



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

♦ ♦

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA  
AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN  
SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO  
ALTERNATIVA PARA LA  
CONTAMINACIÓN POR PILAS

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniera Geóloga

P R E S E N T A

IVANA ZOE STERLINI SILVA

DIRECTOR DE TESIS

DRA. MARÍA DEL PILAR CARREÓN  
CÁSTRO



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Quím. Esther Flores Cruz

Secretario: Ing. Marco Antonio Rubio Ramos

Vocal: Dra. María del Pilar Carreón Castro

1er Suplente: M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez

2do Suplente: M.C. Ana Gabriela Gutiérrez Cirlos Maraña

Lugar donde se realizo la tesis:

México, CDMX.

**TUTOR DE TESIS:**

Dra. María del Pilar Carreón Cástro

---

**FIRMA**

## DEDICATORIAS:

Dedico esta tesina a mi madre, que con su invaluable apoyo e incansable esfuerzo me ha impulsado a buscar nuevas oportunidades y ampliar mis horizontes. Quien me ha motivado a descubrir territorios que no había imaginado. Por fomentar en mi creatividad, curiosidad, fuerza y perseverancia. Cada logro en mi camino será tuyo.

## Agradecimientos

Agradezco a todos mis profesores, particularmente a aquellos que con vocación y esmero lucharon por transmitirnos todos sus conocimientos y sus enseñanzas de vida, así como aquellos profesores que ya no están aquí, pero su pasión y ejemplo continúa.

De manera particular a mi directora de tesina, la Dra. María del Pilar Carreón Castro, quien me ha mostrado su absoluto apoyo para desempeñar este proyecto, junto con el interés del Instituto de Ciencias Nucleares por desarrollar alternativas de manejo de residuos tóxicos.

De manera especial, todo mi agradecimiento a quienes me apoyaron para seguir adelante con la idea del prototipo tema de esta tesina. Desde que tuve la idea conté con el apoyo y la curiosidad del M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez, quién me invito a desarrollar el proyecto de manera seria; más adelante el Ing. Marco Antonio Rubio Ramos, quien siempre tuvo la mejor disposición para la creación de algo novedoso y para ahondar en el tema de la contaminación por metales; a la M.C. Ana Gabriela Gutiérrez Cirlos Maraña, quien estuvo dispuesta a apoyarme y me impulsó a ahondar en la perspectiva geológica ambiental de este trabajo desde el primer comentario que le hice al respecto, y por supuesto a la Quím. Esther Flores Cruz, quien desde el comienzo de mi trayecto por la Facultad de Ingeniería sentó las bases para mi interés en la química.

Agradezco también a mis amigos y compañeros, quienes hicieron de mi tiempo en la facultad una etapa inolvidable. A Arturo Cajal, Javier Zugarramurdi, Alejandro Gómez, Héctor Aréchiga, Cecilia Rodríguez, Paulina Murrieta, Jorge Luis Hinojosa, Fernando Hierro, Karla Juárez, Fernando Rico, Pedro Coronel, José Antonio Bonilla, Andreas Klein, Kenia Medina, Erica Mcmanus, Juan Pablo Mendoza, Enrique Hernández, Thiare Hermoso y Norma Valdéz. Gracias inges por compartirme la experiencia de ser ingeniero.

Finalmente a mis amigos de siempre, quienes me acompañan a cada paso.

Ha sido un honor ser estudiante de la UNAM por eso deseo siempre honrar la frase  
**POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU.**

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

# ÍNDICE

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>6</b>
Introducción.....	6
Marco teórico.....	9
Estatus.....	9
Materiales tóxicos.....	11
Legislación.....	14
Ladrón de joule.....	17
Objetivo.....	19
Presentación de alternativa.....	19
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>23</b>
Antecedentes.....	23
Pilas.....	23
Tipos de pilas.....	24
Contexto en México.....	28
Fuentes de litio en México.....	29
Contexto mundial.....	30
Problemática en rellenos sanitarios.....	30
Movilización de metales.....	38
Movilización, trayectoria y destino de contaminantes.....	40
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>43</b>
Desarrollo experimental.....	43
Metodología.....	43
Metas.....	43
Actividades.....	43
Observaciones previas a la construcción.....	51
Problemas del Ladrón de Joule:.....	51
Recomendaciones para modelos posteriores.....	51
<b>Generalidades de las pilas medidas.....</b>	<b>52</b>

**APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS**

**CAPITULO IV.....53**

    Resultados.....53

    Conclusiones .....56

**ANEXOS.....57**

    Anexo I. ....57

**FUENTES.....71**

**CONTENIDOS.....77**

# CAPITULO I.

## INTRODUCCIÓN

Esta tesina se realiza dentro del marco de la industria del reciclaje, siendo ésta una de las industrias que, de acuerdo a proyecciones de crecimiento económico global, cobrarán mayor relevancia en el futuro junto con los avances tecnológicos propios de la industria. El desarrollo congruente de tal industria dará paso a la sociedad del futuro y sus crecientes necesidades a escala global conforme se vayan mejorando las diversas tecnologías actuales. Estos cambios o avances deberán presentarse con estudios no solo de impacto social o ecológico, sino con proyecciones económicas de cambio en la industria (cuales de éstas llegarán a su fin, cuales permanecerán y cuales comenzarán), además de planes de desarrollo para reciclar aquello que, cada vez con mayor frecuencia, caiga en desuso.

Un excelente ejemplo de lo anterior es el del automóvil, que si bien existen varias empresas con el objetivo de desarrollar autos eléctricos de auto-conducción, las que han anunciado avances significativos, así como posibles alianzas entre sí son Tesla Motors, Google y Mercedes-Benz (Figura 1., tratando de incursionar de forma relevante en el mercado mundial para el 2020.

Cuando estas empresas hablan de hacer una proyección de cambios en las industrias, prevén que los viejos conceptos que desaparecerán son los taxis, estacionamientos, tráfico y semáforos entre otras, siendo reemplazados con nuevos conceptos o cambios, como un urbanismo distinto a lo que conocemos hoy en día, la idea de tripulantes que, sin tener que conducir, podrán incluso ir realizando juntas en el auto, viendo películas, trabajando, etc. En consecuencia una fuerte y eficiente industria de reciclaje será la que se encargue de todos los coches de gasolina (obsoletos) para convertirlos en un tipo específico de basura industrial.

Esto sucederá dentro de un esquema de reciclaje integral que incluye, entre otros, ubicación, recolección, traslado, almacenaje, desarmado, reciclaje de metales, plásticos y diversos materiales, proceso y comercialización de los productos obtenidos. Se requerirá de una reorganización (métodos de reingeniería avanzada) adecuadamente diseñada e implementada para hacer de esto un proceso eficiente, competitivo y versátil. Se tienen que eliminar los “cuellos de botella” tanto internos (administrativos) como aquellos externos (burocráticos) que existen entre la recolección, reutilización y reciclaje. Para el caso ejemplificado, las mismas empresas que comercialicen autos eléctricos de auto-conducción tal vez puedan considerar aquellos coches obsoletos como fracción de pago o bono, reciclen y reutilicen al máximo todo lo útil, cerrando así el ciclo de vida del automóvil y abriendo paso a un mundo más sustentable y consciente de la reutilización de materiales.



*Figura 1. Mercedes-Benz F015. A luxury lounge providing maximum comfort. (Mercedes-Benz Web Oficial)*

Es precisamente sobre un ejemplo similar, aunque en mucho menor escala pero no menos importante, que se desarrolla esta tesina. La idea de tesina consiste en un prototipo de alumbrado alimentado por “pilas muertas”.

Con pilas muertas nos referimos, a aquellas que ya no tienen el voltaje suficiente para ser utilizadas en diversos aparatos electrónicos, por lo que son desechadas, aunque eso no necesariamente significa que estén realmente vacías.

La idea surge de la inspiración ingenieril al observar la Figura 2, foto de un alumbrado público creado por coreanos, y diseñado por Sungwoo Park & Sunhee Kim, llamado Energy Seed. En el cual se presenta un aro iluminado por leds conectado a un recipiente donde se insertan las pilas “muertas” de dos tamaños, aparentemente tipo AAA y AA. La iluminación no es puntual, sino que beneficia a un mayor número de usuarios, como se muestra en la Figura 3.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS



*Figura 2. Luminaria alimentada por pilas. (Yanko Design, 2008)*



*Figura 3. Presentación de la luminaria en la calle. (Yanko Design, 2008)*

El proyecto de tesina fue tomando mayor forma y concreción después de haber llevado a cabo un periodo de investigación, sobre cómo podría funcionar esta luminaria para el caso de México. Desde luego el proyecto empezó con los reiterativos intentos para construirla, ya que la tecnología que utilizaron para el Energy Seed está protegida.

## ESTATUS

El mercado de pilas en México comprende alrededor de 700 millones de unidades vendidas por año, y conforme se crean nuevos aparatos inalámbricos esta cifra aumenta (Montiel-Corona et al, 2011). Teniendo en cuenta que la tendencia predominante es ir erradicando las conexiones con cables, la permanencia de este tipo de tecnología, que ya está muy consolidada es inminente. El valor de este mercado en nuestro país rebasa para las pilas informales, 500 millones de dólares por año, y más de 300 millones de dólares para las formales. (Montiel-Corona et al, 2011).

Conforme incrementa la oferta, variedad y versatilidad de aparatos electrónicos, la demanda de pilas es mayor. Se estima actualmente que en México el consumo promedio es de 20 pilas por habitante al año (Reina y Romero, 2013). Este resultado es coherente a las estadísticas para países en vías de desarrollo; por lo que se debe contemplar un escenario de crecimiento para las mismas hasta que dispongamos de una nueva tecnología más limpia y probablemente de mayor capacidad de almacenaje energético.

Según un estudio que publicó (Castro y Díaz, 2004), el mercado informal de pilas en México es de más del 40%, aunque en el mismo tipo de estudios, la empresa Energizer, obtuvo que el mercado informal en Malasia detenta el 70% del monto total de pilas comercializadas (Lara, 2008), y se cree que esta cifra puede ser más cercana a una estimación real del mercado mexicano, por similitudes comerciales.

En el presente, las pilas de teléfonos celulares son las que presentan mayor demanda, y en el futuro ésta puede ser superada por vehículos híbridos, eléctricos y nuevas tecnologías en telecomunicación. En este marco, el centro de Laboratorios Federales Suizos para la Ciencia de Materiales y la Tecnología (EMPA por sus siglas en alemán), realizó estudios (Notter et al, 2010) que indican que las pilas de iónicas de litio (Li-ion) que utilizan los recientes autos eléctricos son responsables del 15% del impacto ambiental que produce todo el auto. El estudio indica además que los ciclos de recarga de la batería tienen un impacto tres veces mayor al de la pila en sí. Aunque también hay varios estudios que comparan la contaminación producida por las pilas Li-ion, con la contaminación que producen los coches de gasolina, siendo evidente que los eléctricos tienen mucho menos impacto ambiental. Tesla Motors por ejemplo, ya cuenta con una fábrica de pilas Li-ion totalmente reciclables que está ligada a otra de las compañías de Elon Musk: Solar City, integrando así las energías renovables con las tecnologías que ya empiezan a incursionar en el mercado mundial.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Al tratar de reconstruir el panorama que ha tenido este producto en México, encontramos que el Instituto Nacional de Ecología (INE) estimó que desde 1960 a 2003, fueron depositadas en rellenos sanitarios las siguientes cantidades de metales provenientes de pilas: 145,918 ton de Óxido de Manganeso; 1,232 ton de Mercurio; 22,063 ton de Níquel; 20,169 ton de Cadmio y 77 ton de compuestos de Litio. (Montiel-Corona et al, 2011). Se desecharon sin control cerca de 635 mil toneladas de pilas, las cuales produjeron alrededor de 190 mil toneladas de sustancias tóxicas (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009)

Estos datos corresponden a cuatro décadas, pero es importante resaltar que en esta estimación faltan los de la última década, un periodo crítico donde la demanda de las mismas siguió creciendo drásticamente. Tal consumo incluye a las pilas de litio que, aunque son menos contaminantes que las alcalinas, fueron más demandadas dada su mayor durabilidad.

Para evaluar el mercado de pilas peligrosas asociadas a problemas de contaminación, se requiere especificar cuáles son las tecnologías que causan serios daños, como lo son; Ni-Cd, AgO, PbO ácidas y HgO.

## MATERIALES TÓXICOS

Para efectos de establecer un criterio efectivo que permita evaluar los elementos contaminantes en las pilas, definiremos cuestiones básicas de salud para los siguientes elementos: Cadmio, Níquel, Plata, Plomo y Mercurio, aunque existen otros elementos que no han sido contemplados en legislaciones o normativas medioambientales vigentes.

### CADMIO (cd)

Según la Agencia Federal de Salud Pública para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en inglés) que pertenece al Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos (HHS por sus siglas en inglés), el Cadmio no se degrada en el medio ambiente aunque si es capaz de cambiar de forma química o especiación, además de que algunas formas de Cadmio se disuelven en el agua, pudiéndose trasladar de sistemas hídricos locales hacia otras regiones lejanas al sitio original de deposición.

Para que el Cadmio acceda al medio ambiente como elemento contaminante, puede ser a través de actividades industriales de gran escala como la minería, la combustión de carbono y en menor medida desechos domésticos. Los usos principales que se le dan al Cadmio en este último caso son en baterías, pigmentos, revestimientos y plásticos. La contaminación por cadmio puede causar daño a los riñones, pulmones y huesos, y están expuestos aquellos que trabajen en plantas de manufactura de productos de cadmio, los que respiran humo de cigarro y a través de alimentos contaminados. (ATSDR s.f.)

El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHS por sus siglas en inglés) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) de Estados Unidos, han determinado que algunas formas de Cadmio son carcinogénicas.

Según la clasificación estándar de la IARC existen 4 grupos (Figura 4).



Figura 4. Definición de grupos para clasificación carcinogénica. Información obtenida de la Web Oficial de Greenfacts.

### NIQUEL (Ni)

El Níquel es un elemento que puede disolverse en agua, éste se integra al medio ambiente generalmente a través de: erupciones volcánicas; meteoritos o; liberado del suelo oceánico. En la industria se utiliza también para fabricar acero inoxidable y otras aleaciones, monedas, baterías, joyas y válvulas, por lo que los desechos industriales también son fuente de potencial liberación. Una vez que se descarga al ambiente se adhiere a partículas de polvo de Hierro y Manganeso. (ATSDR s.f.)

La ATSDR sostiene que el Níquel no parece acumularse en animales que se consumen como alimentos. Las formas de exposición son agua contaminada, contacto con piel y humo de cigarro. Los daños posibles que puede causar son: bronquitis crónica, cáncer de pulmón, efectos en la piel, entre otros.

### PLATA (Ag)

La Plata se utiliza para joyas, cubiertos, vajillas, equipo electrónico, baterías, pastas dentales, fotografías, soldaduras, agente contra bacterias, pastillas, chicles para dejar de fumar e incluso desinfectar agua potable. Generalmente es liberada al ambiente a través de procesamientos minerales, manufactura de cemento y quema de combustibles fósiles. (ATSDR s.f.)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

La exposición biofilica se puede dar por medio de alimentos o agua contaminada, soldando, revelando fotografías y con chicles u otros medicamentos para dejar de fumar. La ATSDR Afirma que no se acumula en animales acuáticos.

### **PLOMO (Pb)**

El Plomo se utiliza en manufactura industrial, quema de combustibles fósiles, fabricación de baterías, municiones, soldaduras, cañerías, láminas contra rayos x, como aditivo para la gasolina (prohibido en EUA). (ATSDR s.f.)

La ATSDR declara que el Plomo no se degrada pero se transfiere al ambiente por medios como luz, aire y agua. Puede viajar grandes distancias antes de depositarse y adherirse al suelo. La movilización en el agua subterránea depende del tipo de compuesto de plomo y el tipo de suelo.

En condiciones de exposición puede afectar casi todos los órganos del cuerpo, siendo el más sensible el sistema nervioso, aunque el cuadro clínico incluye aumento en la presión sanguínea, anemia, daños en el cerebro y riñones. Probablemente carcinogénico. (ATSDR s.f.)

### **MERCURIO (Hg)**

En el caso del mercurio metálico, es utilizado en sosa caustica, termómetros, tapaduras dentales y baterías. Tratándose de sales de mercurio, se utiliza en cremas para aclarar la piel, cremas y ungüentos. El metilmercurio se acumula en los tejidos de los peces. La exposición existe al respirar aire contaminado, ingerir alimentos y agua, y sometiéndose a tratamientos que lo contengan. (ATSDR, 1999)

Los daños probables en seres humanos son: al cerebro, riñones, pulmones, alta presión sanguínea y salpullidos. (ATSDR, 1999)

No consideramos adecuado mencionar la gravedad de la contaminación por pilas, sin antes hablar de la normatividad correspondiente en México, de las leyes que rigen su consumo, así como su desecho. Por lo anterior, se exponen los detalles principales de las legislaciones pertinentes para el caso de México y otras partes del mundo, de lo cual se extrae una breve comparación, pensando en que aparentemente son normativas equivalentes.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### LEGISLACIÓN

En cuanto a legislación y normatividad, el gobierno mexicano publicó el proyecto de Norma Oficial Mexicana NMX-AA-104-SCFI-2006. Al compararla con su equivalente de la Unión Europea (2006/66/EC UE-2006), es importante señalar que existen diferencias considerables entre ambas regulaciones. Lo anterior muestra que es requerido e indispensable hacer un análisis más afondo de la normativa mexicana para poder constatar que realmente ambas sean equivalentes y por lo tanto comparables legislativamente. Siendo normas distintas dados todos los factores físicos, químicos y geológicos que repercuten en los procesos ambientales para la movilidad de dichos metales.

En la [Figura 5](#), se hace referencia a los valores permitidos de metales pesados, como son el Mercurio, el Cadmio y el Plomo, en pilas para diferentes países, con el fin de poner en perspectiva comparativa los valores seleccionados en la norma NMX-AA-104-SCFI-2006.

Con forma  
Eliminado:



Figura 5. Límites internacionales sobre el contenido de metales potencialmente tóxicos en pilas. Información tomada de Gavilán, Rojas y Barrera, 2009.

En el 2012 (Guevara-García y Montiel-Corona, 2012) analizaron pilas del mercado formal y del mercado informal mexicano, y los resultados mostraron que no había diferencias significativas entre los dos tipos de pilas. Todas estaban dentro de los límites

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

establecidos por la PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006, pero al compararlas con la más restrictiva norma europea 2006/66/EC, 8 de 9 de las marcas analizadas del mercado nacional mexicano serían clasificadas como peligrosas para su contraparte europea.

