

INTRODUCCIÓN

El problema de los residuos tóxicos peligrosos es que generan impactos potenciales en el medio ambiente y la salud, “la ceniza o escoria que queda del proceso de incineración es considerada residuo peligroso.”¹

Es necesario aplicar un sistema de Manejo de desechos sólidos, que integre los parámetros legales correspondientes, el artículo 31 del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental Para Las Operaciones Hidrocarburíferas En El Ecuador. (Decreto No. 1215), menciona las técnicas del Manejo y Tratamiento de desechos sólidos, y en especial el “literal d” que menciona las referencias para la incineración de desechos sólidos.

Con el fin de optimizar los procesos de operación del incinerador se debe llevar a cabo un manejo adecuado para lo cual se tomara en cuenta tanto las cantidades de residuo a incinerar con las especificaciones químicas preventivas, temperaturas y tiempos de combustión. Mientras más regulado sea el manejo del sistema, su operación generará un grado elevado de protección del medio ambiente, ya que se presentarán las condiciones adecuadas para que los valores límite de emisión en las instalaciones de incineración de residuos peligrosos, sean las asignadas por la ley.

Mediante la caracterización físico-química de la ceniza producto de la incineración de residuos, se logró conocer las concentraciones de metales pesados provenientes de ella, para ello se tomó en cuenta los metales que más se generan en la industria petrolera siendo éstos: Plomo, Cadmio, Cobalto, Vanadio, Bario, Níquel, Zinc, y Cromo, además cantidades de Óxidos de Sílice más insolubles (Al_2O_3 , FeO_2), densidad aparente, entre otros como análisis previos a la estabilización de cenizas.

¹ EPA (40 CFR 261.3)

Los procesos de estabilización y solidificación involucran la mezcla del residuo con aglomerantes y aditivos, cuyo objetivo es tanto la reducción de la toxicidad y movilidad del residuo como la mejora de las propiedades técnicas del material estabilizado.

El proyecto se fundamenta en el análisis de los estudios que se han llevado a cabo, para identificar el tratamiento adecuado para la estabilización y solidificación de cenizas, realizando diferentes mezclas de aglomerantes y aditivos en diferentes proporciones, para finalmente, someter al residuo a un ensayo de TCLP que permitirá evaluar la eficiencia de la inertización.

Se realizaron 15 mezclas diferentes con cemento, cal, suelo y ceniza siempre en proporción creciente, demostrando que la eficiencia de la inertización con cemento y cal son las más óptimas en relación al suelo utilizado.

Con las mezclas aparentemente mas resistentes, se realizaron bloques rectangulares con dimensiones predeterminadas para realizar ensayos de resistencia a la compresión con el fin de darle una utilidad.

Adicionalmente se realizaron dos mezclas , en base a los ensayos previos con proporciones mejoradas para una mayor eficiencia de la retención de metales contaminantes.

Estas mezclas adicionales también fueron sometidas a ensayos de compresión en bloques rectangulares.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA COMPAÑÍA REPSOL YPF, ECUADOR.



- Clasificación en el origen, recolección, transporte y almacenamiento temporal en las estaciones de transferencia, tratamiento, evacuación y disposición final.
- Concientización mediante programas de educación y motivación para el personal de las diferentes Contratistas.






Se aplicará para los desechos sólidos, procedentes de todas las fases y operaciones Hidrocarburíferas, técnicas de: clasificación, reducción, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, de acuerdo a lo especificado en el Reglamento 1215, Tabla 8 del Anexo 2.- (ANEXO 1).

1.1.1 Clasificación

En el procedimiento de Manejo de desechos sólidos de la Compañía Repsol YPF, se realiza una Clasificación desde su origen, en todas las locaciones mediante recipientes destinados para el efecto según la siguiente categorización:

TABLA No. 1.1. CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BLOQUE 16 DE ACUERDO A SU TIPOLOGÍA .

TIPO DE DESECHO	RECIPIENTE
Clínicos y sanitarios	
Contaminados de hidrocarburo de talleres o procesos (textiles, filtros, etc.)	

TIPO DE DESECHO	RECIPIENTE
Vidrio orgánico	
Orgánico	
Papel, cartón y productos de papel	
Chatarra, material eléctrico	
Pilas, baterías de cualquier tipo, fluorescentes, tonners y tintas de impresoras	

(Fuente: Reglamento para manejo de desechos sólidos Registro oficial 991.

Codificación interna para residuos que no tienen normativa internacional.) (Foto 1)

TABLA No. 1.2. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS

NPF	Campamentos Oficinas Planta Topping Mantenimiento Automotriz Mantenimiento Mecánico Procesos Canchas deportivas
SPF	Campamentos Oficinas Generación Bodega de materiales Mantenimiento Mecánico Procesos Canchas deportivas
AMO 1	Campamentos Oficinas Bodega de campamentos Área de recreación Canchas deportivas
Shushufindi	Oficinas Procesos

Continuación Tabla 1.2

Lago Agrio

Campamentos
Oficinas
Tanques de almacenamiento

1.1.2. Reciclaje

El reciclado puede efectuarse mediante la separación de los diferentes tipos de desechos sólidos, para su recuperación directa ("recogida selectiva").

- Objetivos:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del Medio Ambiente.

1.1.3. Transporte

El Transporte de desechos sólidos desde las estaciones de proceso y plataformas hacia las estaciones de transferencia, lo realiza el personal del Departamento de Campamentos de la Compañía.

El transporte de desechos sólidos desde las estaciones de transferencia del Bloque 16 hasta el sitio de disposición final, se realiza por vía terrestre. Los camiones o volquetes utilizados para éste fin no se sobrecargan y están cubiertos para evitar fugas al exterior. (Foto 2)

Los desechos sólidos contaminados como absorbentes, textiles, peligrosos, etc. que se generan se envían al Bloque 16 hasta la estación de transferencia "Paraíso".(Foto 3)

1.1.4. Disposición temporal

En las estaciones de transferencia: “Paraíso”; ubicada en el Km. 2 de la vía a Tivacuno y “Tubetaro”; ubicada en el Km. 90 de la vía NPF-SPF, se depositan los desechos sólidos clasificados en su origen, para su almacenamiento temporal.

Las estaciones poseen compartimentos cubiertos, que tienen una base de cemento, y con canales de drenaje, que a su salida pasan por una trampa de grasas (para el caso de restos de aceites, hidrocarburos y otros fluidos) con el fin de evitar descargas contaminantes, en cada uno de los compartimentos se almacena adecuadamente los desechos según su tipología. (Foto 4)

Solo se receptan desechos clasificados, si no es así se devuelven a la fuente.

TABLA No. 1.3. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BLOQUE 16

GESTION DE RESIDUOS				
Reciclaje	Reutilización	Landfill	Incineración	Traslado
Papel	Aceite Hidráulico	Orgánicos	Papel	Chatarra
	Tanques		Cartón	Baterías
	Residuos de laboratorio		Residuos Médicos	Pilas
	Chatarra		Madera	Vidrio
	Madera		Plástico	Material Eléctrico
	Canecas		Material contaminado con Hidrocarburo	Lámparas fluorescentes
			Filtros de aceite	Focos
			Filtros de aire	Residuos de Laboratorio
			Llantas	

1.2 PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS

La meta es controlar los residuos industriales en forma segura, permitiendo, desde luego, el desarrollo industrial en armonía con el ambiente.

Con la ayuda de la caracterización de residuos aplicada conforme a la Tabla 8 del Anexo II del Reglamento 1215,(ANEXO 1) y aplicando el Art. 31 de Manejo y tratamiento de desecho sólidos,(ANEXO 2) los desechos sólidos peligrosos por representar un riesgo para la salud y el ambiente, deben ser dispuestos de una manera segura. En general se puede aplicar la siguiente metodología:

- Preparación de una guía para el establecimiento de un sistema de manejo y control de residuos peligrosos.
- Evaluación de modelos predictivos de generación de residuos peligrosos, los cuales deben proveer información básica para el diseño de un programa de manejo de residuos peligrosos.

1.2.1 Disposición final de residuos sólidos peligrosos

La disposición final de residuos peligrosos se define como la ubicación de los residuos en áreas o zonas previamente seleccionadas y adecuadas para este fin.

**TABLA No. 1.4. DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
PELIGROSOS EN EL BLOQUE 16**

RESIDUO PELIGROSO	FUENTE	DISPOSICIÓN FINAL
Desechos radioactivos	Operaciones de perforación o reacondicionamiento y grammagrafiado en juntas de soldadura (pastillas desgastadas de iridio 192)	Almacenamiento en recipientes metálicos recubiertos de plomo para evitar radiaciones.
		-Reutilización de recipientes plásticos de 330 gal. se devuelven al proveedor. -Recuperación del contenido de los tanques metálicos
Productos químicos y sus envases	Mantenimiento, Procesos de perforación, Bulk Tanks, Laboratorio, Departamento Médico	mediante succión del camión vacuum. -Lavado de los tanques en piscina API y traslado a estación de transferencia.
		Reutilización y evacuación de envases plásticos pequeños (55 o menos gl). Incineración de fundas de químicos de papel o plástico.
Baterías, baterías de Ni-Cd, Li, pilas, lámparas fluorescentes, tonners y tintas.	Vehículos, Radios, Cámaras, Impresoras	-Traslado a estación de transferencia y evacuación fuera del bloque hacia el relleno sanitario.
		-Vitrificación

Continuación Tabla 1.4

Aceite usado, filtros de aire* y aceite, desechos contaminados con hidrocarburos (textiles, papel y material absorbente)	Generadores, Vehículos, Derrames.	-Encapsulamiento -Recuperación del aceite y Reinyección al proceso. -Embalaje e Incineración en los filtrosse realizará un previo escurrimiento para recuperación del aceite remanente.
Desechos clínicos, afines y sanitarios con características infecciosas	Departamento Médico	-Incineración 1
Pinturas y disolventes Desechos de carácter explosivo 2	Mantenimiento, Obras civiles - Reciclaje e incineración.	

* El personal que manipule los filtros de aire de las turbinas de generación debe utilizar mascarilla de doble filtro y guantes. Estos filtros deben ser mantenidos en sus cajas originales, almacenados bajo techo y en condiciones de ventilación adecuadas.

1 Serán manejados de acuerdo al procedimiento SGI-047 Desechos generados en los servicios médicos

2. La compañía contratista será la encargada de su manejo, evacuación y disposición final.

1.2.2 Disposición final de los residuos sólidos no peligrosos

Los desechos sólidos no peligrosos por no representar un riesgo para la salud y el ambiente son reciclados, reutilizados e incinerados.

Los desechos reciclables se transportan a Quito, Lago Agrio o El Coca, en donde se entregan a empresas recicladoras quienes se encargan de la reutilización del material y/o su disposición final.

1.3 TRATAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS

Los residuos peligrosos, son productos de los procesos de aceites minerales, residuales, pesados contaminados, grasas y desechos contaminados con estos aceites, en alta cantidad como los suelos contaminados con petróleo o aceite, sustancias líquidas o pastosas, emulsiones, pinturas, barnices, solventes, y restos farmacéuticos.

También se consideran residuos peligrosos, todos los materiales como cajas, bolsas, etc., que estuvieran contaminadas con las sustancias arriba mencionadas, y que los a través de tratamientos de limpieza físico - químicos convencionales no es posible separarlos.

En este proceso, se utilizan desde los métodos mas simples como: la neutralización de materiales alcalinos o ácidos, la solidificación o encapsulamiento para inmovilizar contaminantes, la utilización de polímetros que descomponen las sustancias toxicas orgánicas o la incineración a temperaturas muy elevadas.

La incineración es la mejor opción para el tratamiento de residuos altamente persistentes, tóxicos e inflamables, como es el caso de plaguicidas, solventes, aceites no recuperables y diversos productos farmacéuticos.

Sin embargo las emisiones procedentes del incinerador, tanto a la atmósfera como la producción de cenizas, generan impactos potenciales en el medio ambiente y la salud, ya que son considerados residuos peligrosos², por este motivo se debe aplicar un tratamiento de inertización y solidificación a las cenizas contaminantes, adaptando la técnica más apropiada, con el fin de aislar sus efectos tóxicos.

1.4. PROCESO DE INCINERACIÓN

² Tabla 8 Anexo II Reglamento Sustitutivo Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en Ecuador

La incineración es un proceso para la eliminación de residuos peligrosos que no pueden ser reciclados, reutilizados o dispuestos por otra tecnología. Es un proceso de oxidación térmica, a alta temperatura en la cual los residuos son convertidos en presencia de oxígeno del aire en gases y en residuo sólido incombustible.

Para poder ser destruido un residuo por incineración, lógicamente, debe estar constituido total o parcialmente por componentes que sean combustibles o puedan adecuarse a esta condición.

Los sistemas pueden incluir gran variedad de dispositivos de control de emisión de aire, en la mayoría de los casos con cámaras de postcombustión y lavadores de gases. Las cámaras de postcombustión controlan la emisión de subproductos orgánicos inquemados, proporcionando un volumen adicional de combustión y por consiguiente, un tiempo de combustión a temperatura elevada. Los lavadores operan retirando físicamente de la corriente gaseosa de combustión la materia en forma de partículas, los gases ácidos y aquellos compuestos orgánicos residuales generados en la combustión,

“Los factores más importantes para el diseño y funcionamiento apropiado de un incinerador son: la temperatura de combustión, tiempo de permanencia del gas de combustión y eficacia de la mezcla del residuo con aire de combustión y combustible auxiliar, parámetros que varían según la estructura química, forma física del residuo y técnica de incineración empleada.”³

“El sistema elegido ha de adecuarse al tipo de residuos a tratar, considerando antes de la entrada al horno su estado físico (sólido, líquido o pastoso), así como su composición para evitar posibles corrosiones o deposiciones en las paredes del horno”⁴

“En general, si se queman residuos peligrosos sólidos, las cenizas pueden ocupar un 29% del volumen inicial.”⁵

³ MOPU, 1988

⁴ DIRECTIVA 2000/76/CE DE INCINERACIÓN

Estos residuos deberán mantenerse aparte (separados) y, con el fin de facilitar aun más su recuperación o eliminación deberán aplicarse las tecnologías adecuadas.

“El tratamiento necesario para cada ceniza es función de sus características químicas y físicas, que vienen determinadas por el tipo de residuo incinerado del que proceden, en general podemos diferenciar entre las cenizas de incineradores de residuos urbanos, que no presentan generalmente carácter tóxico, las escorias que son igualmente no tóxicas, llegando a reciclarse como base para carreteras, etc., y las cenizas volantes, que por el contrario son generalmente tóxicas por su alto contenido en metales y su gran superficie específica, que proporciona un área de contacto muy grande, favoreciendo la lixiviación de los constituyentes peligrosos”.⁶

Los estudios realizados a trabajadores de incineradores y a poblaciones que residen cerca de estas plantas, han identificado una gran variedad de impactos asociados a la salud, en los que se incluyen: cáncer (en adultos y niños), impactos adversos en el sistema respiratorio, enfermedades del corazón, efectos en el sistema inmunitario, incremento de la alergias y malformaciones congénitas.

1.4.1. EMISIONES DE LA INCINERACIÓN

Los incineradores se alimentan con residuos que contienen sustancias tóxicas y peligrosas, como metales pesados y compuestos organoclorados. Los metales pesados presentes en los residuos sólidos se emiten en los gases que salen por la chimenea del incinerador, asociados a partículas muy finas. También están presentes en las cenizas y otros residuos.

⁵ (Trenholm, 1984)

⁶ LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

“El problema con las cenizas tóxicas producto de la incineración es muy similar al que enfrentamos con los desperdicios nucleares.”⁷

La incineración de sustancias cloradas, como el plástico policloruro de vinilo (PVC), conduce a la formación de nuevas sustancias cloradas, como las dioxinas que se liberan en los gases de las chimeneas, cenizas y otros residuos. En resumen, la incineración transforma éstos residuos en algunos casos en formas más tóxicas que las originales, por lo tanto es necesario aplicar un tratamiento adecuado, como la inertización y estabilización de cenizas contaminantes.

1.4.1.1. Productos de combustión incompleta

Las emisiones más frecuentes son: dioxinas, bifenilos policlorados (PCBs), naftalenos policlorados, bencenos clorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), numerosos compuestos orgánicos volátiles (COVs). Las dioxinas y furanos merecen especial atención debido a su extremada toxicidad, persistencia en el ambiente y tendencia a bioacumularse.

1.4.1.2. Dioxinas y furanos

Son altamente tóxicos, debido a que una vez entrado en el cuerpo humano no se degradan con rapidez (su persistencia media estimada es de 5 años). Provocan enfermedades en la piel, hígado y sistema inmunitario. Su máximo permitido es 10 partes por cuatrillón⁸, y su vía de formación es doble:

⁷ Carlos E. Vega Pérez

⁸ EPA (Environmental Protection Agency)

La presencia de compuestos en las basuras como los PCB's (aceites de transformadores, condensadores, clorofenoles (fungicidas) y clorobencenos (disolventes), lleva a su formación por caminos más o menos directos.

La quema de PVC genera un contenido en clorobenceno susceptible de convertirse en dioxinas y furanos por autopirólisis en presencia de aire, (del orden de ppm).

Su formación se evitará en su combustión mediante:

- Temperaturas altas ($T > 800^{\circ}\text{C}$)
- Buen nivel de turbulencia
- Tiempo de residencia suficiente.

La oxidación a altas temperaturas convierte los compuestos orgánicos en sus óxidos gaseosos, dióxido de carbono y agua. Los compuestos inorgánicos son mineralizados y convertidos en escoria, a menos que pasen a los residuos gaseosos.

1.4.1.3. Metales pesados

Los metales pesados no pueden ser destruidos por el proceso de incineración. La misma cantidad de metales presente en los residuos a quemar es liberada al medio ambiente a través de la chimenea (en la forma de emisiones gaseosas o pequeñas partículas), en las cenizas volantes y de fondo o en los efluentes de los dispositivos de control de la contaminación.⁹

La distribución de los metales entre las emisiones de los incineradores, las cenizas de fondo y los residuos de los dispositivos de control de la contaminación está

⁹ Dreisbach, 1987

determinada por factores tales como temperatura, contenido de cloro en los residuos a incinerar y la eficiencia de los dispositivos de control de la contaminación.

Estudios modernos admiten la existencia de elementos catalíticos en las cenizas volantes como Fe, Cu, C, moléculas adsorbidas en las cenizas (ej. el propeno).

También son importantes para la formación:

- sales sin actividad catalítica
- cloruros metálicos catalíticos $\text{CuCl}_2, \text{FeCl}_3$
- pequeños compuestos organoclorados. CH_2Cl_2

Las altas temperaturas, de la misma forma que pueden provocar la formación de enlaces C-Cl también provoca la descomposición en macropoluentes.

1.4.2. CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS

Numerosos estudios han abordado esta cuestión, existiendo unanimidad entre la comunidad científica respecto al carácter tóxico de los mismos para los seres vivos. Afectan a las cadenas alimenticias, provocando un efecto de bioacumulación entre los organismos de la cadena trófica. Ello es debido a la alta persistencia de los metales pesados en el entorno, al no tener, la mayoría de éstos, una función biológica definida.

Los riesgos producidos son función, fundamentalmente, de: toxicidad y carácter acumulativo de cada elemento, destacando aquellos metales que presenten un índice de bioacumulación superior a 1.

**TABLA No. 1.5. CARACTERÍSTICAS, FUENTE Y EFECTOS DE LOS
METALES PESADOS ANALIZADOS EN EL PROYECTO**

ELEMENTO	PARÁMETRO PERMISIBLE (mg/Kg)		CARACTERISTICAS	FUENTE	EFECTOS EN LA SALUD Y AMBIENTE
	1	2			
PLOMO	50	600	Es fácilmente maleable y dúctil	Baterías, gasolina, pigmentos, munición, soldadura, pintura, industria automovilística Aleaciones.	Efectos bioquímicos tóxicos en los seres humanos, problemas en la síntesis de la hemoglobina, riñones, aparato gastrointestinal, sistema reproductivo, y daños agudos o crónicos al sistema nervioso. Puede haber una pérdida de hasta 2 puntos del índice de inteligencia para una subida del nivel de plomo en la sangre a partir del 10 a 20µg/dl en niños y jóvenes, acumulación en el hueso
CROMO	100	800	Se encuentra en forma catiónica y sus propiedades se asemejan a las del ión calcio. Se acumula a menudo en la vida acuática,	Metalurgia, materiales refractarios, galvanización, curtidos, pinturas, conservación de madera, industria química, cemento, aleaciones del metal, pigmentos	Puede irritar la piel y causar ulceración, puede causar daño al riñón y el hígado, problemas en el sistema circulatorio y el tejido fino nervioso.

para
caucho. papel,

*Continuación
Tabla 1.5*

N IQUEL	50	500	Metal de color blanco con reflejos grisáceos, no se oxida al aire	Metalurgia, baterías, equipos solares, galvanización, catalizador en la producción de aceite combustible	La exposición a largo plazo causa daño al corazón y el hígado, irritación de piel disminuidos. Se puede acumular en la vida acuática, su presencia no se magnifica a lo largo de cadenas de alimento. En niveles altos, puede dañar los pulmones y el corazón, dermatitis, se ha observado cáncer, posiblemente carcinogénicos en seres humanos, (OSHA) ha establecido un límite de 0.1 miligramos de por metro cúbico de aire (0.1 mg/m).
COBALTO	20	300	Tiene apariencia líquida y es de color morado, es usado como fuente de rayos gama para esterilizar equipo médico y artículos de consumo, radioterapia para pacientes con cáncer.	Aleaciones, pigmentos, esmaltes, barnices, galvanización, vidrios, cerámica, pinturas, plásticos.	
ZINC	200	3000	El zinc es un metal blanco ligeramente azulado y brillante. Es quebradizo cuando esta frío, pero se vuelve maleable y dúctil entre 100 y 150°C.	Aleaciones, bronce y latón, galvanización, baterías, pintura, productos agrícolas, cosméticos y medicinales.	El zinc no es considerado como tóxico, aunque cuando se inhala óxido de zinc recién formado, se pueden observar desórdenes fisiológicos., se considera un "metal ecológico". Respirar altos niveles de
			Ocurre naturalmente en el ambiente en la	Metalurgia, catalizador,	

VANADIO

forma de un metal blanco grisáceo, y que se encuentra en forma de cristales.

pigmentos, aleaciones, incineración de combustibles de

vanadio puede producir irritación de los pulmones, dolor

El vanadio puro no tiene olor, no se absorbe muy fácilmente a través del estómago, los intestinos o de la piel

petróleo.

del pecho, garganta, tos, es improbable que se acumule en los tejidos de animales, pulmones, la garganta y los ojos, muerte en animales, daños en animales en el hígado y riñones. No hay estudios disponibles sobre su carcinogenicidad en seres humanos.

