, a pesar de los avances en pretratamientos y tratamientos para la eliminación de los contaminantes claves de este tipo de residuos, existe todavía una gran tendencia hacia la deposición en vertederos, en vez de su inclusión como materia prima en nuevos procesos industriales.

En efecto, pasar por la lógica de la recolección y disposición final de los residuos sólidos hacia el control, minimización y reciclaje es el reto del presente milenio a nivel de los países de la región Latinoamericana y del Caribe a escala planetaria en términos de legislar, producto de establecer niveles de coherencia entre las disposiciones jurídicas referidas a los residuos sólidos municipales, especiales y peligrosos, y los riesgos que estos representan para la salud pública y el ambiente.

En la mezcla de hormigón con el 30 % de ceniza

de fondo se evidenció que las propiedades físicas comparadas con el hormigón convencional tuvieron resistencia máxima a la compresión de 180 kg/cm², con una densidad que varía entre 300 Kg/m³ y 1900 Kg/m³, asentamiento de 4 cm y una consistencia plástica.

En esta era de globalización de las comunicaciones y de las inversiones transnacionales, los ciudadanos debemos tener acceso a las redes electrónicas de comunicación entre grupos ciudadanos entre los países. Al respecto, Narvarte (1993) refiere que, dichos avances tecnológicos son medulares para intercambiar información, conocer los riesgos de determinadas tecnologías indecorosas de tratamiento que se nos quieren presentar como “tecnologías de punta”, acceder a bancos de datos de organismos internacionales y centros de enseñanza e investigación, y sumar esfuerzos en esta lucha global por defender nuestra salud y el planeta.

Recomendaciones

El sector industrial, deberá diseñar un plan de minimización de desechos peligrosos, cuya aplicación debe ser supervisada por las entidades de control, y demás entes encargados para tal fin.

Así mismo, la Dirección Provincial del Ambiente de Orellana ha de implementar un control estratégico con el fin de instar a que se cumpla con la normativa ambiental vigente, en tanto la planificación estratégica constituye una importante herramienta de diagnóstico, análisis, reflexión y toma de decisiones colectivas que permite identificar el escenario deseado a futuro, así como establecer los pasos que se deben realizar para alcanzar los objetivos en materia ambiental tras el problema que ocasionan los desechos sólidos. Así como también, brindar capacitación

y acompañamiento a la comunidad generadora de los residuos sólidos en aras de realizar una correcta separación y disposición final de tales desechos peligrosos.

En tal sentido, el Ministerio del Ambiente debería realizar con más frecuencia inspecciones a las áreas de las empresas gestoras de desechos peligrosos a los fines de supervisar las actividades que se lleven a cabo, y poder ejercer eficiente control y vigilancia de las mismas (Bejarano, 1994).

Por otra parte, es necesario, crear planes a largo plazo para marcar y definir objetivos en el manejo y gestión de los residuos sólidos.

Finalmente, se deben promover actividades de protección ambiental a todos los trabajadores del sector industrial, antes y durante de tales eventos según lo establecido, en la normativa ambiental a fin de concientizar a los trabajadores y minimizar los impactos ambientales, producto del tratamiento térmico de incineración de desechos peligrosos, dispuestos en vertederos, sin ningún tratamiento ni monitoreo, lo cual trae como consecuencia la contaminación de las aguas subterráneas y el entorno natural.

Referencias

- Angamarca, V. (2015). <http://www.dspace.uce.edu.ec/>.
- Barceló, J. (1987). El impacto del cromo en el ambiente. *Universidad de Barcelona*, 8.
- Bejarano, F. (1994). *Argumentos para una prohibición total de residuos peligrosos en México*. Greenpeace, México.
- Benavides Cedeño, C. G. (2015). *Diseño de una planta para la fabricación de mampuestos de uso peatonal con cenizas de incineración provenientes de la empresa Gpowergroup S.A.* Quito, Pichincha, Ecuador.
- Benavides, G. L., & Montenegro, L. (2015). Efecto de la sustitución de agregado fino por ceniza proveniente del proceso en bruto de residuos sólidos industriales en la elaboración de hormigón de baja resistencia. *Politécnica*, 2.
- Heredia, M. (2015). http://www.dspace.uce.edu.ec.
- Manual de Auditoría y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales. (1994). PNUMA-ONUDI. Informe técnico Núm. 7.

Narvarte, C. (1993). *Jugando con fuego. Incineración de residuos peligroso*. Segunda edición. Madrid, España: Greenpeace.

Poma, P. (2008). Intoxicaciones por plomo en humanos. *Scielo Perú*, 3.

Pozo, E. (2013). *Interacción entre materiales arcillosos y aguas minerales en la preparación de peloides, análisis y evaluación de sus efectos en la salud humana*. Madrid: Scielo.

Romero, L. (2008). Informe final: desarrollo de la tecnología de inmovilización: estabilización/solidificación de desechos peligrosos en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 3.

Yépez, F. et al (2014). Diseño de hormigones de alto desempeño: alta resistencia a la compresión, trabajabilidad. *Avances*, 5.