La Asociación Mexicana de Pilas (AMEXPILAS) sostiene que las pilas comercializadas en México en el mercado formal, no representan en ningún momento un riesgo para la salud, ni para el medio ambiente. AMEXPILAS señala que en la actualidad no existe una tecnología o método que tenga un beneficio ambiental real para reciclar pilas y baterías desechables comunes, expresando únicamente que las pilas del mercado informal pueden tener una vida útil hasta seis veces menor que las pilas de alta tecnología, que es con las que se refieren al mercado formal.

Desde el 2007 existe el programa de Manejo Responsable de Pilas Usadas en el Distrito Federal (Figura 6), y hasta el 2011 se habían recolectado más de 180 toneladas de pilas con este sistema. Para recuperar los metales potencialmente tóxicos que contienen las pilas, se debe realizar una separación de sus componentes. El proceso que llevan a cabo consiste en, vaciar las columnas, hacer una bitácora de las pilas y celulares recuperados, posteriormente el material recuperado se deposita en un centro de acopio y se transporta a la planta de reciclaje ubicada en Irapuato, Guanajuato. Una vez ahí, se clasifican y se recuperan los materiales. (Reina y Romero, 2013)

En la siguiente figura se observa el diagrama del sistema utilizado actualmente en la Ciudad de México.

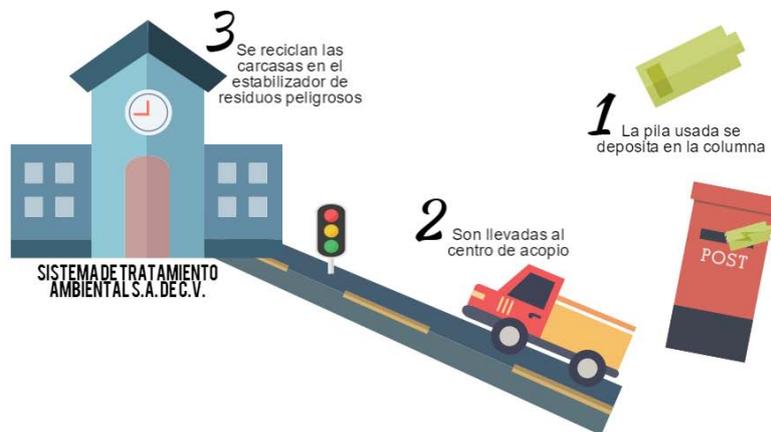


Figura 6. Esquema del manejo de las pilas usadas en la Ciudad de México. Información tomada de Reina y Romero, 2013.

El proceso de recuperación comienza con la extracción del ácido sulfúrico del electrolito, y luego las pilas se someten a un proceso de trituración mecánica, que resulta en la generación de restos de materiales plásticos y metálicos. El material plástico que se

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

recupera, puede entonces reciclarse mientras que la extracción de metales se lleva a cabo mediante procesos de fundición y condensación. (Reina y Romero, 2013)

En ocasiones, en los mismos procesos de reciclado se generan emisiones que dependen tanto del control como de la calidad del proceso. Hay casos particulares que deben ser observados con más detalle como es el reciclaje de Baterías de Plomo-Ácido Usadas (BPAU), que puede causar daños al medio ambiente y representar riesgos de salud para los trabajadores. (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2013)

Dado que el plomo ha dejado de utilizarse por ley en numerosos productos como por ejemplo detonante en gasolinas, la fabricación de baterías de Pb ácido constituye ahora la fuente predominante de consumo de plomo alrededor del mundo. El Pb se emplean en automóviles, sistemas para el suministro ininterrumpido de energía, almacenamiento de energía de la red eléctrica, sistemas eléctricos residenciales independientes, carros de golf y otros vehículos eléctricos de batería (incluidos los híbridos), así como en submarinos. Los acumuladores automotrices para Arranque, Alumbrado e Ignición (AAI) constituyen la mayor parte de las baterías de plomo-ácido a escala mundial. El mayor peligro derivado del reciclaje de BPAU son las emisiones de partículas de plomo al medio ambiente. El plomo también puede escaparse de una fundidora secundaria de plomo, a través de las descargas al agua o en forma de desechos sólidos (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2013)

En todo caso el reciclaje de pilas debe ser tomado con seriedad no solo por el impacto ambiental, sino por la capacidad de reutilización de materiales, al considerar que incluso la fabricación de pilas con metales reciclados resulta en un uso mucho más eficiente de los recursos disponibles, además emplear metales reciclados en diversas industrias resulta ventajoso económica y ambientalmente, comparado con extraer más metal de las minas por medio de operaciones extractivas convencionales.

Dado el esquema anterior de investigación, parte del trabajo de la tesina consistió en proponer una alternativa de uso a tal tipo de manufacturas. Teorizando sobre el posible funcionamiento del Energy Seed, como primera hipótesis, se planteo la posibilidad de utilizar el circuito llamado Ladrón de Joule.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### LADRÓN DE JOULE

Este circuito, es un pequeño acelerador de voltaje, de bajo costo y que es de fácil construcción. El nombre sugiere la noción de que el circuito le está robando energía o Joules a la fuente.

Lo que hace realmente es producir pulsaciones, con lo que se obtiene la suma del voltaje que ya tenía la pila, más la ganancia obtenida gracias a una inducción eléctrica; por ejemplo si la pila estuviera completa, se obtendría el 1.5 V normal, más un voltaje inducido.

La inducción electromagnética consiste en obtener energía eléctrica a partir de variaciones de flujo magnético. De acuerdo a la ley de Lenz "El sentido de una corriente inducida debe ser tal, que se oponga a la causa que lo produce". (División de Ciencias Básicas, s.f.)

El circuito sirve para utilizar pilas que contienen un voltaje muy por debajo de lo que otros circuitos consideran como completa descarga de la pila o "pila muerta".

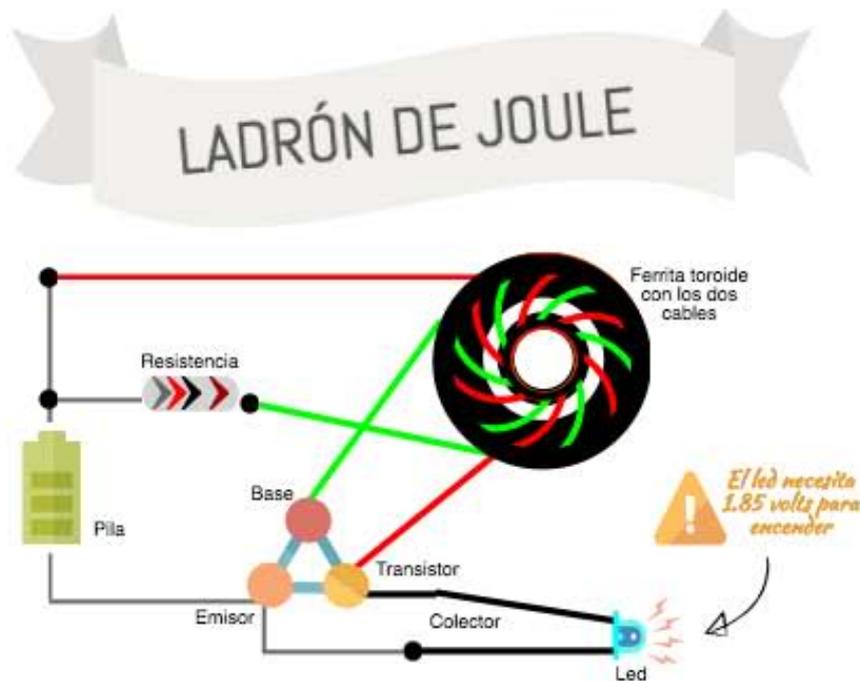


Figura 7. Esquema de funcionamiento del circuito Ladrón de Joule.

En este circuito todo se controla desde la base, como se ve en la [Figura 7](#), de manera general, el transistor se enciende cuando la corriente fluye en el circuito primario (verde), el cual circula en dirección opuesta al circuito secundario (rojo), esto permite

Con forma  
Eliminado:

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

que el flujo magnético incrementa en el circuito secundario, cuando el circuito secundario queda saturado, el transistor se apaga, cerrando las salidas de base-emisor y colector-emisor, y obligando a la corriente acumulada a pasar a través del LED, es entonces cuando éste se enciende. Una vez que la corriente acumulada se gasta por completo en el LED, el circuito se apaga y debemos esperar a que la pila vuelva a alimentar la resistencia y empiece de nuevo el proceso. (How a Joule Thief works, 2012)

El ladrón de Joule convierte la corriente directa de las pilas, en corriente alterna con picos de alta frecuencia, provocando una inducción eléctrica del circuito primario al secundario. Al existir un cable de mayor calibre que otro, el de mayor calibre induce al otro, a causa de la mayor cantidad de corriente que maneja. Con esto, comprendemos que el Ladrón de Joule, produce pulsaciones de alta frecuencia, por lo que la energía que se obtiene es, el 1.5 V + el voltaje ganado por la inducción magnética.

Las ventajas son que es un circuito relativamente simple de 3 elementos: inductor, transistor y resistencia; ayuda a extender la vida útil de las pilas, lo que nos permite reutilizarlas y vaciarlas.

Las desventajas son que su eficiencia va solo del 50% al 80%, lo cual lo convierte en una forma, no muy eficiente de alimentar una luminaria. No es muy configurable, lo que significa que no acepta que la conexión incluya una combinación variable en serie y en paralelo, debe ser una o la otra.

Está limitado a una escala de 1 KOhm a 1.8 KOhms para conseguir la menor entrada y la mayor eficiencia, dadas las características del transistor, pero esto no constituye un problema. Adicionalmente, presenta control limitado para los niveles de brillo pulsados, si se desea obtener mayor control, el sistema requiere controles activos adicionales, esto por ejemplo para el control de encendido/apagado y manejar el temporizador del circuito, pero esto no constituye un problema tampoco.

## OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objetivo sintetizar y analizar la información más reciente en torno al consumo de pilas en México y su capacidad de contaminación al medio ambiente, para plantear una propuesta eficiente de recolección, reutilización y reciclaje, que ayude a cerrar el ciclo de vida de las pilas.

Se pretende impulsar la reutilización de residuos como fuentes alternas de energía, en este caso específicamente para alimentar un sistema de iluminación y crear conciencia en la sociedad acerca del reaprovechamiento de diversos materiales.

## PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVA

Debido a su importancia en la sociedad moderna como fuente transmisora de energía, no es viable plantear la erradicación del uso de las pilas. Es más, los procesos de extracción de tales elementos resulta cada vez más costosa y compleja. La extracción de p. ej. Litio para su uso como ion predominante en los nuevos tipos de baterías ha obligado incluso a que los métodos de explotación se enfoquen en recursos que solo pueden ser encontrados en: salmueras calientes de campos geotérmicos en regiones volcánicas; en salinas fósiles cuyas naciones dueñas han impuesto un valor estratégico o; en salmueras asociadas a campos petrolíferos profundos.

Con base en los índices del consumo generalizado, la producción de las baterías, y las estimaciones que se pueden encontrar sobre las importaciones que pertenecen al mercado informal, se plantea un escenario de permanencia de pilas y baterías, y por lo tanto, una permanente fuente de residuos tóxicos. En ese contexto encontramos más adecuado proponer un sistema eficiente de recolección, reutilización y reciclaje que tenga como finalidad cerrar el ciclo de vida del producto.

Al dar especial atención a problemas como acumulación de metales pesados, y sus niveles máximos permitidos, se entrega una propuesta que pretende cambiar las costumbres de desecho de las personas para más adelante eliminar una fuente de contaminación, evaluando que sea rentable, viable y disponible, y convirtiendo la electricidad en un bien de primera necesidad.

En esta propuesta coadyuvan conocimientos de ingeniería, así como de geología especialmente en las áreas de ambiental, química, minería y geoquímica.

En esta tesina es prioridad beneficiar al medio ambiente cambiando el esquema de desecho del producto para darle nuevamente uso y tratar de reducir al máximo los residuos dentro de las pilas, evitando así tener que separar los componentes químicos, para a grandes rasgos, solo proceder a reciclar.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Anteriormente las carcasas recicladas de baterías se habían utilizado para fabricar llaves y autopartes, entre otros. Pero hasta ahora hay muchas instituciones a nivel mundial y evidentemente en México, que lo consideran innecesario porque en algunos casos el proceso resulta muy costoso (Figura 8) en contraste con la recuperación de material que hay después del reciclaje. El problema parece ser que el reciclaje no está justificado económicamente.

Se pretende evaluar las mejores alternativas para la construcción de los modelos, con el objetivo de que la alternativa en sí, mitigue y no constituya otra fuente de contaminación o que resulte en alguna medida perjudicial ambientalmente. También se considera que se deben evaluar los costos de recolección, operación y mantenimiento de los modelos para que sea un proyecto viable y no se convierta en una inversión incosteable; en este contexto es indispensable reciclar todos los materiales que sean posibles al final del proceso, como lo son las carcasas de metal, por ejemplo Litio, Cadmio, Níquel y Zinc que se pueden recuperar a través de fundición, además de las envolturas de plástico. Adicionalmente, se realizará una bitácora para asegurar que la recolección de pilas solo involucre aquellas que ya no puedan hacer redox, es decir, que ya estén vacías energéticamente.

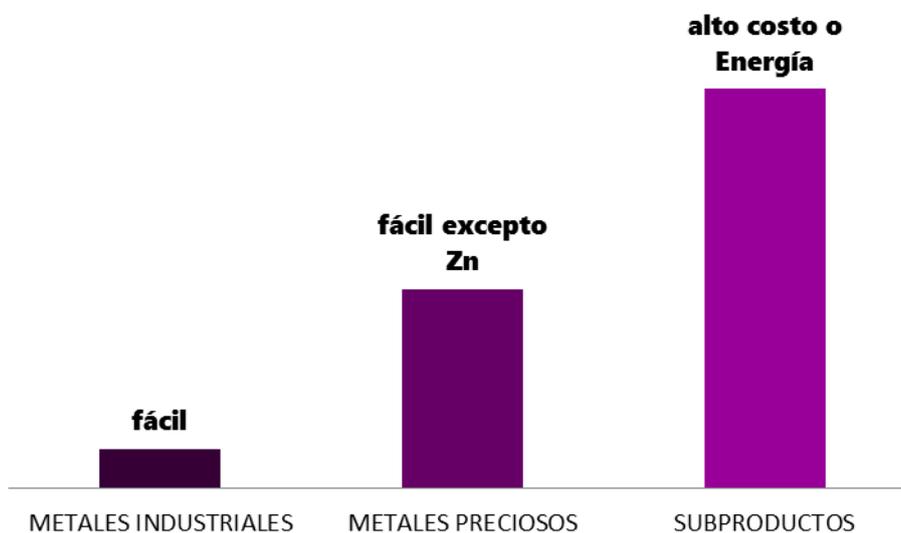


Figura 8. Nivel de dificultad para reciclar metales de acuerdo a la siguiente tabla.

Con forma

Eliminado

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

METALES INDUSTRIALES	METALES PRECIOSOS	SUBPRODUCTOS
Fe, Ni, Al, Cu, Sn, Pb	Au, Ag, Pt, Zn	Co, Ga, Ge, As, Se, Cd, In, Sb, Te, Tl, Bi, etc.
Fácil de recuperar	Fácil excepto Zn	Alto costo o energía

*Tabla 1. Dificultad para reciclar algunos de los metales principales que contienen las pilas. Información obtenida de Lara, 2008.*

El grado de dificultad para reciclar los metales es muy variable de acuerdo con su clasificación, en este caso se dividen en metales industriales, preciosos y subproductos de metales (Figura 8). Los metales clasificados como industriales son el cobre, la plata, el mercurio, , plomo, estaño, aluminio y hierro. Las aleaciones generalmente son el bronce, latón y la soldadura. Entre los clasificados como metales preciosos se encuentran: oro, plata, zinc, platino, rodio, paladio, rutenio, osmio e iridio. Finalmente todo tipo de metales que puedan ser transformados en productos o en parte de ellos sin ser fundidos necesariamente, pertenecen a los subproductos de metales.

La [Tabla 1](#) y la [Figura 8](#), muestran que los subproductos de metales son los que requieren mayor gasto tanto de energético, como económico para ser reciclados.

Para analizar la viabilidad financiera del proyecto se deberá considerar el costo de transporte de las pilas recuperadas a la planta de reciclaje, el costo por clasificación si es que se utiliza un tipo específico para hacer funcionar el prototipo, el grado de segregación del residuo, el costo de la fracción recuperable y el valor de los materiales recuperados. En el caso del costo de clasificación, no es muy importante en los primeros prototipos que están pensados para ser utilizados en el hogar. El valor de los materiales recuperados dependerá de la capacidad que tenga la luminaria y de la frecuencia con la que se recopilen los materiales.

En la [Tabla 7](#), Del Anexo 1, Se muestran los resultados de un muestreo de 250 pilas usadas para sacar un promedio provisional del grado de segregación del residuo y poder calcular algunas de las necesidades energéticas del prototipo.

Según el Diccionario de la Real Academia Española, segregar quiere decir apartar o separar a alguien de algo o una cosa de otra. Bajo esta premisa, el grado de segregación del residuo, es el grado en el que se pueden separar los residuos de la pila, lo que representa un valor imprescindible para el cálculo de las dimensiones en los procesos mecánicos de separación que tendrá el prototipo.

Eliminado:  
Con forma  
Eliminado:  
Con forma

Con forma  
Automático  
Eliminado:

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Es importante destacar que el prototipo propuesto no podrá ser aplicable para BPAU por el formato y características de las mismas, pero ya que en la actualidad una parte de la demanda de éstas es utilizada para suministro ininterrumpido de energía eléctrica, lograr una alternativa de sistema de iluminación innovador podría repercutir directamente en la eliminación de este tipo de sistemas de suministro y ser substituidos por nuevos, disminuyendo la demanda de baterías de Pb ácido. En cuanto a pilas de Ni-Cd por su formato tampoco serán empleadas en este prototipo, pero puesto que son utilizadas para remplazar las AA y AAA de diversas tecnologías, al ser éstas reutilizadas y recicladas de forma eficiente, se puede esperar que la demanda de Ni-Cd también disminuya.