Continuación
Tabla 1.5

BARIO	200	2000	<p>Su estructura cristalina es cúbica, es de color plateado, sus fuentes son; la baritina y whitherina, se parece químicamente al calcio, se oxida fácilmente, se utiliza para eliminar trazas de gases en tubos de alto vacío y en bujías. La baritina es insoluble en agua por lo tanto no es venenoso, el carbonato se usa como raticida, para purificar vertidos de agua.</p> <p>Deriva sus características toxicológicas de su semejanza química con el zinc, una vez que esté recogido es relativamente fácil de reciclar, Es un microelemento esencial para las plantas, los animales y los seres humanos. Es biopersistente aunque se excreta eventualmente.</p>	<p>Pinturas, (blanco permanente), goma, papel, cristal, perforación de petróleo y gas natural, para aumentar la densidad de los huecos de perforación, vidrio y cerámica.</p>	<p>Problemas del corazón, el estómago, el hígado, los riñones y el bazo. Dificultad para respirar, Aumento de la presión sanguínea, Alteraciones en el ritmo del corazón Irritación del estómago, Edema cerebral, Debilidad muscular, los peces y organismos acuáticos acumulan bario</p>
CADMIO	1	20	<p>Deriva sus características toxicológicas de su semejanza química con el zinc, una vez que esté recogido es relativamente fácil de reciclar, Es un microelemento esencial para las plantas, los animales y los seres humanos. Es biopersistente aunque se excreta eventualmente.</p>	<p>Galvanización, pigmentos, baterías, aleaciones bajo punto ebullición, estabilizadores para el PVC, compuestos electrónicos, fertilizantes fosfato, detergentes, productos petróleo refinados.</p>	<p>Disfunción renal, La alta exposición se ha deligado al cáncer dede pulmón, efectos en el tejido óseo (osteomalacia, osteoporosis) en seres humanos y dellos animales de</p>

1: Nivel de referencia en Holanda. Nivel indicativo por encima del cual hay contaminación demostrable.

2: Nivel C en Holanda. Superado este valor el suelo ha de ser saneado.

1.5. CRITERIOS DE OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE INCINERACIÓN

Una combustión óptima de las unidades de incineración destruye ampliamente estos compuestos, para ello deben mantenerse el criterio de las tres t (TTT: temperatura, tiempo de residencia y turbulencia de los gases).

Los principales contaminantes a controlar en el proceso de incineración son no sólo los típicos de la combustión (partículas, NO_x, azufres, hidrocarburos, CO), sino aquellos que provengan de los residuos a incinerar.(Tabla 1)

Dada la toxicidad de estos elementos, se debe asegurar el funcionamiento adecuado del incinerador, para garantizar la destrucción y no formación de estas sustancias, y las condiciones de operabilidad y control de las variables principales.

**TABLA No. 1.6. CONCENTRACIONES TÍPICAS DE GASES RESIDUALES
(GASES ÁCIDOS) EN PLANTAS DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS
PELIGROSOS (valor de O₂ de referencia 11%).**

Componente	Unidades	Concentración
Polvo	mg/m ³	1000 a 10000
Mercurio	mg/m ³	0.05 a 3
Compuestos clorados inorgánicos, calculados como HCl	mg/m ³	3000 a 10000
Compuestos fluorados inorgánicos, calculados como HF	mg/m ³	50 a 550
Compuestos del azufre, total de SO ₂ /SO ₃	mg/m ³	1500 a 5000
Óxidos del nitrógenos, calculados como NO ₂	mg/m ³	100 a 300
Vapor de agua (H ₂ O)	% Vol	6 a 20

1.6. METODOLOGÍA PARA LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS

Se debe tomar en cuenta la recepción, almacenamiento y tratamiento previo de los residuos, el incinerador, sus sistemas de suministro de residuos, combustible y aire, las dependencias de tratamiento de los gases de escape y de las aguas residuales, así como los dispositivos y sistemas de control de las operaciones de incineración, y de registro y supervisión continuo de las condiciones de incineración.

A los seis meses de haber comenzado la incineración deberá demostrarse mediante la comparación de los resultados de mediciones tomadas en las condiciones más desfavorables

Antes de aceptar los residuos en la instalación de incineración, el operador deberá recibir una descripción de los mismos en la que se incluya:

- La composición física y, en la medida en que sea posible, química de los residuos y toda la información necesaria para evaluar su adecuación al proceso de incineración previsto;
- Los riesgos inherentes a los residuos, las sustancias con las que no puedan mezclarse y las precauciones que habrá que tomar al manipularlos.
- Determinación de la masa de los residuos

Todas las instalaciones de incineración estarán diseñadas, equipadas y funcionarán de modo que la temperatura de los gases derivados de la incineración de los residuos peligrosos se eleve, tras la última inyección de aire de combustión, de manera controlada y homogénea e incluso en las condiciones más desfavorables, hasta por lo menos 850 °C, alcanzados en o cerca de la pared interna de la cámara de combustión, como mínimo durante dos segundos con un 6 % como mínimo de oxígeno; si se incineran residuos peligrosos que contengan más del 1 % de sustancias orgánicas halogenadas, expresadas en cloro, la temperatura deberá elevarse hasta por lo menos 1 100 °C.

Cuando el horno se alimente únicamente con residuos peligrosos líquidos o con una mezcla de sustancias gaseosas y sólidos pulverizados procedentes de un tratamiento

térmico previo de los residuos peligrosos con deficiencia de oxígeno, y cuando la parte gaseosa produzca más del 50 % de todo el calor liberado, el contenido de oxígeno existente tras la última inyección de aire de combustión deberá alcanzar por lo menos el 3 %.

“Hay varios tipos de incineradores como los de lecho fluidizado, pisos, mixtos y rotativos, de diferente eficacia.”¹⁰

Todas las instalaciones de incineración estarán equipadas con quemadores que se pongan en marcha automáticamente cuando la temperatura de los gases de combustión, tras la última inyección de aire, descienda por debajo de la temperatura mínima.

Asimismo, se utilizarán dichos quemadores durante las operaciones de puesta en marcha y parada de la instalación a fin de asegurarse de que la temperatura pertinente mencionada se mantiene mientras haya residuos no incinerados en la cámara de combustión.

Durante la puesta en marcha o la parada, o cuando la temperatura de los gases de combustión descienda por debajo de la temperatura mínima establecida, los quemadores no podrán alimentarse con combustibles que puedan causar emisiones mayores que las producidas por la quema de gasóleo¹¹, gas licuado o gas natural.

El transporte y el almacenamiento temporal de los residuos secos en forma de polvo, por ejemplo el polvo de las calderas y los residuos secos procedentes del tratamiento de los gases de escape, se realizarán en contenedores cerrados.

El calor producido en los procesos de incineración se aprovechará en la medida de lo posible.

¹⁰ Smith, 1992

¹¹ Directiva 75/716/CEE

Antes de determinar las vías de eliminación o de valorización de los residuos de la incineración, se deberán efectuar pruebas adecuadas para establecer las características físicas y químicas, así como el potencial contaminante, de los diferentes residuos de incineración. Dicho análisis se referirá, en particular, a la fracción soluble y a los metales pesados.

**TABLA N° 1.7. CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA LAS
INSTALACIONES DE INCINERACIÓN¹²**

Condición de operación	Incineración
Temperatura mínima de los gases en la zona de combustión	de 850 °C 1100 °C si procesa residuos con más de un 1 % de cloro en peso
Concentración de monóxido de carbono a la salida de la chimenea (CO)	de 50 mg/Nm ³
Temperatura a la entrada del equipo de control de emisiones después del enfriamiento de los gases	Menor a 200 °C

**TABLA No. 1.8. FRECUENCIA DE LAS MEDICIONES PARA LAS
INSTALACIONES DE INCINERACIÓN¹³**

Contaminante	Frecuencia
Partículas totales en suspensión (PTS)	Medición discreta a lo menos 1 vez al año
Cadmio (Cd)	Medición discreta a lo menos 1 vez al año
Mercurio (Hg)	Medición discreta a lo menos 1 vez al año
Plomo (Pb) + Cinc (Zn)	Medición discreta a lo menos 1 vez al año
Arsénico (As)+Cobalto (Co)+Níquel	Medición discreta a lo menos 1 vez al año

¹² Legislación chilena

¹³ Legislación chilena

(Ni)+Selenio (Se)+Telurio (Te)

Antimonio (Sb)+ Cromo (Cr)+Medición discreta a lo menos 1 vez al año.

Cianuro (CN)+ Floururo (F)+

Manganeso (Mn)+ Paladio (Pd)+

Platino (Pt)+ Cuarzo (SiO₂)+ Renio

(Rh)+ Estaño (Sn)+ Vanadio (V)

Acido Clorhídrico (HCl) Medición discreta a lo menos 1 vez al año

Acido Fluorhídrico (HF) Medición discreta a lo menos 1 vez al año

Benzo(a)pireno Medición discreta a lo menos 1 vez al año

Benceno Medición discreta a lo menos 1 vez al año

1.6.1. EJEMPLOS DE MATERIALES QUE PUEDEN SER UTILIZADOS COMO COMBUSTIBLES:

- Aceite Lubricante Usado
- Restos de carbón de madera.
- Aserrín con líquidos varios
- Cajas de baterías.
- Desechos domésticos clasificados.
- Fondo de tanque de hidrocarburos.
- Fondos de columna de destilación.
- Combustibles fuera de especificación.
- Barros de estaciones de servicios.
- Suelos contaminados con aceites de
- hidrocarburos.
- Restos de la industria petrolera. ☐

- Solventes varios.
- Barros de plantas de tratamiento físico-químico.
- Tierras de filtración.
- Plásticos varios.
- Barros secos de plantas biológicas.

1.6.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INCINERADOR DE REPSOL YPF, ECUADOR

Marca: PENNRAM . Modelo: PHCA-100 (Foto 5)

Proceso de Dos Etapas

Pirólisis: La primera etapa quema desecho y produce cenizas inertes y gases combustibles.

El Postquemador actúa como un quemador VOC en segunda etapa de incineración para consumir los gases

Duración del Ciclo

INICIO DEL SISTEMA:

CICLO DE PURGA: 3 min.

CICLO DE PRECALENTAMIENTO: 3-30 min.

CARGA DE DESECHO: cada 20 min.

CARGA TOTAL DIARIA: 8-10 horas.

CARGA FINAL:

CICLO DE CALENTAMIENTO POSTERIOR: carga final + 90 min.

CICLO DE ENFRIAMIENTO:

carga final + 240 min (incluidos los 90 min del calentamiento posterior).

APAGADO: automático en 241 min. (incluidos 240 min de enfriamiento.)

Desecho Apropriado

Medico, industrial.

Capacidad

100lb/hr con consumo de 8500btu/lb de desecho.

Elimina el 99.9% del material combustible.

Este horno esta diseñado para incinerar hasta 450 Kg/día o 45 Kg / 100lb por hora.

Puede operar durante 8 horas diarias con un máximo de 10 horas diarias.

Peso

25,000 lbs (11,363 kg)(aproximadamente)

Casco Externo/Acabado

Estructura de acero y ladrillo refractario, Pintura resistente al calor y al óxido.

Refractarios

Módulo cerámico vaciado de alta resistencia de 5" (12.7 cm)

Chimenea (Foto 6)

Alto: 31 pies; diámetro interno: 18", diámetro externo: 24".

Emisiones corregidas a 7% de Oxígeno

Emisión visible promedio menor a 3%(no visible).

Cámara de combustión primaria (Foto 7)

Quemador de diesel de Ignición directa de 840.000btu/hr. El quemador primario está interconectado a la puerta de carga, puerta de cenizas, switch de panel de control y tiene

control térmico.

Aire de combustión es alimentado por tubería a la cámara primaria a través inyectores de aire con un flujo máximo de 60 pies cúbicos/minuto. El aire primario esta interconectado a la puerta de carga, puerta de cenizas y tiene control térmico.

El manifold de aire de combustión tiene 5 inyectores de aire. El manifold de aire de combustión será interno para precalentar el aire de combustión. El acceso de limpieza para los inyectores de aire es a través de válvulas de bola de 3/4". Volumen de la cámara es de 29 pies cúbicos aprox.

Cámara secundaria

(Foto 8)

Quemador de diesel de 1.120.000 btu/hr de ignición directa. Dispone de un ventilador para aire de combustión de 1.5HP a 3000 rpm para generar un volumen de aire de combustión necesario para los quemadores y manifolds de aire de combustión de las dos cámaras.

El manifold de aire de combustión de la cámara secundaria tiene 24 inyectores de aire. El Manifold de aire de combustión tiene un superficie de calentamiento interno y emplea energía desperdiciada que se pierde a través de la cámara secundaria para precalentar el aire de combustión secundario. El volumen de la cámara es de 30 pies cúbicos.

Suministro de combustible

Diesel, petróleo combustible, gas natural, gas propano, gas metano

Temperaturas de las Cámaras durante el ciclo de incineración.

PRIMARIA: -Mínimo 600°C (1112°F) Máxima: 790°C (1472 °F)

SECUNDARIA: Máximo: 1200°C (2192 °F)

-Tiempo de retención de los gases es un mínimo de 2 segundos

Cámara terciaria de asentamiento de cenizas. (Foto 9)

Esta en línea con la cámara secundaria y es contrafuego. Contiene trampas internas para crear dos giros de 90 grados y uno de 180 grados dentro de la cámara a fin de precipitar las cenizas volantes antes de salir por el ducto de escape. Tiene un volumen de 30 pies cúbicos y un tiempo de residencia de aprox. 1 segundo a 1400 grados fahrenheit (sin fuego).

El objetivo de la cámara terciaria es capturar las partículas de aire mas pesado de la corriente de gas de los desechos. Las cenizas volantes pesadas son precipitadas de la corriente de gas de desechos en series de 90 grados y 180 grados de vueltas con la cámara terciaria. La ceniza volante acumulada se succiona de la base del interior de la cámara terciaria una vez por mes o de acuerdo a las experiencias dadas en el horario de cada limpieza terminada. La cámara terciaria además sirve para extender el tiempo de residencia del sistema completo en dos segundos como lo requieren algunos standares internacionales.

Alimentador de desechos

Volumen aprox. de 16 pies cúbicos con suficiente potencia para empujar los desechos 20" adentro de la puerta de quema. Longitud aproximada 102". Reversa automática en caso de atoramiento o falla en el cierre de la puerta de quema.

Controles Automáticos

El panel de control integrado tiene un controlador de lógica programable capaz de supervisar las temperaturas. Alarmas sonoras y lumínicas de encendido.

Suministro Eléctrico

480 A

Ubicación

Estación de transferencia Paraíso Km 2 NPF

Requisitos de Mantenimiento

1 hora por día para cargar los desechos y descargar la ceniza.

Limpieza diaria de inyectores de la cámara primaria (VER MANTENIMIENTO)

Resultados de Pruebas

Ceniza – como referencia, deberá cumplir con el Reglamento 1215 según la Tabla para lixiviados de ripios de perforación o con la norma EPA, sobre características de toxicidad mediante el Procedimiento de Lixiviación.

Emisiones: (ACTUALMENTE NO EXISTE PUERTO DE MUESTREO EN LA CHIMENEA)

1.6.3. OPERACION DEL INCINERADOR DE REPSOL YPF

- Se remueve las cenizas del incinerador, recogiénolas desde el área del corazón.
- Verificar que la compuerta vertical, esté cerrada.
- Verificar que la tapa de la tolva, esté abierta.
- Verificar que la puerta de la ceniza, esté cerrada.
- Verificar que las puertas de acceso secundario y terciario, estén cerradas.
- Presionar el botón SYSTEM START momentáneamente.

El incinerador se purgará con aire limpio internamente durante tres minutos.

Luego de los tres minutos de purga de la cámara, la cámara secundaria del incinerador se precalentará a 1400 F / 760 C.

El incinerador puede ser cargado en cualquier momento durante el ciclo de precalentamiento.

- Las cargas deben pesar máximo 15 Kg. La primera carga del día puede ser mas de 30 Kg.

El incinerador se cargará aproximadamente cada 20 minutos,¹⁴ la tolva del incinerador puede ser cargada en cualquier momento durante el ciclo de 20 minutos.

- Usando el botón HOPPER CLOSE (CERRAR LA TOLVA), se inicia el ciclo automático de cargamento, cuando el cronómetro finalice su tiempo y la temperatura de encaje sea satisfactoria.

Si en 90 minutos no se carga, se apaga el equipo automáticamente.

- Para apagar el equipo se debe girar el switch de la bomba hidráulica a la posición de apagado y se remueve la llave.

1.6.4. MANTENIMIENTO DEL INCINERADOR:

1.6.4.1. DIARIO:

- Introducir LA VARILLA en los agujeros de aire primarias externas, dos veces al día antes de la carga y después de la carga del día.
- Verificar el nivel de combustible de tanque de gas.
- Verificar el nivel del tanque de diesel.

1.6.4.2. SEMANAL:

- OBSERVAR que el cargador opera de una manera y en tiempos apropiados.

¹⁴ (esto requiere ser presenciado por el operador cada 30 minutos para el cargamento en la tolva).

- OBSERVAR las condiciones de la línea refractaria, las trizaduras son normales, la pérdida de las piezas del refractorio no lo son, la reparación de la línea es requerida.
- VERIFICAR el sistema hidráulico por fugas.
- LIMPIAR los escombros de la base inferior de la compuerta vertical.

Se debe introducir LA VARILLA en los agujeros de aire primario por sobre el corazón, hay 5 turbinas de aire por manifold, hay 4 manifolds de aire por sobre el corazón, hay una turbina de aire en el centro y dos en cada lado 32 cm en el centro, usar un diámetro de 10mm de limpieza de varilla x 27 de longitud mínima.
Limpiar la bomba de depurador de los filtros de succión.

1.6.4.3. MENSUAL:

- Verificar y cambiar si es necesario la unión del cable en la base inferior de la compuerta vertical.
- Limpiar la ceniza volante de las cámaras secundarias y terciarias.

SEMIANUAL: Engrasar los cojinetes del soplador.

1.6.4.4. ANUAL:

- Cambiar el filtro de aceite del sistema hidráulico.
- Cambiar si es necesario la soga de empaque en la puerta (1) de la cámara primaria, y la puerta (4) del cargador.
- Verificar y limpiar las turbinas de aire

BIMENSUAL: Se debe verificar que en la parte baja de la tolva, en el lugar donde se cierra la compuerta vertical, no se formen depósitos de sustancias formadas por los desperdicios y el aire de combustión.

“Es importante dar un mantenimiento especial a la puerta de ceniza y la compuerta vertical”

BIANUAL: Cambiar el aceite hidráulico y el filtro.

Nota: NO USE EL FLUIDO HIDRÁULICO CONVENCIONAL.

USE SOLAMENTE RETARDANTE DE FUEGO DE AGUA Y GLYCOL. (Foto 10)

Las cenizas retiradas en la mañana se depositarán momentáneamente en recipientes metálicos, luego se almacenarán en sacos, para luego someterse a un tratamiento de inertización y estabilización, con aglomerantes y aditivos aptos para la retención de contaminantes. (Foto 11 y 12)

1.6.5 EMISIONES A LA ATMOSFERA

El incinerador posee un analizador de gases, Marca ENERAC 2000, con el cual se lograrán verificar los parámetros de emisión, productos de la combustión completa.

Se van a verificar las concentraciones de: CO, CO₂, NO_x, Sox, COV's, HAP's, en los puntos de muestreo ya establecidos.

Posteriormente se realizará un monitoreo en puntos de muestreo más elevados de la chimenea donde se podrá analizar: Material Particulado, HCl entre otros.

El puerto de muestreo actualmente instalado permite analizar la concentración de gases en la cámara terciaria. Para el análisis de las medidas de emisión es necesario

colocar un puerto de muestreo que se localice a 2 diámetros de la parte superior y 8 diámetros por abajo, de cualquier perturbación.

**TABLA 1.9. LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA INCINERADORAS
DE RESIDUOS PETROLEROS***

Contaminante (dsm3)	Límite Permitido
Material Particulado (MP)	24
Óxidos de Carbono (CO)	62
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	35
Óxidos de Azufre (SOx)	28
HAP's	0.1
VOC's	2

* Actualización del Reglamento Hidrocarburífero -Ministerio de Energía y Minas-

**TABLA N° 1.10. VALORES LÍMITES DE EMISIÓN PARA LA
INCINERACIÓN¹⁵**

Contaminante	Estándar (mg/Nm3)
Partículas totales en suspensión (PTS)	30
Cadmio y sus compuestos, indicado como metal (Cd)	0,1
Mercurio y sus compuestos, indicado como metal (Hg)	0,1
Plomo (Pb) + Cinc (Zn) y sus compuestos, indicado como metal,1 suma total	
Arsénico (As) +Cobalto (Co)+ Níquel (Ni) +Selenio (Se) +Telurio1 (Te) y sus compuestos, indicado como elemento, suma total	
Antimonio (Sb)+ Cromo (Cr)+ Cianuro (CN)+ Fluoruro (F)+5	

¹⁵ Legislación chilena

Manganeso (Mn)+ Paladio (Pd)+ Platino (Pt)+ Cuarzo (SiO₂)+
Renio (Rh)+ Estaño (Sn) + Vanadio (V).

Nota: cuarzo sólo en caso de polvo fino, cianuro y fluoruro sólo en
caso de ser fácilmente disueltos en agua.

Compuestos inorgánicos clorados gaseosos indicados como ácido
clorhídrico (HCl)

Compuestos inorgánicos fluorados gaseosos indicados como ácido
fluorhídrico (HF)

Benzo(a)pireno (C₂₀H₁₂) 0,1

Benceno (C₆H₆) 5

El contenido de oxígeno en los gases, a los que están establecidos en los límites
de emisión para residuos sólidos solos o combinados con residuos líquidos o gases es de:
11%

1.6.6. ELECCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO

“Según las normas para la toma de muestras de los efluentes gaseosos que se
vierten a la atmósfera, debe elegirse un lugar de muestreo de modo que la velocidad a
través de una sección transversal del conducto siga una distribución normal, parabólica
achatada.

Dependiendo del tipo de emisión a analizar, se debe variar las condiciones de
muestreo. así en una chimenea del tipo de emisión uniforme y constante, solamente sería
necesario efectuar una medida de velocidad y una sola toma de muestras para poder
calcular los datos de emisión.

Aproximadamente 8 diámetros después y 2 diámetros antes de cualquier
elemento perturbador del flujo; tales como un codo, conexión, cambio de área, etc.

No siempre es posible esta situación y entonces lo que se tratará de hacer es
encontrar un compromiso entre el lugar de muestreo ideal y el elegido por nosotros.

El lugar de toma de muestras, debe estar precedido de la mayor longitud posible de tramo recto y poseer las mínimas interferencias posibles de conductos laterales.¹⁶

1.6.7. VENTAJAS DE LA INCINERACION DE RESIDUOS:

- Reduce el volumen de residuos.
- Aprovechamos esa energía latente en las basuras para producir energía eléctrica o térmica (vapor de proceso, calefacción)¹⁷
- La reducción de peso en las basuras es de un 70% y la de volumen de un 80% a un 90% (VER Cuadro No 7.1 “*Porcentaje de reducción en peso de los residuos sólidos incinerados*”. Capítulo VII)

1.6.8. ASPECTO ECONOMICO:

COSTO DEL EQUIPO = 137760 USD.

Posee una garantía de un año

INGRESOS:

Venta de material reciclado: madera, papel, vidrio.

