

### IMPLICACIONES DE LA REFORMA ENERGETICA SOBRE LA LEGISLACION MEXICANA CON RESPECTO A TECNOLOGÍAS ENERGETICAS NUEVAS Y CONVENCIONALES.

C. Moisés. Bautista Rodríguez<sup>1\*</sup>, A. Belén. Tapia Pachuca<sup>1</sup>, Verónica. Gaytán Cruz<sup>2</sup>, J. A. Rivera Márquez<sup>2</sup>, J. Lucina Marín Torres<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Alter Energías Grupo. Tepetitlán Ote No. 63. C.P. 72740 Puebla. México.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 149, Av. San Claudio y 18 sur -CU- C.P.72590 Puebla, México.

<sup>3</sup> Herbario y Jardín Botánico, VIEP, BUAP. Edificio No. 112-a. Av. San Claudio y 18 sur -CU- C.P.72590 Puebla, México.

\*Domicilio actual del autor correspondiente: UHDE de México S.A. Av. Paseo de las Palmas 405. CP 11000 Lomas de Chapultepec, DF. México. Tel: +52(55) 52840200. Fax: 5284 0275; e-mail: [celso.bautista@thyssenkrupp.com](mailto:celso.bautista@thyssenkrupp.com)

**Palabras Clave:** *Energías Renovables, Energías Convencionales, Legislación Ambiental, Reforma Energética*

#### RESUMEN

En la actualidad, las condiciones económico-políticas en el mercado del petróleo están permitiendo la búsqueda de alternativas para el futuro modelo energético mundial, una opción es impulsar las pilas combustibles como una alternativa para el futuro energético. Esta tecnología prevé tener múltiples aplicaciones en servicios portátiles y estacionarios. En estudios previos se ha presentado el letargo de la legislación mexicana con respecto a la legislación internacional sobre el tema de recolección y tratamiento de pilas domésticas desechadas. La legislación sobre el tema se reduce a un proyecto de Norma Mexicana No Obligatoria, propuesta desde el 2006 sin aplicación hasta el momento de la redacción del presente documento. Además de implicar un impacto ambiental nocivo por la falta de regulación, también representa un derroche energético de impacto sobre la economía de los usuarios, al desecharse las pilas con una carga energética residual aun importante (>60 %). En este trabajo se realiza un análisis sobre la reciente Reforma Energética Mexicana sobre la regulación en el uso de tecnologías alternativas. En comparación con la legislación internacional, la mexicana observa bases poco claras e incompletas, la falta de instituciones científicas de orden gubernamental como asesores tecnológicos y la falta de una legislación clara, completa, apegada a los principios internacionales a favor del medio ambiente y la sociedad. Estas características ponen en riesgo desde su origen la normatividad y su aplicación en la sociedad mexicana, implicando también la pérdida de los beneficios en la aplicación de tecnologías limpias y de mayores rendimientos, sin dejar de representar un retraso tecnológico, económico, ambiental y social.

## 1. Pilas Domésticas y Pilas a Combustible

Una **pila** se define como un dispositivo electroquímico que transforma energía química en energía eléctrica (como es el caso de las pilas no recargables), algunos tipos presentan la facultad de realizar el proceso inverso (proceso reversible), es decir; transformar energía eléctrica en química (como en el caso de las pilas recargables) <sup>1</sup>. La estructura fundamental de una pila consiste en piezas de dos metales diferentes (ó un semi-metal como lo es el grafito y un metal) en contacto con un electrolito de naturaleza líquida o semisólida conductor de iones. Una clasificación para pilas ha sido propuesta y se presenta en la Figura 1. Por otra parte, es importante diferenciar a una pila de una batería, ya que entre la población existe una gran confusión al respecto: una **batería** es un circuito eléctrico o electrónico que emplea dos o más pilas en su arquitectura (ver Figura 3.a).