El prototipo en su primera etapa podrá ser alimentado por pilas AA y AAA alcalinas, atacando las que representan la mayor demanda.

## CAPITULO II.

### ANTECEDENTES

Para entrar en materia y comprender el funcionamiento, es necesario definir algunos conceptos básicos.

### PILAS

Las pilas y las baterías son unidades de almacenamiento de energía electroquímica que se libera en forma de electricidad cuando éstas se acoplan a un circuito externo. La diferencia básica entre ambas está, en que una pila consiste en una celda única, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009). Las pilas son dispositivos prácticamente herméticos y se pueden catalogar como primarias o secundarias según su duración, es decir las primarias son las que no son recargables (desechables), y las secundarias si pueden recargarse. Están integradas por componentes metálicos y deben tener un medio conductor de electricidad, que generalmente es un electrodo de carbón o electrolitos de diferentes bases. El objetivo de tener varias celdas interconectadas como sucede en las baterías, es aumentar las capacidades eléctricas de la pilas, aumentado su duración y eficiencia como fuente de energía. (Reina y Romero, 2013)

Su funcionamiento consiste en electrones que fluyen a través del cable desde el electrodo negativo al electrodo positivo; el ánodo cede electrones durante la descarga en un proceso conocido como oxidación y el cátodo absorbe electrones durante la descarga en un proceso conocido como reducción. Los iones transportan a los electrones a través del electrolito desde el cátodo al ánodo completando el circuito. El electrolito es una fuente de oxígeno para las reacciones REDOX (AMEXPILAS, 2015). En el caso de las pilas recargables, lo que sucede es que una vez que se ha llevado a cabo el proceso de oxidación-reducción completo, entonces se conectan a la electricidad y esto hace que sus componentes regresen a su estado original, ya sea reducido u oxidante, pero esto a su vez va dejando residuos cada que regresa de un estado a otro y por eso tarde o temprano las pilas se acaban, quedando siempre residuos de cierta forma atrapados en el proceso (Reina y Romero, 2013). El presente proyecto consiste en utilizar estos residuos para dejarlas limpias y listas para el reciclaje.

## TIPOS DE PILAS

Pueden ser de electrolito seco o húmedo. Las de electrolito seco son generalmente las primarias (Tabla 2), las secundarias (Tabla 3) y las de botón, mismas que tienen subclasificaciones, y las de electrolito húmedo o líquido son las de autos, montacargas, entre otros.

En el presente, la mayoría de las pilas y baterías que se consumen son de electrolito seco, alcalinas y de metales que contienen son Manganeseo, Litio, Zinc, etc. (Reina y Romero, 2013) Algunas de las ventajas de las pilas alcalinas sobre las demás son que pueden estar almacenadas durante dos años, conservando el 90% de su capacidad original, y en el caso de almacenarlas durante por ejemplo cuatro años, conservaran el 80% de su capacidad original. (Axayacatl, 2015)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

ESTADO DEL ELECTROLITO	TECNOLOGÍA	COMPONENTES	USO	FORMATOS	REVERSIBILIDAD	COMENTARIOS	SUSTITUCIÓN
SECO	Carbón-Zinc	Mn, Zn, Fe, Electrolito, Ca, Plástico, Lámina, Papel, H <sub>2</sub> O	Diversos usos en el hogar: (AA, AAA, D, C, 9 Volts, 6 Volts)	Cilíndrica o Prismática	Primarias Desechables	Hg..... Eliminado por normatividad Cd..... Eliminado por normatividad	-
	Alcalinas	Mn, Zn, Fe, Electrolito, Ca, Plástico, Lámina, Papel, H <sub>2</sub> O	Diversos usos en el hogar. (AA, AAA, DF, C, 9 Volts, 6 Volts)	Cilíndrica o Prismática	Primarias Desechables	Hg..... ELIMINADO Son las de mayor demanda en primarias.	-
	Óxido de Mercurio	Hg, Zn, Electrolito, Plástico, Lámina	Equipo Médico. (Botón)	Cilíndrica, Prismática o Botón	Primarias (Desechables)		-
	Zinc-Aire	Hg, Zn, Fe, Electrolito, Ca, Plástico, Lámina, Papel, .H <sub>2</sub> O	Audífonos, cámaras. (Botón)	Botón	Primarias (Desechables)	Las de botón son las únicas que pueden contener Hg	Sustituirán a las de botón (Hg).
	Óxido de Plata	Hg, Ag, Zn, Fe, Electrolito, Ca, Plástico, Papel, H <sub>2</sub> O	Calculadoras, relojes de pulso, cámaras. (Botón)	Botón	Primarias (Desechables)	Ag.....ELIMINADO	Sustituirán a las de botón (Hg).
LÍQUIDO	Litio	Li, Mn, Fe, Electrolito, Plástico, Papel, Ca	Cámaras, computadoras, marcapasos y hogar. (AA, AAA, D, C, 9 Volts, 6 Volts)	Botón	Primarias (Desechables)	Tienen un volumen de mercado bajo.	-

Tabla 2. Clasificación sintetizada de pilas primarias.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

ESTADO DEL ELECTROLITO	TECNOLOGÍA	COMPONENTES	USO	FORMATOS	REVERSIBILIDAD	COMENTARIOS	SUTITUCIÓN
Seco	Níquel Hidruro Metálico (NiMH)	Ni, KOH	Celulares, Se utilizan para sustituir las AA y AAA, vehículos híbridos.	Paquete-Cilíndrica	Secundarias (Recargables)	Menor costo, mayor capacidad de carga y menor contaminación que Ni-Cd	Nueva tecnología
	Ion Litio (Li-ion)	Li <sub>2</sub> O, Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ca	Celulares, tecnología de comunicación	Paquete-Cilíndricas	Secundarias (Recargables)	Menor costo, mayor capacidad de carga y menor contaminación que Ni-Cd	Nueva tecnología
	Níquel-Cadmio	Ni, Cd, KOH, NaOH	Se utilizan para sustituir las AA y AAA, herramientas eléctricas portátiles	Paquete-Cilíndricas	Secundarias (Recargables)	En algunos países de Europa ya están prohibidas	Serán sustituidas totalmente por las pilas NiMH, Li-ion.
Líquido	Plomo ácido	Pb, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Se utilizan en autos, red eléctrica, diversos vehículos y juguetes.	Paquete-Cilíndricas	Secundarias (Recargables)	Contaminan menos que las de Hg.	-

Tabla 3. Clasificación sintetizada pilas secundarias.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

En la [Tabla 2](#), Se muestra una recopilación obtenida de diversas fuentes sobre las características básicas sintetizadas de las pilas primarias o desechables. Esto con fin de hacer más fácil la identificación de cuáles serán utilizadas en este proyecto, cuáles contaminan más el medio ambiente y por qué.

Con forma

Eliminado

Así como en la [Tabla 3](#), se presenta la misma información para las pilas secundarias de lo cual es importante extraer que:

Eliminado

Con forma

- Las pilas de Botón son las únicas que tienen permitido contener mercurio porque el Hg forma compuestos volátiles que pueden resultar muy contaminantes, y de éstas las de Óxido de Mercurio son las únicas que tienen un contenido considerable del mismo, dado que al momento no se cuenta con una tecnología más adecuada para reemplazarlas, a excepción de las pilas Zinc-Aire para algunos casos. (Jacott, s.f.)
- En algunos países de Europa están prohibidas las pilas de Ni-Cd que serán sustituidas por las de Níquel-Hidruro Metálico, Litio Ion, y Litio Ion Polímero, motivo de diversos estudios en rellenos sanitarios donde se encontraron altas concentraciones de Cadmio que podía ser móvil. Por su parte en los países en vías de desarrollo se espera que el consumo de pilas de Ni-Cd aumente. Aunque según datos de la Secretaria de Economía en el 2007, se estimaba que en México para el 2010 el consumo bajaría de 35 gramos de pilas por habitante por año a 5 gramos de pilas por habitante por año. (Lara, 2008).
- Según Lara (2008) las pilas de plomo ácido contaminan menos que las de mercurio, ya que reaccionan a compuestos insolubles y no son capaces de migrar. En realidad ambos elementos son tóxicos, pero el plomo es más hidrofóbico, es decir su preferencia para asociarse a sulfatos e integrarse a la fase acuosa es menor, que la de otros elementos (Zn, Cu, etc).

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### CONTEXTO EN MÉXICO

Aunado a definir las pilas en sí, debemos hablar sobre el contexto que prevalece en México con respecto a este producto y sus diversas tecnologías.

Se estima que el consumo de pilas primarias en el mercado formal nacional se incrementó drásticamente 13 veces para el periodo 1996-2007, ya que pasó de 2 500 toneladas a cerca de 32, 900 toneladas (Figura 9). Estas cifras reflejan un alza considerable en el consumo a pesar de que las estimaciones no incluyen en los cálculos el número de pilas contenidas en aparatos electrónicos importados, ni el de pilas recargables, debido a la falta de series estadísticas históricas confiables (Castro y Díaz, 2004).

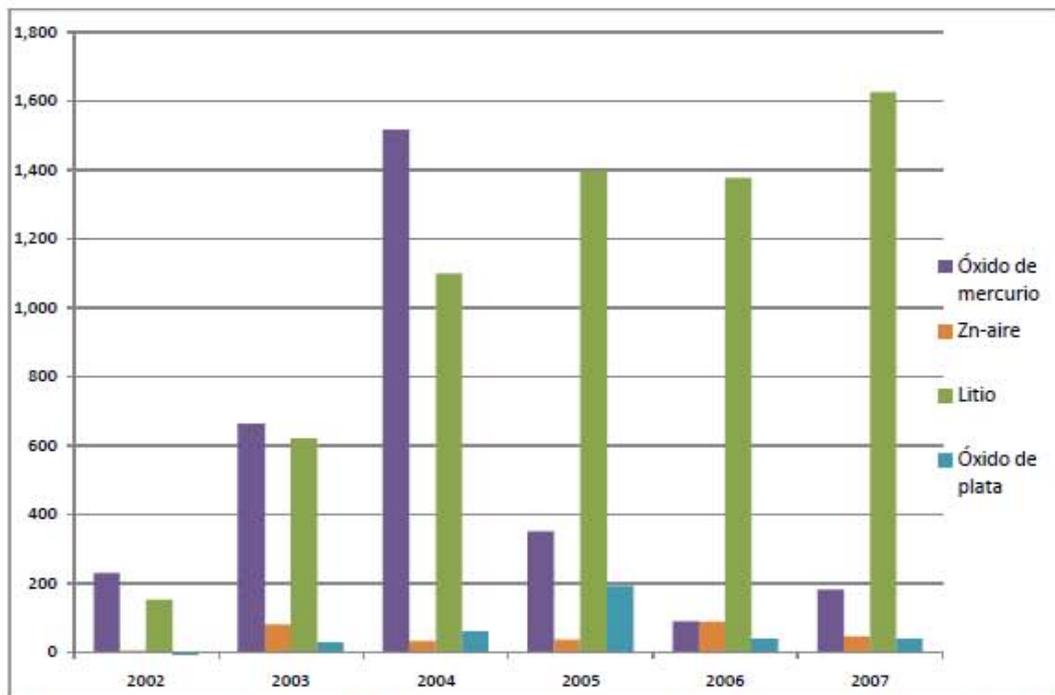


Figura 9. Consumo de pilas dependiendo su composición en México, del 2002 al 2007. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009)

En la [Figura 9](#), se observa que las pilas de Litio son las que han tenido mayor auge en los últimos años, además de una reducción significativa en el consumo de las pilas de Óxido de Mercurio. Esto puede tener que ver tanto con las restricciones internacionales a los contaminantes, como con las tendencias del desarrollo tecnológico global, dado que las pilas de Litio son las clásicas que se utilizan para teléfonos celulares, computadoras, cámaras fotográficas, tabletas, etc; que han ido incrementando constantemente. Mientras que las pilas de Óxido de Mercurio corresponden a relojes, calculadoras y otros aparatos que en muchos casos ya están incluidos en aparatos más sofisticados. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009)

Con forma  
Eliminado

## FUENTES DE LÍTIO EN MÉXICO

En México a la fecha se encuentran en etapa de exploración tres yacimientos que contienen litio y se encuentran en los estados de Baja California, San Luis Potosí-Zacatecas y Sonora, sin embargo, no cuenta con ningún yacimiento de explotación de este mineral, pese a esto y para dar un panorama más amplio, a continuación, se describen brevemente los tres tipos de yacimientos: salmueras, pegmatitas y rocas sedimentarias.

La composición de las salmueras en cuanto a los niveles de contenidos de litio varía considerablemente, cambiando también la presencia de otros elementos como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo cual requiere que cada salmuera sea tratada en forma particular, de acuerdo a su composición. En general, la extracción de litio a partir de fuentes de salmuera ha demostrado ser más rentable que las producciones a partir de pegmatitas y de rocas sedimentarias. De igual manera, los depósitos de salmuera representan alrededor del 66% de los recursos de litio a nivel mundial. Dos de los tres yacimientos en México corresponden a salmueras continentales y se encuentran ubicados en San Luis Potosí-Zacatecas y Sonora. (Secretaría de Economía, 2014)

Depósitos pegmatita, la pegmatita es roca ígnea intrusiva de grano grueso formado a partir de magma cristalizado en el interior de la corteza terrestre, la cual puede contener cantidades extraíbles de un número de elementos, incluyendo litio, estaño, tántalo y niobio. Esta forma de depósito representa el 26 % de los recursos mundiales conocidos de litio, pero en México no se han llevado a cabo los estudios suficientes para determinar su riqueza. (Secretaría de Economía, 2014)

El procedimiento para la extracción de litio de pegmatita es costoso, lo que significa que dichos depósitos se encuentran en desventaja en comparación con los depósitos de salmuera, sin embargo, la concentración de litio en pegmatitas es considerablemente más alto que en las salmueras, de tal manera que depósitos con valores extremadamente altos de litio pueden todavía ser económicamente viables. La producción de otros recursos, como el estaño y el tantalio, puede ayudar a compensar los costos de procesamiento. (Secretaría de Economía, 2014)

Los depósitos en rocas sedimentarias representan el 8 % de los recursos mundiales de litio conocidos y se encuentran en depósitos de arcilla y en rocas evaporitas lacustres. (Secretaría de Economía, 2014)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Las pilas desechables (Alcalinas Ca-Zn, Li-ion, NiHM y Zn-Aire) no generan un riesgo ambiental, ni contaminan los suelos o los mantos acuíferos, según AMEXPILAS en su página web.

### CONTEXTO MUNDIAL

En el caso de la Unión Europea, se han impuesto límites mínimos de acopio, que se refieren a metas sobre ventas anuales, y éstos van creciendo cada año, de modo que al 2016 la meta es que puedan recolectar el 45% de las ventas totales de ese año. En Francia se han creado regulaciones para la separación y el reciclado, cuantificando económicamente el valor de reciclar una tonelada de pilas, y trabajando sobre esas bases. Mientras que en España se han impuesto un reto mayor, que es alcanzar el 45% para el año 2015. (Montiel-Corona et al, 2011)

Actualmente se están desarrollando pilas que utilizan cerveza, y en otros proyectos, Sony tiene pilas basadas en azúcar y Aqua Power Systems ha desarrollado en Japón pilas AA y AAA que se recargan con agua y orina (Lara, 2008).

### PROBLEMÁTICA EN RELLENOS SANITARIOS

En una recopilación de datos del INE sobre el contenido de pilas en rellenos sanitarios que corresponde a diversos años, se observa como las pilas primarias representan un porcentaje alto de los residuos sólidos urbanos (RSU) en México (Tabla 4), aunque no se puede poner en contexto con los demás países de la tabla a falta de la cantidad total de RSU.

PAÍS	AÑO	CONTENIDO EN RSU (g pilas/ ton de RSU húmedos)			CANTIDAD DE RSU (Toneladas)
		PRIMARIAS	SECUNDARIAS		
			Ni-Cd	NiMH	
ALEMANIA	2000	370	23	-	400
AUSTRIA	2000	230	11	-	377
BÉLGICA	2004	250	6.5	-	133
FRANCIA	1999	105	2.1	0.1	8800
MÉXICO	2004	1000	-	-	-
PAÍSES BAJOS	1998	170	8	-	10000
	2000	160	9	0.3	
SUECIA	1996	100-200	13.2	-	-

Tabla 4. Pilas contenidas en residuos sólidos urbanos. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Es indispensable cuidar que los rellenos sanitarios tengan un sistema adecuado de confinamiento, y se debe contemplar que el impacto ambiental que las pilas tengan en rellenos sanitarios dependerá de diferentes factores como son, el aporte de las mismas en contraste con las demás fuentes, los patrones de consumo en la zona que a su vez afectan los volúmenes de desechos, la composición de las mismas, el tamaño, la vida útil, y la hermeticidad. En conjunto con la vulnerabilidad del medio geográfico en el sitio de manejo, que determinan la geodisponibilidad y biodisponibilidad.

Se debe evaluar la fracción móvil del metal en el ambiente, es decir las sustancias más solubles en las condiciones dadas, y la respuesta de los diferentes organismos al ambiente tóxico, respectivamente.

Por ejemplo: El pH en los basureros a cielo abierto llega a ser de 5, por lo que no es suficiente para solubilizar los compuestos, lo cual limita su dispersión. (Lara, 2008)

En (Montiel-Corona et al, 2011) recopilaron información sobre la concentración de metales en lixiviados en diez rellenos sanitarios en México (Tabla 5), junto con algunas características geológicas que resultan determinantes para la retención y acumulación de los mismos. Resulta muy útil la comparación de los rellenos de Mérida y Tuxtla Gutiérrez hechos en diferentes años, para poder estudiar los cambios en periodos muy breves, los cuales en este caso son drásticos.