GASTOS FIJOS:

- *Obras civiles:* 10000 USD (mallas, base de cemento, Etc).
- *Costo personal de operación del incinerador y mantenimiento:* 7440 USD / año¹⁸

¹⁶ CORAL 2003

¹⁷ NO SE APLICA EN ESTE CASO

¹⁸ Incluye clasificación de residuos

GASTOS VARIABLES:

- *Costo de repuestos:*
 - *Costo de combustible: 795.16 USD / año (aproximadamente)*
 - *Costo de aditivos:*
 - *Costo de mantenimiento preventivo:*
 - *Costo de tratamiento de cenizas:*
-
- Concretera de 6 m³ de capacidad : 80 USD.
 - Molino de mandíbulas:
 - Tamiz:
 - Cemento: 1 saco de cemento sirve para la elaboración de 20 bloques aproximadamente.
 - Cal: 10 libras de cal cuesta 1 USD.
 - Moldes rectangulares: OJO CON ESTO

- *Costo de monitoreo de gases: 1760 USD / año.*

COSTOS GENERADOS PREVIOS A LA ADQUISICIÓN DEL EQUIPO DE INCINERACIÓN:

- Costo de INCINEROX : 24000 USD / año.
- Costo de transporte de residuos sólidos hacia el relleno sanitario de Lago Agrio: 25200 USD/ año (aproximadamente).

1.6.9. PREVENCIÓN Y CONTROL DE RIESGOS LABORALES

TABLA No. 1.11. DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN EL PROCESO DE INCINERACIÓN:

NUMERO	PELIGRO IDENTIFICADO
1	Explosión
2	Incendio
3	Contacto térmico
6	Inhalación, contacto cutáneo o ingestión de sustancias nocivas ¹
7	Caídas de personas a distinto nivel ¹
21	Exposición a temperaturas extremas
25	Agentes Químicos ²
26	Agentes Físicos ³
27	Agentes Biológicos ⁴

1. Ceniza y gases de residuos sólidos.
2. Ceniza contaminante
3. Ruido
4. Residuos Médicos

El personal que este a cargo del manejo del incinerador deberá, deberá contar con el equipo de seguridad personal que consta de casco, botas con punta de acero, guantes, gafas y mascarilla para evitar la inhalación de cenizas.

Como medida de seguridad el área dispone de extintores. La instalación cuenta con una puerta en la parte posterior para casos de emergencias.

TABLA No. 1.12. VALORACIÓN DE LOS RIESGOS							
CONSECUENCIAS	MUY ALTA	ALTA	MEDIA-ALTA	MEDIA	MEDIA-BAJA	BAJA	MUY BAJA
MUY ALTA	SEVERO	IMPORTANTE	IMPORTANTE	IMPORTANTE	MODERADO	MODERADO	TOLERABLE
ALTA	IMPORTANTE	IMPORTANTE	IMPORTANTE	MODERADO	MODERADO	TOLERABLE	TOLERABLE
MEDIA	IMPORTANTE	MODERADO	MODERADO	MODERADO	TOLERABLE	TOLERABLE	TRIVIAL
BAJA	MODERADO	MODERADO	TOLERABLE	TOLERABLE	TOLERABLE	TRIVIAL	TRIVIAL

Tabla basada en la NTP 330/1993 del INSHT

	EXPLOSIÓN
	INCENDIO
	CONTACTO TÉRMICO
	INHALACIÓN, CONTACTO CUTÁNEO O INGESTIÓN DE SUSTANCIAS NOCIVAS
	CAIDAS DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL
	EXPOSICIÓN A TEMPERATURAS EXTREMAS
	AGENTES FÍSICOS (RUIDO)
	AGENTES QUÍMICOS (CENIZA)



AGENTES BIOLÓGICOS (DESECHOS MÉDICOS)

1.7. ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS PELIGROSOS

La estabilización y la solidificación son técnicas usadas ampliamente en la gestión de residuos peligrosos.

La estabilización, conocida también como inertización, constituye un proceso donde se mezclan residuos peligrosos con aditivos (reactivos) para minimizar la velocidad de migración de los contaminantes del residuo al medio ambiente, hasta una velocidad geológicamente lenta, y para reducir su nivel de toxicidad. “La estabilidad puede incluir reacciones químicas que generan productos menos volátiles, solubles o reactivos.”¹⁹

El término fijación es comúnmente utilizado como sinónimo de estabilización. La fijación es un proceso que implica una reacción química que altera al residuo tóxico y le confiere una forma menos móvil y tóxica. Es decir, en la fijación al igual que en la estabilización, los reactivos adicionados limitan la solubilidad de los contaminantes presentes en el residuo, disminuyen la superficie del residuo por la cual podría darse una pérdida de contaminantes y reducen la toxicidad de los contaminantes (detoxificación).

Por otro lado la solidificación consiste en mezclar el residuo con materiales solidificantes, donde se pueden incluir sólidos, que aumentan su resistencia, disminuyen su compresibilidad y disminuyen su permeabilidad, confiriéndole un estado físico más estable y más manejable.

Existen varias técnicas de estabilización-solidificación, entre las que constan:

¹⁹ (BARNUEVO C. GERALDINE, 2000 – 2001).

- Macroencapsulación:** los constituyentes del residuo peligroso quedan atrapados físicamente en los poros discontinuos de una matriz estructural de mayor tamaño.
- Microencapsulación:** los constituyentes del residuo peligroso quedan atrapados físicamente en el interior de la estructura cristalina de la matriz solidificada a nivel microscópico.
- Absorción:** los contaminantes en estado líquido son tomados por la acción de un sorbente que actúa de igual forma que una esponja. (Debido a que el sorbente puede escurrir el material absorbido cuando es sometido a tensiones, el empleo de esta técnica se considera una medida temporal, únicamente para mejorar el manejo de contaminantes líquidos libres).
- Adsorción:** los contaminantes quedan ligados de manera electroquímica a los agentes de estabilización de la matriz.
- Precipitación:** los contaminantes del residuo reaccionan químicamente y forman precipitados más estables.

1.7.1. OBJETIVOS DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN:

- Minimizar la velocidad de migración de los contaminantes al medio ambiente.
- Reducir el nivel de toxicidad.
- Mejorar el manejo y las características físicas del residuo.
- Disminuir la superficie a través de la cual puede tener lugar la transferencia o pérdida de contaminantes.
- Limitar la solubilidad de cualquier contaminante presente en el residuo.
- Reducir la toxicidad de los contaminantes.
- Aumentar la resistencia.
- Disminuir la compresibilidad.

- Disminuir la permeabilidad del residuo.

1.7.2. MATERIALES COMÚNMENTE UTILIZADOS EN ESTABILIZACIONES

En el mercado están disponibles una amplia gama de sorbentes y aglomerantes, incluidos algunos reactivos patentados. Por lo tanto se describirán aquellos no patentados:

1.7.2.1. CEMENTO

Se mezcla con el residuo y en caso de que el residuo no tenga agua suficiente se añade agua para su hidratación. Esta hidratación origina una estructura cristalina, de alumino-silicato cálcico, formando una masa dura, monolítica de aspecto rocoso.

Este tipo de estabilización se adapta mejor a residuos inorgánicos, fundamentalmente los que contienen metales pesados. Como resultado del elevado pH del cemento, los metales son retenidos como hidróxidos insolubles o carbonatos en la estructura endurecida.

Los estudios demuestran que el plomo, cobre, zinc, estaño y cadmio probablemente se unen a la matriz por fijación química, formando compuestos insolubles, mientras que el mercurio es retenido de manera predominante por microencapsulación física.

Los contaminantes orgánicos interfieren el proceso de hidratación y no son fáciles de estabilizar, para mejorar esto se pueden incorporar junto con el cemento otros aditivos como arcillas modificadas orgánicamente o naturales, vermiculita y

silicatos de sodio solubles. Además los contaminantes orgánicos reducen la resistencia final y la formación de la estructura cristalina originando un material más amorfo.

1.7.2.1.1. VENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO

Su tecnología, manejo, mezcla, fraguado y endurecimiento son bien conocidas. Costo, equipo y personal accesibles. La estabilización con cemento puede llevarse a cabo con el agua suficiente para que el material sea bombeable. El sistema tiene capacidad para admitir variaciones en la composición química del residuo.

Desventaja: la sensibilidad del cemento a la presencia de ciertos contaminantes que pueden retardar o inhibir la hidratación adecuada, el fraguado y endurecimiento del material. También se utilizan cementos con adiciones, tal es el caso de los cementos puzolánicos.

En las diversas técnicas de estabilización y solidificación se utilizan varios materiales que actúan como aditivos fijadores y aglomerantes, entre los cuales el cemento portland es ampliamente utilizado.

El 90% del peso del cemento consiste en silicato tricálcico + silicato dicálcico + aluminato tricálcico + aluminoferrita tetracálcica:



“El cemento provee la matriz para el aislamiento de los residuos. El éxito de la solidificación con cemento depende en gran parte del efecto que produzca el residuo sobre la fuerza y estabilidad de la masa fraguada”²⁰

²⁰ (BARNUEVO C. GERALDINE, 2000 – 2001).

El cemento, una vez hidratado, toma una estructura cristalina de aluminosilicato calcio.



silicato tricálcico + agua \rightarrow gel de tobermorita + hidróxido de calcio



silicato dicálcico + agua \rightarrow gel de tobermorita + hidróxido de calcio

Los silicatos de calcio (75% en peso del cemento) reaccionan con agua y forman gel de tobermorita (50% en peso del cemento). El aluminato tricálcico y la aluminoferrita tetracálcica se combinan con el agua para formar básicamente productos de reacción.

La clave de la gran adsorción del cemento está en el área de superficie del gel de tobermorita (aproximadamente 3 millones de cm^2/g) donde los átomos que la conforman producen fuerzas atractivas en la búsqueda por completar sus enlaces insaturados.

Estudios realizados han demostrado que el cemento es más aplicable en el tratamiento de lodos inorgánicos que contengan metales pesados, los mismos que son químicamente ligados a su matriz estructural y físicamente retenidos dentro de ella, en forma de hidróxidos insolubles o carbonatos, en el medio básico que provee el cemento. Como sabemos, los ácidos aumentan la movilidad de los metales pesados a medida que desciende el pH, ya que de éstos pueden disociar compuestos donde se encuentre el metal. Como se representa en la reacción:



Así, el medio básico que proporciona el cemento es una ventaja extra en la estabilización de metales pesados.

En términos generales, el sistema admite variación en la composición química del residuo a estabilizarse. Pero no proporciona buenos resultados ante la presencia de contaminantes orgánicos en el residuo, pues éstos interfieren la hidratación, reducen la resistencia final y no son fáciles de estabilizar.

En general el Cemento Pórtland Normal, la cal hidráulica hidratada y el suelo seleccionado, son adecuados materiales para desarrollar los procesos de detoxificación, sorción y macro y microencapsulación.

El cemento permite desarrollar macroencapsulaciones, lo cual trae aparejado combinaciones de los metales pesados con él.

1.7.2.2. CAL

La estabilización de lodos se realiza muy a menudo mediante la adición de hidróxido cálcico $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o cal (también se llama hidratada). Al reaccionar con los materiales presentes en el residuo puede dar lugar a silicato cálcico, alúmina cálcica o alumino-silicato cálcico hidratados, materiales que se forman a partir de la reacción del calcio de la cal y los alumino-silicatos del residuo.

Puede realizarse una estabilización adicional con el uso de otros ingredientes en menor cantidad. Se recomienda para contaminantes inorgánicos y lodos metálicos. También se utilizan cales modificadas, silicatos solubles, etc.

La cal siempre es conveniente incorporarla en dos etapas, a efectos de aprovechar su poder de secado y de corrección de plasticidad.

1.7.2.3. POLÍMEROS ORGÁNICOS TERMOESTABLES Y TERMOPLÁSTICOS

Se mezcla un monómero, como la urea folmaldehído que actúa como catalizador, para formar un material polímero, formándose una masa tipo esponja que retiene en la matriz partículas sólidas del residuo peligroso (macroencapsulación).

Este proceso deja, sin embargo, algunos residuos sin retener, en especial residuos líquidos, por lo que el producto del residuo final debe dejarse secar y conservar en contenedores.

Ventajas: el material obtenido es de baja densidad, se requieren pequeñas cantidades de aditivos para solidificar los residuos, por lo que esta técnica tiene mayor aplicación de residuos orgánicos, no volátiles, líquidos. Utilizándose también para solidificar residuos de baja radioactividad antes de su eliminación definitiva.

Desventajas: no son aplicables a la recuperación de terrenos debido a su coste, peligro de incendio, producción de agua a partir de la matriz del residuo y volatilización de compuestos orgánicos.

Los materiales termoplásticos se combinan con asfalto, parafina, betún, polietileno, polipropileno y azufre, fundidos con los residuos a altas temperaturas.

1.7.2.4. SUELO NATIVO

Más de los dos tercios de los suelos bien drenados de la llanura amazónica, se han desarrollado sobre sedimentos arcillosos terciarios. La arcilla predominante en éstos suelos es la caolinita, sujeta a un intenso proceso de intemperización dada la alta precipitación y temperatura de la zona. Son suelos rojos, arcillosos, ácidos, altamente lixiviados y muy baja fertilidad natural.

La arcilla tiende a adsorber a los metales pesados, que quedan retenidos en sus posiciones de cambio. Por el contrario los suelos arenosos carecen de capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan rápidamente al subsuelo y pueden contaminar los niveles freáticos.

Este suelo favorece la entrada e infiltración de la contaminación de metales pesados en el suelo.

La materia orgánica reacciona con los metales formando complejos de cambio y quelatos. Los metales una vez que forman quelatos o complejos pueden migrar con mayor facilidad a lo largo del perfil.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales, como es el Cu, que pueden quedar en posición no disponible por las plantas. Por eso algunas plantas, de suelos orgánicos, presentan carencia de ciertos elementos como el Cu. El Pb y el Zn forman quelatos solubles muy estables.

La complejación por la materia orgánica del suelo es una de los procesos que gobiernan la solubilidad y la bioasimilación de metales pesados. La toxicidad de los metales pesados se potencia en gran medida por su fuerte tendencia a formar complejos organometálicos, lo que facilita su solubilidad, disponibilidad y dispersión.

La estabilidad de muchos de estos complejos frente a la degradación por los organismos del suelo es una causa muy importante de la persistencia de la toxicidad. Pero también la presencia de abundantes quelatos puede reducir la concentración de otros iones tóxicos en la solución del suelo.

La estabilidad de los complejos tiende a seguir la siguiente secuencia: $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Mn} = \text{Co} > \text{Zn}$

En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico, mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y del radio iónico hidratado; a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.

En ambientes muy reductores el Fe se puede combinar con el S^{2-} hasta convertirse en pirita. Cuando los suelos y sedimentos contienen cantidades significantes de pirita y aumenta el Eh (creación de condiciones mas oxidantes) el S^{2-} se oxida a $\text{SO}_4^{=}$ liberando cantidades de H_2SO_4 , el suelo se acidifica fuertemente y los metales se hacen muy solubles.

Muy ilustrativa es la tabla que Plant y Raiswell (1983) han desarrollado sobre la movilidad de los metales pesados y elementos asociados en función de las condiciones de pH y Eh.

Movilidad relativa de los metales pesados según el Eh y pH del suelo

Movilidad	Oxidante	Acido	Neutro alcalino	y Reductor
Alta	Zn	Zn, Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au		
Media	Cu, Co, Ni, Hg, Ag, Au, Cd	Cd	Cd	

Baja	Pb	Pb	Pb
Muy baja	Fe, Mn, Al, Sn, Pt, Cr, Zr	Al, Sn, Pt, Cr	Al, Sn, Cr, Zn, Zn, Cu, Co, Ni, Cu, Co, Ni, Hg, Hg, Ag, Au, Cd, Ag, Au Pb

Los Óxidos e hidróxidos de Fe y Mn juegan un importante papel en la retención de los metales pesados. Tienen una alta capacidad de fijar a los metales pesados e inmovilizarlos. Los suelos con altos contenidos de Fe y Mn tienen una gran capacidad de adsorber metales divalentes, especialmente Cu, Pb y en menor extensión Zn, Co, Cr, Mo y Ni.

La presencia de carbonatos garantiza el mantenimiento de altos valores de pH, en los que como ya hemos visto tienden a precipitar los metales pesados. El Cd, y otros metales, presenta una marcada tendencia a quedar adsorbido por los carbonatos.

El aumento en salinidad puede incrementar la movilización de metales pesados por dos mecanismos. Primeramente los cationes asociados con las sales (Na, K) pueden reemplazar a metales pesados en lugares de adsorción. En segundo lugar los aniones cloruro pueden formar complejos solubles estables con metales pesados tales como Cd, Zn y Hg. Tienden a dar suelos de pH básicos.

En general se considera que la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes subsuperficiales en muy pequeñas cantidades. Es por ello que la presencia de altas concentraciones en el horizonte superficial seguida de un drástico decrecimiento a los pocos centímetros de profundidad es un buen criterio de diagnóstico de contaminación antrópica.

1.8. EFICACIA DE LA ESTABILIZACIÓN

Uno de los inconvenientes de la estabilización es que el volumen del residuo sometido a estabilización, aún cuando es mucho más manejable, aumenta su tamaño aproximadamente en un 20 – 50%.

La evaluación de la eficacia de la estabilización necesita valorar las propiedades físicas, técnicas y químicas del material estabilizado, para ello se utilizan una gran cantidad de ensayos de laboratorio entre los que citamos los ensayos de lixiviación:

Existen varios tipos de ensayos de lixiviación. En estos ensayos se realiza una extracción química o lixiviación, de los constituyentes tóxicos, a través de la reacción química del residuo estabilizado con un extractante en solución al cual se le denomina lixivante. El lixiviado es el fluido lixivante contaminado.

1.8.1. ENSAYOS DE EXTRACCIÓN Y LIXIVIACIÓN

Al circular el lixivante, los contaminantes de la muestra pasan de la masa estabilizada al lixivante pudiendo disolverse, ser lavados de la superficie del material estabilizado o difundirse desde la masa estabilizada al lixivante, por lo que la lixiviabilidad depende de las propiedades físicas y químicas, tanto del material estabilizado como del lixivante.

Los principales factores que afectan este fenómeno son la alcalinidad del producto estabilizado, la relación superficie-volumen del residuo y la tortuosidad, la medida de la longitud del camino para la difusión.

El método de ensayo afecta a la lixiviabilidad de la muestra a través de las siguientes variables:

- Relación lixiviante residuo: Superficie del residuo (por ejemplo triturar la masa estabilizada a pequeñas partículas)
- Tipo de lixiviante: (por ejemplo agua destilada, ácido acético, lluvia ácida simulada)
- pH del lixiviante
- Tiempo de contacto
- Tiempo de agitación
- Número de reposiciones con lixiviante nuevo
- Recipiente de extracción
- Temperatura

Este ensayo sirve para determinar si un residuo cumple con los estándares de tratamiento tecnológicos para ser eliminado en el terreno, también se utiliza para evaluar la eficacia de la estabilización.

Hay que tener en cuenta que con el ensayo de TCLP se obtienen concentraciones para componentes específicos, estos datos se comparan con 100 veces los estándares del agua potable para determinar si la muestra supera o suspende el TCLP. El factor 100 es para considerar la dilución en el medio.

El ensayo de lixiviación TCLP tiene dos objetivos principales:

- Proporciona información sobre las características del residuo.
- Es un método más preciso y comparable.
- Proporciona una mayor recuperación de materias volátiles orgánicas
- Constituye un procedimiento de laboratorio más sencillo, y
- Representa una mayor reproducibilidad de los resultados obtenidos.

Tiene cuatro procesos fundamentales:

- Preparación de la muestra para la lixiviación.
- Lixiviación de la muestra.
- Preparación del lixiviado para análisis.
- Análisis del lixiviado.

Es importante mencionar que “aunque es posible emplear pruebas de lixiviación para comparar la eficiencia de diferentes procesos de estabilización, aún no se ha probado que las mismas pronostiquen la capacidad de lixiviación a largo plazo de los residuos, y tampoco simulan las condiciones reales en el campo de un confinamiento controlado.”²¹

**TABLA No. 1.13. ÁMBITOS ENCONTRADOS EN LIXIVIADOS,
GENERADOS
EN SITIOS DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES.**

COMPONENTE	
ÁMBITO (MG/L O PPM)	
Arsénico	0.04
Cadmio	0 - 0.025
Cianuros	0
Cinc	
Cobre	
Cromo Total	
Plomo	

²¹ (GLYNN J. HENRY, 1996)

25- 3.0

0 - 0.6

0 - 8.7

0 - 2.0

Fuente: González Urdela J. Lorenzo. Monitoreo Ambiental en Rellenos Sanitarios²².

TABLA 1.14. (REGLAMENTO 1215) “LÍMITES PERMISIBLES DE LIXIVIADOS PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LODOS Y RIPIOS DE PERFORACIÓN EN SUPERFICIE”.

a) Sin impermeabilización de la base

Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible
Potencial Hidrógeno	PH	----	6<pH<9
Conductividad Eléctrica	CE	μS /cm	4,000
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP's)	C	mg/l	<0.003
Cadmio	Cd	mg/l	<0.05
Cromo Total	Cr	mg/l	<1.0
Vanadio	Va	mg/l	<0.2
Bario	Ba	mg/l	<5

b) Con impermeabilización de la base

Potencial Hidrógeno	PH	----	4<pH<12
Conductividad Eléctrica	CE	μS /cm	8,000
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	<50

²² Primer Congreso Mundial de Ingeniería Sanitaria, Vol. XXXVI, Enero-Marzo de 1982, pag. 40.

Hidrocarburos	C	mg/l	<0.005
Aromáticos Policíclicos (HAP's)			
Cadmio	Cd	mg/l	<0.5
Cromo Total	Cr	mg/l	<10.0
Vanadio	Va	mg/l	<2
Bario	Ba	mg/l	<10

1.8.2. DOSIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS

Normalmente se decide realizar distintas variantes de mezclas de forma tal de obtener diferentes mezclas para lograr el mayor número de capas posibles en el paquete estructural, o el mayor contenido de residuo en las distintas capas componentes del paquete estructural, teniendo en cuenta las limitaciones lógicas impuestas por los parámetros viales y ambientales. Dependiendo del tipo de estabilización se siguen los parámetros habitualmente recomendados para cada caso en el área vial.

En el caso de mezclas con suelo el porcentaje interviniente se determina con respecto al componente seco. El porcentaje de cemento y cal es sobre el total de la mezcla de suelo seleccionado/residuo en estado seco.

La elección de los porcentajes de residuo y suelo, radica en la utilización de la mayor cantidad posible de residuo que mezclado con suelo nos permita una mezcla trabajable en obra, asociada a ésta un porcentaje de cemento que nos garantice resistencia aceptable a la edad de 7 días, a la vez de encapsular al residuo y garantizar durabilidad.

Las mezclas se pueden estabilizar por la aplicación de una cierta energía de compactación. Esta energía, normalizada en la obra vial, la expresa el ensayo proctor standart, con un valor aproximado de 6 kg.cm/cm³.

Recordemos que en la caracterización del residuo tenemos los valores de P.U.V. y el peso específico, que son orientadores en las dosificaciones. En los suelos estabilizados con cemento será necesario verificar las características del suelo para cuantificar la acción cementante del cemento portland normal utilizado.

Por todo lo expuesto se recomienda seleccionar técnicas de dosificación que consideren:

- Resistencia
- Relación de modular resiliente
- Parámetros estructurales (coeficientes)
- Comportamiento a fatiga

1.8.3. ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS, TÉCNICAS Y DURABILIDAD:

1.8.3.1. Propiedades físicas:

- Granulometría: es importante para el diseño de alternativas de estabilización. Se utilizan tamices para la fracción gruesa. Para la fracción fina (partículas entre 0,0074 mm a micras) se usan métodos gravitacionales que emplean hidrómetros (las partículas mayores se depositan más rápido en el agua y el hidrómetro permite medir las diferencias de tamaño). No se aplica al material estabilizado pues éste generalmente es un monolito.