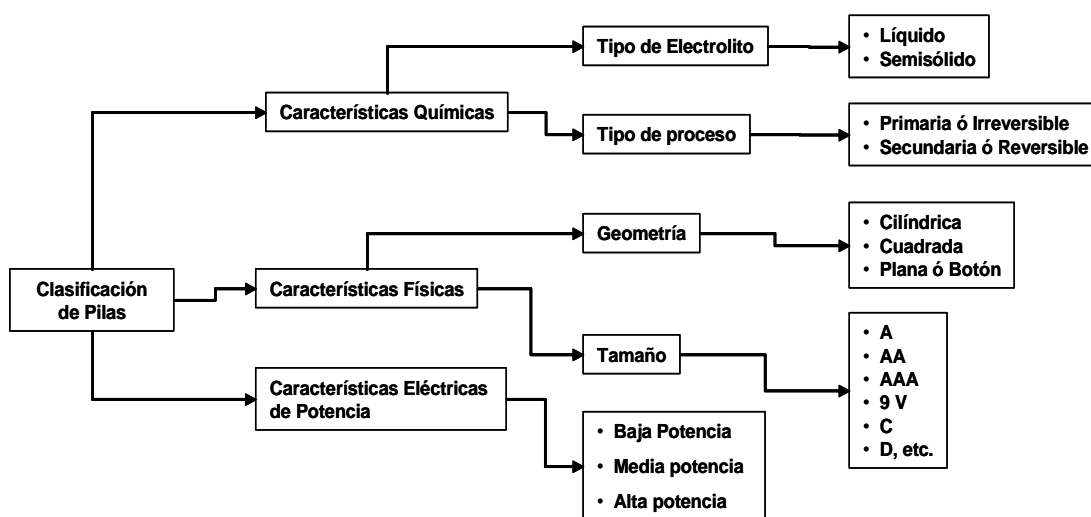
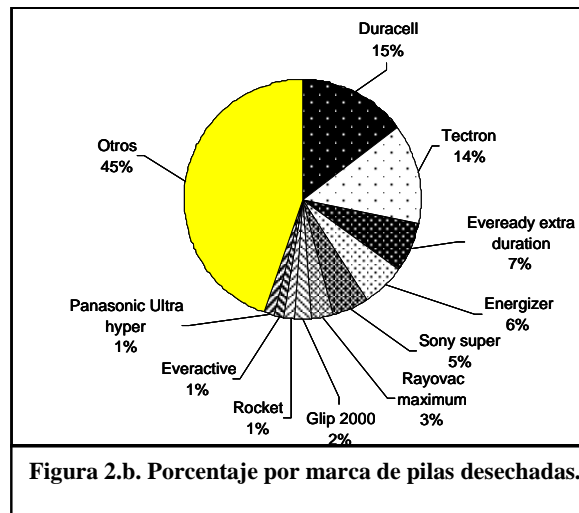
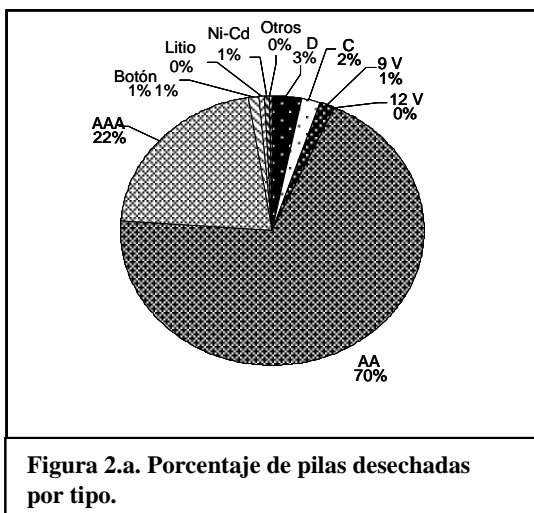


Figura 1. Clasificación de pilas domésticas propuesta por el Grupo Alter-Energías <sup>2</sup>

Actualmente se produce y comercializa una amplia gama de tecnología energética, cada equipo eléctrico y electrónico portátil requiere de energía para su funcionamiento, generalmente suministrada por pilas que pueden contener metales pesados como Mercurio, Plomo, Cinc, Cadmio y Magnesio entre otros <sup>3,4,5</sup>. En estos dispositivos, cuando la energía que se puede obtener de las pilas disminuye a un nivel no suficiente para satisfacer el requerimiento de los aparatos eléctricos o electrónicos que los requieren, el usuario las desecha en los residuos sólidos urbanos, en parques o en áreas no adecuadas, contaminando así cuerpos de agua, aire y suelo.

Una muestra de 2000 pilas domésticas desechadas fue recolectada en 2006 por el programa GAE-Cellbatt-05 desarrollado por el Grupo Alter Energías (GAE) sobre el Campus de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y en el zoológico “Africam Safari”. Un análisis estadístico sobre esta muestra presentó el porcentaje poblacional en función del tamaño de la pila. En los resultados se observó un 43% de la población clasificada como pilas “AA”. El análisis estadístico sobre el voltaje residual indicó un valor promedio para las pilas “AA” de 1.1 V, mientras que la mediana de este parámetro se encuentra al derredor de 1.4 V <sup>6</sup>.



Estos niveles de voltaje sugieren un nivel de energía residente importante en las pilas al momento de ser desechadas. Los procedimientos PGAE-RCL-01 y PGAE-CLS-01 aplicados en los primeros meses de 2007, reportan resultados estadísticos presentados en las figuras siguientes; el número total de pilas recolectadas en éste periodo fue de 3171 unidades. La Figura 2 muestra un incremento importante en 2007 en el uso y desecho de pilas “AA” y “AAA” con respecto al año 2005, es decir; del 45% de pilas “AA” en 2007 se incrementa al 70% mientras que para las pilas “AAA” el porcentaje se duplica del 11% en 2005 al 22% en 2007. La población de pilas AA recolectadas durante las primeras 8 semanas del 2007 corresponde a 2220 pilas desechadas, donde el 45% de la población presentó un voltaje de 1.4 V. Mediciones eléctricas sobre esta población, permitieron estimar una potencia residual de 3 101 895 Watts (sin considerar otros niveles de voltaje). Esta energía residual representa la energía contenida en 608.4 pilas “AA” nuevas (mediciones también realizadas), mientras que el costo de cuatro pilas nuevas (en ese año) fue de alrededor de 41.00 pesos MN, en consecuencia el costo de esta energía residual desechada es de 6,236.10 pesos MN, solo en las primeras 8 semanas en los tres sitios de recolección del Campus BUAP. Estas cifras representan un impacto

significativo en la economía de los usuarios <sup>7</sup>. Por otra parte, una Pila A Combustible (PAC) es un generador que convierte directamente la energía interna de un combustible en energía eléctrica, utilizando un procedimiento electroquímico controlado (en lugar de una reacción térmica de combustión, del que el trabajo mecánico engendrado es después convertido en electricidad). Los rendimientos teóricos esperados son altos y sus productos poco contaminantes (agua cuando se aplica Hidrógeno como combustible) <sup>8</sup>.