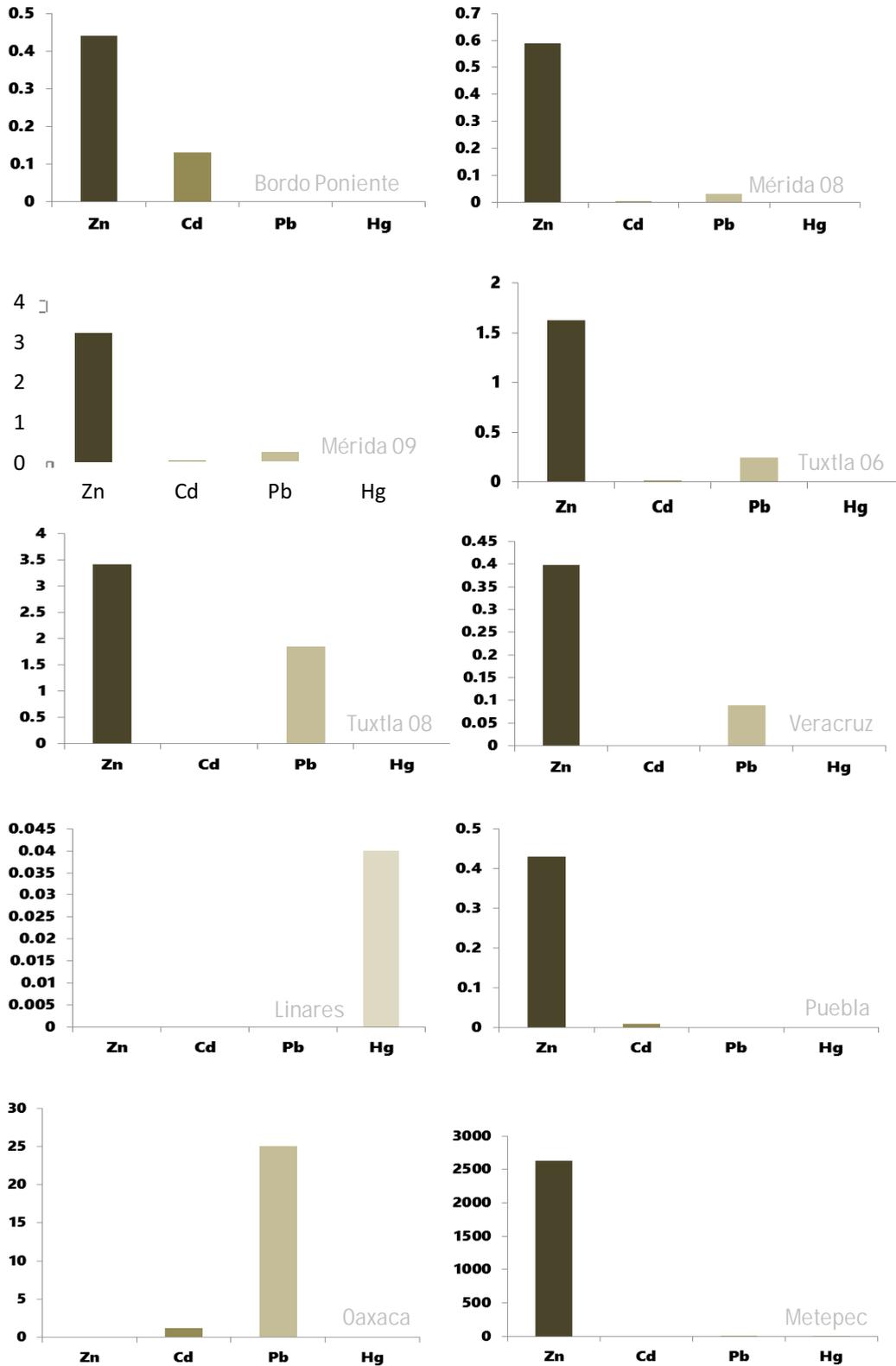
Un lixiviado, es el líquido resultante de la percolación de un fluido a través de un sólido, el cual termina por arrastrar una gran cantidad de los compuestos del sólido que atraviesa. Los lixiviados se conforman por agua de lluvia, agua del residuo y entrada de agua subterránea.

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

RELLENO SANITARIO	CONCENTRACIÓN (mg/L)				C. GEOLÓGICAS	COMENTARIOS
	Zn	Cd	Pb	Hg		
Bordo Poniente 2635	0.44	0.13	NR	NR	-	-
Mérida, Yuc. (2008)	0.59	0.0014	0.03	NR	Caliza frágil SAHCAB	Comenzó en 1997
Mérida, Yuc. (2009)	3.2	0.0069	0.236	NR	Caliza Frágil	-
Tuxtla, Chiapas (2006)	1.631	0.018	0.244	NR	Areniscas y calizas	Comenzó en 1995
Tuxtla, Chiapas (2008)	3.425	NR	1.851	NR	Areniscas y calizas	Dejo de aceptar basura en 2008
Veracruz, Veracruz. (2008)	0.398	NR	0.089	NR	-	5200 ton/d
Linares, Nvo. León (2002)	-	-	-	0.04-0.0012	Masa rocosa con fracturas	1980-2001 300 mil ton/d
Puebla, Puebla (1996)	0.43	0.01	NR	NR	Basaltos intercalados con caliza	-
Oaxaca, Oaxaca (2006)	NR	0.9-1.21	18-25	NR	Suelo arcilloso y arenoso	25 años 454 ton/d
Metepec, Edo. Mex	2635	NR	0.27	0.008	Arcilloso-arenoso	Comenzó en 1984 279 ton/d

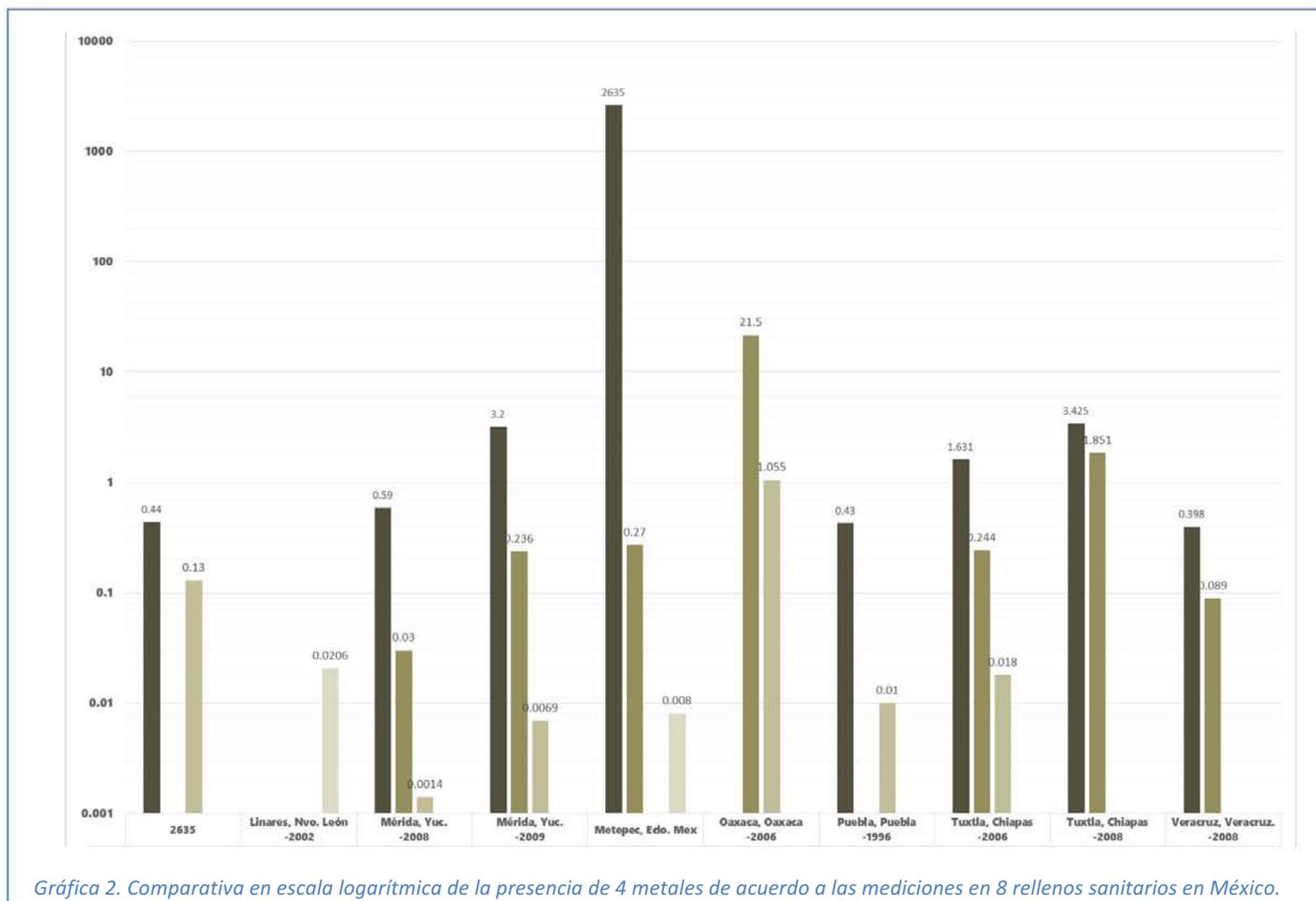
Tabla 5. Metales en lixiviados de diez rellenos sanitarios. (Montiel-Corona et al, 2011)

**APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS**



Gráfica 1. Concentraciones de 4 metales que fueron encontradas en cada medición de los 8 rellenos sanitarios, según resultados de Montiel-Corona et al, 2011.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS



Gráfica 2. Comparativa en escala logarítmica de la presencia de 4 metales de acuerdo a las mediciones en 8 rellenos sanitarios en México.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

De acuerdo a las representaciones gráficas anteriores, es muy fácil observar que el zinc en diferentes proporciones, es el metal con más presencia en las mediciones de los 8 rellenos sanitarios. Adicionalmente, es observable que la presencia de mercurio es inexistente excepto en el relleno sanitario de Linares y el cadmio en el relleno sanitario de Oaxaca tiene también un valor considerable. Definitivamente el relleno sanitario de Metepec, es el que tiene los resultados más alarmantes. En la siguiente figura se observan las notas más relevantes para esta tesina, encontradas en (Montiel-Corona et al, 2011) y otros estudios en los que ese artículo se basó.



Figura 10. Notas principales sobre estudios en 8 rellenos sanitarios, obtenidas de Montiel-Corona et al 2011.

En resumen la situación de los rellenos sanitarios es la siguiente:

En el Bordo Poniente, se utilizaron lagunas facultativas (LFR) para el estudio. Se observa crecimiento y evolución de microorganismos de tratamiento, *microstis sp*, *merismopedia sp*, *euglena sp*, *scenedesmus sp*, *chlorella* y *diatomeas* estabilizadas que no favorecen el intercambio iónico de metales. Las concentraciones de metales se han visto disminuidas por dos efectos: mezclar los lixiviados con agua residual y por precipitación natural. Adicionalmente, se observó que se queda una fracción de los metales en el sobrenadante, otra la consume el fitoplancton y el resto se precipita en sedimentos (Aldana, 1998)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

El sobrenadante, es la fase líquida superior de una muestra, y las lagunas facultativas son aquellas que operan con un estrato superior aeróbico, un estrato intermedio de bacterias facultativas y un estrato inferior anaeróbico. Las bacterias facultativas son aquellas que pueden desarrollarse en presencia o ausencia de oxígeno.

En cuanto al terreno Sahcab en Mérida, es una caliza frágil que se comprimió durante la construcción del relleno. Como la densidad de poro disminuyó, se incrementó la retención de partículas, y también la disolución de carbonatos, los cuales pueden ayudar a mantener en solución iones de metales pesados. (Montiel-Corona et al, 2011)

En Tuxtla Gutiérrez, determinaron que la concentración elevada de hierro en los lixiviados se debía en parte a los estratos con rocas ricas en óxidos de hierro, e incluso las concentraciones elevadas de Zn y Cd se debían a la saturación de los mismos en los estratos. (Montiel-Corona et al, 2011)

En Linares, hay infiltración de lixiviados hacia el acuífero a 17 metros de profundidad, a causa de fracturas en la masa rocosa. (Montiel-Corona et al, 2011)

En Veracruz, la humedad aportada por los lixiviados aceleró la tasa de hidrólisis de la fracción orgánica. Sin embargo se inhibió la acidogénesis. (González et al, 2008 )

En Puebla, aunque los metales no presentan movilidad en la base de basaltos intercalados con calizas, si existe alta presión por la carga que recibe el relleno sanitario. (Montiel-Corona et al, 2011)

El vertedero de Oaxaca yace sobre un suelo de arcilla y limo arenoso, mientras que el de Metepec, es en su mayoría franco arcilloso; los factores geológicos en ambos casos sugieren que existe una considerable vulnerabilidad que permite el escape de metales pesados hacia los lixiviados, lo cual explica la concentración de Zn encontrada en el lixiviado de Metepec y los niveles de Pb en Oaxaca. (Montiel-Corona et al, 2011) En el caso de los niveles de Pb en Oaxaca, puede deberse a que no compite con Zn. El Pb se quedaría insitu mientras que el Zn viajaría más.

Los estudios sobre la dispersión de la pluma de lixiviados de los rellenos son todavía muy escasos. (Reyes-López et al, 2008), usaron métodos tradicionales, sondeo eléctrico vertical (VES) y radar de penetración de suelos (GPR) para la delineación de la pluma de contaminantes en el vertedero Guadalupe Victoria de Mexicali, Baja California. En el caso del lixiviado del vertedero de Metepec, Estado de México, observaron que la pluma se adentra a profundidades de más de 25 metros a una distancia de 30 metros desde el borde del vertedero, debido a la presencia de material de tipo arenoso. (Montiel-Corona et al, 2011)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

En la [Tabla 6](#), Se comparan los contenidos de metales en lixiviados de pilas según diferentes autores, con los límites permitidos en lixiviados en las normas NOM-052-SEMARNAT-2005, que se refiere al límite máximo permitido de cada metal para no ser considerado como residuo peligroso, y NOM-127-SSAI-1994, que se refiere al límite máximo permitido de metales en el agua para uso y consumo humano. Es claro que aunque los niveles si están dentro de los permitidos por la NOM-052, no serían aptos para el agua, ni para el consumo humano, por lo tanto, los resultados publicados por AMEXPILAS, donde realmente no existe ninguna posible comparación, puesto que son resultados muy pobres, reflejan falta de estudios y datos confiables.

METALES	NOM-052	NOM-127	K & L (2009)	Slack & col (2005)	AMEXPILAS (2006)
As	5.0	0.025	-	0.01-1.0	-
Ba	100.0	0.70	-	-	-
Cd	1.0	0.005	0.038	0.0001-0.4	-
Cr	5.0	0.05	-	0.0-0.162	-
Hg	0.2	0.001	0.013	0.00005-0.16	-
Ag	5.0	-	-	-	-
Pb	5.0	0.01	0.038	0.001-5.0	-
Se	1.0	-	-	-	-
Mn	-	0.15	6.936	-	0.0-451.1
Zn	-	5.0	8.551	0.003-1000	0.6-900.3

*Tabla 6. Contenido de metales en lixiviados comparado con los límites de las normas NOM-052 Y 127. (Montiel-Corona et al, 2011)*

Los rellenos sanitarios tienen un tiempo de vida dividido en cinco fases, que son la respiración aeróbica, tres fases de fermentación anaeróbica y finalmente el término.

- En la respiración aeróbica se lleva a cabo la oxidación, ocurre durante las 0 a 2 semanas de edad del relleno y los gases producidos son dinitrógeno y oxígeno diatómico.
- Durante la fermentación ácida los gases producidos son dinitrógeno, CO<sub>2</sub> y dihidrógeno, y ocurre en una edad del relleno de 2 semanas a 2 meses.
- En la fermentación desequilibrada que ocurre a una edad del relleno de 2 meses a 2 años, los gases producidos son CO<sub>2</sub>, metano y dihidrógeno.
- En la fermentación equilibrada se produce CO<sub>2</sub> y metano, y ocurre de los 2 a los 25 años o en su caso hasta los 40 años dependiendo el relleno. Adicionalmente durante la fermentación anaeróbica puede producirse etanol y ácido láctico.
- Finalmente termina la vida del relleno después de los 25 a 40 años.

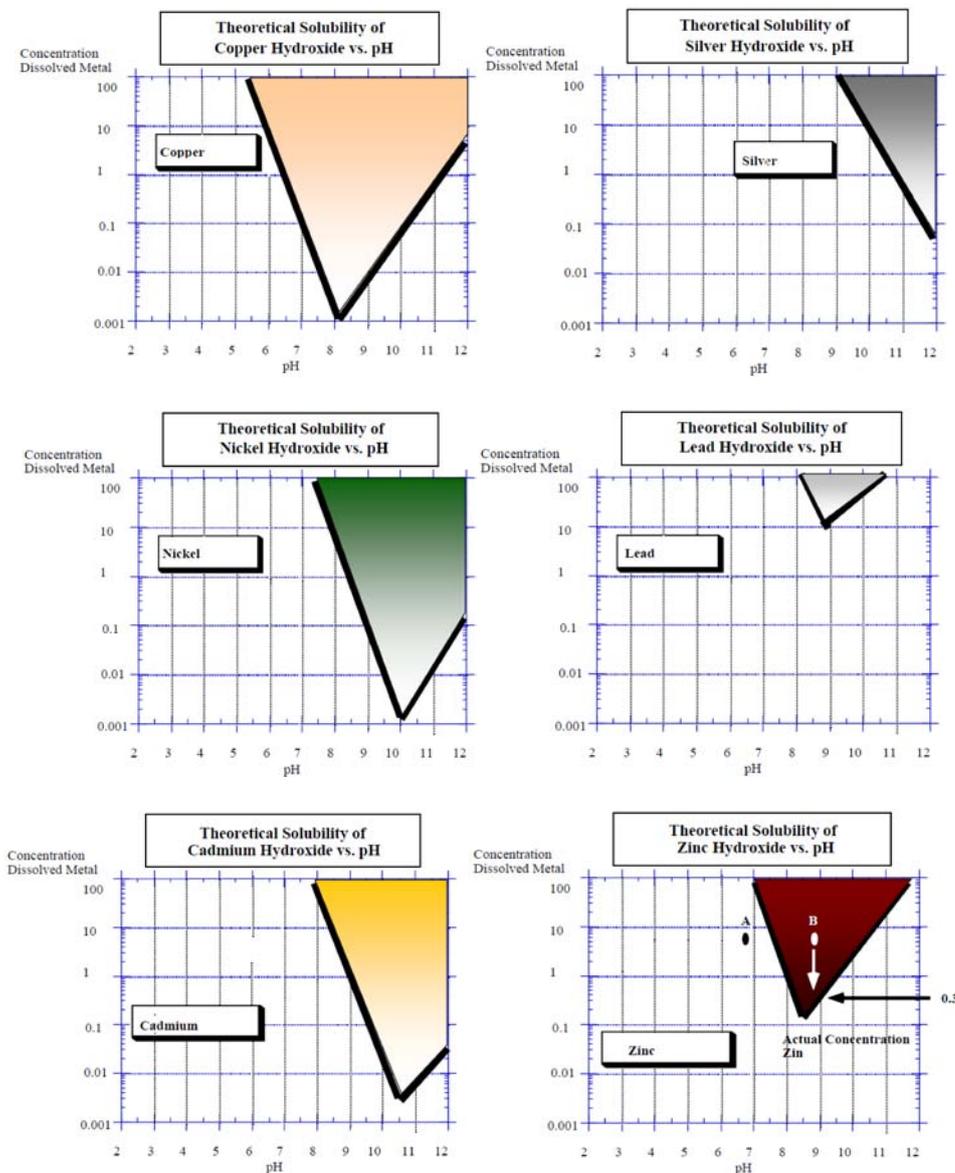
Con forma  
Eliminado

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

Además, la liberación de iones metálicos está en función del pH, de la edad y el estado del relleno sanitario. Es decir, en la fase acidogénica (fermentación ácida) de éstos, las pilas pueden aumentar el contenido de Mn y Zn en los lixiviados, pero conforme el vertedero se estabiliza y el pH aumenta, otros iones metálicos pueden ser liberados, incluyendo al mercurio. (Montiel-Corona et al, 2011)

### MOVILIZACIÓN DE METALES

La precipitación de metales depende principalmente de dos factores; la concentración de dicho metal y el pH del agua. Los valores de pH ácidos o neutros en el agua presentan desventajas para la remoción de metales (Ayles et al, 1994).