- Índice de cono en laboratorio: se realiza sobre el material estabilizado inmediatamente después de la mezcla de los reactivos y antes del fraguado.

Habla sobre la resistencia de los materiales en la mezcla e interviene en la toma de decisiones acerca del manejo de los materiales y la capacidad para resistir el tránsito durante la construcción. Se deja caer un cono desde una altura (ambos estandarizados) sobre el material y se mide la distancia de penetración.

- Penetrómetro de campo: permite valorar las propiedades de la mezcla del lodo estabilizado antes de su curación. Es un cilindro estandarizado que se empuja sobre el material para medir su resistencia a la penetración, obteniendo la resistencia a la compresión libre en kg/cm². Se puede realizar en campo.

Formación de sobrenadante durante curación y velocidad de fraguado: caracterizan el comportamiento de los residuos tratados en las primeras horas tras la mezcla. Se utilizan preferentemente para materiales tipo hormigón y no se adaptan a materiales tipo suelo.

1.8.3.2. Propiedades técnicas:

- Ensayo de resistencia a compresión libre: determina la resistencia de los materiales cohesivos, los comprendidos entre las arcillas ligeras y el hormigón. Un cilindro de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura se carga axialmente, midiendo esta carga y su deformación, pudiendo calcularse así la tensión aplicada y la deformación resultante.
- Consolidación: evalúa el asentamiento del residuo estabilizado. Se aplica una carga axial y se impide la deformación lateral, midiendo los tiempos de deformación para cada carga aplicada. Se realiza el diagrama de consolidación.

- **Conductividad hidráulica:** a veces se la denomina permeabilidad. Se utiliza para obtener información sobre la velocidad a la que los compuestos químicos presentes en el residuo tratado migran al medio. Se utiliza el ensayo de permeabilidad triaxial, la muestra se encapsula en una membrana flexible que permite que la muestra se contraiga o expanda bajo las tensiones aplicadas en confinamiento.

1.8.3.3. Propiedades de durabilidad:

Estos ensayos evalúan el rendimiento de la masa estabilizada a largo plazo, para resistir ciclos repetitivos de erosión.

- **Durabilidad Húmedo-seco (ASTM D4843):** son doce ciclos de humectación-dsecación, de cinco horas bajo el agua y 24 h en horno bajo condiciones de secado a baja temperatura (71 °C), cada uno. Evaluando luego la variación de volumen, contenido de humedad y pérdida de peso. Después de los doce ciclos se determina la pérdida total de peso de la muestra, o bien se determina el número de ciclos que provocan la disgregación si la muestra no permanece intacta al completarse los doce ciclos.
- **Durabilidad Hielo-deshielo (ASTM D4842):** condiciones de erosión de congelación y deshielo. Las muestras se someten a doce ciclos, cada uno consta de un período de congelación de 24 h a 20 °C y otro de deshielo de 24 h en agua. El rendimiento se evalúa igual que en el ensayo anterior.

1.8.4. EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN

Para la evaluación del proceso de estabilización se empleó los índices utilizados por la EPA para fijar metas de remediación, el índice DRE (Destruction and removal

efficiencies), son utilizados particularmente para tratamientos de estabilización. Se consideran como deseables los valores DRE mayores a 90%.

El DRE calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{DRE} = \frac{\text{LCus} - \text{LCts}}{\text{LCus}} \times 100 \quad (1)$$

DRE = Índice de eficiencia de destrucción y remoción.

LCus = Concentración (mg /l) en el extracto TCLP del lodo sin inertizar.

LCts = Concentración (mg/l) en el extracto TCLP del lodo inertizado.

1.8.5. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (ICA)

Los índices de contaminación se han establecido para representar la calidad de agua, ya que se resume en ésta cifra las características más importantes. Para representar la calidad ambiental de los lixiviados, no se han establecido índices de contaminación, por lo cual se aplicará el índice de contaminación ambiental para agua, con las respectivas reservas en los datos obtenidos.

El índice de contaminación ha aplicar para los lixiviados, relaciona la concentración de los contaminantes existentes en el extracto TCLP, y la concentración máxima permisible por la legislación vigente, dividida para el número de contaminantes considerados.

El índice de contaminación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{Ca}{Cma} + \frac{Cb}{Cmb} \quad (2)$$

IC = Índice de contaminación

Ca = Concentración existente del contaminante a

Cb = Concentración existente del contaminante b

Cma = Concentración máxima admitida del contaminante a en la legislación ambiental.

Cmb = Concentración máxima admitida del contaminante b en la legislación ambiental.

N = Número de contaminantes considerados.

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

2.1.1. SISTEMA OPERACIONAL DEL INCINERADOR

Para poner en marcha el proceso de incineración, se realizó el conocimiento previo de todo el equipo, analizando toda la parte operacional, desde el momento de su instalación, para ello, se realizaron pruebas de puesta en marcha para reconocer los tiempos y temperaturas idóneas en todas sus cámaras, para su óptimo funcionamiento (Ver “*Especificaciones técnicas del incinerador de Repsol YPF, Ecuador*” Capítulo I Apéndice 1.6.3.)

El incinerador Marca Pennram, Modelo PHCA – 100, fue instalado completamente el mes de febrero, razón por la cual el análisis de residuos sólidos destinados a incineración se realizó a partir de ésta fecha, sin embargo no se pudo obtener los registros de todos los meses, durante tres días aproximadamente se realizó la incineración de varias cargas, para lo cual ya se había determinado que tipo de residuos estaban destinados a éste proceso, que fueron principalmente: residuos contaminados con hidrocarburos, papel y plásticos, que son los que se generan en mayor cantidad, así mismo; madera, y desechos médicos que se generan en menor

proporción. (Ver cuadro No. 4 “*Generación de residuos sólidos en el bloque 16 destinados a incineración en la estación de transferencia “paraíso”* Capítulo III).

2.1.2. INCINERACIÓN DE RESIDUOS:

Luego del análisis del tipo de residuo destinados a incineración, se determinaron las mezclas idóneas para el óptimo funcionamiento del sistema operacional del incinerador, pero sobre todo con el fin de evitar que las emisiones a la atmósfera no superen los límites establecidos por la ley, además para evitar la emisión de dioxinas y furanos que a pesar de no ser emitidos por tener una temperatura superior a los 1000° C, se deben tomar en cuenta las mezclas que permitan un funcionamiento normal del sistema.

Entre las mezclas más frecuentes se determinaron:

Plástico – papel

Papel – hidrocarburo

Hidrocarburo - plástico

Papel – madera

Desechos médicos – papel

Plástico- madera

Hidrocarburos - papel

Madera – hidrocarburos

Filtros de aceite- papel

Filtros de aceite - plástico

El equipo cuenta con un medidor de gases marca ENERAC 2000, que actualmente no permite obtener mediciones de emisión desde su chimenea ya que su puerto de muestreo no está colocado, sin embargo, como parte del proyecto se

realizaron los cálculos de la ubicación del puerto de monitoreo de gases para su posterior colocación (Ver cálculos Capítulo IV).

Los datos de medición de gases que se analizaron corresponden a la concentración de éstos en la cámara terciaria, los cuales fueron evaluados de acuerdo al tipo de residuo que se estaba incinerando y en cada etapa del proceso; inicio, intermedio y final. (Ver resultados experimentales Capítulo III, Cuadros No.13 y 14 “*Concentración de gases en la cámara terciaria del incinerador*”).

Se estableció un horario de incineración tomando en cuenta la capacidad del sistema para lo cual se determinó un trabajo diario de 8 – 10 horas con cargas de 15 Kg., lo cual fue determinado por el Técnico. (Ver Capítulo I, Apéndice 1.6.4. “*Operación del incinerador de Repsol YPF*”).

Se establecieron registros de incineración para evaluar diariamente el tipo y la cantidad de residuos sólidos incinerados, temperaturas tanto en la cámara primaria como secundaria, cantidad de ceniza generada en el día anterior, y la percepción del color de la emisión de gases en la chimenea, para caracterizar la calidad de humo emitido. (Ver Anexo 3).

2.1.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA CENIZA

Para la caracterización físico química de la ceniza, se tomaron muestras durante las pruebas iniciales del funcionamiento del incinerador, tomando en cuenta el tipo y la cantidad de residuo que se estaba incinerando, para posteriormente evaluar la concentración de metales pesados de acuerdo a su composición inicial.

Se tomó aproximadamente 1 Kg. de ceniza para las tres primeras muestras, durante tres días, cada una con la identificación del tipo y cantidad de residuo inicial, en el mes de febrero, es decir durante las pruebas iniciales. Para la cuarta se realizó una muestra compuesta de varios días de incineración en el mes de abril, en éste caso no se pudo conocer el tipo de residuo incinerado, de ésta, se tomó aproximadamente 10 Kg. para la caracterización físico química de la ceniza y para la aplicación del tratamiento de estabilización y solidificación.

Cabe mencionar que la ceniza utilizada para el tratamiento de estabilización y solidificación fue previamente separada de sus escorias más grandes que contenía originalmente como resto de esqueletos de filtros, vidrio fundido, alambres, etc, que fueron clasificados, para posteriormente poder moler y tamizar la ceniza para iniciar el tratamiento de inertización. (Foto 13)

A continuación se detalla el proceso para cada uno de los análisis realizados

2.1.3.1. ANÁLISIS DE METALES PESADOS:

Para determinar la concentración de metales pesados, se llevó a cabo la digestión ácida de las 4 muestras de ceniza que fueron tomadas, con cantidades de 5 g cada una, aplicando agua regia, hasta la digestión total de las mismas, llevando las muestras a sequedad y diluyendo a continuación hasta 20 ml, aproximadamente, con ácido nítrico al 10%.

MATERIALES:

EQUIPOS:

- Espátula

- Balanza analítica
- Vasos de precipitación (100 ml)
- Probetas (10 ml, 50 ml, 100 ml, 250 ml)
- Estufa o mufla eléctrica.
- Cámara de absorción de gases.
- Balones (100 ml, 250 ml)
- Papel filtro # 42.
- Embudos
- Crisoles
- Calcinador
- Malla o tamiz de 3mm

REACTIVOS:

- Ceniza molida y tamizada
 - Ácido nítrico HNO_3 c
 - Ácido clorhídrico HCl c
 - Ácido nítrico HNO_3 al 10 %
 - Agua destilada
- AGUA REGIA:** 1 volumen de HNO_3 + 3 volúmenes de HCl (c).

PROCEDIMIENTO:

- Tamizar la muestra de ceniza, tomar 100g de ella y realizar un cuarteo (para homogenización de la muestra).
- Pesar 5g de la muestra tamizada y homogenizada y colocar en un vaso de precipitación o erlenmeyer.
- Adicionar 50 ml de agua regia (observar efervescencia y evitar su desbordamiento).

- Tapar el vaso con un vidrio de reloj y dejar hervir hasta su evaporación a sequedad. (Observar la disolución de los metales pesados excepto SiO_2 + insolubles). se observará también la emisión de vapores cafés de óxido nítrico especialmente.
- Colocar 10-20 ml de ácido nítrico HNO_3 al 10 %, y luego filtrar la muestra en un balón de 100 ml para las tres primeras muestras y una de 250 ml para la cuarta muestra. (Utilizar papel filtro # 42.)
- Pesar el papel filtro con la muestra retenida en la balanza analítica colocándolo en un crisol que igualmente debe ser pesado.
- Calcinar la muestra colocada en el crisol a una temperatura de 1000°C .
- Volver a pesar el crisol para obtener datos de SiO_2 + insolubles. (*Ver cálculos capítulo IV*).
- Con el filtrado realizar la determinación de óxido de hierro Fe_2O_3 y óxido de aluminio Al_2O_3 .

▪ 2.1.3.2 ANALISIS DE OXIDO DE HIERRO

PROCEDIMIENTO HACH

Muestra 1

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml, de esto se tomó 1ml y se aforó a 100ml

Muestra 2

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml, de esto se tomó 1ml y se aforó a 100ml

Muestra 3

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml, de esto se tomó 1ml y se aforó a 100ml

Muestra 4

DILUCIONES: INICIAL = 250ml, de esto se tomó 1 ml y se aforó a 1000ml

•2.1.3.3 ANÁLISIS DE OXIDO DE ALUMINIO

PROCEDIMIENTO HACH, MÉTODO ALUMINON (0 a 0.800 mg /l)
(Ver Anexo 4.)

Muestra 1

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml.

Muestra 2

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml.

Muestra 3

DILUCIONES: INICIAL = 100ml de esto se tomó 50 ml y se aforó a 250 ml.

Muestra 4

DILUCION: INICIAL = 250ml.

•2.1.4 ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN EL SUELO NATIVO

(Ver Anexo 5.)

2.1.5. TRATAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE CENIZAS CONTAMINANTES:

Para el tratamiento de estabilización y solidificación se realizaron 15 diferentes mezclas de ceniza con cemento, cal y suelo nativo, con el fin de evaluar la mayor capacidad de retención de metales pesados de acuerdo a cada componente.

Las proporciones utilizadas fueron:

CUADRO No. 1. PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS UTILIZADAS PARA EL TRATAMIENTO DE INERTIZACIÓN

MEZCLAS	MATERIALES			
	Ceniza	Cemento	Cal	Suelo
A	3	1	0	0
B	3	1	1	0
C	3	1	1	1
D	3	2	0	0

E	3	2	1	0
F	3	2	1	1
G	3	2	0	1
H	3	2	0	2
I	3	1	0	2
J	3	0	1	0
K	3	0	1	1
L	3	0	2	1
M	3	0	2	0
N	3	0	0	1
O	3	0	0	2

2.1.6. ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES RECTANGULARES INERTIZADOS

MATERIALES:

EQUIPOS:

- Balanza
- Recipientes plásticos (l = 16, a = 9, h = 6.5)
- Espátula
- Malla o tamiz de 3 mm

REACTIVOS:

- Ceniza molida y tamizada
- Cemento Pórtland Tipo 1P
- Cal hidratada

- Suelo nativo (parte superficial y media; máximo 20 cm de profundidad) (Foto 14)
- Agua

PROCEDIMIENTO:

- Para la dosificación de las mezclas y debido al tamaño del recipiente utilizado para la mezcla, se utilizó 125 g de cada material, cada peso para cada proporción equivalente.
- Debido a la forma rectangular del recipiente se formaron 15 bloques a los cuales se adicionó grandes cantidades de agua para acelerar el fraguado inducido por la presencia de los aglomerantes y el cemento.(Fotos 15, 16,17,18)
- Se esperaron 7 días hasta completar el fraguado de los bloques rectangulares, y luego se realizó el ensayo de TCLP.

2.1.7. PROCEDIMIENTO DE LIXIVIACIÓN CARACTERÍSTICO DE TOXICIDAD; (TCLP):

Luego de los 7 días donde las 15 muestras inertizadas permanecieron inalteradas, se realizó el ensayo de TCLP, se tomó una parte de cada bloque rectangular y se colocó en la estufa a 115°C, con el fin de deshidratarlas, para éstas muestras deshidratadas se inició el Procedimiento de Lixiviación característico de toxicidad (TCLP).

MATERIALES:

EQUIPOS:

- Vidrios de reloj
- Horno eléctrico
- Balanza analítica
- Mortero con pistilo
- Probetas (1000ml, 100 ml)
- Erlenmeyers (500ml, 250 ml)
- Papel filtro de fibra de vidrio
- Embudos
- Agitador magnético
- Medidor de pH
- Estufa o mufla eléctrica

REACTIVOS:

- Muestras inertizadas
- Agua destilada
- Ácido clorhídrico HCl 1.0 N
- Ácido acético glacial

PROCEDIMIENTO:

- Determinar el fluido extractor mediante el siguiente procedimiento:
 - Tomar 5 gramos de la muestra con un tamaño de partícula entre 0.5 – 1.0 mm.
 - Transferir a un erlenmeyer de 500 ml y colocar 96.5 ml de agua destilada.
 - Tapar con un vidrio de reloj y agitar durante 5 minutos.
 - Medir el valor del pH, si es mayor que 5 utilizar el líquido extractante # 2 y si es menor que 5 utilizar el líquido extractante # 1, en este caso

todas las muestras obtuvieron un pH mayor que 5 por lo tanto se utilizó el líquido extractante # 2.

- Pesar 5 gramos de la muestra estabilizado previamente triturada hasta obtener partículas de 0.5 - 1.0 mm.
- Colocar en un erlenmeyer de 250 ml y añadir 100 del líquido extractante # 2, con una relación en peso líquido-sólido de 20:1
- Colocar las muestras en un agitador magnético durante 24h a 30rpm.
- Filtrar las muestras en balones de 250 ml a través de un filtro de fibra de vidrio de 0,6-0,8 micras y se denomina al filtrado como extracto TCLP, en el cual se analizó mediante el “espectrofotómetro de absorción atómica”²³, las concentraciones metálicas contenidas en la matriz estabilizada. *(Las lecturas se realizaron en el laboratorio de química de la U. Central del Ecuador (Ver resultados capítulo III y Anexo 7)).*

•2.1.8 BLOQUES RECTANGULARES PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA Y COMPRESIÓN

▪ 2.1.8.1 PRUEBAS DE 7 DÍAS

Para los ensayos de compresión se realizaron 6 bloques rectangulares con moldes de dimensiones de l = 30 cm, a = 15 cm y h = 6 cm, cuyas proporciones se escogieron debido a la resistencia manual observada en las mezclas utilizadas para el tratamiento de inertización, éstas fueron : A, B, C, F, G y H. Luego del proceso de

²³ Equipo Marca PERKIN, modelo ANALYST 100 1997, posee doble haz luminoso para controlar las interferencias de ruido, se puede aplicar dos técnicas de análisis: la absorción atómica y la emisión atómica. Tiene tres modalidades de atomización: por llama, electrotérmica y por generación de hidruros.

fraguado de 7 días se realizó el ensayo de compresión a los bloques rectangulares según la norma ASTM C 140. (Fotos 16,17,18,19,20,21).

MATERIALES:

EQUIPOS:

- Moldes de madera ($l = 30 \text{ cm}$, $a = 15 \text{ cm}$ y $h = 6 \text{ cm}$).
- Espátula de madera
- Recipientes plásticos (6000 cm^3).
- Máquina de compresión “Universal de 100 tn”. (Departamento de ensayo de materiales y modelos, U. Central del Ecuador). (Foto 22)

REACTIVOS:

- Ceniza molida y tamizada (diámetro de partícula = 3 mm).
- Cemento
- Cal hidratada
- Suelo nativo (parte superficial y media; máximo 20 cm de profundidad) (Foto 14)
- Aceite quemado de auto
- Agua

PROCEDIMIENTO:

- Con las mismas proporciones de las mezclas A, B, C, F, G y H, (cuadro No. 1) utilizadas para el tratamiento de estabilización, se realizó la elaboración de los bloques rectangulares destinados a la evaluación de la resistencia a la compresión.

- Luego de 7 días se desmoldaron y se realizó un mortero para alinear la parte superficial rugosa con el fin de poder colocarlos en la máquina de compresión. (Ver resultados Capítulo III , Cuadro No.11, Anexo 8, Fotos 16,17,18,19,20,21).

▪ PRUEBA DE 14 DIAS

Para ésta prueba se utilizaron bloques de madera con la siguientes dimensiones: $l = 40 \text{ cm}$, $a = 20 \text{ cm}$, $h = 10 \text{ cm}$. Luego del proceso de fraguado de 14 días se realizó el ensayo de compresión a los bloques rectangulares según la norma ASTM C 140.

MATERIALES:

EQUIPOS:

- Moldes de madera ($l = 40 \text{ cm}$, $a = 25 \text{ cm}$ y $h = 10 \text{ cm}$).
- Espátula de madera
- Recipientes plásticos (6000 cm³, 20 l.).
- Máquina de compresión “Universal de 100 tn”. (Departamento de ensayo de materiales y modelos, U. Central del Ecuador). (Foto 22)

REACTIVOS:

- Ceniza molida y tamizada (diámetro de partícula = 3 mm).
- Cemento Pórtland Tipo 1P
- Cal hidratada

- Aceite quemado de auto
- Agua

PROCEDIMIENTO:

- Con la proporción de la mezcla F modificada, utilizada para el tratamiento de estabilización, se realizó la elaboración de dos bloques rectangulares destinados a la evaluación de la resistencia a la compresión.
- Luego de 14 días se desmoldaron y se realizó un mortero para alinear la parte superficial rugosa con el fin de poder colocarlos en la máquina de compresión. (Ver resultados Capítulo III, Cuadro No. 12 y Anexo 9.).

CAPITULO III

RESULTADOS EXPERIMENTALES

CUADRO No. 2. RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS GENERADOS EN EL BLOQUE 16 CON DESTINO A LAS ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DESDE EL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL INCINERADOR.