a)



b)

**Figura 3. Imágenes de una a) pila domestica extraído de un ensamblaje de batería y b) una pila a combustible tipo PEMFC de 20 Amperios conectado a un banco de pruebas.**

La tecnología PAC comprende un sistema electroquímico abierto, compuesto por un “centro de pila” constituido de dos compartimientos separados y suministrados de gases reactivos (combustible y comburente). Cada uno de estos compartimientos portan un electrodo, sitio de una semi-reacción electroquímica: una de reducción del comburente (oxígeno) y la otra de oxidación del combustible. Un electrolito sólido en algún grado hidratado, separa los dos electrodos, su característica principal es la de permitir la migración de protones del compartimiento anódico al catódico por efecto del campo eléctrico generado, sin embargo debe evitar la migración de electrones en el mismo sentido para evitar el efecto de circuito en corto <sup>7,8,9,10</sup>. Los electrones migran entonces por un conductor metálico externo hacia el cátodo, siendo posible su utilidad en algún servicio eléctrico ó carga. Una vez constituida la PAC, debe suministrarse a los compartimientos el combustible por al ánodo y el comburente por el cátodo bajo condiciones definidas y continuas de: presión, temperatura, pureza, hidratación, etc., para asegurar el funcionamiento continuo del dispositivo y la producción de corriente eléctrica. Finalmente, el agua producto de la reacción global se transporta por difusión, contra-difusión y electroósmosis a través del electrolito y electrodos hacia el exterior junto con los residuos de reacción. Los combustibles comunes utilizados por las PAC son; Hidrógeno, Metanol, Monóxido de Carbono ó Gas Natural y el carburante generalmente es el Oxígeno del aire. La figura 3 esquematiza el funcionamiento de las PAC en general <sup>7,8,9,10</sup>.

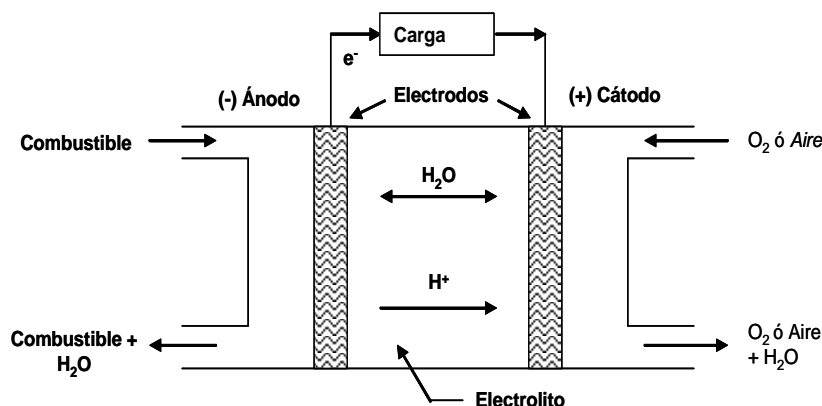


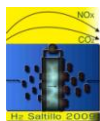
Figura 4. Esquema general sobre el funcionamiento de pilas a combustible

### Tipos de pilas a combustible

Una forma de clasificar a las PAC es por el tipo de electrolito empleado de acuerdo a la Tabla 1. Otra forma de clasificarlas a sido por su intervalo de temperatura de operación en; baja (20-120 °C), media (300-600 °C) y alta (600-1000 °C) <sup>7,8,9,10</sup>. Dependiendo del electrolito, se producirán diferentes reacciones químicas en la propia pila, así como diferentes agentes catalíticos, rangos de temperatura, combustible requerido y algunos otros factores.

Tabla 1. Clasificación de las PAC.

Tecnología	Descripción <sup>12</sup>	T (°C) <sup>17]</sup>	Eficiencia (%)	Aplicaciones <sup>17</sup>	Desventajas <sup>12</sup>
Alcalina AFC	Electrolito: hidróxido de potasio	80 - 100	60	Espacio, submarinos	Sensibilidad a la contaminación por dióxido de carbono
Polímeros Sulfonados PEMFC	Electrolito: polímero sólido y electrodos porosos de carbono que contienen un catalizador de platino.	70 – 80	35 – 45	Transporte, Portátil, Estacionario baja potencia	Por el catalizador de platino encarece mucho el sistema y es extremadamente sensible a la contaminación por CO.
Pilas de conversión directa de metanol (DMFC).	Funcionan con metanol puro mezclado con vapor de agua y suministrarlo directamente al ánodo de la pila.	50–100	30 – 40	Portátil	La tecnología de la pila de combustible de metanol directo es relativamente nueva
Pilas de ácido fosfórico	Ácido fosfórico líquido como electrolito y electrodos de carbono poroso que			Energía	Producen menos energía que otras pilas a igualdad de peso y volumen. Presentan gran tamaño y peso y son más caras.



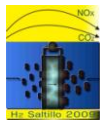
## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

(PAFC).	contienen un catalizador de platino.	200-220	40 – 45	estacionaria media potencia	Incrementa su costo debido al catalizador de platino.
Pilas de carbonato fundido (MCFC)	Electrolito: carbonatos de litio y potasio fundidos, o de litio y sodio.	600-650	45 – 60	Energía estacionaria alta potencia	Las altas temperaturas a las que operan estas pilas y el electrolito corrosivo que se utiliza en ellas, hacen que sus componentes se deterioren, reduciendo la duración de la pila.
Pilas de óxido sólido (SOFC).	Electrolito: óxidos de circonio y de ytrio.	800-1000	50 – 65	Transporte estacionario	Su arranque es lento y necesitan protección para evitar que el calor se escape. Las altas temperaturas afectan la duración de los materiales que se utilizan.