Gráfica 3. Solubilidad Teórica de Hidróxido de Cobre, Hidróxido de Plata, Hidróxido de Níquel, Hidróxido de Plomo, Hidróxido de Cadmio e Hidróxido de Zinc contra pH. Las concentraciones se encuentran en mg/l (Ayles et al, 1994).

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

En la gráfica anterior, se observan seis figuras donde se puede ver el comportamiento teórico de metales comúnmente encontrados en desechos electrónicos y pilas. A excepción de la plata todos los metales muestran una concentración mínima a un pH específico (Ayres et al, 1994).

La última figura pretende ejemplificar el comportamiento del zinc, en teoría se presenta una concentración de 4 mg/L en aguas con un pH de 6.8 (A), bajo estas condiciones el zinc es soluble, lo cual no beneficia su remoción, para esto se modifica el pH a 8.6 (B) y se precipita entonces la mayor parte del metal como hidróxido de zinc. (Ayres et al, 1994)

En todo momento se habla de hidróxidos ya que para ajustar el pH debe agregarse al agua hidróxido de sodio (NaOH). Al agregar hidróxido de sodio, el agua se vuelve fuertemente alcalina y al reaccionar con los metales, forma hidróxidos de metales sólidos, mismos que pueden ser removidos con mayor facilidad.

De cualquier manera, en aguas donde existe la presencia de múltiples metales, el pH debe ser ajustado a un valor promedio, ya que no todos los metales tienen el mismo mínimo de solubilidad. El pH al que generalmente debe ser ajustado es aproximadamente 9 (Ayres et al, 1994).

Existe una amplia variedad de métodos para tratar aguas contaminadas y el pH es solo una de las variables, existen otras variables que determinan el flujo de los contaminantes, como ya se ha mencionado también son factores importantes la capacidad de intercambio iónico, relación con la materia orgánica, la concentración del metal, la química local, los mecanismos de transporte y en general la vulnerabilidad del ambiente o del acuífero son básicos para determinar cuál es la mejor alternativa de remediación en caso de que esta exista, o si debe optarse por atenuación natural.

En el caso de atenuación natural, no es como tal una tecnología, es mas bien un rango de procesos físicos y biológicos que reducen la concentración, la toxicidad y la movilidad de los contaminantes. En algunos casos los productos de la degradación son más dañinos que los contaminantes originales, por ejemplo en los rellenos sanitarios, a causa del contacto de los metales con otros agentes químicos, es por esto que debe evaluarse con mucho cuidado, si es la mejor alternativa. Por supuesto la atenuación natural no es un proceso viable cuando existen riesgos inminentes en el sitio, y cuando se habla de tierras superficiales se debe tomar en cuenta que los contaminantes estarán sujetos a efectos del viento y erosión. Puede funcionar con algunos metales, donde el proceso resulta en un cambio en la valencia del metal, lo cual deriva en la inmovilización de dicho contaminante. (Monitored Natural Attenuation, s.f.)

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

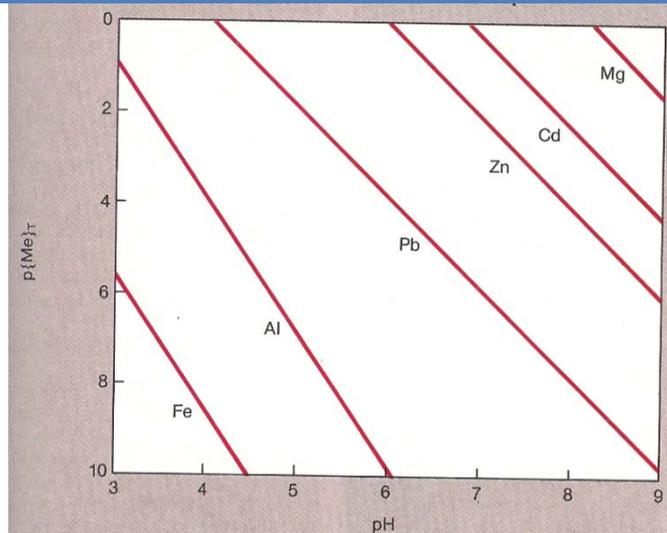


Figura 11. Disolución de hidróxidos metálicos en función del pH. (Evans, 1989)

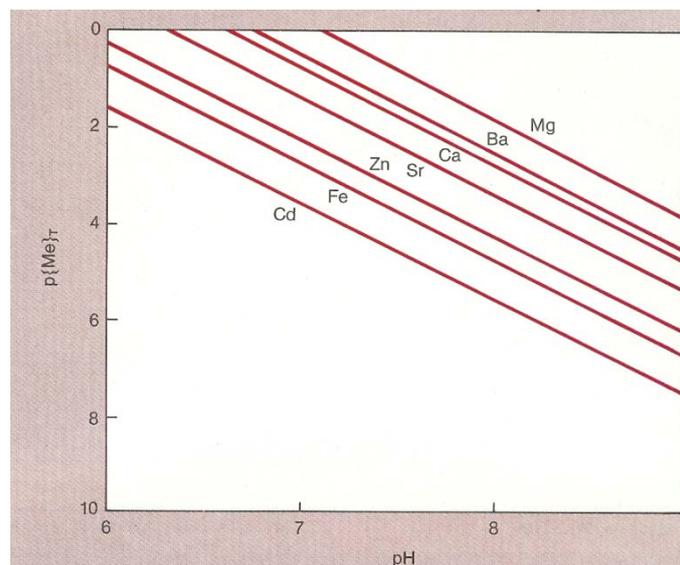


Figura 12. Disolución de carbonatos en función del pH. (Evans, 1989)

### MOVILIZACIÓN, TRAYECTORIA Y DESTINO DE CONTAMINANTES

Existe una variedad de reacciones que pueden ocurrir que influyen en la especiación y movilidad de metales, incluyendo reacciones ácido/base, precipitación/disolución, oxidación/reducción (redox), sorción o intercambio iónico. Las reacciones de precipitación, sorción e intercambio iónico pueden retrasar la movilidad de los metales en aguas subterráneas. Las características del flujo del agua subterránea también influyen en el transporte de contaminantes metálicos (Evanko y Dzombak, 1997).

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

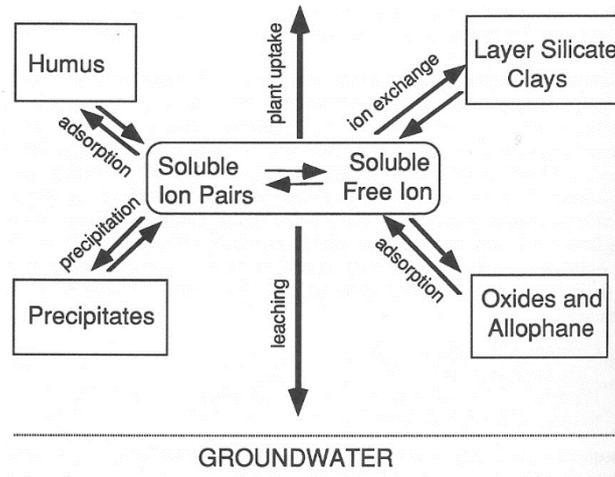


Figura 13. Proceso dinámico que gobierna la solubilidad y movilidad de los metales en el suelo. (McBride 1994)

Haciendo referencia a las características de movilidad de los cuatro metales estudiados anteriormente en rellenos sanitarios en México:

- Los carbonatos de plomo sólidos se forman por encima de pH 6 y la galena es el sólido más estable en presencia de altas concentraciones sulfúricas en condiciones reductoras. La mayor parte del plomo que es liberado al ambiente es retenido en los suelos. La cantidad de plomo disuelto en aguas subterráneas y someras depende del pH, de la concentración de sales disueltas y de los tipos de minerales presentes (Evanko y Dzombak, 1997).
- El zinc es uno de los metales pesados con mayor movilidad en aguas someras y subterráneas, ya que está presente como compuestos solubles a valores neutros y ácidos de pH. A valores más altos de pH, el zinc puede formar compuestos carbonatados e hidróxidos que controlan su solubilidad. El zinc precipita bajo condiciones reductoras, en sistemas altamente contaminados y con concentraciones muy altas. La sorción del zinc incrementa cuando el pH incrementa y la salinidad se reduce (Evanko y Dzombak, 1997).
- El cadmio precipita en presencia de fosfato, arsenato, cromato y otros aniones, aunque la solubilidad varía con el pH y otros factores químicos. El cadmio es relativamente móvil en aguas someras y sistemas subterráneos, existe principalmente como iones hidratados o como complejos con ácidos húmicos y otros ligandos orgánicos. La remoción de este metal aumenta conforme el pH aumenta. En condiciones reductoras, la precipitación como CdS controla la movilidad del cadmio. (Evanko y Dzombak, 1997).

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

- El potencial redox y el pH del sistema determinan las formas estables en las que se presentará el mercurio. El Hg(II) forma fuertes complejos con variedad de ligandos orgánicos e inorgánicos, haciéndolo muy soluble en sistemas acuáticos oxidados. La sorción en suelos, sedimentos y materiales húmicos es un mecanismo importante para remover el mercurio de la solución. El mercurio elemental también puede ser formado bajo condiciones anaeróbicas por la desmetilación del metilmercurio o por reducción del Hg(II). En condiciones ácidas ( $\text{pH} < 4$ ) también se favorece la formación de metilmercurio, donde altos valores de pH favorecen la precipitación de HgS. (Evanko y Dzombak, 1997).

Las propiedades físicas y químicas de la matriz del acuífero influyen la movilidad de metales en suelos y aguas subterráneas. La contaminación existe en tres formas en la matriz del suelo: contaminantes solubilizados en la fracción húmeda de los suelos, contaminantes sorbidos en suelos y contaminantes fijados químicamente como compuestos sólidos (Evanko y Dzombak, 1997).

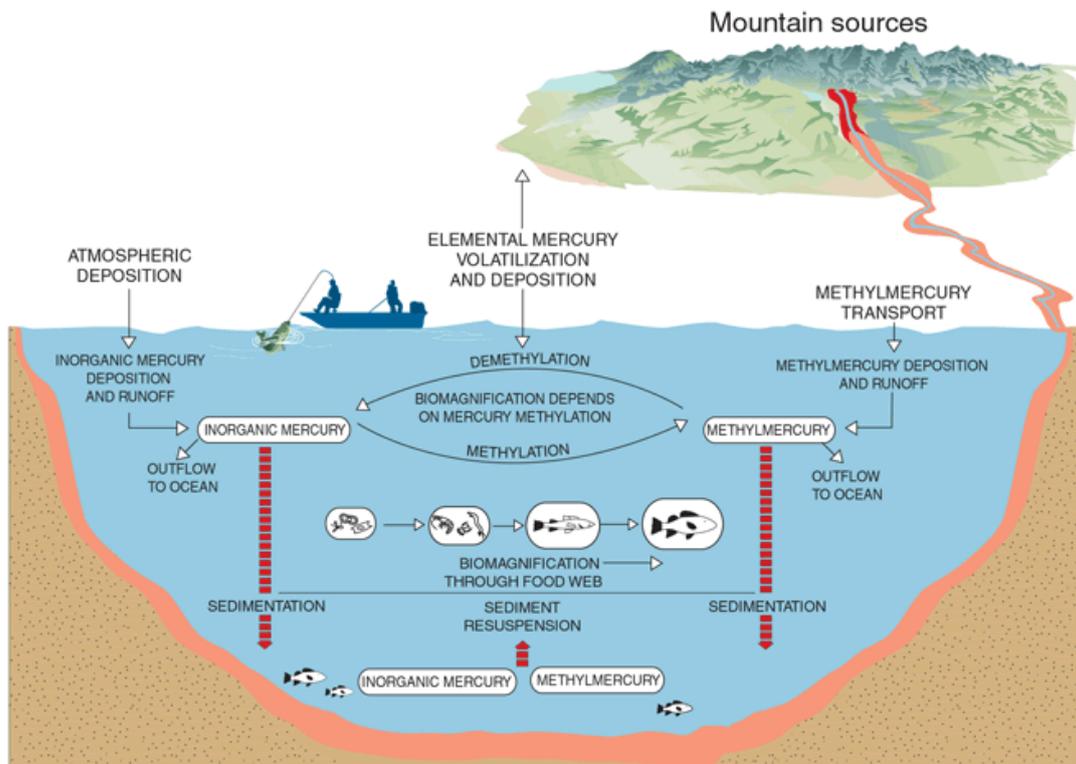


Figura 14. Movilidad del mercurio. Tomado de USGS.

## CAPITULO III.

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### METODOLOGÍA

En esta sección se enlistan las metas y actividades que se establecieron para lograr el desarrollo del proyecto.

#### METAS

- Propuesta de un primer prototipo muy sencillo que utilice materiales de casa y se pueda utilizar como lámpara de mesa. Realización del mismo y análisis de puntos por mejorar.
- A partir del primero hacer una segunda propuesta enfocada a mejorar principales problemas. Detectar problemas del segundo modelo y propuestas de mejora.
- Recomendaciones

#### ACTIVIDADES

##### PRIMER PROTOTIPO (META UNO)

Este debe ser funcional para diez pilas aproximadamente y su utilidad será probar el Ladrón de Joule para estos objetivos específicos.

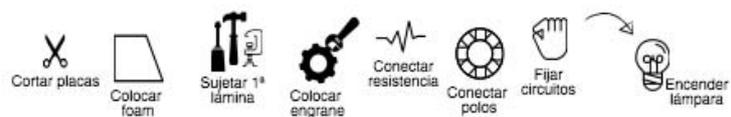
##### **Materiales utilizados:**

- Ferrita HFB095051-100
- 5m de alambre cubierto
- 2 placas de cobre de 10x10cm
- 3 placas de madera de 10x10cm
- Tornillos de 1/8 de pulgada
- 20 leds de colores

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

- Transistor código 2N2222A
- Resistencia 1K
- 4 cubos de madera de 4x4cm
- Placa de acrílico de 8x8cm
- Hoja de Foam
- Cinta de aislar
- Cinta Gaffer
- Cables
- Pintura negra de acrílico
- Pintura roja de acrílico
- Apagador
- 2 tupperts de plástico transparente
- Cautín
- Tijeras
- Cuchillo
- Cúter
- Sierra
- Desarmadores
- Martillo
- Taladro

### PROCESO



## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### Descripción del modelo:

El circuito utilizado en este proyecto es el Ladrón de Joule, anteriormente definido.

Para construir el prototipo se siguieron las siguientes instrucciones:

- Cortar las placas de madera, acrílico y cobre en círculos perfectos de 10cm de diámetro, posteriormente atornillar las placas entre sí para evitar movimiento del circuito.
- Después colocar una base de Foam antes de la primera lámina de cobre.
- El siguiente paso fue sujetar la primera lámina con los huecos de los bloques.
- En el Foam dibujar y cortar la forma del engrane del acrílico y los orificios necesarios para colocar los tornillos, en cada cresta considerando una separación suficiente para insertar una pila sin que se mueva.
- A continuación, colocar y cortar la lámina de acrílico en forma del engrane del paso anterior.
- Marcar los bloques de madera para ensamblar la lámpara.
- Colocar y atornillar el engrane de acrílico a los bloques.
- Conectar la resistencia con el transistor y la bobina.
- Finalmente conectar los polos positivo y negativo (ambas placas de cobre).
- Fijar el circuito.
- Acomodarlo posteriormente dentro de las placas, cuidando la altura de las pilas. Cerrar el prototipo con tornillos y con cinta Gaffer (tensor).
- Fijar ramificaciones dentro del tubo y soldar con el apagador.
- Encender lámpara.