RESIDUO PELIGROSO	Abril	Mayo	Junio		
(Kg)				TOTAL	PROMEDIO
Llantas	970	106	1	1077	359

Desechos médicos y laboratorio.	22	60	67		
				149	49.67
Aceite drenado devuelto al proceso (gal)	0	0	0		
				0	0
Pilas / Baterías	90	194	49		
				333	111
Pinturas	0	0	0	0	0
Lámparas fluorescentes	74	53	24		
				151	50.33
Filtros de aceite, aire y agua.	343	372	232		
				947	315.67
Material Contaminado con hidrocarburos	1454	1278	1542		
				4274	1424.67
TOTAL MES					
	2953	2063	1915	6931	1155.17

**CUADRO No. 3. RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS GENERADOS
EN EL BLOQUE 16 CON DESTINO A LAS ESTACIONES DE
TRANSFERENCIA DESDE EL INICIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL
INCINERADOR.**

RESIDUO NO PELIGROSO	Abril	Mayo	Junio		
(Kg)				TOTAL	PROMEDIO
Papel / Cartón	3551	4978	3773	12302	4100.67
Vidrio	339	337	266	942	314.00

Madera	7209	14392	12874	34475	11491.67
Material eléctrico	400	557	147	1104	
					368.00
Chatarra	6466	7023	3503	16992	5664.00
Tanques	640	291	555	1486	495.33
Plástico.	5190	6923	5415	17528	5842.67
Otros	1357	1959	570	3886	1295.33
TOTAL MES	25152	36460	27103	88715	
					14785.83

**CUADRO No. 4. GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BLOQUE 16
DESTINADOS A INCINERACIÓN EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA
“PARAÍSO”**

MESES	Abril		Mayo		Junio	
TIPO DE RESIDUO						
	Kg	%	Kg	%	Kg	%
Material contaminado con hidrocarburo	1454	5.2	1278	3.32	1542	5.31
Papel	3551	12.63	4978	13	3773	13
Madera	7209	25.65	14392	37.4	12874	44.37
Plástico	5190	18.46	6923	18	5415	18.66
Filtros de aceite / agua / aire	343	1.22	372	1	232	0.8
Desechos médicos y laboratorio	22	0.08	60	0.2	67	0.23
TOTAL	17769	63.24	28003	72.92	23903	82.37
PROMEDIO	2961.5	10.54	4667.1667	12.15333	3983.833	13.7283

**CUADRO No. 5. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA “PARAÍSO”**

(INCINERADOR Marca: PENNRAM Modelo: PHCA –100)

**CUADRO No. 5.1. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA “PARAÍSO” EN EL MES DE FEBRERO**

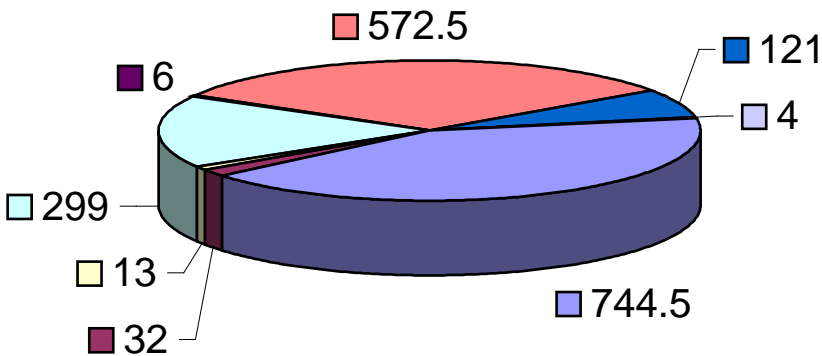
FECHA	Residuos con hidrocarburos (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)	Tubos de llantas (u)	Papel / Cartón (Kg)	Madera (Kg)	Plásticos (Kg)	Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratorios (Kg)	Total (Kg)
08/02/2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09-02-03*									
10/02/2003	27	32	4	19	6	38	0	0	126
11/02/2003	10	0	0	6	0	16	0	0	32
12/02/2003	52	0	3	24	0	20	17	4	120
13/02/2003	54.5	0	0	15	0	46.5	34	0	150
14/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
15/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
16/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
17/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
18/02/2003	53	0	0	35	0	47	15	0	150
19/02/2003	24	0	0	25	0	25	5	0	79
20/02/2003	64	0	0	30	0	51	15	0	160
21/02/2003	75	0	0	38	0	68	8	0	189
22/02/2003	85	0	3	31	0	58	9	0	186
23/02/2003	150	0	0	46	0	96	10	0	302
24/02/2003	150	0	3	30	0	107	8	0	298
25/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
26/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
27/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
28/02/2003	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Total mes	744.5	32	13	299	6	572.5	121	4	1792

- Inicio o arranque del incinerador

* Primera y segunda incineración de residuos (Pruebas iniciales).

x = No se realizó incineración

RESIDUOS SOLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACION DE TRANSFERENCIA "PARAÍSO" EN EL MES DE FEBRERO

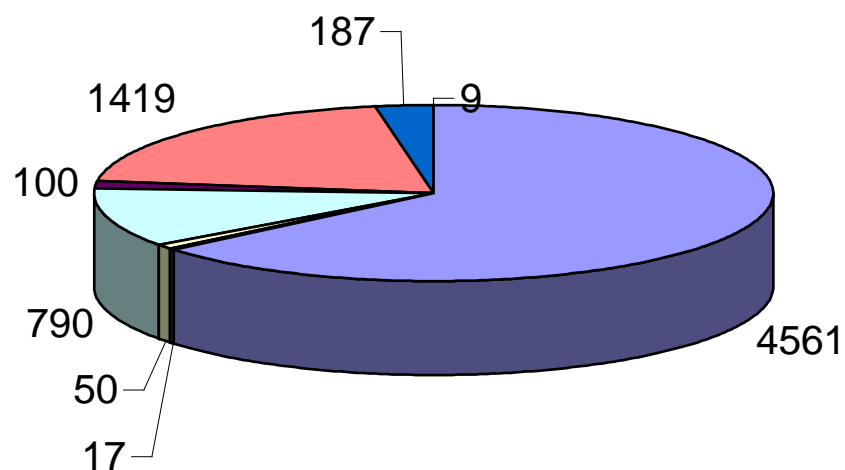


- Residuos con hidrocarburo (Kg)
- Corteza y Orgánicos (Kg)
- Tubos de llantas (u)
- Papel / Cartón (Kg)
- Madera (Kg)
- Plástico (Kg)
- Filtros de aceite / agua / aire (Kg)
- Desechos Médicos y laboratorio (Kg)

**CUADRO No. 5.2. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA “PARAÍSO” EN EL MES DE MARZO**

FECHA	Residuos con hidrocarburo (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)	Tubos de llantas (u)	Papel / Cartón (Kg)	Madera (Kg)	Plástico (Kg)	Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratorio (Kg)	Total (Kg)
01/03/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/03/2003	79	0	0	43		28	8	0	158
03/03/2003	188	0	3	40	0	65	10	0	306
04/03/2003	196	0	0	44	0	89	5	0	334
05/03/2003	245	0	0	38	0	51	18	0	352
06/03/2003	245	0	0	38	0	51	18	0	352
07/03/2003	141	0	2	18	0	31	9	0	201
08/03/2003	153	0	7	15	1	31	18	0	225
09/03/2003	239	6	0	39	0	38	16	0	338
10/03/2003	201	0	6	41	0	52	10	0	310
11/03/2003	0	0	0	0	0	60	0	0	60
12/03/2003	191	0	0	25	0	101	10	0	327
13/03/2003	192	0	0	51	0	72	0	0	315
14/03/2003	143	0	0	0	0	37	0	0	180
15/03/2003	143	0	0	0	0	37	0	0	180
16/03/2003	166	0	2	30	0	60	0	0	258
17/03/2003	219	0	0	24	0	42	0	0	285
18/03/2003	248	0	0	14	0	46	0	0	308
19/03/2003	222	0	0	29	0	77	4	0	332
20/03/2003	197	0	6	28	15	71	4	0	321
21/03/2003	156	0	0	49	9	61	5	0	280
22/03/2003	168	0	0	53	21	56	3	0	301
23/03/2003	139	0	2	71	16	67	5	0	300
24/03/2003	143	0	13	5	38	72	5	0	276
25/03/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/03/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/03/2003	181	0	3	32	0	45	0	8	269
28/03/2003	179	11	3	26	0	40	19	1	279
29/03/2003	187	0	3	37	0	39	20	0	286
30/03/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/03/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	4561	17	50	790	100	1419	187	9	7133

RESIDUOS SOLIDOS INCINERADOS EN EN EL MES DE MARZO

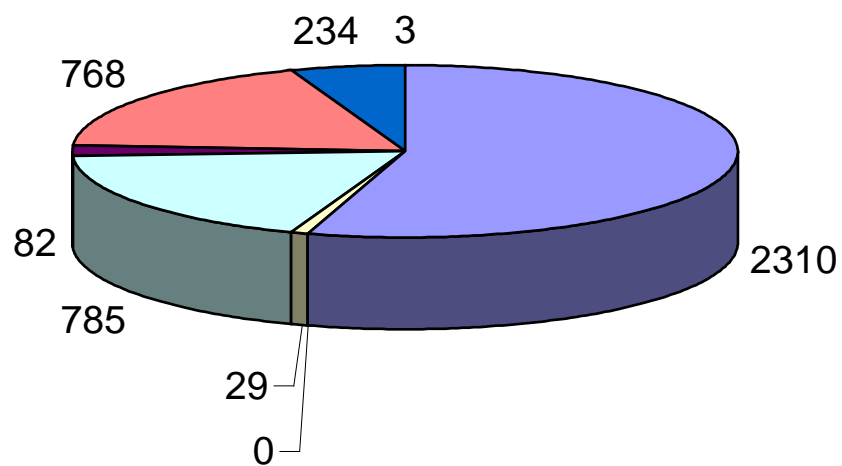


- Residuos con hidrocarburo (Kg)
- Corteza y Orgánicos (Kg)
- Tubos de llantas (u)
- Papel / Cartón (Kg)
- Madera (Kg)
- Plástico (Kg)
- Filtros de aceite / agua / aire (Kg)
- Desechos Médicos y laboratorio (Kg)

CUADRO No. 5.3. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA “PARAÍSO” EN EL MES DE ABRIL

FECHA	Residuos con hidrocarb . (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)	Tubos de llantas (u)	Papel / Cartón (Kg)	Madera (Kg)	Plásticos (Kg)	Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratorio (Kg)	Total (Kg)
01/04/2003	149	0	0	16	3	22	11	0	201
02/04/2003	153	0	0	33	10	31	11	0	238
03/04/2003	163	0	0	30	7	22	14	3	239
04/04/2003	119	0	0	46	3	30	11	0	209
05/04/2003	105	0	0	28	0	37	24	0	194
06/04/2003	127	0	0	35	0	23	11	0	196
07/04/2003	177	0	20	36	5	36	19	0	293
08/04/2003	183	0	0	50	0	55	10	0	298
09/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/04/2003	114	0	0	46	19	63	0	0	242
11/04/2003	149	0	0	35	21	61	5	0	271
12/04/2003	90	0	0	40	4	96	10	0	240
13/04/2003	146	0	3	72	0	71	9	0	301
14/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/04/2003	0	0	0	52	10	48	12	0	122
26/04/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/04/2003	143	0	0	50	0	34	11	0	238
28/04/2003	141	0	0	84	0	40	29	0	294
29/04/2003	192	0	2	86	0	48	24	0	352
30/04/2003	159	0	4	46	0	51	23	0	283
Total	2310	0	29	785	82	768	234	3	4211

RESIDUOS SOLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE ABRIL

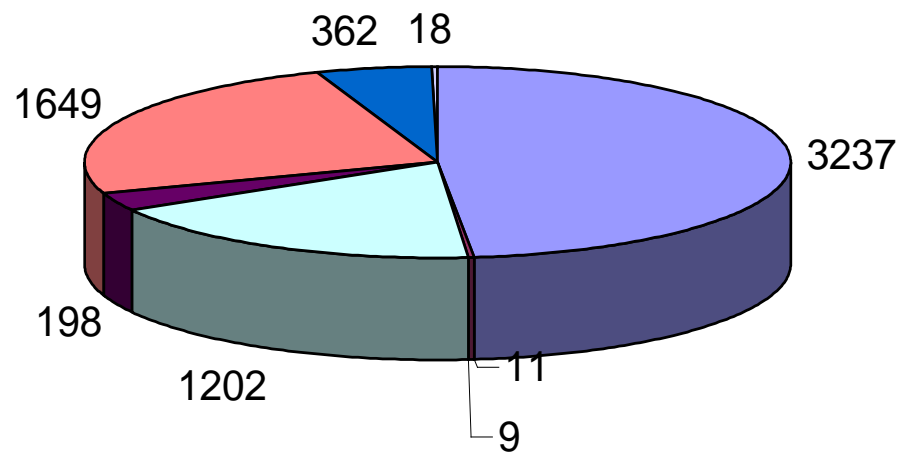


- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Residuos con hidrocarburo (Kg) | Corteza y Orgánicos (Kg) |
| Tubos de llantas (u) | Papel / Cartón (Kg) |
| Madera (Kg) | Plástico (Kg) |
| Filtros de aceite / agua / aire (Kg) | Desechos Médicos y laboratorio (Kg) |

**CUADRO No. 5.4. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE
TRANSFERENCIA “PARAÍSO” EN EL MES DE MAYO**

FECHA	Residuo s con HCb's (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)	Tubos de Icellantas (u)	Papel / Cartón (Kg)	Made (Kg)	Plásti co (Kg)	Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratoriales (Kg)	Total (Kg)
01/05/2003	178	0	0	69	0	38	26	0	311
02/05/2003	153	0	0	33	10	31	11	0	238
03/05/2003	94	10	0	45	24	55	0	7	235
04/05/2003	139	0	0	53	29	34	44	0	299
05/05/2003	124	0	0	58	35	52	13	0	282
06/05/2003	136	0	0	48	34	72	8	0	298
07/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/05/2003	109	0	0	57	11	58	5	0	240
09/05/2003	86	0	0	55	14	91	24	0	270
10/05/2003	90	0	0	22	4	95	26	0	237
11/05/2003	47	0	0	34	0	55	0	0	136
12/05/2003	128	0	0	64	5	73	15	0	285
13/05/2003	110	0	0	106	0	78	6	0	300
14/05/2003	143	0	0	34	0	93	15	0	285
15/05/2003	128	0	0	36	0	107	14	0	285
16/05/2003	129	0	0	45	0	79	18	0	271
17/05/2003	115	0	0	25	0	75	25	0	240
18/05/2003	141	0	0	32	3	73	6	0	255
19/05/2003	148	0	0	40	0	66	15	0	269
20/05/2003	156	0	0	10	0	97	7	0	270
21/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/05/2003	167	0	4	56	13	42	13	4	299
23/05/2003	177	0	0	44	16	52	15	4	308
24/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/05/2003	160	0	0	49	0	42	20	3	274
27/05/2003	123	1	0	58	0	78	13	0	273
28/05/2003	135	0	0	53	0	54	23	0	265
29/05/2003	121	0	5	76	0	59	0	0	261
30/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/05/2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	3237	11	9	1202	198	1649	362	18	6686

RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE MAYO

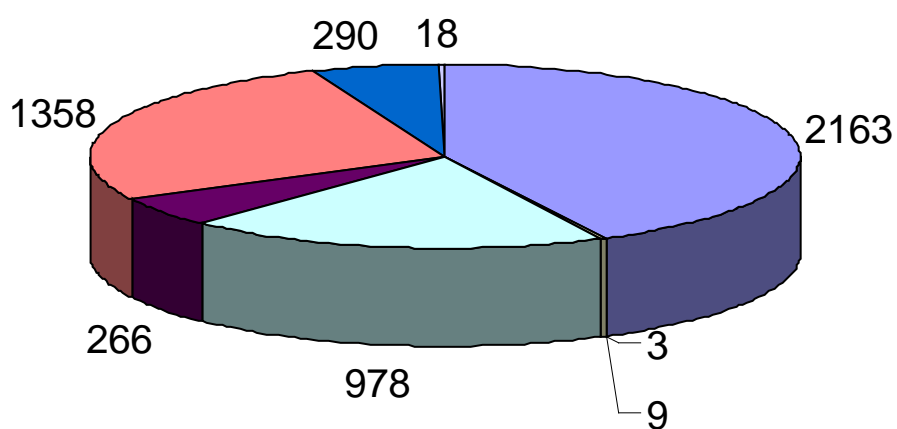


Residuos con hidrocarburo (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)
Tubos de llantas (u)	Papel / Cartón (Kg)
Madera (Kg)	Plástico (Kg)
Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratorio (Kg)

**CUADRO No. 5.5. RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA
ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA “PARAÍSO” EN EL MES DE JUNIO**

FECHA	Residuos con hidrocarburos (Kg)	Corteza y Tubos Orgánicos (Kg)	Papel de Cartón (Kg)	Madera (Kg)	Plásticos (Kg)	Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos de Médicos y laboratorio (Kg)	Total (Kg)
01/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
02/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
03/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
04/06/2003	88	0	0	29	0	63	0	180
05/06/2003	121	0	0	54	9	93	3	280
06/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
07/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
08/06/2003	89	0	0	44	0	37	10	180
09/06/2003	122	0	0	37	12	84	30	285
10/06/2003	105	0	0	34	14	83	14	250
11/06/2003	89	0	0	43	28	71	24	255
12/06/2003	129	0	0	33	34	59	30	285
13/06/2003	125	0	0	52	9	70	14	270
14/06/2003	52	0	0	58	8	87	27	232
15/06/2003	120	0	0	60	3	63	36	282
16/06/2003	120	3	0	60	0	63	12	258
17/06/2003	98	0	0	50	6	74	27	255
18/06/2003	141	0	0	32	3	73	6	255
19/06/2003	132	0	0	56	38	73	0	301
20/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
21/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
22/06/2003	127	0	0	40	29	67	14	286
23/06/2003	146	0	0	56	16	65	0	285
24/06/2003	131	0	0	43	28	69	12	285
25/06/2003	0	0	0	62	29	60	0	152
26/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
27/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
28/06/2003	0	0	0	0	0	0	0	0
29/06/2003	126	0	0	72	0	49	11	260
30/06/2003	102	0	9	63	0	55	20	249
Total	2163	3	9	978	266	1358	290	5085

RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE JUNIO



Residuos con hidrocarburo (Kg)	Corteza y Orgánicos (Kg)
Tubos de llantas (u)	Papel / Cartón (Kg)
Madera (Kg)	Plástico (Kg)
Filtros de aceite / agua / aire (Kg)	Desechos Médicos y laboratorio (Kg)

CUADRO No. 6. CANTIDADES DE CENIZA GENERADA POR LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
FECHA	(Kg)	FECHA	(Kg)	FECHA	(Kg)	FECHA	(Kg)	FECHA	(Kg)
09/02/2003	15	01/03/2003	0	01/04/2003	31	01/05/2003	31	01/06/2003	0
10/02/2003	10	02/03/2003	50	02/04/2003	26	02/05/2003	66	02/06/2003	0
11/02/2003	15	03/03/2003	30	03/04/2003	43	03/05/2003	43	03/06/2003	0
12/02/2003	18	04/03/2003	42	04/04/2003	52	04/05/2003	37	04/06/2003	18
13/02/2003	x	05/03/2003	42	05/04/2003	27	05/05/2003	30	05/06/2003	45
14/02/2003	x	06/03/2003	57	06/04/2003	64	06/05/2003	35	06/06/2003	0
15/02/2003	x	07/03/2003	38	07/04/2003	61	07/05/2003	0	07/06/2003	0
16/02/2003	x	08/03/2003	47	08/04/2003	55	08/05/2003	40	08/06/2003	20
17/02/2003	18	09/03/2003	84	09/04/2003	0	09/05/2003	38	09/06/2003	40
18/02/2003	18	10/03/2003	0	10/04/2003	50	10/05/2003	35	10/06/2003	43
19/02/2003	18	11/03/2003	60	11/04/2003	50	11/05/2003	22	11/06/2003	22
20/02/2003	15	12/03/2003	80	12/04/2003	45	12/05/2003	25	12/06/2003	50
21/02/2003	17	13/03/2003	60	13/04/2003	12	13/05/2003	40	13/06/2003	65
22/02/2003	10	14/03/2003	60	14/04/2003	0	14/05/2003	50	14/06/2003	43
23/02/2003	10	15/03/2003	60	15/04/2003	0	15/05/2003	28	15/06/2003	43
24/02/2003	50	16/03/2003	67	16/04/2003	0	16/05/2003	35	16/06/2003	43

Cuadro No.6
Continuación

25/02/2003	x	17/03/2003	75	17/04/2003	0	17/05/2003	30	17/06/2003	30
26/02/2003	x	18/03/2003	x	18/04/2003	0	18/05/2003	35	18/06/2003	64
27/02/2003	x	19/03/2003	80	19/04/2003	0	19/05/2003	40	19/06/2003	36
28/02/2003	x	20/03/2003	80	20/04/2003	0	20/05/2003	37	20/06/2003	0
		21/03/2003	88	21/04/2003	0	21/05/2003	0	21/06/2003	0
		22/03/2003	54	22/04/2003	0	22/05/2003	36	22/06/2003	41
		23/03/2003	54	23/04/2003	0	23/05/2003	42	23/06/2003	35
		24/03/2003	69	24/04/2003	0	24/05/2003	0	24/06/2003	26
		25/03/2003	58	25/04/2003	54	25/05/2003	0	25/06/2003	34
		26/03/2003	0	26/04/2003	0	26/05/2003	52	26/06/2003	0
		27/03/2003	43	27/04/2003	63	27/05/2003	33	27/06/2003	0
		28/03/2003	43	28/04/2003	43	28/05/2003	41	28/06/2003	0
		29/03/2003	50	29/04/2003	86	29/05/2003	40	29/06/2003	26
		30/03/2003	0	30/04/2003	50	30/05/2003	0	30/06/2003	26
		31/03/2003	0			31/05/2003	0		
Total mes	214		1471		812		941		750

x = no existe dato

**CUADRO No. 7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DE LA
CENIZA**

**CUADRO No. 7.1. CONTENIDO DE OXIDOS DE SILICE,
ALUMINIO Y HIERRO EN LA CENIZA (%)**

PARÁMETRO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	PROMEDIO
O					O
SiO₂ +	72.84	60.06	82.77	69.35	71.25
Insolubles (%)					
Al₂O₃ (%)	0.016	0.022	0.0046	0.003	0.0114
Fe₂O₃ (%)	2.84	3.18	1.18	2.06	2.315

**CUADRO No. 7.2. CONTENIDO DE OXIDOS DE SÍLICE,
ALUMINIO Y HIERRO EN mg/Kg DE CENIZA**

PARAMETRO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	PROMEDIO
SiO₂ +	728400	600600	827700	693500	712550
Insolubles					
Al₂O₃	166	219	46	30	115.25

**CUADRO No. 8. CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LA
CENIZA SIN INERTIZAR (mg kg⁻¹)**

MUESTRA	Plomo	Cromo	Níquel	Cobalto	Zinc	Vanadio	Bario	Cadmio
1*	534	151	107	54	4000	160	82	X
2*	222	212	93	22	2740	136	78	X
3*	142	136	93	14	5380	72	76	X
4**	1345	580	77	46	3450	160	155	2

* Dilución a 100 ml con 5 g de muestra de ceniza

** Dilución a 250 ml con 5 g de muestra de ceniza

X = no se realizó la medición

NOTA: Las lecturas de los metales se realizaron en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la U. Central del Ecuador (Anexo 6)

**CUADRO No. 9. COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA
CENIZA INTEGRADA.**

Diámetro de malla o tamiz = 3 mm

PARTÍCULAS > 3mm

15.39 %

**PARTÍCULAS < 3mm (CENIZA
A INERTIZAR)**

84.61 %

CUADRO No. 10. CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LAS MUESTRAS INERTIZADAS LUEGO DEL ENSAYO DE TCLP. (LIXIVIADO)

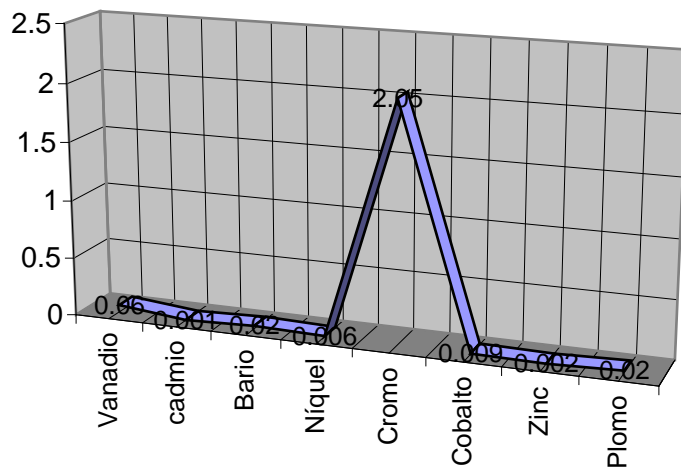
ENSAYOS	Vanadio (mg/l)	Plomo (mg/l)	Niquel (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cadmio (mg/l)	Bario (mg/l)	Cromo (mg/l)	Cobalto (mg/l)
A	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	2.05	<0.009
B	<0.06	<0.02	<0.006	0.010	<0.001	<0.02	2.2	<0.009
C	<0.06	<0.02	<0.006	0.010	<0.001	<0.02	1.64	<0.009
D	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	2.90	<0.009
E	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.38	<0.009
F	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.04	<0.009
G	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.91	<0.009
H	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.16	<0.009
I	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	2.23	<0.009
J	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.78	<0.009
K	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.74	<0.009
L	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	2.20	1.16	<0.009
M	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	2.40	1.51	<0.009
N	<0.06	9.30	0.52	29.0	0.03	<0.02	5.23	0.41
O	<0.06	8.50	0.35	25.4	0.02	<0.02	5.33	0.37
F*	x	x	x	x	x	x	0.77	x