### Pilas a combustible frente a pilas tradicionales

En una pila clásica, los materiales que constituyen los electrodos son consumidos en función del tiempo de servicio, con lo cual se degradan (oxidación del ánodo y reducción del cátodo) hasta finalmente la pasivación del proceso. Así, el dispositivo culmina su tiempo de servicio. Por el contrario, en una pila a combustible, la estructura (electrodos, electrolito y reactivos) no reacciona, y permanece invariante con el tiempo, así; bajo ciertas atenciones, su funcionamiento permanece constante mientras se garantice el suministro de reactivos (combustible y comburente) <sup>8</sup>. El efecto de la conversión directa del combustible a energía a través de una reacción electroquímica, hace que las pilas de combustible puedan producir más energía con la misma cantidad de combustible si lo comparamos con una combustión tradicional (24%). El proceso directo hace que las eficiencias puedan alcanzar entre 30% y 90%, dependiendo del sistema de pila de combustible y además se puede emplear el calor adicional generado. Los pasos adicionales implicados en la combustión hacen que la energía escape en forma de calor, fricción y otras pérdidas de conversión, provocando una disminución de la eficiencia del proceso global. Las pilas de combustible al no ser máquinas térmicas, su rendimiento no se limita por el ciclo de Carnot y se puede alcanzar teóricamente el 100%. Únicamente las limitaciones en el aprovechamiento de la energía generada y en los materiales empleados en su construcción impiden alcanzar este valor.

Algunas de las ventajas en la utilización del hidrógeno como combustible es que es una fuente abundante y después de su combustión solo produce calor y agua por lo que podríamos decir que es una tecnología limpia y silenciosa. En contraste, es un gas muy inflamable y para su distribución se necesitan infraestructuras muy costosas, tiene baja densidad energética en base volumétrica. Se requieren tanques contenedores grandes y



pesados. Las pilas a combustible ofrecen una reducción en el peso y en el tamaño por la misma cantidad de energía disponible respecto a las baterías tradicionales. Para incrementar la energía en una pila a combustible deben adicionarse celdas elementales e introducirse más cantidad de reactivos en el dispositivo. Para aumentar la energía de una batería, se deben adicionar más baterías viéndose incrementado el coste, el peso y la complejidad del sistema. Cuando una batería se agota debe experimentar un largo e inconveniente tiempo de recarga para reemplazar la electricidad gastada. Dependiendo de donde se genere la electricidad, la contaminación, los costos y los problemas en cuanto a la eficiencia se transfieren desde el emplazamiento de las baterías a la planta generadora central <sup>12</sup>.

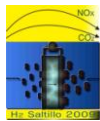
Es importante señalar, que el hidrógeno no es un recurso natural y debe obtenerse a partir de otras materias primas (agua, biomasa, combustibles fósiles), y a través de una serie de transformaciones en las que se consume alguna fuente de energía primaria (nuclear (electrólisis, termólisis), renovable (gasificación, electrólisis) o fósil (oxidación parcial, reformación con vapor, gasificación), resultando un proceso de producción menos limpio de lo esperado <sup>13</sup>.

### 2. Toxicidad en pilas domesticas convencionales

Cuando la energía de las pilas o baterías no satisface las demandas de los servicios en los que se aplica, el usuario las desecha, en ese momento éstas se convierten en residuos peligrosos (RP), una vez que presentan tres características CRETIB (corrosivas, reactivas, tóxicas) por lo que requieren una disposición adecuada. Una vez que la envoltura metálica que recubre las pilas se daña, las sustancias químicas que contienen se ven liberadas al medio ambiente causando contaminación <sup>2,6</sup>. El problema como residuos es su constitución con base en metales pesados (como Cinc, Plomo, Mercurio, Litio, Cadmio, etc.) para su funcionamiento <sup>2, 7, 14</sup>. Así, las sustancias son absorbidas por la tierra en función de las características del suelo, filtrándose hacia los mantos acuíferos y de éstos pueden pasar directamente a la vegetación y los seres vivos, entrando con esto en la cadena alimenticia. Estudios especializados indican que una micro pila de mercurio, puede llegar a contaminar 600,000 litros de agua, una de zinc-aire 12,000 litros y una de óxido de plata 14,000 litros <sup>5,7</sup>. Desde el punto de vista toxicológico, son diez los diferentes componentes de las pilas que afectan a los principales órganos humanos, por ejemplo, el cadmio y el cromo son cancerígenos; el mercurio afecta al sistema nervioso central, el plomo daña al hígado, a los riñones y al cerebro, etc.

En general, podemos encontrar información detallada de cada metal o sus compuestos en los CAS (*Chemical Abstract Service*). Otro problema relacionado es la venta de pilas usadas, lo que a todas luces es un ilícito,





## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

dado que el producto primario fue hecho por empresas bien establecidas y los productos pirata con marcas como Rocket azul o verde, Kendal, Tectron, Sonic, Fujitsu, Green Cell, Super, etcétera, sin embargo no existe una regulación sobre las sustancias utilizadas en la reutilización mencionada, podrían contener mercurio en desuso que contamina, aunque también se utiliza en el caso de las pilas recargables; el cadmio y el Litio <sup>15</sup>.