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

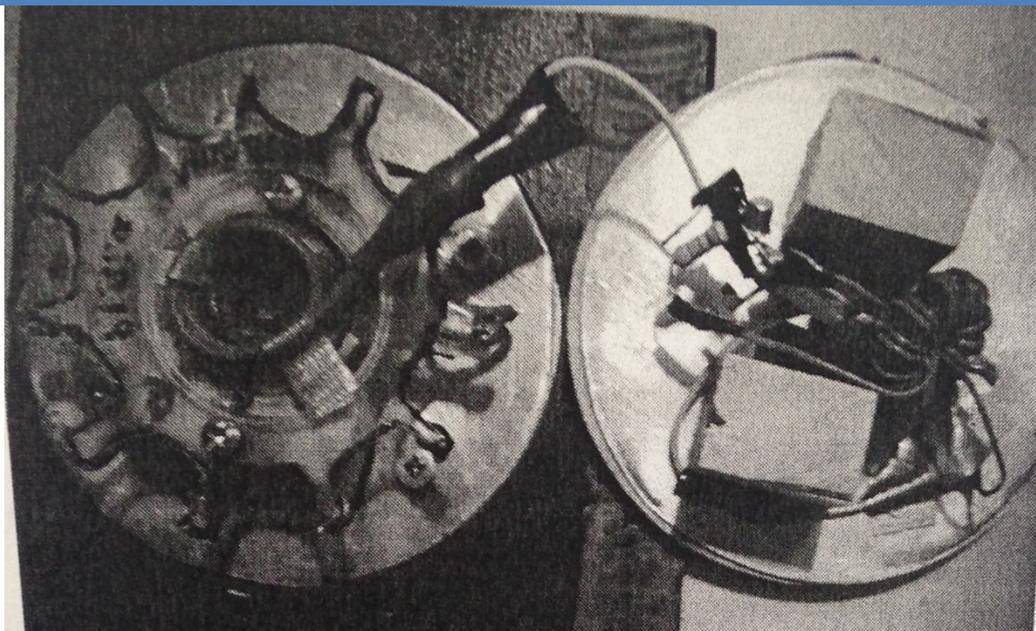


Figura 15. Foto primer prototipo

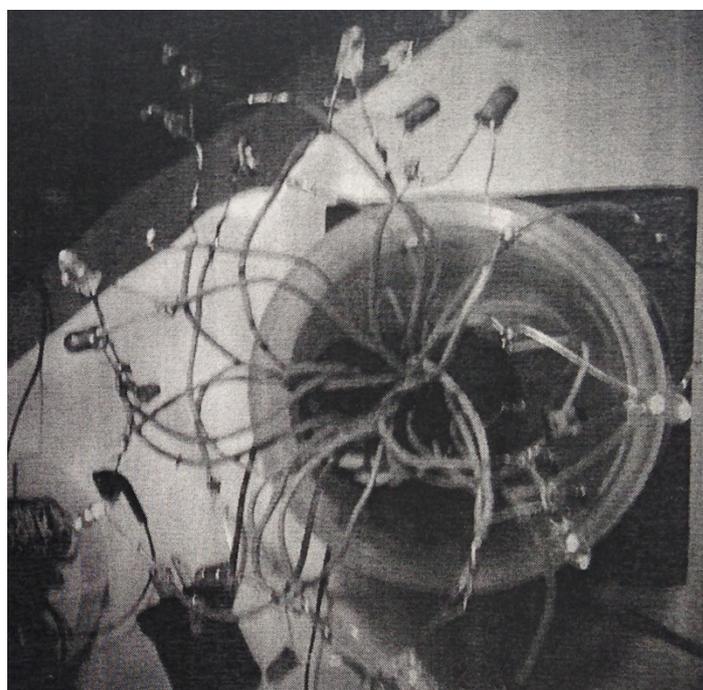
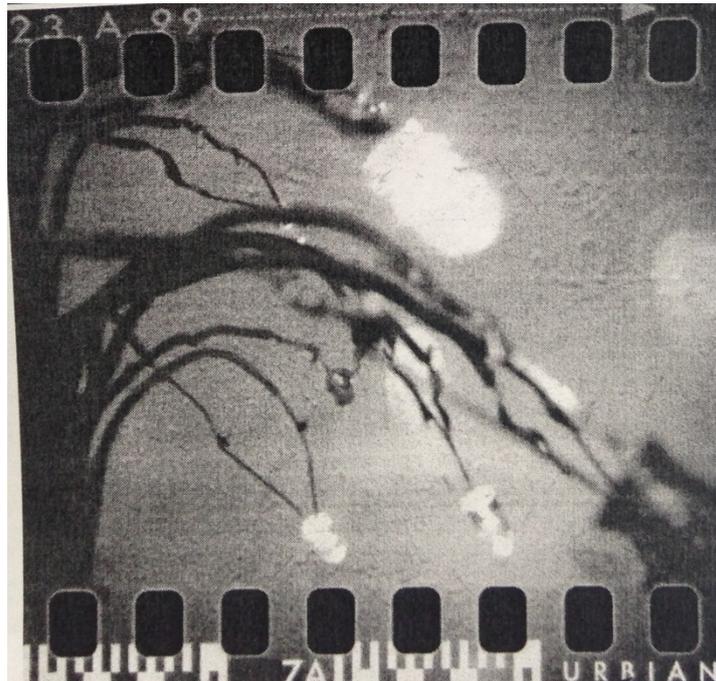


Figura 16. Foto cenital del primer prototipo.



*Figura 17. Foto con leds encendidos del primer prototipo*

#### **Observaciones**

Como es un prototipo hecho con herramientas y materiales caseros, no tiene cortes precisos y las distancias de ensamblaje no son perfectas. Para efectos de este primer prototipo no hay problema porque está diseñado para muy pocas pilas y como se acomodan manualmente en el mecanismo no hay problemas.

Para un siguiente modelo definitivamente las pilas deberían de poderse situar en el circuito solas, sin que el usuario las tenga que acomodar, además de cuidar por supuesto el ensamblaje y el diseño, que probablemente no sea tan cómodo para el usuario. Lo ideal sería que se pudieran introducir de manera muy simple, fuera fácil sacar las pilas que quedaran vacías y tuviera un diseño exterior atractivo.

#### **Conclusión**

Es una buena alternativa para el rehúso de pilas en una escala mínima y muy rústica por supuesto, sobre todo es algo que puede construir cualquiera, ya que son materiales fáciles de conseguir y el procedimiento es sencillo.

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### *PROBLEMAS A RESOLVER:*

- Mecanismo para que las pilas entren al circuito solas.
- Mecanismo para desechar las pilas que queden vacías.
- Ensamblaje (problemas de diferente tamaño de pilas)
- Diseño

### SEGUNDO PROTOTIPO (META DOS)

A partir del primer prototipo que si funcionó podemos empezar a resolver los problemas principales, de donde surgió la siguiente idea.

Un modelo que permita que al introducir las pilas, estas resbalen en dirección al circuito, se conecten y ya sea que, en un tiempo  $t$  sean soltadas a un contenedor de “desecho” o que se empujen la una a la otra de acuerdo a la cantidad de pilas que se vayan introduciendo.

Los principales problemas que se pueden prever para este modelo son, que al resbalar pueden perder la trayectoria o ir resbalando chuecas, para la cual lo mejor será una resbaladilla curvada, después al llegar al circuito sin duda deberán tener un tope para que cuando se empujen la una a la otra no se salgan del circuito. Además hay que contemplar la diferencia de tamaños de las pilas (incluso cuando pertenecen al mismo formato, ejemplo AA, AAA) por razones de manufactura algunas como las que entran por contrabando, tienen diferencias milimétricas pero que son considerables en sus dimensiones, mismas que pueden resultar problemáticas a la hora del ensamblaje.

Teniendo esto en cuenta la propuesta de modelo se presenta de la siguiente forma.

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

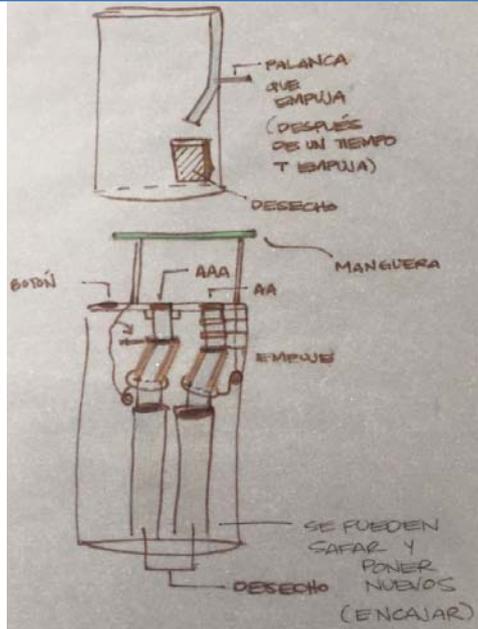


Figura 18. Diseño preliminar del prototipo dos.

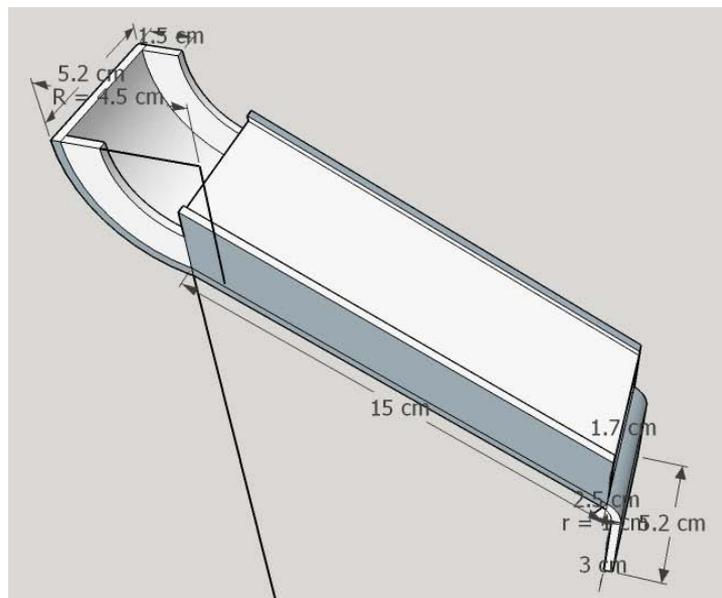


Figura 19. Vista lateral Propuesta dos.

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

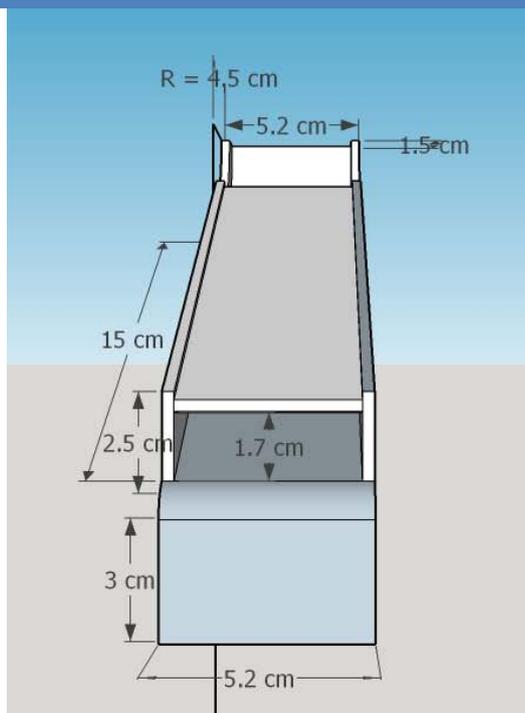


Figura 20. Foto frontal de la Propuestas dos

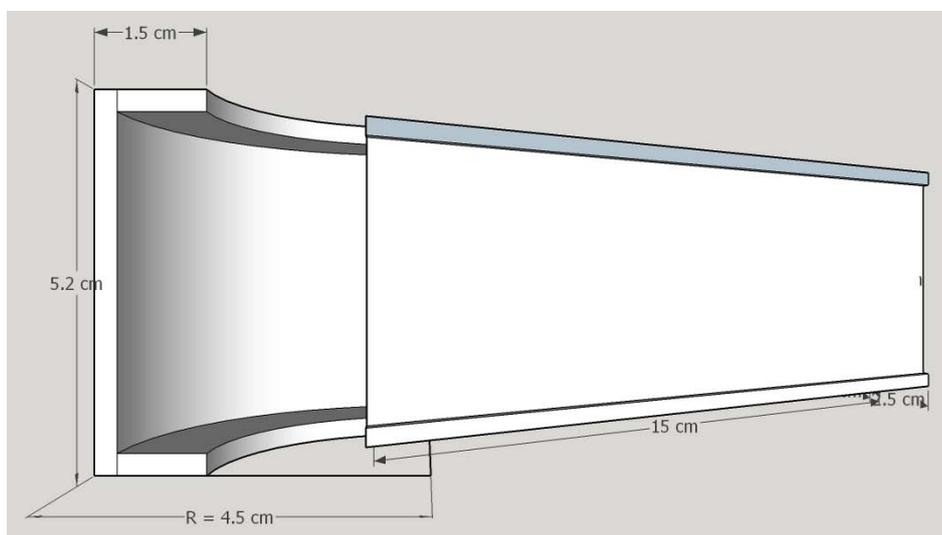


Figura 21. Vista cenital de la propuesta dos

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

### Materiales propuestos para la construcción:

Acrílico transparente para identificar con facilidad en que zonas puede fallar el sistema y sectores circulares probablemente con acero inoxidable.

### OBSERVACIONES PREVIAS A LA CONSTRUCCIÓN

Podría realizarse el modelo de manera que las pilas a la hora de caer sobre la rampa, se acomoden para que el lado positivo de la pila (que tiene una protuberancia) se recargue en otro riel y, así mantengan la orientación y posición adecuada a través de todo el proceso. Adicionalmente, una de las paredes laterales puede ser móvil con resortes para eliminar el problema de la diferencia de tamaños dependiendo el país de procedencia. El tipo de resorte empleado para desplazar las pilas ya utilizadas por nuevas podría ser como el de los refrigeradores de refrescos, donde se saca uno y se recorren todos los demás.

### PROBLEMAS DEL LADRÓN DE JOULE:

Una de las posibles limitaciones que se han comentado en el desarrollo de esta propuesta, es la posibilidad de que las pilas se compensen unas con otras, pero eso no constituye un problema ya que si las pilas estuviesen conectadas en serie, si se compensarían, pero el circuito funcionaría de todas maneras y poco a poco se irían desgastando todas las pilas, hasta que la suma total no logre ser suficiente para prender los Leds.

Por otro lado debe identificarse si se desea conectarlas en serio o en paralelo, en los dos casos es posible operar el circuito, la diferencia consiste en que, si se conectan en serie habrá suma de voltajes, mientras que si se conectan en paralelo habrá suma de potencial. En este caso se debe determinar que opción es la deseada. Para ambos casos se puede hacer funcionar el circuito.

### RECOMENDACIONES PARA MODELOS POSTERIORES.

Si se desea llevar esto a una escala de alumbrado público deben tenerse en consideración varias cuestiones como lo son, la fiabilidad del circuito, la cultura de los usuarios para respetar la luminaria, y no pegar chicles o tirar basura en los orificios, además de evidentemente crear un diseño resistente al intemperismo.

Si se habla de prototipos más locales como los que podrían proponerse en oficinas, puede existir un poco de mayor fiabilidad en cuanto al trato que se le dará, además de otros usos aparte de la iluminación del lugar (esto dependerá de la carga constante que se logre obtener). En realidad el prototipo para casa u oficina, podría resultar un buen primer avance sobre esta dirección, atendiendo a la necesidad de crear consciencia y

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

fomentar el respeto del usuario. Para cualquiera de los casos, ya sea conexión en serie, como conexión en paralelo, se pueden adecuar sistemas mecánicos no de mucha complejidad, que lo hagan funcionar correctamente.

### GENERALIDADES DE LAS PILAS MEDIDAS

Las características del muestreo de 250 pilas medidas para obtener las necesidades del prototipo fueron las siguientes:

- AA Alcalinas: 1.5 v
- AA Ni-Cd (Recargables): 1.2 v
- AAA Alcalinas: 1.5 v
- AAA Zn-Ca: 1.5 v

## CAPITULO IV.

### RESULTADOS

En noviembre del 2015 se obtuvo una muestra de 250 pilas del Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, ya que el ICN tiene separados los desechos electrónicos de la demás basura. Dicha muestra se analizó y los resultados del muestreo arrojan que, el 15% tiene el contenido derramado a tal grado que en muchos casos no se puede identificar su país de procedencia, el 2% ni siquiera presenta procedencia y el 83% se encuentra en suficientemente buen estado para identificar sus características generales.

Del 15% que tiene el contenido derramado, 16 pilas provienen de china, 13 no se puede identificar el país de procedencia, 3 de Japón, 3 de Estados Unidos y finalmente 1 de Indonesia. Lo cual muestra que por lo menos de este muestreo china prevalece como el país con pilas de menor calidad, ya que si bien, la mayor parte de la muestra proviene de china, no hay justificación para que sean estas las de mayor contenido derramado.

En cuanto a la procedencia, como ya se ha mencionado, la mayor parte viene de China con un 39% de la muestra, seguida de Singapur con el 17% y en tercer lugar Estados Unidos con 15%.

La tecnología predominante en la muestra es pilas alcalinas con el 89%, y el 83% del total son pilas tipo AA. Adicionalmente el 19% del total tienen más de 1.3V de voltaje, lo que significa que están casi llenas.

A continuación se presentan algunos gráficos para exhibir los resultados.

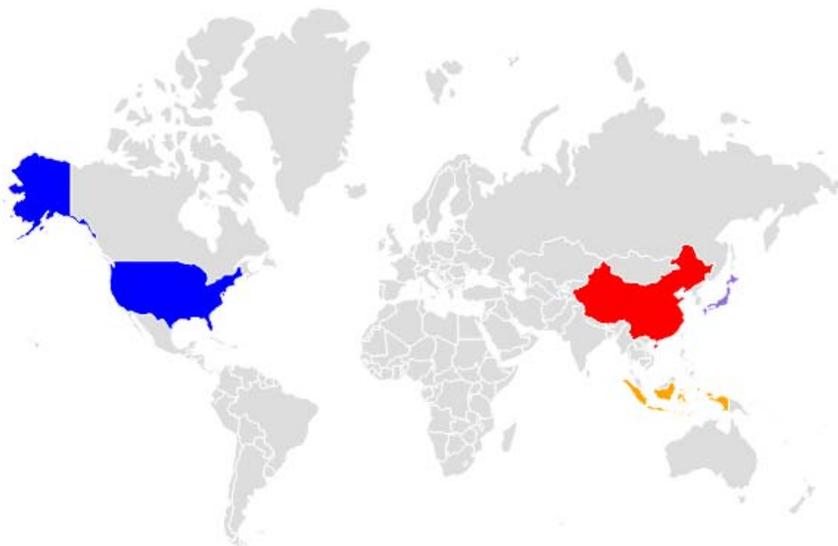
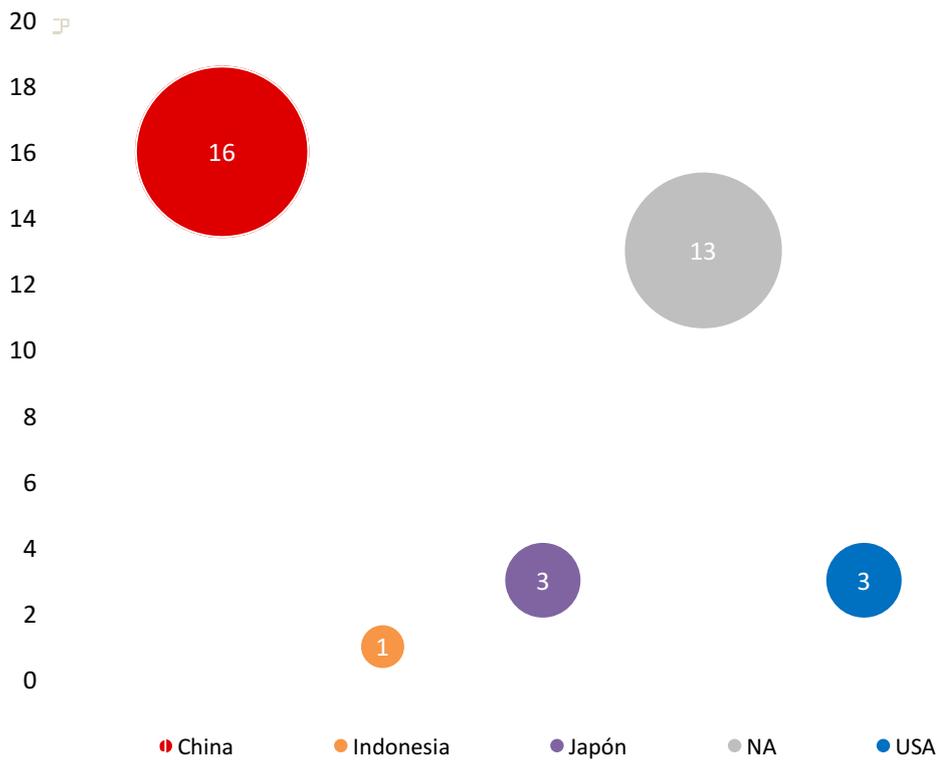


Figura 22. Mapa de procedencia

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS



Gráfica 4. Resultados de pilas con contenido derramado por procedencia.