X = no se realizó la medición

NOTA: Las lecturas de los metales se realizaron en el Laboratorio de Ciencias Químicas de la U. Central del Ecuador

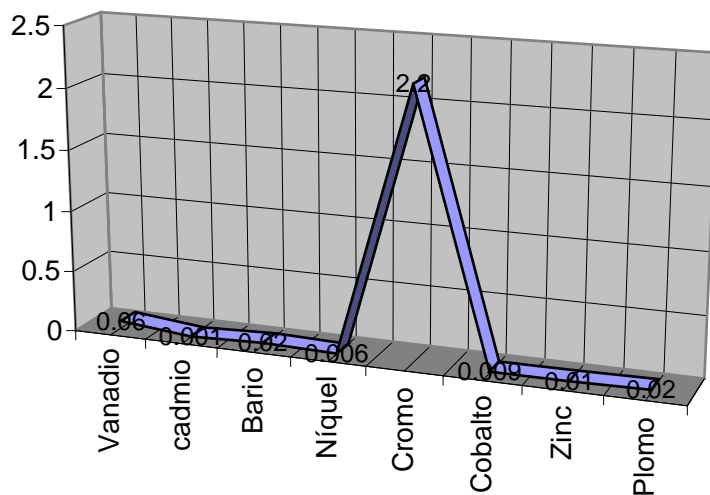
7)

ENSAYO A(ceniza:cemento, 3:1)



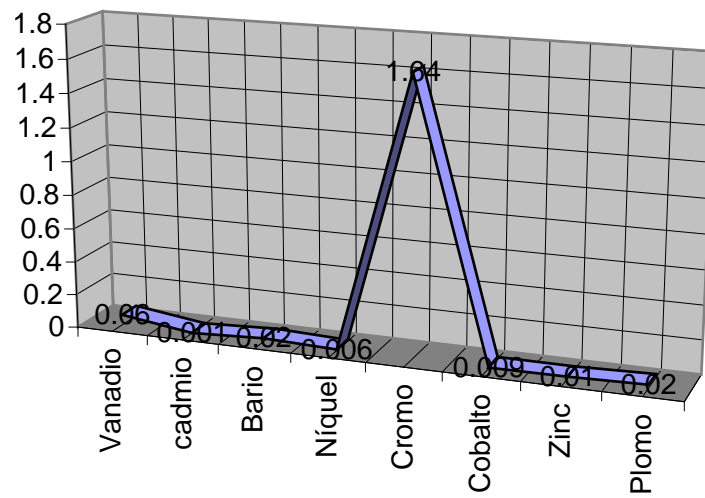
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.05	0.009	0.002	0.02

ENSAYO B (ceniza:cemento:cal, 3:1:1)



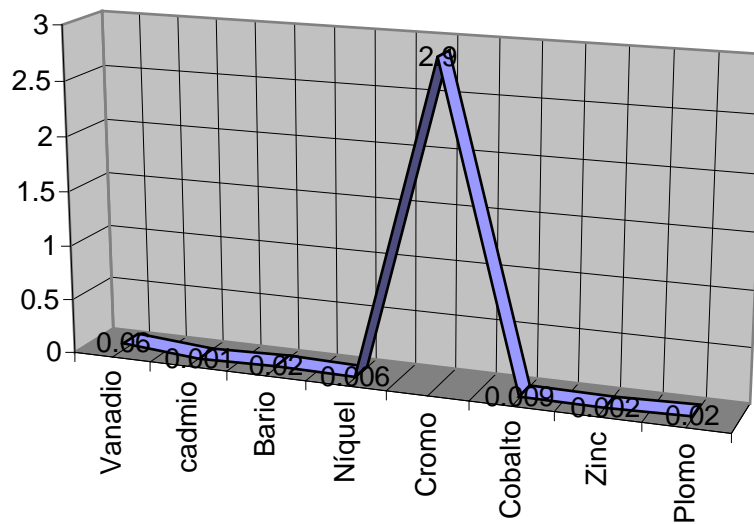
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.2	0.009	0.01	0.02

ENSAYO C (ceniza:cemento:cal:suelo, 3:1:1:1)



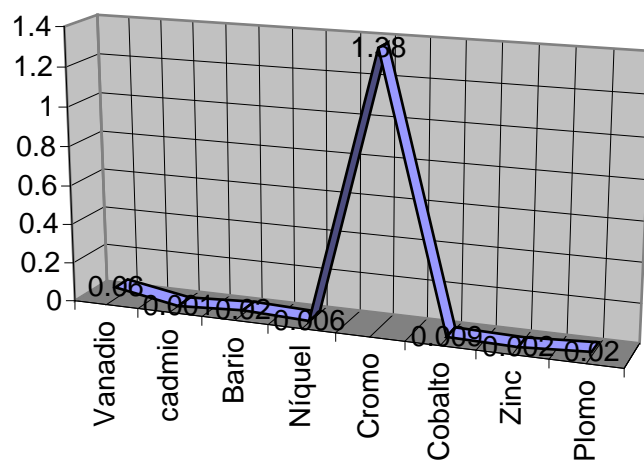
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.64	0.009	0.01	0.02

ENSAYO D (ceniza:cemento, 3:2)



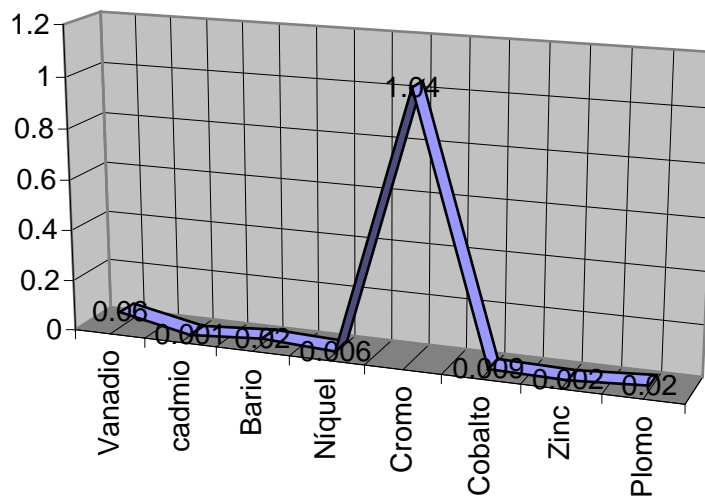
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.9	0.009	0.002	0.02

ENSAYO E (ceniza:cemento:cal, 3:2:1)



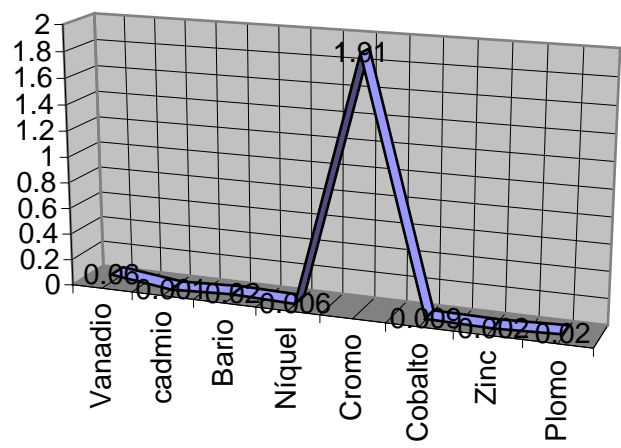
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.38	0.009	0.002	0.02

ENSAYO F (ceniza:cemento:cal:suelo, 3:2:1:1)



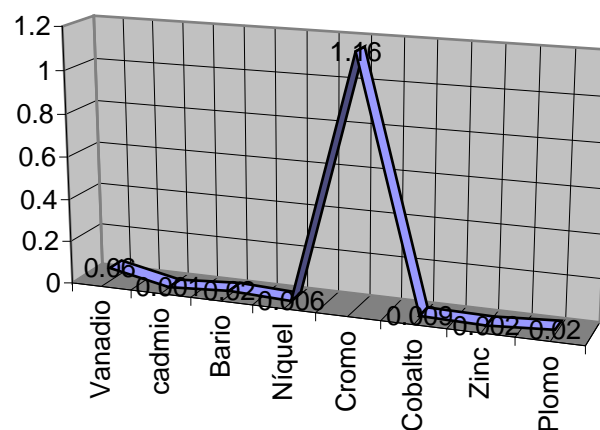
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.04	0.009	0.002	0.02

ENSAYO G (ceniza:cemento:suelo, 3:2:1)



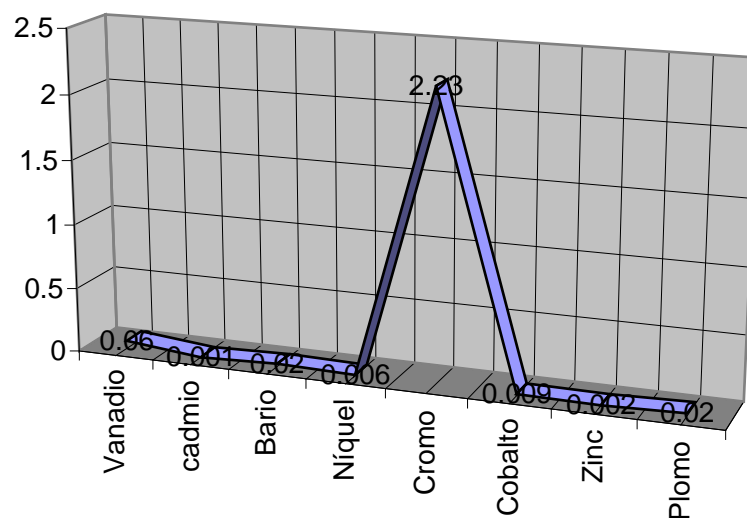
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.91	0.009	0.002	0.02

ENSAYO H (ceniza:cemento:suelo, 3:2:2)



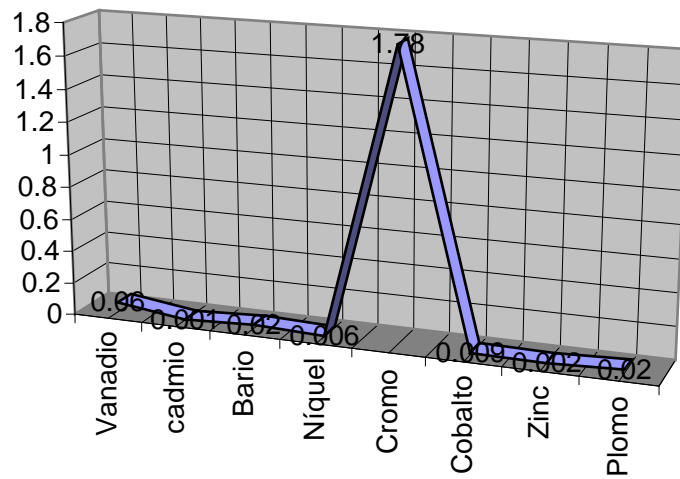
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.16	0.009	0.002	0.02

ENSAYO I (ceniza:cemento:suelo, 3:1:2)



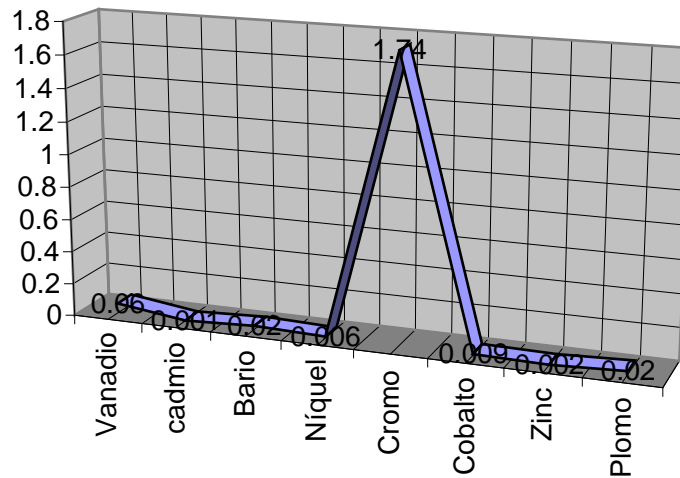
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.23	0.009	0.002	0.02

ENSAYO J (ceniza:cal, 3:1)



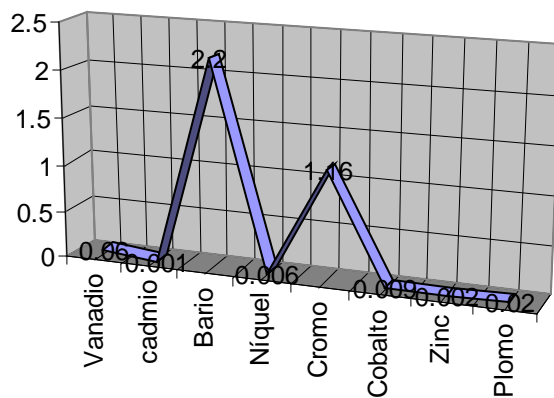
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.78	0.009	0.002	0.02

ENSAYO K (ceniza:cal:suelo, 3:1:1)



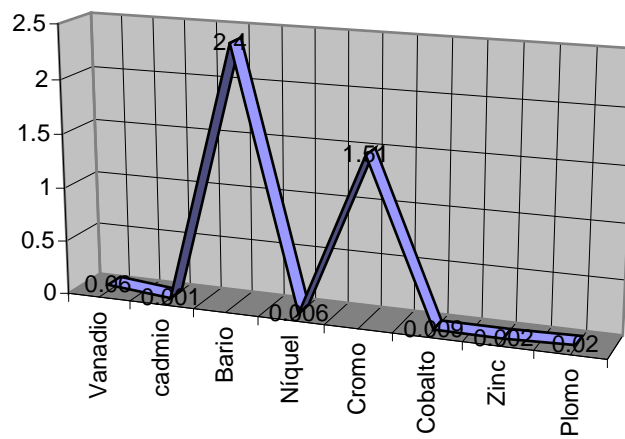
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
■ Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.74	0.009	0.002	0.02

ENSAYO L (ceniza:cal:suelo, 3:2:1)



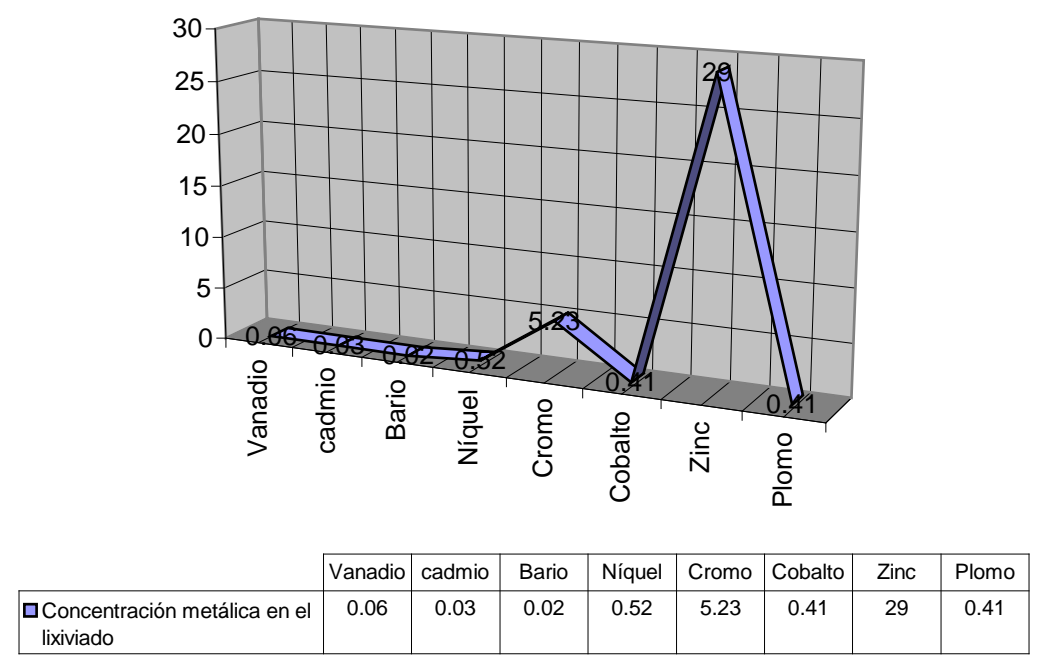
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	2.2	0.006	1.16	0.009	0.002	0.02

ENSAYO M (ceniza:cal, 3:2)

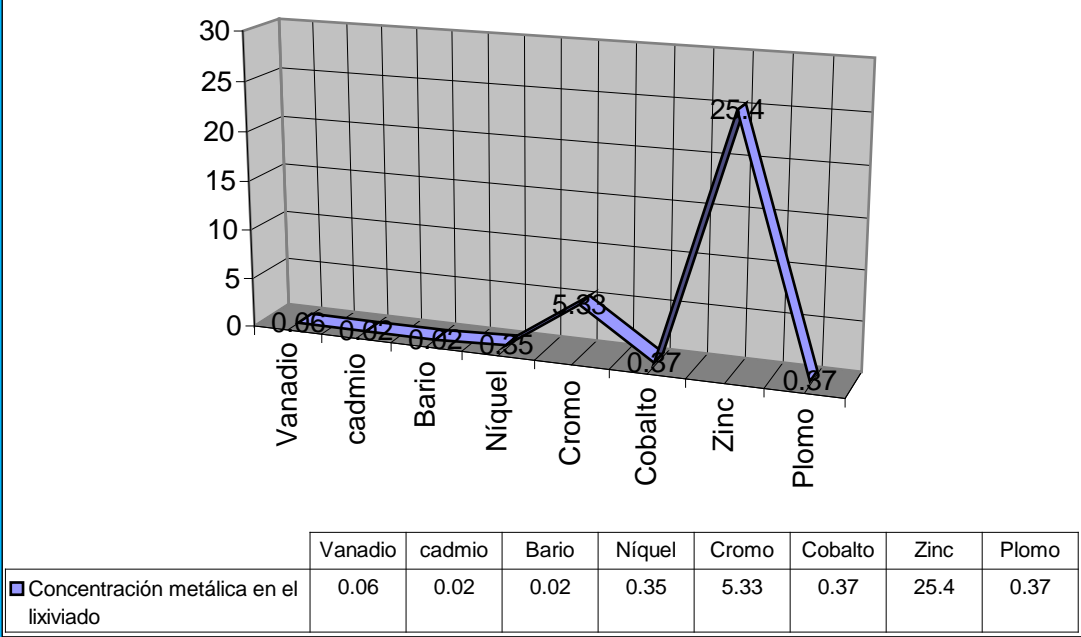


	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	2.4	0.006	1.51	0.009	0.002	0.02

ENSAYO N (ceniza:suelo, 3:1)



ENSAYO O (ceniza:suelo, 3:2)



**CUADRO No. 11. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESI3N EN
BLOQUES RECTANGULARES (PRUEBA DE 7 D^AS)**

ENSAYO y PROPORCIONES (ceniza:cemento:cal:suelo)	SECCI3N (mm ²)	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	DIMENSIONES (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
A (3:1:0)*	45000	132	2.93	300	150	35
B (3:1:1)*	45000	158	3.51	300	150	35
C (3:1:1:1)*	45000	58	1.29	300	150	50
F (3:2:1:1)*	45000	104	2.31	300	150	57
G (3:2:0:1)*	45000	320	4.80	300	150	45

* Nota: Las lecturas de resistencia a los bloques se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Modelos U.C del Ecuador, (Ver Anexo 8 con representaci3n num3rica)

**CUADRO No. 12. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
COMPRESI3N EN BLOQUES RECTANGULARES (PRUEBA DE
14 D^AS)**

ENSAYO Y PROPORCI3N (Ceniza:cemento:ca l)	SECCI3N (mm ²)	CARGA (KN)	ESFUERZ O (MPa)	DIMENSIONES (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
F* (3:2:2)	80000	82	1.03	400	200	55
F* (3:2:2)	80000	92	1.15	400	200	75

F* = muestra F modificada. (Ver en Anexo 9 con representaci3n num3rica)

**CUADRO No. 13. CONCENTRACI3N DE GASES EN LA C3MARA
TERCIARIA DEL INCINERADOR (Pruebas iniciales)**

13 / FEBRERO/ 2003.

MEZCLA = Pl3stico + Papel

	FASES DE INCINERACI3N		
PAR3METRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
CO (ppm)	5	x	19
CO2 (ppm)	11.6	x	11
NOx (ppm)	144	x	47
SO2 (ppm)	0	x	0

X = no se realiz3 la medici3n

MEZCLA = Residuos con hidrocarburos + Pl3sticos

	FASES DE INCINERACI3N		
PAR3METRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
CO (ppm)	7	8	x
CO2 (ppm)	11.4	12	x
NOx (ppm)	79	92	x
SO2 (ppm)	0	0	x

X = no se realiz3 la medici3n

MEZCLA = Plásticos + Residuos con hidrocarburos

FASES DE INCINERACIÓN

PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
CO (ppm)	14	26	x
CO2 (ppm)	07.0	09.9	x
NOx (ppm)	39	89	x
SO2 (ppm)	0	0	x

X = no se realizó la medición

Nota: el primer residuo mencionado es aquel que tiene mayor proporción

**CUADRO No. 14. MEDICIÓN DE GASES EN LA CÁMARA
TERCIARIA DEL INCINERADOR**

01/ JULIO / 2003.

MEZCLA = Plástico + Residuos con hidrocarburo

FASES DE INCINERACIÓN

PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura (°C)			
CO (ppm)	101	92	75
CO2 (ppm)	8.7	8.9	10.8
NOx (ppm)	74	73	62
SO2 (ppm)	0	0	3

MEZCLA = Papel + Plástico

FASES DE INCINERACIÓN

PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura (°C)			
CO (ppm)	89	78	69
CO2 (ppm)	13.3	12.2	10.5
NOx (ppm)	143	123	62
SO2 (ppm)	0	0	5

MEZCLA = Madera + Plástico con hidrocarburo

FASES DE INCINERACIÓN

PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura (°C)			
CO (ppm)	7804	138	69
CO2 (ppm)	15.3	9	5.9
NOx (ppm)	104	112	58
SO2 (ppm)	0	4	5

MEZCLA = Plástico con hidrocarburo + Madera*

FASES DE INCINERACIÓN

PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura (°C)			
CO (ppm)	62	19	39
CO2 (ppm)	10.7	11.1	10.7
NOx (ppm)	68	79	52
SO2 (ppm)	5	0	0

* Poca cantidad de madera

CAPÍTULO IV

CÁLCULOS

4.1. CÁLCULO DE PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS

% de reducción en peso del residuo sólido incinerado = ((Peso inicial del residuo a incinerar – Peso de su ceniza) * 100) / Peso inicial del residuo a incinerar

CUADRO No 15. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS.

CUADRO No. 15.1. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE FEBRERO.