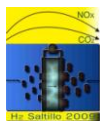
### **Toxicidad de las pilas a combustible.**

Si bien la utilización de Hidrógeno no genera emisiones a la atmósfera, las distintas tecnologías de producción de este gas comprenden una contaminación notablemente menor en comparación con la generación eléctrica a partir de la combustión clásica. La anterior técnica se realiza a partir de un combustible como: carbón, hidrocarburos, amoníaco etc. Lo que en algunos casos no permite tener centrales de producción libres de contaminación. Incluso residuos e inconveniencias del empleo de procesos de purificación del hidrógeno al usar compuestos como Girbotol u otras técnicas que emplean gases ácidos corrosivos. La inquietud de este planteamiento parte de cuestionarnos si en verdad las energías alternativas son 100% limpias. Tenemos por último el ejemplo del sistema de transporte metro, para el que los ciudadanos pudiesen jurar que el metro es 100% limpio, sin embargo, nada se dice de que la energía eléctrica que emplea el metro sea 100% limpia, cuando sabemos que buena parte de la energía eléctrica que se emplea corresponde a la generación de energía eléctrica con base en la combustión de hidrocarburos <sup>12,13</sup>. Los electrodos empleados incorporan catalizadores para favorecer el desarrollo de las reacciones electroquímicas. El contacto de estas sustancias con los llamados venenos catalíticos, tales como el monóxido de azufre u otros compuestos de azufre, o el monóxido de carbono provocan su inactivación irreversible. En la actualidad se está estudiando la sustitución de estos catalizadores por materiales más resistentes a la pasivación por los venenos catalíticos <sup>8, 10, 11</sup>. Actualmente no existen reportes o estudios sobre la posible toxicidad de los residuos de las PAC, por lo cual es imperativo realizar un estudio sobre el impacto ambiental y social sobre los electrodos y electrolitos utilizados en las diferentes tecnologías PAC, el objetivo podría ser prevenir el manejo, la contaminación y la gestión de estos residuos cuando estas entren en aplicación comercial, además de propuestas previas para el reciclado y tratamiento de estos materiales.

### **Beneficios medioambientales de las pilas a combustible.**

Emisión cero de contaminantes cuando el combustible es hidrógeno, los productos obtenidos en la reacción electroquímica catalizada de la pila de combustible entre el hidrógeno y el oxígeno son agua, calor y electricidad, en lugar de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y otras partículas inherentes a la combustión de combustibles fósiles. Para extraer hidrógeno puro, los combustibles fósiles deben pasar primero por un reformador. En este proceso las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de





## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

nitrógeno, óxidos de azufre y otros contaminantes, son solamente una fracción de aquellos producidos en la combustión de la misma cantidad de combustible <sup>13</sup>. Las pilas a combustible no producen el deterioro ambiental asociado a la extracción de combustibles fósiles de la Tierra cuando el hidrógeno es producido a partir de fuentes renovables. Si se produce un escape de hidrógeno, éste se evaporará de forma instantánea debido a que es más ligero que el aire. Esta sería una solución para paliar el dramático legado que ha sido dejado en nuestro planeta debido a las perforaciones petrolíferas, el transporte, la refinación y los productos de deshecho asociados. Al carecer de partes móviles, se ha estimado que el nivel de ruido a 30 metros de una pila de combustible de tamaño medio es únicamente de 55 decibelios. Es por ello que podrían usarse pilas de combustible en recintos urbanos <sup>16</sup>.

### 3. Normatividad Internacional sobre Pilas Domésticas.

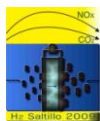
La tabla 2 muestra un comparativo de requerimientos entre la Normatividad Internacional sobre el tema de pilas domesticas desechadas y sus tratamientos de recolección y reciclaje.

**Tabla 2. Elementos comunes en la Normatividad Internacional sobre pilas domesticas desechadas**  
18,19,20,21,22,23

Normatividad	Unión Europea [18]	Canadá [19]	USA [20]	Brasil [21]	México [22]	Japón [23]
Prohíbe el uso del Mercurio	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Obliga la recolección	SI	Opcional	Opcional	SI	NO	SI
Obliga el Tratamiento	SI	NO	NO	SI	NO	SI
Obliga a Productores a financiar los costos de recolección, tratamiento y reciclado	SI	NO	SI	SI	NO	SI
Busca sustitutos de componentes tóxicos en pilas y acumuladores.	SI	NO	NO	SI	NO	SI
Regula detalladamente el sistema de etiquetado	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Establece un régimen de sanciones o infracciones	SI	NO	NO	SI	NO	NO

### Normatividad en la Unión Europea

En Europa, España está siendo uno de los países protagonistas en la investigación y el desarrollo tecnológico tal y como lo demuestran iniciativas como la creación del Centro Nacional de Experimentación de Tecnologías de Hidrógeno y Pilas de Combustible, (CNETHPC) con sede en Puertollano (Ciudad Real). La visión del Centro consiste en construir una infraestructura de experimentación que integre todos los



## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

subsistemas de la cadena del hidrógeno (producción, almacenamiento, purificación, distribución y utilización), con un enfoque fundamental dirigido a las aplicaciones en pilas a combustible <sup>17</sup>.