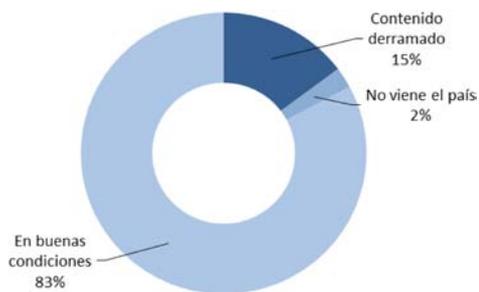
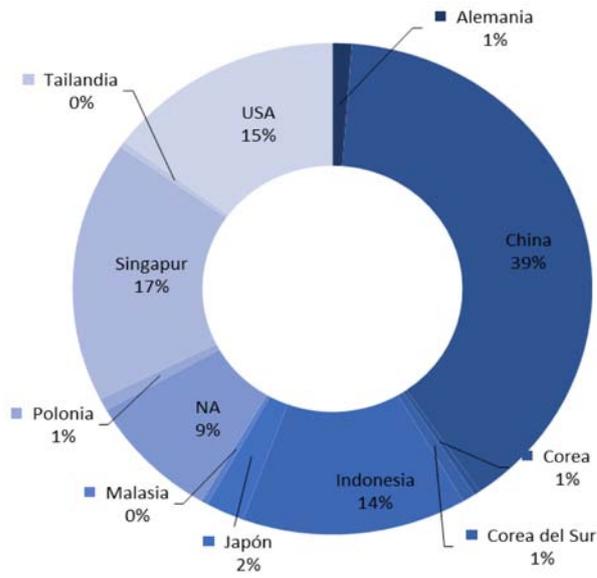


Figura 23. Condiciones del muestreo.

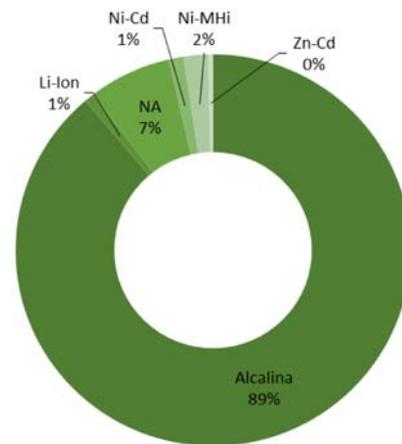
Es evidente que la mayoría de las pilas se conservan bien cuando no están expuestas a agentes de intemperismo o químicos, pero cuando no es así empiezan a reaccionar e incluso el olor afecta la garganta.

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

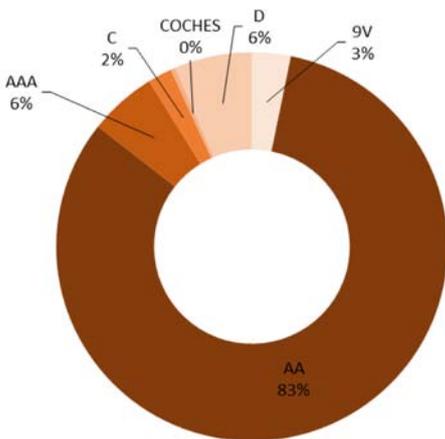


Gráfica 5. Procedencia de las pilas del muestreo

La mayoría de las pilas de la muestra proviene de China, Singapur o Indonesia, y esto también aplica para las que vienen con aparatos eléctricos y las que venden en los mercados y tianguis.



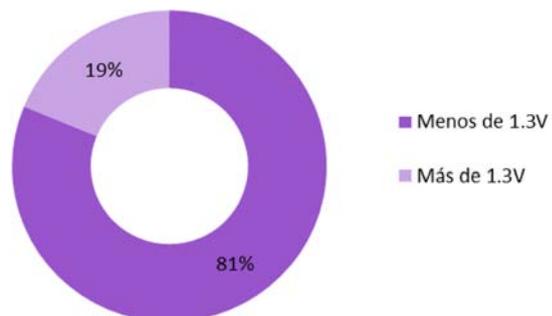
Gráfica 8. Muestra de 250 pilas clasificadas por tecnología



Gráfica 6. Muestra de 250 pilas clasificadas por formato

La mayoría de las pilas de la muestra son doble aa alcalinas, seguidas de AAA y d, por eso el prototipo se planea principalmente para este tipo de pilas.

casi el 20% de las pilas están casi llenas, lo cual indica que el desperdicio es inminente.



Gráfica 7. Cantidad de pilas casi llenas

## CONCLUSIONES

El objetivo de esta tesina era sintetizar y analizar la información más reciente en torno al consumo de pilas en México y su capacidad de contaminación al medio ambiente, para plantear una propuesta eficiente de recolección, reutilización y reciclaje, que ayude a cerrar el ciclo de vida de las pilas.

Se cumplió con la síntesis y recopilación de la información, y en parte se cumplió con el planteamiento de una alternativa. A lo largo del desarrollo de las metas uno y dos, se fueron detectando nuevos retos y cosas por mejorar para realmente lograr un prototipo funcional y útil.

En primer lugar, quien decida seguir adelante con un prototipo de este tipo, deberá tener conocimientos sólidos en diseño industrial y la mecánica requerida para el mismo. Así mismo, deberá poder experimentar con diversos materiales para, tras varios esfuerzos y diseños, encontrar la mejor alternativa.

Las perspectivas en este sentido parecen infinitas pensando en que, una vez que seamos capaces de reutilizar las pilas de manera fácil y eficiente, podremos operar un sinnúmero de aparatos, luminarias e inventos futuros, a través de esta fuente de energía.

Por supuesto debe realizarse un estudio del usuario para poder obtener las medidas correctas, inclinaciones y demás que lo hagan cómodo y atractivo, y con eso lograr el objetivo que es impulsar un cambio de consciencia en la sociedad, en cuanto a la recolección, reutilización, reciclaje de las pilas y en general acerca de todos los desechos.

## ANEXOS

### ANEXO I.

---

#	FORMATO	MARCA	TECNOLOGIA	VOLTAJE	PROCEDENCIA	COMENTARIOS
1	AA	Rayovac	Alcalina	0.12	Alemania	
2	D	Rayovac	Alcalina	1.35	Alemania	
3	D	Rayovac	Alcalina	0.12	Alemania	
4	AA	Dickie Toys	Alcalina	0.24	China	
5	AA	Tectron	Alcalina	1.49	China	
6	AA	Energizer	Alcalina	1.4	China	
7	AA	Energizer	Alcalina	1.48	China	
8	AA	Energizer	Alcalina	NA	China	Contenido derramado
9	AA	Mitsubishi	Alcalina	0.09	China	
10	AA	Tectron	Alcalina	1.08	China	
11	AA	Tectron	Alcalina	0.76	China	
12	AA	Energizer	Alcalina	1.2	China	
13	AAA	Energizer	Alcalina	0.8	China	
14	AA	Energizer	Alcalina	1.42	China	
15	AAA	Tectron	Alcalina	1.23	China	
16	AA	Tectron	Alcalina	0.11	China	

---

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>17</b>	D	Energizer	Alcalina	0.18	China
<b>18</b>	AA	Great Value	Alcalina	0.24	China
<b>19</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.8	China
<b>20</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.16	China
<b>21</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.16	China
<b>22</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.05	China
<b>23</b>	AA	Novacell	Alcalina	0.4	China
<b>24</b>	9V	Golden Power	Alcalina	0.3	China
<b>25</b>	AA	Volcano	Alcalina	0.69	China
<b>26</b>	AA	Golden Power	Alcalina	0.32	China
<b>27</b>	AA	Volcano	Alcalina	0.04	China
<b>28</b>	AA	Kodak	Alcalina	1.46	China
<b>29</b>	AAA	Carrefour	Alcalina	0.49	China
<b>30</b>	AA	Orica	Alcalina	0.56	China
<b>31</b>	AAA	Fullwin	Alcalina	1.11	China
<b>32</b>	AA	Pleomax	Alcalina	0.2	China
<b>33</b>	AA	EverpowerGold	Alcalina	0.46	China
<b>34</b>	9V	New Leader	Alcalina	0.03	China
<b>35</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.41	China
<b>36</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.49	China

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

---

---

<b>37</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.44	China
<b>38</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.45	China
<b>39</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.21	China
<b>40</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.36	China
<b>41</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.31	China
<b>42</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.92	China
<b>43</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.36	China
<b>44</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.40	China
<b>45</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.70	China
<b>46</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.50	China
<b>47</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.90	China
<b>48</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.88	China
<b>49</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.72	China
<b>50</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.17	China
<b>51</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.99	China
<b>52</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.57	China
<b>53</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.33	China
<b>54</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.42	China
<b>55</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.09	China
<b>56</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.06	China

---

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

---

---

<b>57</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.37	China
<b>58</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.93	China
<b>59</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.31	China
<b>60</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.15	China
<b>61</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.15	China
<b>62</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.46	China
<b>63</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.30	China
<b>64</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.35	China
<b>65</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.21	China
<b>66</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.32	China
<b>67</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.06	China
<b>68</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.18	China
<b>69</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.70	China
<b>70</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.92	China
<b>71</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.99	China
<b>72</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.49	China
<b>73</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.04	China
<b>74</b>	AA	Tectron	Alcalina	0.59	China
<b>75</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.02	China
<b>76</b>	AA	Tectron	Alcalina	1.31	China

---

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>77</b>	AA	Alkalisk	Alcalina	1.22	China	
<b>78</b>	AAA	Voltech	Ni-MHi	1.17	China	
<b>79</b>	AA	DMEGC	Alcalina	1.23	China	
<b>80</b>	AA	Mitzu	Ni-MHi	0.89	China	
<b>81</b>	AAA	SQMY	Alcalina	NA	China	Contenido derramado
<b>82</b>	AA	Master China	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>83</b>	AA	Ultrafire	Li-Ion	2.78	China	
<b>84</b>	AA	7Eleven	Alcalina	0.8	China	
<b>85</b>	AA	Andali	Alcalina	1.34	China	
<b>86</b>	AA	Nitram	Alcalina	NA	China	Contenido derramado
<b>87</b>	AA	Alkalisk	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>88</b>	AA	Fussion	Ni-Cd	NA	China	Contenido derramado
<b>89</b>	AAA	DMEGC	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>90</b>	AA	Mitzu	Ni-Cd	NA	China	Contenido derramado
<b>91</b>	AA	Master China	Ni-Cd	NA	China	Contenido derramado
<b>92</b>	AA	Ultrafire	Li-Ion	3.7	China	

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>93</b>	AA	7Eleven	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>94</b>	AAA	Bexel	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>95</b>	AA	Andali	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>96</b>	AAA	Daewoo	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>97</b>	9V	Dakko	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>98</b>	AA	Explosive	NA	NA	China	Contenido derramado
<b>99</b>	AA	Radioshack	Ni-Mhi	0.31	China	
<b>100</b>	AA	Rocket	Alcalina	0.82	Corea	
<b>101</b>	AA	Bexel	Ni-MHi	0.8	Corea del Sur	
<b>102</b>	AA	Bexel	Ni-MHi	0.56	Corea del Sur	
<b>103</b>	AA	Everyday	Alcalina	NA	Indonesia	Contenido derramado
<b>104</b>	AA	Sony	Alcalina	0.96	Indonesia	
<b>105</b>	AA	Sony	Alcalina	1.38	Indonesia	
<b>106</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.38	Indonesia	
<b>107</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.68	Indonesia	
<b>108</b>	AA	Sony	Alcalina	1.08	Indonesia	
<b>109</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.36	Indonesia	

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>110</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.41	Indonesia
<b>111</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.37	Indonesia
<b>112</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.55	Indonesia
<b>113</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.26	Indonesia
<b>114</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.34	Indonesia
<b>115</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.29	Indonesia
<b>116</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.87	Indonesia
<b>117</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.36	Indonesia
<b>118</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.80	Indonesia
<b>119</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.37	Indonesia
<b>120</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.16	Indonesia
<b>121</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.42	Indonesia
<b>122</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.08	Indonesia
<b>123</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.34	Indonesia
<b>124</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.23	Indonesia
<b>125</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.30	Indonesia
<b>126</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.04	Indonesia
<b>127</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.44	Indonesia
<b>128</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.04	Indonesia
<b>129</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.16	Indonesia

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>130</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.35	Indonesia	
<b>131</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.71	Indonesia	
<b>132</b>	AA	Everyday	Alcalina	1.39	Indonesia	
<b>133</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.11	Indonesia	
<b>134</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.46	Indonesia	
<b>135</b>	AA	everyday	Alcalina	1.05	Indonesia	
<b>136</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.89	Indonesia	
<b>137</b>	AA	Everyday	Alcalina	0.10	Indonesia	
<b>138</b>	AA	Panasonic	NA	NA	Japón	Contenido derramado
<b>139</b>	AA	Panasonic	Alcalina	1.23	Japón	
<b>140</b>	AA	Panasonic	Alcalina	0.86	Japón	
<b>141</b>	AA	Panasonic	Alcalina	1.28	Japón	
<b>142</b>	9V	Panasonic	Alcalina	NA	Japón	Contenido derramado
<b>143</b>	AA	Panasonic	Alcalina	NA	Japón	Contenido derramado
<b>144</b>	AA	Sony	Alcalina	0.12	Malasia	
<b>145</b>	D	Toolcraft	Alcalina	1.43	NA	No viene el país
<b>146</b>	AA	NA	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>147</b>	AAA	NA	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>148</b>	D	Toolcraft	Alcalina	1.17	NA	No viene el país
<b>149</b>	AA	Ionlife	Alcalina	0.8	NA	No viene el país
<b>150</b>	AA	Jupiter	Alcalina	0.28	NA	No viene el país
<b>151</b>	AA	Chener	Alcalina	0.52	NA	No viene el país
<b>152</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.5	NA	No viene el país
<b>153</b>	AA	Duracell	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>154</b>	AA	Tectron	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>155</b>	AA	Tectron	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>156</b>	AA	Tectron	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>157</b>	AA	Ultramax Plus	Alcalina	0.07	NA	Contenido derramado
<b>158</b>	AAA	East Power	Alcalina	NA	NA	Contenido derramado
<b>159</b>	COCHES	Acdelco	NA	NA	NA	Contenido derramado
<b>160</b>	AA	Explosive	NA	NA	NA	Contenido derramado
<b>161</b>	AA	Acdelco	NA	NA	NA	Contenido derramado
<b>162</b>	AA	Brasonic	NA	NA	NA	Contenido derramado

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>163</b>	AA	Sony	Alcalina	0.03	Polonia	
<b>164</b>	AA	Sony	Alcalina	0.35	Polonia	
<b>165</b>	9V	Pleomax	Alcalina	0.26	China	
<b>166</b>	9V	Pakko	Alcalina	NA	China	Contenido derramado
<b>167</b>	D	Energizer	Alcalina	0.05	Singapur	
<b>168</b>	C	Duracell	Alcalina	0.16	Singapur	
<b>169</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.16	Singapur	
<b>170</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.4	Singapur	
<b>171</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.47	Singapur	
<b>172</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.32	Singapur	
<b>173</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.23	Singapur	
<b>174</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.70	Singapur	
<b>175</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.32	Singapur	
<b>176</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.06	Singapur	
<b>177</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.87	Singapur	
<b>178</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.39	Singapur	
<b>179</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.07	Singapur	
<b>180</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.25	Singapur	
<b>181</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.44	Singapur	

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>182</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.24	Singapur
<b>183</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.22	Singapur
<b>184</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.93	Singapur
<b>185</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.22	Singapur
<b>186</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.19	Singapur
<b>187</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.34	Singapur
<b>188</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.43	Singapur
<b>189</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.26	Singapur
<b>190</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.34	Singapur
<b>191</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.35	Singapur
<b>192</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.20	Singapur
<b>193</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.19	Singapur
<b>194</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.56	Singapur
<b>195</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.36	Singapur
<b>196</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.28	Singapur
<b>197</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.29	Singapur
<b>198</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.28	Singapur
<b>199</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.19	Singapur
<b>200</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.46	Singapur
<b>201</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.20	Singapur

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>202</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.50	Singapur	
<b>203</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.21	Singapur	
<b>204</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.04	Singapur	
<b>205</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.92	Singapur	
<b>206</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.37	Singapur	
<b>207</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.15	Singapur	
<b>208</b>	AA	Energizer	Alcalina	0.56	Singapur	
<b>209</b>	AA	Daewoo	Alcalina	1.27	Singapur	
<b>210</b>	AA	Brasonic	Alcalina	0.87	Tailandia	
<b>211</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.17	USA	
<b>212</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.17	USA	
<b>213</b>	AA	Kirkland	Alcalina	1.27	USA	
<b>214</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.27	USA	
<b>215</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.62	USA	
<b>216</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.06	USA	
<b>217</b>	D	Duracell	Alcalina	1.35	USA	
<b>218</b>	D	Energizer	Alcalina	0.87	USA	
<b>219</b>	D	Energizer	Alcalina	1.34	USA	
<b>220</b>	D	Energizer	Alcalina	NA	USA	Contenido derramado