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
10/02/2003	126	10	92.063
11/02/2003	32	15	53.125
12/02/2003	120	18	85.000
13/02/2003	150	x	0.000
18/02/2003	150	18	88.000
19/02/2003	79	18	77.215
20/02/2003	160	15	90.625
21/02/2003	189	17	91.005

22/02/2003	186	10	94.624
23/02/2003	302	10	96.689
24/02/2003	298	50	83.221
PROMEDIO			77.415

**CUADRO No 15.2. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE
MARZO.**

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
02/03/2003	158	50	68.354
03/03/2003	306	30	90.196
04/03/2003	334	42	87.425
05/03/2003	352	42	88.068
06/03/2003	352	57	83.807
07/03/2003	201	38	81.095
08/03/2003	225	47	79.111
09/03/2003	338	84	75.148
10/03/2003	310	60	80.645
12/03/2003	327	80	75.535
13/03/2003	315	60	80.952
14/03/2003	180	60	66.667
15/03/2003	180	60	66.667
16/03/2003	258	67	74.031
17/03/2003	285	75	73.684
19/03/2003	332	80	75.904
20/03/2003	321	80	75.078
21/03/2003	280	88	68.571
22/03/2003	301	54	82.060
23/03/2003	300	54	82.000
24/03/2003	276	28	89.855
27/03/2003	269	43	84.015
28/03/2003	279	43	84.588
29/03/2003	286	50	82.517
PROMEDIO			78.999

**CUADRO No 15.3. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE
ABRIL.**

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
01/04/2003	201	31	84.577
02/04/2003	238	26	89.076
03/04/2003	239	43	82.008
04/04/2003	209	52	75.120
05/04/2003	194	27	86.082
06/04/2003	196	64	67.347
07/04/2003	293	61	79.181
08/04/2003	298	55	81.544
10/04/2003	242	50	79.339
11/04/2003	271	50	81.550
12/04/2003	240	45	81.250
13/04/2003	301	12	96.013
25/04/2003	122	54	55.738
27/04/2003	238	63	73.529
28/04/2003	294	43	85.374
29/04/2003	352	86	75.568
30/04/2003	283	50	82.332
PROMEDIO			79.743

**CUADRO No 15.4. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE
MAYO.**

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
01/05/2003	311	31	90.032
02/05/2003	238	66	72.269
03/05/2003	235	43	81.702
04/05/2003	299	37	87.625
05/05/2003	282	30	89.362
06/05/2003	298	35	88.255
08/05/2003	240	40	83.333
09/05/2003	270	38	85.926
10/05/2003	237	35	85.232
11/05/2003	136	22	83.824
12/05/2003	285	25	91.228
13/05/2003	300	40	86.667
14/05/2003	285	50	82.456
15/05/2003	285	28	90.175
16/05/2003	271	35	87.085
17/05/2003	240	30	87.500
18/05/2003	255	35	86.275
19/05/2003	269	40	85.130
20/05/2003	270	37	86.296
22/05/2003	299	36	87.960
23/05/2003	308	42	86.364
26/05/2003	274	52	81.022
27/05/2003	273	33	87.912
28/05/2003	265	41	84.528
29/05/2003	261	40	84.674
PROMEDIO			85.713

**CUADRO No 15.5. PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN PESO DE
LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN EL MES DE JUNIO.**

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
04/06/2003	180	18	90.000
05/06/2003	280	45	83.929
08/06/2003	180	20	88.889
09/06/2003	285	40	85.965
10/06/2003	250	43	82.800
11/06/2003	255	22	91.373
12/06/2003	285	50	82.456
13/06/2003	270	65	75.926
14/06/2003	232	43	81.466
15/06/2003	282	43	84.752
16/06/2003	258	43	83.333
17/06/2003	255	30	88.235
18/06/2003	255	64	74.902
19/06/2003	301	36	88.040
22/06/2003	286	41	85.664
23/06/2003	285	35	87.719
24/06/2003	285	26	90.877
25/06/2003	152	34	77.632
29/06/2003	260	26	90.000
30/06/2003	249	26	89.558
PROMEDIO			85.176

**CALCULO DEL CONTENIDO DE SiO_2 + Insolubles EN LA
CENIZA EN LA MUESTRA # 3.**

Peso muestra de ceniza = 5 g.

Peso del crisol = 23.6871 g.

Peso del crisol + Ceniza calcinada = 27.8256 g.

$27.8256 - 23.6871 \text{ g} = \text{Peso de } \text{SiO}_2 + \text{Insolubles} = 4.1385 \text{ g.}$

$$\frac{100 \%}{5 \text{ g ceniza}} \times 4.1385 \text{ g residuo} = \% \text{ de } \text{SiO}_2 + \text{Insolubles} = 82.77 \%$$

$82.77 \% = 82.77 \text{ g SiO}_2 / 100 \text{ g de ceniza.}$

$$\frac{82770 \text{ mg (SiO}_2\text{)}}{100 \text{ g ceniza}} \times 1000 \text{ g ceniza} = 827700 \text{ mg / Kg}$$

**CÁLCULO DEL CONTENIDO DE OXIDO DE ALUMINIO (Al_2O_3)
DE LA CENIZA EN LA MUESTRA # 3.**

Peso muestra de ceniza = 5.0 g

Diluciones: 100 ml → 50 ml → 250 ml → Lectura

$$0.46 \times 5 = 2.30 \text{ mg (Al}_2\text{O}_3\text{)}$$

$$\frac{2.30 \text{ mg (Al}_2\text{O}_3\text{)}}{1000 \text{ ml}} \times 100 \text{ ml} = 0.23 \text{ mg (Al}_2\text{O}_3\text{)}$$

0.23 mg	1000 g. Ceniza	= 46 mg /Kg ceniza
5.0 g. ceniza		

$$\frac{0.046 \text{ g Al}_2\text{O}_3}{1000 \text{ g. ceniza}} = 0.000046 \text{ g Al}_2\text{O}_3$$

$$0.000046 \text{ g Al}_2\text{O}_3 * 100 = 0.0046 \%$$

CÁLCULO DEL CONTENIDO DE ÓXIDO DE HIERRO (Fe₂O₃) DE LA CENIZA EN LA MUESTRA # 1.

Peso muestra de ceniza = 5.0 g

Diluciones: 100 ml → 50 ml → 250 ml
↓
1 ml → 100 ml → Lectura

Lectura método HACH DR 4000 = 1.991 mg /l

$$1.991 * 5 * 100 = 995.5 \text{ mg/l Fe}$$

Peso molecular de Fe = 56 mg.

Peso molecular de $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 160 \text{ mg.}$

$$\frac{995.5 \text{ mg Fe}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1422.14 \text{ mg Fe}_2\text{O}_3$$

2Fe

$$\frac{1422.14 \text{ mg Fe}_2\text{O}_3}{\text{Kg ceniza.}} \cdot \frac{100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} \cdot \frac{1000 \text{ g ceniza}}{5 \text{ g ceniza}} = 28442.8 \text{ mg / Kg ceniza.}$$

$$\frac{28.44 \text{ g Fe}_2\text{O}_3}{1000 \text{ g. ceniza}} = 0.0284 \text{ g Fe}_2\text{O}_3$$

$$0.0284 \text{ g Fe}_2\text{O}_3 \cdot 100 = 2.84 \%$$

$$28442.8 \text{ mg / Kg ceniza} / 10000 = 2.84 \%$$

**CUADRO No. 16. EVALUACIÓN DE LOS ÍNDICES DE
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

(2)

M	C
á	o
x	n
i	c
m	e
o	A
p	B
e	C
r	D
m	E
is	F
ib	G
le	H
(I
m	J
g	K
/	L
l)	M
*	N
	O

	a																
	r.																
	m																
	g																
	/																
	l)																
Cadmio	<0.05	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	0.02	
Cromo	<1.0	11.6	2.05	2.2	1.64	2.90	1.38	1.04	1.91	1.16	2.23	1.78	1.74	1.16	1.51	5.23	5.33
Vanadio	<0.2	3.20	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Bario	<5	3.10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	2.20	2.40	<0.02	<0.02
Índice de Contaminación	7.25	0.59	0.63	0.49	0.81	0.43	0.34	0.56	0.37	0.64	0.53	0.52	0.48	0.58	1.53	1.51	

* Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie” (Reglamento Ambiental para operaciones Hidrocarburíferas 1215)

**CUADRO No. 17. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE
DESTRUCCIÓN Y REMOCIÓN**
(DRE = (Lcus – LCtc) / Lcus).

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
Ensayo A			
Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	2.05	0.82
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo B

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	2.2	0.81
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.01	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo C

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.64	0.86
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.01	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo D

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	2.9	0.75
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo E

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.38	0.88
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo F

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.04	0.91
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo G

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.91	0.84
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo H

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.16	0.90
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo I

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	2.23	0.81
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo J			
Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.78	0.85
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo K			
Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.74	0.85
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo L

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.16	0.90
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.002	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	2.2	0.29
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
-----------	--	---	--

Ensayo M

Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.51	0.87
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.001	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	2.4	0.23
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo N

Plomo	26.9	9.3	0.65
Cromo	11.6	5.23	0.55
Niquel	1.53	0.52	0.66
Cobalto	0.91	0.41	0.55
Zinc	69	29	0.58
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.03	0.25

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
------------------	---	--	---

Ensayo O

Plomo	26.9	8.5	0.68
Cromo	11.6	5.33	0.54
Niquel	1.53	0.35	0.77
Cobalto	0.91	0.37	0.59
Zinc	69	25.4	0.63
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	0.02	0.99
Cadmio	0.04	0.02	0.50

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
		Ensayo F*	
Cromo	11.6	0.77	0.93

CÁLCULO DE LA UBICACIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO:

Altura de la chimenea = 31 pies = 945 cm = 9.45 m = 9.5

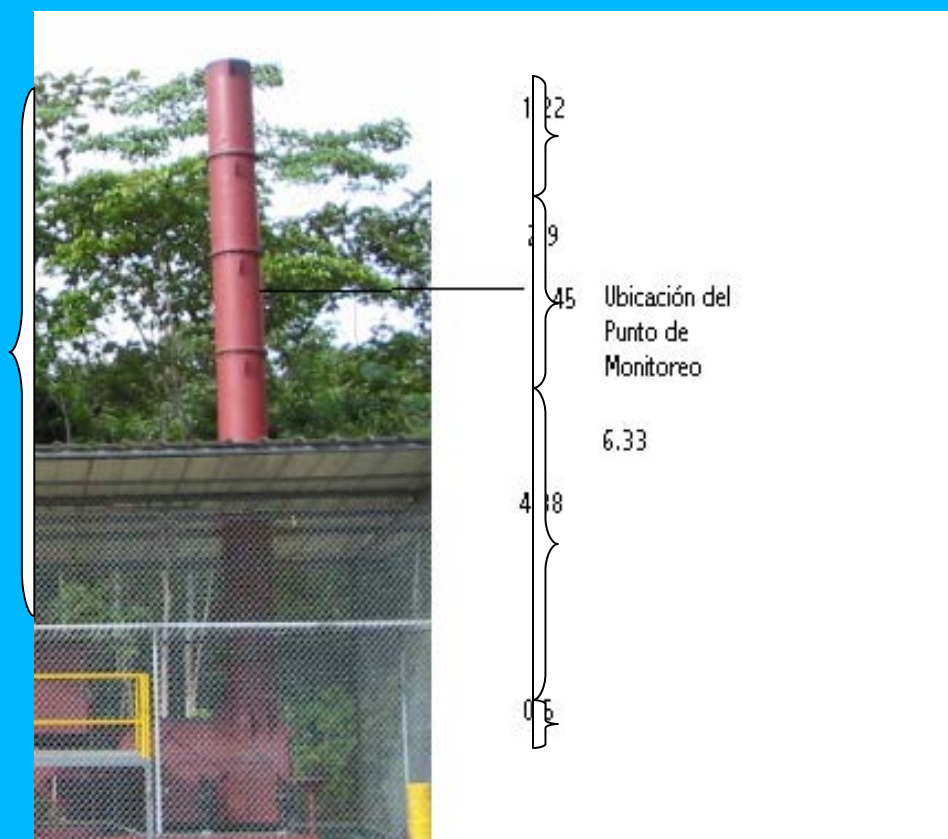
Diámetro externo = 24 pulg. = 60.96 cm = 0.61 m

$$0.61 * 8 = 4.88$$

$$0.61 * 2 = 1.22$$

$$1\text{pulg} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ pie} = 30.48 \text{ cm}$$



CAPITULO V

5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CUADRO No. 17. CONCENTRACION METÁLICA DE ACUERDO A LA COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS.

Composición inicial de la carga (muestra	Unidades	Muestra 1	Muestra 3
---	----------	-----------	-----------

compuesta de un día)

Papel / cartón	Kg	24	15
Madera	Kg	0	6
Plásticos	Kg	20	38
Filtros (aceite/aire)	Kg	17	0
Residuos con HCB's	Kg	52	15
Residuos médicos / laboratorio	Kg	4	0
Orgánicos	Kg	0	29
Tubos de llantas	Kg	3	4
	TOTAL	120	107
PARÁMETRO	UNIDAD		
PLOMO	mg/Kg	534	142
CROMO	mg/Kg	151	136
NÍQUEL	mg/Kg	107	93
COBALTO	mg/Kg	54	14
ZINC	mg/Kg	4000	5380
VANADIO	mg/Kg	160	72
BARIO	mg/Kg	82	76

* METODO APHA 3500 B ABSORCIÓN ATOMICA UC DEL ECUADOR

•La muestra # 1 presenta una concentración elevada de Plomo y Zinc, así como también de Cobalto y Vanadio demostrando que su procedencia se debe a la cantidad elevada de residuos con hidrocarburo, filtros de aceite y tubos de llantas, que fueron incinerados inicialmente. De acuerdo a la tabla No. 1.5 del Capítulo I “*Características, fuente y efectos de los metales pesados analizados en el proyecto*”, se observa también que los desechos médicos generan mayor cantidad de Zinc.

•Sin embargo en la muestra # 3 a pesar de no haber incinerado desechos médicos la concentración de Zinc, es aún más elevada demostrando que la verdadera fuente son los residuos con hidrocarburo, tubos de llantas y posiblemente los plásticos ya que éstos fueron los que se incineraron en mayor cantidad. Las concentraciones de los otros metales analizados son menores a las observadas en la primera muestra. Cabe resaltar que los

residuos orgánicos y la madera también se incineraron en una cantidad considerable, lo cual no ocurrió en la muestra # 1.

- Debido a las características naturales de los suelos arcillosos, se comprobó que la capacidad de éste suelo es adecuada para la retención de metales pesados, una de las causas es el contenido orgánico que éste posea y la cantidad de óxidos de hierro y manganeso, para este estudio se realizó el análisis del contenido orgánico del suelo nativo analizado (Anexo 6), que por su condición de suelo superficial (20 cm de profundidad aproximadamente), y por carecer de vegetación en el sitio o cerca de él, no se obtuvo la mayor cantidad de materia orgánica requerida para una óptima retención, sin embargo los resultados obtenidos con las mezclas con suelo resultaron ser muy eficientes para dicha retención. El valor del contenido orgánico analizado en nuestra muestra de suelo fue de 0.72 %.
- Las mezclas N y O son las que contenían una mayor cantidad de suelo (Ver cuadro No. 1. *“Proporciones de las mezclas utilizadas para el tratamiento de inertización”*), metales como el Plomo, Zinc, Cromo, Cobalto, Cadmio, Níquel, no lograron ser retenidos tan eficientemente como el resto de aglomerantes y el cemento utilizado, sin embargo para el Vanadio y el Bario se obtuvo un índice de eficiencia de retención de 0.98 y 0.99 respectivamente, demostrando que el suelo a pesar de las características del sitio donde fue recogido, si posee capacidad de retención de metales pesados.
- De acuerdo al cuadro No. 10. *“Concentración de metales pesados en las muestras inertizadas luego del ensayo de TCLP (LIXIVIADO)”* Las

mezclas: ceniza, cal y ceniza, cal , suelo, (L y M), no resultaron ser tan eficientes para la retención de Bario, ya que sus cantidades superan la concentración del resto de mezclas realizadas.

- En base al cuadro No. 16 “*Evaluación de los índices de contaminación ambiental*”, se puede apreciar que la inertización logró retener a todos los metales pesados contenidos en la ceniza, sin embargo el Cromo, no llega a considerarse dentro del máximo permitido, excepto la muestra F que llega al límite máximo. Por lo tanto el ensayo F es aquel que ha obtenido la mejor eficiencia de inertización en relación a los índices de contaminación calculados.
- Debido a la propiedad de retención de metales que demostró la cal en los ensayos realizados, la muestra F fue modificada para lograr una mejor retención de Cromo, se utilizó la proporción ceniza, cemento, cal, 3:2:2, además para comprobar si se puede mejorar la resistencia a la compresión en los bloques rectangulares, en una prueba de 14 días.
- En base a los resultados emitidos luego de las pruebas de resistencia a la compresión, en el ensayo de siete días (Ver cuadro No. 11 *Resultados de los ensayos de compresión en bloques rectangulares y Anexo 6, (prueba de 7 días)*), el Ensayo G se presenta como aquel que posee la mayor resistencia, seguido por el ensayo B.
- Las mezclas C fue aquella que obtuvo la menor resistencia a la compresión presentando un valor de 1.29 Mpa.
- Para el ensayo F, que es aquel que presenta una matriz de retención de metales contaminantes mucho mas eficiente que el resto de mezclas, su resistencia es de 2.31 MPa. Lo cual nos indica que la prueba de siete días

si presenta la resistencia requerida para disponer a los bloques en un sitio de exposición al ambiente.

- En la prueba de 14 días realizada a la mezcla F modificada, se pudo apreciar la disminución de la resistencia a la compresión, generando un valor de 1.15 MPa., que es menor, al valor generado en el ensayo de 7 días con la mezcla original que incluía suelo nativo.
- En cuanto a las concentraciones de gases de la cámara terciaria del incinerador, se puede apreciar de acuerdo al cuadro No. 13 que la mezcla de residuos sólidos incinerados: plástico + papel, indican que en el caso de CO, la mayor concentración se produce en el proceso final de incineración, mientras que el CO₂ permanece mas o menos constante**
- Al iniciar el proceso de incineración, normalmente se genera una mayor cantidad de óxidos de nitrógeno debido a la cantidad de oxígeno que los sopladores emiten, ya al final del proceso la cantidad disminuye debido a que se ha alcanzado un estado de oxidación más estable para la realización del proceso.
- Para la mezcla de residuos con hidrocarburo + plásticos, el CO y CO₂ en éste caso permanecen mas o menos constante ya que entre los procesos de inicio e intermedio no se aprecian grandes diferencias de tiempo, y en general para los tres procesos divididos para éste análisis no existe un tiempo aproximado de 20 minutos.
- En éste caso la concentración de óxidos de nitrógeno es mas elevada en el proceso intermedio ya que los sopladores actúan de una forma completa

mucho mayor que el inicio del proceso, ya que se está combustionando y para ello la cantidad de oxígeno aumenta en mayor cantidad.

- Analizando la mezcla plásticos en mayor cantidad + residuos con hidrocarburos, por tener una capacidad calorífica mas elevada que los demás y por su condición de combustibles genera una mayor cantidad de CO en el proceso intermedio.
- El CO₂ permanece mas o menos constante sin elevar su concentración a > 1ppm.
- Los óxidos de nitrógeno como en los casos anteriores se aprecia su aumento en el proceso intermedio.
- Para el análisis de los gases en la cámara terciaria realizados en el mes de julio, la mezcla plástico + residuos con hidrocarburo, se aprecia que en el proceso inicial se genera una mayor cantidad de CO, apreciando en el proceso final, su disminución.**
- El valor de la concentración de CO₂ continúa siendo mas o menos constante como en los casos anteriores.
- Para los óxidos de nitrógeno, las concentraciones, no tienen una mayor variación.
- Generalmente las concentraciones de óxidos de azufre permanecen con valores de 0, sin embargo en éste caso se observa un pequeño aumento en el proceso final, debido al tipo de residuo incinerado.

- En el caso de la incineración de madera principalmente por contener mayor cantidad que los residuos con hidrocarburos, se observa una cantidad de CO mucho más elevada en el proceso inicial, que en los procesos intermedio y final, esto puede generarse debido a las características de la madera que actúa como combustible idóneo para la incineración de residuos sólidos y mucho más por no presentar ningún porcentaje de humedad.
- El CO₂ sufrió variaciones que en los casos anteriores no se presentó generando al inicio del proceso una mayor concentración.
- Para el caso de los óxidos de nitrógeno la concentración fue mayor en el proceso intermedio.
- Los óxidos de azufre aumentaron en un grado mínimo en los procesos intermedio y final.

En base a los cuadros No. 2, 3, y 4, podemos conocer las cantidades y el destino final de los residuos sólidos generados en el bloque 16, durante los meses de los cuales se obtuvo información en los meses de la realización del proyecto.

Total residuos sólidos que se debían incinerar (%)	Total residuos sólidos que se incineraron (%)	Total de residuos sólidos dispuestos a evacuación, reciclaje, reutilización, y disposición final en vertederos
---	--	---

						de seguridad (%)		
Abril	May	Junio	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio
50.6	72.9	82.37	12	17.41	17.52	49.39	27.08	17.63
1	2							

Analizando la generación de residuos sólidos desde el mes de febrero, donde se inició el proceso de incineración, podemos deducir que no todos los meses se podrá incinerar la cantidad exacta a la de la generación de residuos sólidos, ya que el equipo tiene un límite de incineración diario que es de 8-10 horas, además no todos los días se produce una incineración constante debido a situaciones como: mantenimiento del sistema, mantenimiento del generador, cambios de gas propano, clima, etc.

- En base a los cálculos realizados que se encuentran en el cuadro No. 15 *“Porcentaje de reducción en peso de los residuos sólidos incinerados”*, con la aplicación del sistema de incineración se comprobó que el promedio de la reducción del volumen de residuos sólidos es del 81.41%, por lo tanto la eficiencia del sistema de incineración con respecto a la reducción de volumen de residuos es muy óptima.
- Para analizar la eficiencia del tratamiento de estabilización y solidificación de cenizas se realizó el cálculo del índice de contaminación ambiental, comparando los resultados de las concentraciones de metales pesados contenidas en los lixiviados de las 15 muestras, con los datos de la tabla No. 1.14 *“Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripsos de perforación en superficie”* (Reglamento Ambiental para operaciones Hidrocarburíferas 1215) (Capítulo I).

- Otro método aplicado para evaluar la eficacia de la estabilización fueron los índices utilizados por la EPA para fijar metas de remediación, el índice DRE (Destruction and removal efficiencies), o Índice de eficiencia de destrucción y remoción.
- El valor del índice de eficiencia de destrucción y remoción en los bloques inertizados, presenta el valor de 1 o aproximado a él, para aquellos metales que fueron retenidos de forma muy eficiente, para aquellos valores que sean inferiores a 1, significa que la eficiencia disminuye. (Ver resultados cuadro No. 17 Capítulo IV.)

CAPITULO VI

6.1. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos muestran que con el conocimiento de las características de los residuos a incinerar, se puede establecer las mezclas apropiadas para un adecuado funcionamiento del incinerador, para optimización de tiempos de residencia, temperaturas, y turbulencia.
- El incinerador alcanza temperaturas superiores a 1000°C, por lo tanto no existe riesgo de generación de dioxinas y furanos.
- La concentración de metales pesados en la ceniza no depende de la cantidad de residuos que se vayan a incinerar sino del tipo de residuo, por eso es necesario dosificar las mezclas de residuos dispuestos a incineración de tal forma que se evite generar una mayor concentración de un determinado metal, tratando que sean mas o menos constantes.