### **Normatividad en los EEUU.**

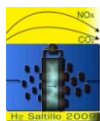
La administración de las baterías como desechos es determinada por los componentes tóxicos en las mismas sin importar el tipo de batería. La industria del níquel-cadmio (Ni-Cd) estableció por ejemplo; la Corporación de Reciclaje de Baterías Recargables (Rechargeable Battery Recycling Corporation) en 1994 para implementar un programa voluntario, la RBRC lanzó su programa de recolección de baterías níquel-cadmio y pequeñas baterías ácidas selladas (SSLA), a través de los Estados Unidos y Canadá. La RBRC tiene 2 divisiones: 1) la División de Reciclado (recolección y reciclado de baterías), la cual administra la educación pública y 2) la división de Finanzas y Administración del Sello, la cual licencia y administra el sello RBRC financiada por el sistema. El sistema de recolección y reciclado es financiado por las cuotas de las licencias pagadas por los fabricantes de baterías y productos asociados. La RBRC ha establecido 4 sistemas de recolección separadas para: 1) Comercios, 2) Comunidades, 3) Empresas y Agencias Públicas Licenciatarias [20]. Las baterías de los diferentes sistemas de recolección son transportadas a tres puntos de acumulación a través de los EUA: 1) Wade Environmental Industries, Battery Division, 2) U.S Filter Recovery Services, Inc. y 3) Kinsbursky Brothers Supply Inc. Desde estos puntos las baterías son enviadas a la International Metals Reclamation Company donde son recicladas. La mayoría de los estados en la unión americana confían en el programa de recolección voluntario para manejar baterías Níquel-Cadmio (NiCd) y otras baterías recargables, sin embargo no han introducido ninguna otra legislación ó programa para manejar este tipo de baterías.

### **Normatividad en Canadá.**

Desde 1997 Canadá aplica un programa voluntario para recoger (Ni-Cd), (Ni-MH), el litio-ion (Li-Ion), el polímero del litio (Li-polímero) y las baterías pequeñas selladas de ácido del plomo (SSLA). Éste es el único programa nacional de recuperación de baterías en Canadá y ha recibido la ayuda de todas las provincias. Recientemente, un número de provincias han comenzado a dirigirse a la gerencia apropiada de baterías primarias y/o secundarias gastadas con un número de iniciativas incluyendo el programa de baterías de Príncipe Edward Island's <sup>19</sup>.

### **Normatividad en Japón**

En Japón solo se reciclan las pilas secundarias (recargables) pero no las alcalinas ni las de carbón que se tiran a la basura. Japón es uno de los 6 lugares en el mundo que cuenta con una recicladora de pilas. La mayoría de



## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

las baterías son recolectadas y eliminadas como desechos municipales por el gobierno local. El 26% de estas son tratadas y recicladas por instalaciones de fundición de metales no ferrosos. Otras son eliminadas de manera segura directamente como residuos incombustibles o con ceniza después de la incineración por el gobierno local <sup>23</sup>

### Proyecto de Norma Mexicana NMX – AA – 104 – SCFI – 2006

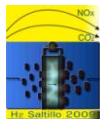
No existen programas federales que enfrenten el problema. Algunos programas piloto municipales (como el Programa Puebla ya recicla) emplean como solución la disposición final en el único CIMARI del país, ubicado en Minas Nuevo León, pero tal solución es económicamente inviable para los estados del centro (por ejemplo \$15,800 por 40 tambores de pilas desde la ciudad de Puebla, en 2006), sur y sureste del país <sup>14</sup>. Por otra parte, en México se estima una comercialización anual de 600 millones de pilas y baterías primarias, según el proyecto de Norma Mexicana NMX –AA – 104 – SCFI – 2006 <sup>22</sup>.

**Tabla 3. Comparación de límites de concentración permitidos en metales pesados contenidos en pilas y baterías según las normas indicadas.**

Metales pesados presentes en pilas domésticas	Tolerancia en norma mexicana (mg/Kg.)	Tolerancia en norma europea (mg/Kg.)	Tolerancia en norma brasileña (mg/Kg.)
Mercurio	100	5	10
Cadmio	150	20	15
Plomo	200	40	200

### Normatividad sobre residuos provenientes de las tecnologías alternativas.

La creación de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética establece un antecedente importante en materia legislativa para la aplicación de políticas gubernamentales enfocadas en promover el uso de “energías limpias” que permitan una transformación paulatina del sector energético <sup>27</sup>. En la Unión Europea y otros países, ésta legislación esta vigente y verificada bajo la creación de un instituto de energía renovable. En México, dentro de la reforma energética se crearon: la Comisión Nacional de Hidrocarburos y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, sin embargo requiere de una Comisión de Energías Renovables con su correspondiente instituto respaldado por el Estado, el cual deberá constituirse de especialistas en el área para lograr aportaciones importantes en este rubro.



## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

Dentro de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables, no figura explícitamente el hidrógeno pero debe considerarse debido a que en un futuro puede satisfacer las necesidades energéticas vinculadas al transporte, siendo éste el principal emisor de gases de efecto invernadero en México. En contraste, Sudamérica cuenta desde hace varios años con una ley de energías renovables aplicada particularmente en Colombia y Brasil <sup>27</sup>.