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

---

---

<b>221</b>	D	Energizer	Alcalina	0.84	USA
<b>222</b>	D	Tectron	Alcalina	0.02	USA
<b>223</b>	C	Duracell	Alcalina	1.43	USA
<b>224</b>	D	Duracell	Alcalina	1.4	USA
<b>225</b>	AAA	Duracell	Alcalina	0.6	USA
<b>226</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.55	USA
<b>227</b>	D	Duracell	Alcalina	1.35	USA
<b>228</b>	AAA	Duracell	Alcalina	0.37	USA
<b>229</b>	C	Duracell	Alcalina	1.44	USA
<b>230</b>	9V	Duracell	Alcalina	0.16	USA
<b>231</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.37	USA
<b>232</b>	AAA	Energizer	Alcalina	0.13	USA
<b>233</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.03	USA
<b>234</b>	AA	Kirkland	Alcalina	0.8	USA
<b>235</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.02	USA
<b>236</b>	C	Duracell	Alcalina	1.26	USA
<b>237</b>	C	Duracell	Alcalina	1.41	USA
<b>238</b>	AA	Energizer	Alcalina	1.01	USA
<b>239</b>	AA	Kirkland	Alcalina	0.6	USA
<b>240</b>	AA	Duracell	Alcalina	0.55	USA

---

APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

<b>241</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.19	USA	
<b>242</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.16	USA	
<b>243</b>	AA	Duracell	Alcalina	1.30	USA	
<b>244</b>	AA	Fussion	Alcalina	1.5	USA	
<b>245</b>	AA	Everactive	Alcalina	1.49	USA	
<b>246</b>	AA	Everactive	NA	NA	USA	Contenido derramado
<b>247</b>	D	Reyel	NA	NA	USA	Contenido derramado
<b>248</b>	AA	Rocket	Alcalina	1.28		
<b>249</b>	D	Voltech	Zn-Cd	NA		Contenido derramado
<b>250</b>	9V	SQMY	NA	NA	NA	Contenido derramado

*Tabla 7. Resultados del muestreo de 250 pilas.*

## FUENTES

1. Aldana, JG , Aiello, C, Morán, M & Jérez, O 1998, '*Dynamics variables phenomenon in the removal efficiency of heavy metals in facultative pond*'. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, vol. 21, no. 1, pp 10-19. Consultado el 11 de agosto del 2016. Disponible en:  
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/5577>
2. Axayacatl 2015, Pilas y baterías no son lo mismo. *Olmo Axayacatl: Blog*. Consultado el 20 de agosto del 2016. Disponible en:  
<<http://blogingenieria.com/general/diferencia-pilas-baterias/>>
3. ATSDR s.f., *Cadmium: ToxFAQs*. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts5.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.html)>
4. ATSDR s.f., *Nickel: ToxFAQs*. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts15.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts15.html)>
5. ATSDR s.f., *Silver: ToxFAQs*. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts146.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts146.html)>
6. ATSDR s.f., *Lead: ToxFAQs*. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts13.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html)>
7. ATSDR 1999, *Mercury: ToxFAQs*. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts46.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts46.pdf)>
8. Asociación Mexicana de Pilas s.f., *AMEXPILAS*. Consultado el 3 de enero 2015. Disponible en: <[www.amexpilas.org](http://www.amexpilas.org)>
9. Asociación Mexicana de Pilas s.f., *Tendencias*. Consultado el 3 de enero 2015. Disponible en: <[http://www.amexpilas.org/faq\\_tendencias.swf](http://www.amexpilas.org/faq_tendencias.swf)>
10. Ayres, D, Allen, P, Davis, A & Gietka, P 1994, '*Removing Heavy Metals from Wastewater*'. Engineering Research Center Report. University of Maryland, USA, 90 pgs. Consultado el 20 de abril 2016.
11. Battery Council International 2013, *Battery Recycling: BCI Recycling Rate Study 2009-2013*. Consultado el 12 de abril 2015. Disponible en:  
<[http://batteryCouncil.org/?Battery\\_Recycling](http://batteryCouncil.org/?Battery_Recycling)>

12. Castro, J y Díaz, ML 2004, '*La Contaminación por Pilas y Baterías en México*'. INE, Consultado el 3 de enero 2015. Disponible en:  
<<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap5.html>>
13. Comisión para la Cooperación Ambiental 2013, '*¿Comercio Peligroso?*'. Montreal, Canadá. Consultado el 18 de mayo del 2015. Disponible en:  
<<http://www3.cec.org/islandora/es/item/11220-hazardous-trade-examination-us-generated-spent-lead-acid-battery-exports-and-es.pdf>>
14. Cisneros, P, Ventura, C, Meza, G, Chávez, M, Colado, A, y Castañón, G 2007, '*Composición fisicoquímica de los lixiviados generados en el basurero municipal de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*'. Boletín de la Sociedad Chilena de Química, no. 1, pp 39-41.
15. División de Ciencias Básicas s.f., '*Inducción Electromagnética*'. Consultado el 1 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://dcb.fi-c.unam.mx/users/franciscopr/docs/Tema%205/5.1%20a%205.3%20Induccion%20electromagnetica.pdf>.
16. Domagalski, JL, Knifong, DL, Dileanis, PD, Brown, LR, May, JT, Connor, V, & Alpers, CN 2000, '*Water Quality in the Sacramento River Basin, California, 1994–98*'. U.S. Geological Survey Circular 1215. Consultado el 19 de mayo 2016. Disponible en:  
<<http://pubs.water.usgs.gov/circ1215/>>
17. Evanko, CR & Dzombak, DA 1997, '*Remediation of Metals-Contaminated Soils and Groundwater*'. Technology Evaluation Report. Department of Civil and Environmental Engineering. Carnegie Mellon University. Pittsburg, USA, pp 5-13.
18. Evans, LJ 1989, '*Chemistry of metal retention by soils*'. Environmental Science and Technology, vol. 23, no. 9, pp 1046-1056.
19. Gavilán, A, Rojas, L, Barrera, J 2009, '*Las pilas en México: Un diagnóstico ambiental*'. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México.
20. Gonzalez, E, Tornero, MA, Ángeles, Y y Bonilla N 2009, '*Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano*'. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 25, no.1. Consultado el 5 de septiembre del 2016. Disponible en:  
<[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000100002)>
21. González, GI, Rustrián, E, Houbron, E, Zamora 2008, '*Impacto de la tasa de humedad en la biodegradación de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Veracruz, México*'. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, vol. 4, no. 3, pp

- 336-341. Consultado el 19 de enero 2015. Disponible en:  
<<http://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v4-n3-3-impacto-de-la-tasa-de-humedad-en-la-biodegradacion-de-los-residuos-solidos-urbanos.pdf>>
22. Guevara-García, JA & Montiel-Corona V 2012, '*Used battery collection in central México: metal content, legislative/management situation and statistical analysis*'. Journal of Environmental Management, Elsevier, vol. 95, supplement, pp 154–157. Consultado el 20 enero 2015. Disponible en:  
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479710003099>>
23. Greenfacts s.f., *Clasificación estandar de la IARC*. Consultado el 25 enero 2016. Disponible en: <<http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/clasificacion-iarc.htm>>
24. How a Joule Thief works, 2012 (archivo de video). Consultado el 13 de septiembre del 2016. Disponible en: <<https://www.youtube.com/watch?v=0GVLnyTdqkg>>
25. Jacott, M s.f., '*Pilas y baterías: tóxicos en casa*'. Greenpeace. Consultado el 20 enero 2015. Disponible en:  
<<http://www.greenpeace.org/mexico/global/mexico/report/2006/1/pilas-y-baterias.pdf>>
26. Karnchanawong S, Limpiteeprakan P 2009, '*Evaluation of heavy metal leaching from spent household batteries disposed in municipal solid waste*'. Waste Management, vol.29, pp 550–558.
27. Lara, A 2008, *Evaluación de las afectaciones al ambiente relacionadas con el manejo de pilas portátiles gastadas*. Tesis para obtener el título de Química, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.
28. Lizárraga, L, de León, H, Medina, F y Návar, J 2006, '*Calidad del agua subterránea en Linares, Nuevo León, México*'. CIENCIA UANL, vol. IX, no. 4, pp 426-430.
29. Marín, L, Leal, RM, Rubio, R y Prieto, E 2001, '*Geochemistry of the Chiltepec sanitary landfill, Puebla, Mexico*'. Geofísica Internacional, vol. 40, no. 4, pp 301-307.
30. McBride, M 1994, *Environmental Chemistry of Soils*. Oxford University Press, New York, USA.
31. Méndez, RI, Castillo, ER, Sauri, MR, Quintal, CA, Giácoman, G, y Jiménez, B 2009, '*Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados*'. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 25, no. 3, pp 133-145. Consultado el 18 de agosto del 2016. Disponible en:

- <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992009000300002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992009000300002)>
32. Méndez, RI, Novel, A, Coronado, V, Castillo, E y Sauri, MR 2008, '*Remoción de materia orgánica y metales pesados de lixiviados por flotación con aire disuelto*'. Revista Ingeniería, vol. 12, no. 1, pp 13-19. Consultado en febrero 2015. Disponible en:  
<[http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/remosion\\_de\\_materia.pdf](http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen12/remosion_de_materia.pdf)>
33. Mercedes-Benz,s.f., *The Mercedes-Benz F 015 Luxury in Motion: A luxury lounge providing maximum comfort*. Consultado en febrero 2015. Disponible en:  
<<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/innovation/research-vehicle-f-015-luxury-in-motion/>>
34. Mohr, S, Mudd, G, Giurco, D 2012, '*Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections*'. Minerals Journal. Consultado en marzo 2015. Disponible en: <[www.mdpi.com/journal/minerals](http://www.mdpi.com/journal/minerals)>
35. *Monitored Natural Attenuation* s.f., Consultado el 21 de septiembre del 2016. Disponible en: <http://www.cpeo.org/techtree/ttdescript/natatt.htm>
36. Montiel-Corona, V, Guevara-García, JA, Reyes-López, JA y Landry, TD 2011, '*Situación actual de las pilas usadas en México*' en *Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*. pp 241-247. Consultado el 20 enero 2015. Disponible en:  
<<http://www.redisa.uji.es/artSim2011/GestionYPoliticaAmbiental/Situaci%C3%B3n%20actual%20de%20las%20pilas%20usadas%20en%20M%C3%A9xico.pdf>>
37. Morales, GP, Garfias, J y Moreno, A 2006, '*Estimación de la dirección principal de migración de la pluma de lixiviado generada en el vertedero municipal de Metepec, estado de México*'. V International Congress of Environmental Sciences. Oaxtepec, Mor., México. CAO-28.
38. Nájera, H, Castañón, J, Figueroa, A y Rojas, MN 2010, '*Tratamiento de lixiviados del relleno sanitario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*'. Tercer Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Universidad Autónoma Metropolitana. Consultado en mayo 2015. Disponible en:  
<[https://www.researchgate.net/publication/296526068\\_Tratamiento\\_de\\_lixiviados\\_del\\_relleno\\_sanitario\\_de\\_Tuxtla\\_Gutierrez\\_Chiapas](https://www.researchgate.net/publication/296526068_Tratamiento_de_lixiviados_del_relleno_sanitario_de_Tuxtla_Gutierrez_Chiapas)>
39. Navarro, S, Belmonte, S, y Aragón, M 2006, '*Evaluación experimental de la retención de cobre, cromo y COD en la zona no saturada expuesta a lixiviados contaminantes*'. V International Congress of Environmental Sciences. Oaxtepec, Mor., México. CAO-40. Consultado en abril 2016. Disponible en:

- <[http://web.uaemex.mx/Red\\_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-40.pdf](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-40.pdf)>
40. New York State Department of Environmental Conservation 2009, *Clasificación de pilas*. Consultado en mayo 2014. Disponible en: <[www.dec.ny.gov/chemical/8819.htm](http://www.dec.ny.gov/chemical/8819.htm)>
41. Notter, DA, Gauch, M, Widmer, R, Wäger, P, Stamp, A, Zah, R & Althaus, HJ 2010, '*Contribution of Li-Ion Batteries to the Environmental Impact of Electric Vehicles*'. Technology and Society Laboratory, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (EMPA), vol. 44, no. 17. Consultado el 20 de agosto del 2015. Disponible en: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es903729a>>
42. Orta, V, Rojas, V, Yañez, I, Monje, I, y Londoño, J 2006, '*Alternative Treatment of Leachates in Wastewater Treatment Plants*'. Journal AIDIS of Engineering and Environmental Sciences, vol.1, no.1.
43. *Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006*. Consultado el 20 de agosto del 2015. Disponible en: <<http://documents.mx/documents/proy-nmx-aa-104-scfi-2006-pilas-y-baterias-ambiental.html#>>
44. Reina, M y Romero, Y 2013, '*Pilas*'. Editorial Terracota. Universidad Nacional Autónoma de México. 31 pgs.
45. Revista del Consumidor en Línea 2010, *Ponte las Pilas*. Consultado el 25 de enero 2015. Disponible en: <<http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=13653>>
46. Revista del Consumidor 2011, *La evolución de las pilas*. Consultado el 25 de enero 2015. Disponible en: <<http://revistadelconsumidor.gob.mx/?p=21170>>
47. Rojas, L, Gavilán, A, Alcántara, V, Cano Friné s.f., '*Los residuos electrónicos en México y el mundo*'. SEMARNAT-INE. México, DF. 150 pgs. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/715.pdf>>
48. Secretaría de Economía 2014, '*Perfil de mercado del Litio*'. Dirección General de Desarrollo Minero. Coordinación General de Minería. Consultado el 17 de septiembre del 2015. Disponible en: <[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5554/pm\\_litio\\_2014.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/5554/pm_litio_2014.pdf)>
49. Slack, RJ, Gronow, JR, Voulvoulis, N 2005, '*Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate*'. Science of the Total Environment. Elsevier, vol. 337, issues 1-3, pp 119– 137. Consultado el 25 de febrero del 2016. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969704005017>>

50. Tran L 2008, *Trashing Batteries for Brighter Sidewalks*. Yanko Design. Consultado el 25 de noviembre del 2011. Disponible en:  
<<http://www.yankodesign.com/2008/10/10/trashing-batteries-for-brighter-sidewalks/>>

# CONTENIDOS

## TABLAS

Tabla 1. Dificultad para reciclar algunos de los metales principales que contienen las pilas. Información obtenida de Lara, 2008. ....	21
Tabla 2. Clasificación sintetizada de pilas primarias. ....	25
Tabla 3. Clasificación sintetizada pilas secundarias.....	26
Tabla 4. Pilas contenidas en residuos sólidos urbanos. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009) .....	30
Tabla 5. Metales en lixiviados de diez rellenos sanitarios. (Montiel-Corona et al, 2011) .....	32
Tabla 6. Contenido de metales en lixiviados comparado con los límites de las normas NOM-052 Y 127. (Montiel-Corona et al, 2011).....	37
Tabla 7. Resultados del muestreo de 250 pilas. ....	70

## GRÁFICAS

Gráfica 1. Concentraciones de 4 metales que fueron encontradas en cada medición de los 8 rellenos sanitarios, según resultados de Montiel-Corona et al, 2011.....	33
Gráfica 2. Comparativa en escala logarítmica de la presencia de 4 metales de acuerdo a las mediciones en 8 rellenos sanitarios en México.....	34
Gráfica 3. Solubilidad Teórica de Hidróxido de Cobre, Hidróxido de Plata, Hidróxido de Níquel, Hidróxido de Plomo, Hidróxido de Cadmio e Hidróxido de Zinc contra pH. Las concentraciones se encuentran en mg/l (Ayres et al, 1994). ....	38
Gráfica 4. Resultados de pilas con contenido derramado por procedencia.....	54
Gráfica 5. Procedencia de las pilas del muestreo .....	55
Gráfica 6. Muestra de 250 pilas clasificadas por formato .....	55
Gráfica 7. Cantidad de pilas casi llenas.....	55
Gráfica 8. Muestra de 250 pilas clasificadas por tecnología .....	55

## FIGURAS

Figura 1. Mercedes-Benz F015. A luxury lounge providing maximum comfort. (Mercedes-Benz Web Oficial) .....	7
--	---

## APLICACIÓN DE LA GEOLOGÍA AMBIENTAL A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA LA CONTAMINACIÓN POR PILAS

---

Figura 2. Luminaria alimentada por pilas. (Yanko Design, 2008) .....	8
Figura 3. Presentación de la luminaria en la calle. (Yanko Design, 2008) .....	8
Figura 4. Definición de grupos para clasificación carcinogénica. Información obtenida de la Web Oficial de Greenfacts. ....	12
Figura 5. Límites internacionales sobre el contenido de metales potencialmente tóxicos en pilas. Información tomada de Gavilán, Rojas y Barrera, 2009.....	14
Figura 6. Esquema del manejo de las pilas usadas en la Ciudad de México. Información tomada de Reina y Romero, 2013. ....	15
Figura 7. Esquema de funcionamiento del circuito Ladrón de Joule.....	17
Figura 8. Nivel de dificultad para reciclar metales de acuerdo a la siguiente tabla. ....	20
Figura 9. Consumo de pilas dependiendo su composición en México, del 2002 al 2007. (Gavilán, Rojas y Barrera, 2009) .....	28
Figura 10. Notas principales sobre estudios en 8 rellenos sanitarios, obtenidas de Montiel-Corona et al 2011. ....	35
Figura 11. Disolución de hidróxidos metálicos en función del pH. (Evans, 1989) .....	40
Figura 12. Disolución de carbonatos en función del pH. (Evans, 1989) .....	40
Figura 13. Proceso dinámico que gobierna la solubilidad y movilidad de los metales en el suelo. (McBride 1994) .....	41
Figura 14. Movilidad del mercurio. Tomado de USGS.....	42
Figura 15. Foto primer prototipo .....	46
Figura 16. Foto cenital del primer prototipo.....	46
Figura 17. Foto con leds encendidos del primer prototipo .....	47
Figura 18. Diseño preliminar del prototipo dos. ....	49
Figura 19. Vista lateral Propuesta dos.....	49
Figura 20. Foto frontal de la Propuestas dos .....	50
Figura 21. Vista cenital de la propuesta dos.....	50
Figura 22. Mapa de procedencia .....	53
Figura 23. Condiciones del muestreo. ....	54