- El promedio de la reducción en peso de los residuos sólidos incinerados en los meses de estudio es de 81.41 %.
- La cantidad de SiO₂ que contiene la ceniza tiene un promedio de 71.25 %, por lo tanto es un elemento puzolánico que va a actuar con un aglomerante como el cemento para iniciar un proceso de solidificación, es decir el material provee las características adecuadas para la formación de las matrices sólidas realizadas.
- El porcentaje del contenido de Al₂O₃ y Fe₂O₃, en la ceniza, es de 0.0114 y 2.315 % respectivamente, que corresponden a valores muy bajos comparados con los de SiO₂.
- De acuerdo al análisis del contenido de materia orgánica, el suelo no es apto para una óptima retención de metales pesados, ya que su valor fue de 0.72 %, pero si es apto para la resistencia de los bloques.
- La caracterización físico-química de la ceniza indica que los valores de metales pesados en ella contenidos, superan los límites de emisión establecidos en la Legislación Ecuatoriana (Reglamento 1215, “*Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie*”).(Tabla 1.14 capítulo I).
- La ceniza posee una concentración elevada de Zinc y Plomo especialmente, el Cromo y Vanadio también adquieren un valor considerable así como el Níquel, Bario y Cobalto, siendo el Cadmio, aquel que posee una cantidad inferior comparada con los anteriores metales.

- La ceniza tamizada útil para el tratamiento de estabilización corresponde a un valor aproximado de 85%, mientras que el resto del residuo, conocido como “escoria”, debe separarse para disponerle en un sitio de seguridad.
- En los ensayos de lixiviación luego del tratamiento de inertización, las muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, y O, presentan un contenido de Vanadio de < 0.06 ppm, por lo tanto el tratamiento con todas las mezclas es eficiente para éste metal.
- Las muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M, presentan una retención eficiente de Plomo de < 0.02 ppm, lo cual no ocurrió para las muestras N y O, cuya eficiencia se redujo, presentando una concentración de 9.30 y 8.50 ppm, respectivamente.
- En cuanto al Níquel la eficiencia fue aún mejor que en el caso anterior para las muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M, ya que presentaron una concentración < 0.006 ppm, sin embargo para las muestras N y O se presentaron valores de 0.52 y 0.35 ppm, respectivamente.
- El Cadmio fue aquel que presentó en las muestras, A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, y M, la menor concentración, con un valor de < 0.001 ppm, y para las muestras N y O un valor de 0.03 y 0.02 ppm
- La retención de Cobalto igualmente fue muy efectiva, presentando una concentración < 0.009 ppm , para las muestras A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, y M, y una concentración de 0.41 y 0.37 ppm, para las mezclas N y O.

- Las muestras A, B, C, E, F, G, H, I, J, y K, presentaron una concentración de Bario < 0.02 ppm, para las mezclas L y M su concentración se incrementó generando un valor de 2.20 y 2.40 ppm, respectivamente, y nuevamente para las mezclas N y O el valor se redujo a < 0.02 ppm, como en los anteriores.
- En el caso del Cromo se presentaron concentraciones muy variadas para cada una de las 15 mezclas inertizadas, las mezclas A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, y M, mantienen mas o menos un rango de 1 a 3 ppm, mientras que para las mezclas N y O el valor incrementa hasta 5.23 y 5.33 ppm, respectivamente.
- El Zinc fue el metal que no obtuvo una retención eficiente en las mezclas N y O, generando concentraciones de 29.0 y 25.4 ppm, mientras que para las mezclas A, D, E, F, G, H, I, J, K, L, y M su valor fue < 0.002 ppm.
- La variación de las concentraciones de los metales analizados depende del tipo de material y las proporciones con las que cada una de las mezclas fueron elaboradas.
- Para el caso del Cromo, que obtuvo una variación en todos los casos, además del tipo de aglomerante y la proporción escogida para cada mezcla, su variación se debe a la movilidad del metal y por lo tanto a su valencia + 6.
- Para las mezclas N y O, la deficiente retención de Zinc, se debe a la presencia del suelo como material inertizante, sin embargo para el

Bario y Vanadio fue muy eficiente, incluso mas que otras mezclas que carecían de suelo en sus proporciones.

- Para las muestras L y M cuyas proporciones incluían cal hidratada, suelo, y carecían de cemento, el Bario aumento su concentración dejando apreciar la disminución de la eficiencia del material (cal hidratada) para la retención de éste metal.
- La mezcla F fue aquella que más se acercó al valor permitido de la Norma, generando la mejor retención de Cromo debido a las proporciones que incluían cal hidratada, determinado así la eficiencia de éste material, para la retención del metal.
- Para el ensayo F* cuyo objetivo era mejorar la capacidad de retención de Cromo se obtuvo un valor de 0.77 ppm, por lo tanto se ubica dentro del límite permitido según el Reglamento 1215 *“Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie”* cuyo valor es < 1.00 ppm.
- Las mezclas N y O, en cuyas proporciones se asignaron cantidades de suelo nativo muestran que la eficiencia del tratamiento es buena, sin embargo la resistencia del bloque es mínima , lo cual indica que no se podría dar ningún uso, solamente disposición en vertedero.
- Dependiendo del tipo de residuo incinerado se podrá apreciar la variación de las concentraciones de los gases analizados en la cámara terciaria, además de la fase del proceso donde se toman los datos.

- Principalmente para el valor de CO₂, se puede observar el incremento de su concentración en segundos, debido a la incineración de hidrocarburos y por la rapidez de la volatilización.
- El puerto de monitoreo de gases debe ubicarse a 2.67 m desde la parte superior de la chimenea. (Ver Capítulo IV).
- De acuerdo a los resultados de resistencia a la compresión en la prueba de 7 días, los bloques con cargas máximas de compresión soportan aproximadamente de 13 a 49 Kg / cm².
- Con los datos de resistencia obtenidos en la prueba de 14 días para la mezcla F*, se obtuvo un valor de 11.5 Kg / cm², por lo tanto ésta mezcla es la ideal para la retención de metales pesados como objetivo principal, y además para la utilización de sus bloques en sitios donde la compresión no supere su límite de carga máxima.

6.2 RECOMENDACIONES

- La generación de residuos sólidos, debe reducirse mediante un Plan de minimización y utilización de materiales.
- Es necesario mezclar diferentes tipos de residuos para el proceso de incineración, evitando en lo posible colocar vidrio, además como recomendación del fabricante se menciona guardar la basura que se conozca que contiene vidrio para el final de la operación del día, con el fin de evitar que el vidrio fundido se adhiera a la línea de refracción del incinerador.
- Es necesario proteger la chimenea de los gases de escape que debido a la lluvia se precipitan y generan corrosión, para ello se puede aplicar un sistema de adsorción para lavado de gases, además es importante realizar la medición del diámetro de chimenea como mantenimiento preventivo para conocer si ha sufrido desgaste.
- Es necesario retirar de las cenizas, los restos de alambres y esqueletos para enviar a chatarra, y como actividad previa al inicio del tratamiento de inertización.
- Se deben aplicar técnicas de medición confiables, para vigilar las emisiones gaseosas, con el fin de asegurar de que se ajusten a los valores límite de emisión.
- Es muy importante mantener un programa de monitoreo de emisiones de gases del incinerador, con el fin de dar seguridad en la prevención de emisiones perjudiciales El programa de monitoreo debe contener la determinación de metales pesados, gases, material particulado, y dioxinas y furanos si fuera posible.

- Cuando se incineran hidrocarburos halogenados, deben mantenerse temperaturas entre 900 y 1050°C, para evitar la formación de compuestos clorados tóxicos para el ambiente.
- Debido a la resistencia generada en la mezcla F*, y por ser la ideal para el tratamiento de inertización, la utilidad que se puede dar a los bloques consiste desde disposición para bordes de caminos, o mejor aún para confinar espacios donde se puedan adecuar celdas para encapsulamiento de residuos peligrosos, por medio de la formación de muros que no deben superar la altura de 1.5 m, ya que su resistencia no es óptima para alturas superiores a ésta.

BIBLIOGRAFIA

- **Guía para la elaboración del Manual de Procedimientos de Seguridad, REPSOL YPF**, Intranet REPSOL YPF.
- **Reglamento que establece Normas Generales de Emisión para Fuentes Fijas de Combustión y los Métodos Generales de Medición.** Acuerdo Ministerial 883 Suplemento 303, Octubre 1993.
- **Reglamento Sustitutivo al Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador.** Decreto Ejecutivo 1215, Febrero de 2001.

- Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos, Acuerdo Ministerial 14630** Registro Oficial 991 Agosto 1992.

- CORAL, K.** 1997. MANUAL DE INGENIERIA AMBIENTAL. Ecuador.

- BARNUEVO, G ; MACHADO, K.** 2001. ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACIÓN DE LOS LODOS PROVENIENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE UNA ENSAMBLADORA DE AUTOS. Ecuador.

- OVIEDO, J; CORAL, K.** 2000. INERTIZACIÓN Y POSIBLE SUSOS DE LA CENIZA PRODUCIDA POR EL INCINERADOR DE LA COMPAÑÍA OCCIDENTAL. Ecuador.

- KEIL, F.** 1983. CEMENTO: FABRICACIÓN, PROPIEDADES, APLICACIONES. Editores Técnicos Asociados, S.A. Primera edición.

- LAGREGA, M; BUCKINGHAM, P; EVANS, J.** 1996. GESTIÓN DE RESIDUOS TÓXICOS: TRATAMIENTO, ELIMINACIÓN Y RECUPERACIÓN DE SUELOS. McGraw-Hill / Interamericana de España. Primera edición.

- PROCEDIMIENTOS HACH.** 1992 WATER WASTE ANÁLISIS HANDBOOK. Segunda Edición. Estados Unidos.

- www.bravoenergy.com

- becsa@bravoenergy.com

- <http://www.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano/sancho/documentos/Cap.%20VI.doc>.

- <http://www.lenntech.com/espanol/metales%20pesados.htm>

- <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/proced.htm>

- http://216.239.37.104/search?q=cache:ANcWA5EdP8sJ:www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts33.pdf+caracteristicas+del+cobalto&hl=es&lr=&lang=es&ie=UTF-8

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA 8: Reglamento Ambiental 1215: Clasificación de desechos procedentes de todas las fases y operaciones Hidrocarburíferas, y recomendaciones de reducción, tratamiento y disposición.

A) Desechos caracterizados como peligrosos (conforme a la clasificación de desechos peligrosos del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, vigente desde 1992):

Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
A0010	Desechos de detectores de radioactividad	
A0046	Desechos sanitarios con características infecciosas	
A1010	Desechos metálicos o que contengan metales tales como antimonio, arsénico, berilio, cadmio, plomo, mercurio, selenio, telurio y/o talio.	Incluye entre otros, cenizas de incineradores inertización/solidificación; disposición controlada.
A1040	Desechos que tengan como constituyentes carbonilos de metal y/o cromo hexavalente.	
A2030	Desechos de catalizadores	Regeneración y reutilización en cuanto sea posible.
A3010	Desechos resultantes de la	

	producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto.	
A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados.	Recuperación, tratamiento, reutilización adecuada
A3021	Desechos de filtros de aceite, filtros hidráulicos, etc	
A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de líquido o de lodo.	
A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados	
A3150	Desechos de disolventes orgánicos halogenados	
A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos.	
A4020	Desechos clínicos y afines	
A4030	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados o no aptos para el uso	

- previsto originalmente.
- A4060 Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
- A4070 Desechos resultantes de la producción, preparación, y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.
- A4080 Desechos de carácter explosivo
- A4091 Desechos de soluciones ácidas con $\text{pH} < 2$
- A4092 Desechos de soluciones básicas con $\text{pH} > 11.5$
- A4100 Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de gases.
- A4120 Desechos que contienen, consisten o están contaminados con peróxidos.
- A4130 Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias o materiales incluidos en ésta lista.
- A4140 Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados

correspondientes a las categorías de ésta lista.

- A4150 Sustancias químicas de desechos, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.
- A4160 Carbono activado consumido, excepto el resultante del tratamiento del agua potable.

B) Desechos no caracterizados como peligrosos: (sujetos a control conforme a éste Reglamento)

Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
B0045	Desechos domésticos inorgánicos controlada.	Clasificación; disposición
B0046	Desechos domésticos orgánicos compostaje.	Clasificación
B2011	Ripios	Disposición controlada
B2020	Desechos de vidrio.	Clasificación; reciclaje
B2041	Agua de formación	Reinyección
B2042	Sedimentos de perforación y fondos contaminados del almacenamiento o depósito de	Disposición controlada de sólidos

	desperdicios no peligrosos.	
B3001	Tierra con hidrocarburos	Prevención de derrames; Bioremediación, landfarming.
B3002	Lodos y arena contaminados con hidrocarburos	Bioremediación, landfarming
B3003	Hidrocarburos recuperados en el flujo de producción y/o tratamiento de efluentes.	Reincorporación al proceso de producción.
B3004	Desechos de petróleo crudo	Reincorporación al proceso de producción.
B3005	Gases retirados del flujo de producción tales como: sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono, y otros hidrocarburos volatilizados.	Recuperación y tratamiento dentro de los procesos de producción.
B3006	Fluidos y lodos de perforación.	Priorización de lodos de perforación base de agua; reciclaje de lodos; tratamiento de sedimentación y decantación; reinyección de líquidos; disposición controlada de sólidos.
B3010	Desechos de plástico.	Clasificación; reciclaje.
B3020	Desechos de papel, cartón y productos de papel.	Clasificación; reciclaje.
B3030	Desechos textiles.	Clasificación; reciclaje.
B3150	Otros desechos inorgánicos	Clasificación;

industriales no clasificados como disposición controlada.
peligrosos. Especificar

ANEXO 2

Art.31.- Manejo y tratamiento de desechos sólidos: Las plataformas e instalaciones deben ser mantenidas libres de desechos sólidos. Ningún tipo de desechos, material de suelo o vegetal será depositado en cuerpos de agua o drenajes naturales. Las operadoras presentarán en el Plan de Manejo Ambiental el sistema de clasificación, tratamiento y reciclaje y/o reuso de los desechos sólidos así como las tecnologías para la disposición final, inclusive los acuerdos con municipios, empresas especializadas u otras operadoras de basureros o rellenos sanitarios, cuando fuera el caso:

- Desechos inorgánicos:** Los desechos no biodegradables provenientes de la actividad, deberán ser clasificados y evacuados de las áreas de operaciones para su tratamiento, reciclaje y/o disposición, o enterrados en fosas debidamente impermeabilizadas, como se describe específicamente en el Plan de Manejo Ambiental;
- Desechos orgánicos:** Los desechos biodegradables serán procesados mediante tecnologías ambientalmente aceptadas de acuerdo con lo aprobado en el Plan de Manejo Ambiental respectivo;

- Rellenos sanitarios:** Los lixiviados provenientes de rellenos sanitarios deberán ser controlados a través de sistemas adecuados de canales que permitan su tratamiento previo a la descarga, para la cual cumplirán con los parámetros y límites establecidos en las Tablas No. 4 y 5 del Anexo No. 2 de éste Reglamento; e,
- Incineración:** Para la incineración de desechos sólidos se presentarán en el Plan de Manejo Ambiental la lista y las características principales de los desechos, los métodos y características técnicas del incinerador y del proceso, así como el tratamiento y la disposición final de los residuos. Las emisiones atmosféricas de dicho proceso se deberán controlar y monitorear a fin de cumplir con los parámetros y valores máximos referenciales que constan en la Tabla No. 3 del Anexo 2 de éste Reglamento

ANEXO 3

REGISTRO DE INCINERACIÓN

REGISTRO No.		PESO DE LA CENIZA ANTERIOR (Kg)	
FECHA:		HORA DE INICIO	
NOMBRE DEL OPERADOR:		HORA DE FINALIZACIÓN	
<div>Residuos</div> <div>Material contaminado</div> <div>Filtros</div>			
<div>Papel médico</div> <div>Plásticos</div> <div>aceite</div> <div>Temperatura</div>			
<div>Cartón</div> <div>Laboratorio</div> <div>hidrocarburos</div> <div>Temperatura</div>			
<div>No. Ciclo</div> <div>(Kg)</div> <div>(Kg)</div> <div>(Kg)</div> <div>(Kg)</div> <div>Temperatura</div> <div>(°C)</div> <div>(°C)</div> <div>Hora</div> <div>Observaciones</div>			

ANEXO 4

PROCEDIMIENTO HACH DR 4000 PARA DETERMINACIÓN DE ÓXIDO DE ALUMINIO

Método: Aluminon (0 – 0.800 mg/l)

- Para cada una de las muestras digeridas para el análisis de SiO_2 , determinar en el extracto la cantidad de óxido de aluminio.
- La pantalla indicará HACH PROGRAM: 1000 Aluminum Aluminon, la longitud de onda 522 nm, se presentará automáticamente.
- Colocar 50 ml de la muestra en una probeta de 50 ml (Previamente lavar la probeta con ácido clorhídrico 1:1 y agua destilada para evitar los errores que generan los contaminantes al ser absorbidos por el vidrio).
- Añadir el contenido de la almohadilla de Ácido Ascórbico e invertir varias veces hasta disolver el polvo.
- Añadir el contenido de la almohadilla de Aluver 3 Aluminon, presionar la tecla START TIMER en el equipo para que durante un minuto se invierta la probeta hasta disolver el polvo.
- Colocar 25 ml de ésta muestra en una celda para la lectura del óxido de aluminio.
- Añadir el contenido de una almohadilla de Bleaching 3 al resto de muestra presente en la probeta, presionar el botón START TIMER y agitar la mezcla durante 30 segundos. (La solución tomará una coloración anaranjada).
- Colocar el resto de la muestra de la probeta en una celda para la lectura del blanco.
- Presionar la tecla START TIMER y un período de reacción de 15 minutos empezará.
- Antes de cinco minutos de que la alarma suene, colocar el blanco en el equipo.

- Presionar la tecla ZERO para encerrar el equipo con el blanco.
- Inmediatamente colocar la muestra dentro del equipo, cerrar la tapa y el resultado de óxido de aluminio se presentará en la pantalla.

ANEXO 5

PROCEDIMIENTO HACH PARA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN EL SUELO

- Ingresar el programa para materia orgánica en el suelo presionando 420 READ/ ENTER, la pantalla indicará colocar una longitud de onda de 610nm.
- Girar la perilla del equipo hasta colocar la longitud de onda requerida.
- Presionar READ ENTER y la pantalla mostrará % ORGANIC'S.
- Pesar 1.0 g de suelo y transferir a un erlenmeyer.
- Adicionar 10.0 ml de 1.000 N de la solución de Dicromato en un erlenmeyer de 250 ml donde se colocó la muestra de suelo.
- Preparar el blanco adicionando 10.0 ml de 1.00 N de la solución de dicromato de potasio en un erlenmeyer vacío de 250 ml.
- Agregar 20.0 ml de la solución de ácido sulfúrico concentrado en cada erlenmeyer.
- Cubrir cada erlenmeyer con otro de 50 ml, Mezclar suavemente y colocar en un lugar frío.
- Presionar la tecla SHIFT TIMER, y un período de 10 minutos de reacción empezará.
- Cuando la alarma suene la pantalla indicara % ORGANIC'S, inmediatamente colocar usando una probeta ,100 ml de agua destilada a cada erlenmeyer, y luego agitar.
- Filtrar hasta obtener 25 ml de la mezcla con suelo y colocar en la celda para la lectura. No filtrar el blanco.

- Colocar 25 ml de la muestra en otra celda para que sea el blanco, y colocar dentro del equipo cerrando la tapa.
- Presionar la tecla ZERO, la pantalla indicará WAIT y luego 0.00% ORGANIC'S.
- Colocar la muestra que fue filtrada y colocada en la celda en el equipo para la lectura del contenido de materia orgánica, cerrar la tapa.
- Presionar READ/ENTER y la pantalla indicará WAIT y luego aparecerá el resultado del contenido de materia orgánica en porcentaje.

ANEXO 6

LECTURAS DE METALES PESADOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA (Lab. Ciencias Químicas U. Central del Ecuador)

ANEXO 7

LECTURAS DE METALES PESADOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA EN EL LIXIVIADO

**(Lab. Ciencias Químicas U. Central del
Ecuador)**

ANEXO 8

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE
COMPRESIÓN REALIZADOS SOBRE
BLOQUES RECTANGULARES ASTM
C140 (PRUEBA DE SIETE DÍAS)**

ANEXO 9

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE

COMPRESIÓN REALIZADOS SOBRE

BLOQUES RECTANGULARES ASTM C 140

(PRUEBA DE CATORCE DÍAS)

ANEXO 10

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto No. 1 *Clasificación de residuos sólidos en el origen de acuerdo a su tipología*



Foto No. 2 *Transporte de residuos sólidos*



Foto No. 3 *Clasificación de desechos en Paraíso*



Foto No. 4 *Residuos con hidrocarburos en Paraíso*



Foto No. 5 *Incinerador de Repsol YPF*



Foto No. 6 *Chimenea*



Foto No. 7 *Cámara de combustión primaria*



Foto No. 8 *Cámara de combustión secundaria*



Foto No. 9 *Cámara terciaria de asentamiento de cenizas*



Foto No. 10 Fluido hidráulico, Glycol



Foto No. 11 Ceniza almacenada temporalmente



Foto No. 12 Ceniza almacenada temporalmente



Foto No. 13 Ceniza y escoria



Foto No. 14 Suelo nativo



Foto No. 15 Bloques inertizados (primera prueba)



Foto No. 16 Bloques inertizados (segunda prueba)



Foto No. 17 Ensayos N y O con mínima resistencia



Foto No. 18 Ensayo F con mayor resistencia



Foto No. 19 Ensayo de compresión a los bloques inertizados

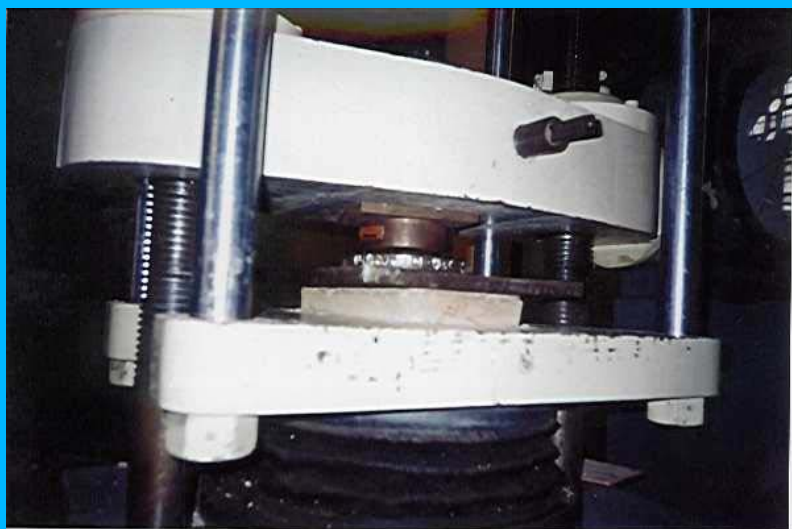


Foto No. 20 Ensayo de compresión a los bloques inertizados



Foto No. 21 Bloques con mortero



Foto No. 22 Máquina de compresión Universal 100 tn.