En el caso de Islandia, por ejemplo, se ha iniciado una transición hacia la economía del hidrógeno, al igual que Noruega y Japón, así como varias empresas transnacionales dedicadas a la fabricación de vehículos e incluso de pilas para telefonía celular. En Alemania, ya se está trabajando en el desarrollo de plantas que puedan abastecer a varias comunidades <sup>27</sup>. En México, el desarrollo de esta tecnología está en una etapa incipiente. Sería conveniente que la Secretaría de Energía enfocara al hidrógeno como una opción prioritaria dentro de la investigación y desarrollo de las energías alternativas.

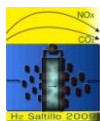
### 4. Leyes acordadas en la Reforma Energética

#### **Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.**

Establece el fomento de políticas, programas y acciones para conseguir una mayor utilización de energía de fuentes renovables y reducir la dependencia hacia los hidrocarburos. Define a las energías renovables como aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles en forma continua o periódica <sup>24</sup>.

**Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.** Faculta a la Secretaría de Energía (Sener) a establecer y conducir la política energética del país y supervisar su cumplimiento, con prioridad en la seguridad y la protección del medio ambiente. Le otorga atribuciones para programar la exploración, explotación y transformación de los hidrocarburos, la generación de energía eléctrica, nuclear y la vigilancia de que la participación de los particulares en las actividades del sector, se apegue a la ley <sup>25</sup>.

**Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos.** Regulará y supervisará la explotación y extracción de carburos de hidrógeno que estén en mantos o yacimientos. La Comisión deberá apegarse a la Estrategia Nacional de Energía y a los programas que emita la secretaría del ramo, además de aportar los elementos técnicos para el diseño y la definición de la política de hidrocarburos del país, al igual que la formulación de



## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

programas sectoriales en materia de exploración y extracción <sup>26</sup>. Se destacan algunos puntos de la Reforma Energética que repercuten de manera directa en programas enfocados a combatir el calentamiento global:

- 1) Impulso al desarrollo de fuentes renovables de energía, como lo son la solar, maremotriz, eólica, oceánica, biomasa, micro-hidroeléctricas, hidrógeno, geotérmica e hidráulica, para diversificar las fuentes de energía y elevar la competitividad de la economía a través de una mayor eficiencia energética y productiva.
- 2) Contar con programas de eficiencia y ahorro energético con lo que se logrará la reducción de emisiones de gases a la atmósfera.

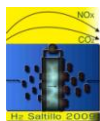
La tabla 4 presenta las metas de generación eléctrica establecidas por la reforma energética para el año 2012 en base a las características existentes en el 2006. Las metas importantes se enfocan sobre el uso de gas natural y energías renovables.

**Tabla 4. Meta de generación eléctrica por fuente primaria de energía para el 2012.**

Linea Base (2006)	Meta en 2012
Combustóleo: 29 %	Combustóleo: 20 %
Gas Natural: 36 %	Gas Natural: 41 %
Carbon: 9 %	Carbon: 10 %
Grandes Hidroeléctricas: 17 %	Grandes Hidroeléctricas: 17 %
Pequeñas Hidroeléctricas: 4 %	Pequeñas Hidroeléctricas: 3 %
Otros Renovables: 2 %	Otros Renovables: 6 %
Nuclear: 3 %	Nuclear: 3 %

### 5. Conclusiones

Las nuevas tecnologías en base al uso de Hidrógeno para la generación de energía eléctrica prometen rendimientos mayores a los de las tecnologías clásicas y convencionales, siendo capaces de producir los requerimientos energéticos necesarios a la sociedad en general. El uso del Hidrógeno y las energías renovables favorecen la reducción de la contaminación, principalmente en aire, su empleo creciente permitirá el desuso de las tecnologías actualmente utilizadas. La transferencia tecnológica eliminará los desechos tóxicos al ambiente y a la salud humana como los generados en el desecho de pilas domésticas convencionales, además de influir positivamente en la economía de los usuarios. Sin embargo el uso de nuevas tecnologías requiere estudios sobre la gestión, tratamiento de desechos, impacto ambiental y estudios

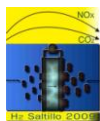


## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

socio-económico. La mayor evidencia sobre la necesidad de estos estudios es el actual estatus sobre la legislación sobre pilas desechadas en México, esta se encuentra profundamente rezagada con respecto a la normatividad internacional, siendo la Unión Europea, Brasil y Japón, los países a la vanguardia sobre estos temas. Todos los actores involucrados en una tecnología, ya sea como productores, gobierno y consumidores, tienen el compromiso de entregar a las generaciones futuras tecnologías ambientalmente sustentables, fomentar el empleo de energías alternativas, reducir el consumo de energéticos, recolectar y separar los residuos, así como invertir en la disposición final y el reciclaje, visualizando a todos estos procesos como una inversión y no como un gasto. No comprender la importancia de hacer bien las cosas genera penosos resultados como el Proyecto de Norma Mexicana PROY-NMX-AA-104-SCFI-2006, publicado en diciembre de 2006 y que en mayo de 2007 se decidió que se le dará seguimiento como una Norma Oficial Mexicana, pero hasta febrero de 2009 continúa como proyecto de norma. La inquietud del uso de hidrógeno parte de cuestionarnos si en verdad las energías alternativas son 100% limpias. Esta es pues la alerta que debemos tomar en cuenta para generarles reglamentos a las futuras energías renovables, especialmente en el caso de la producción de hidrogeno, donde más de 75% de este se genera a partir de procesos petroquímicos. México ha empezado a legislar este tipo de energías, sin embargo las propuestas no son suficientemente claras, observándose desde su inicio incompletas o aletargadas con respecto a la normatividad internacional. Las Leyes aprobadas recientemente por la Reforma, se observan incompletas, lo que pone en riesgo la aplicación eficiente sobre el uso, aplicación, comercialización y gestión de las nuevas tecnologías en general. La falta de normatividad sobre estos desechos genera además de contaminación ambiental, un retraso tecnológico importante al no existir obligación de actualizar las tecnologías utilizadas comúnmente por la sociedad.

### 6. Referencias.

- <sup>1</sup> Linden D. and Reddy T. B., "Handbook of Batteries", McGraw-Hill, New York, 2000.
- <sup>2</sup> M. M. Galicia Pineda. "Manual de procedimientos GAE-CellBatt-05 aplicado en la BUAP para la gestión de pilas domesticas desechadas". Tesis como requisito parcial para recibir el grado de Ingeniero Ambiental. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Noviembre 2007.
- <sup>3</sup> Kirk-Othmer, Enciclopedia de Tecnología Química. Baterías y celdas eléctricas primarias. 1ª Edición. México. Editorial Limusa. 1998. Pág. 239, 240. ISBN: 968-18-5576-0.
- <sup>4</sup> M. Jacott. Pilas y baterías: tóxicos en casa. [En línea] México. 2006. [Consulta: Febrero 2007] Disponible: <http://www.greenpeace.org/mexico/campaigns/t-xicos/pilas-y-bater-as-t-xicos-muy>
- <sup>5</sup> J. S. Newman. "Electrochemical Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 1991.
- <sup>6</sup> J. A. Guevara García., J. I. Castillo-Velázquez, E. Meléndez-Platas †, V. Montiel-Corona, C. M. Bautista-Rodríguez. "COMPLETE END-OF-LIFE MANAGEMENT OF CELLS AND BATTERIES BY THE ROUTE: ELECTRONIC REUSE-COMPONENTS RECOVERY-CHEMICAL RECYCLING; AN ECONOMICAL AND LOW ENVIRONMENT IMPACT ALTERNATIVE FOR THEIR DISPOSAL", The Second International Meeting on Environmental Biotechnology and Engineering (2IMEBE), 26-29 September, 2006, Mexico City, Mexico



## IX Congreso Internacional de la SMH, Saltillo 2009

- <sup>7</sup> C. M. Bautista Rodríguez, J. M. Campos Pérez, M. M. Galicia Pineda, J. A. Rivera Márquez, J. A. Guevara García, V. Montiel Corona, J. I. Castillo Velázquez. “Estudio sobre la energía residual presente en pilas domésticas “AA” recolectadas por el programa GAE-Cellbatt-05”. III Jornadas Iberoamericanas de Pilas de Combustible e Hidrógeno y VII Congreso de la SMH, celebrado en la ciudad de Chihuahua del 26 al 28 de septiembre del 2007.
- <sup>8</sup> J. J. BEZIAN. “Systèmes de piles à combustible pour la cogénération” Centre d’Energétique de l’Ecole des Mines de Paris 31 octobre 1998.
- <sup>9</sup> C. Moisés Bautista-Rodríguez, Araceli Rosas-Paleta, Andrés Rodríguez-Castellanos, J. Antonio Rivera-Márquez, Omar Solorza-Feria, J. Antonio Guevara-García, J. Ignacio Castillo-Velázquez. “Study of the Flow Fluids and Design Engineering Under PEM Fuel Cell Working Conditions”. International Journal of Electrochemical Science, 2 (2007) 820-831.
- <sup>10</sup> Fuel Cell Handbook, EG&G Parson Inc. 5ta edición, USA, Octubre 2000.
- <sup>11</sup> Bagotzky V. S., Osetrova N. V. And Skundin A. M., Fuel Cells: State-of-the-Art and Major Scientific and Engineering Problems, Russian J. of Electrochemistry, 39(2003)1027.
- <sup>12</sup> European Hydrogen Association: <http://www.h2euro.org/>
- <sup>13</sup> ¿A partir de qué fuentes de energía se obtendrá el hidrógeno?: Situación y alternativas; Asociación Española del Hidrógeno, [http://aeh2.org/documentos/otros/AeH2\_Obtencion\_H2\_Junio\_2008.pdf]
- <sup>14</sup> J. I. CASTILLO V., J. L. Bolaños B. “Tecnología para el tratamiento de pilas y baterías desechadas a partir de equipos electrónicos portátiles”, International Journal for Environmental Pollution, vol. 21, sup. 1, pp. 1159-1164 (2005), ISSN: 0187-4999.
- <sup>15</sup> Asociación Mexicana de Pilas (AMEXPILAS): <http://www.amexpilas.mx>
- <sup>16</sup> Fuel Cell Benefits. <http://www.FuelCellStore.com>
- <sup>17</sup> Asociación Española del Hidrógeno Las Pilas de Combustible y el Hidrógeno. Antonio González García-Conde Congreso Energía y Ciudad Sostenible. [www.aeh2.org](http://www.aeh2.org)
- <sup>18</sup> “Directiva 2006/66/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores por la que se deroga la Directiva 91/157/CEE,” Diario Oficial de la Unión Europea, 26 de septiembre de 2006.
- <sup>19</sup> Gaceta de Canadá: Battery Legislation, Policies and Management: <http://www.ec.gc.ca/nopp/docs/rpt/battery/en/c6.cfm>
- <sup>20</sup> Rechargeable Battery Management Act in 1996 (EEUU). <http://www.epa.gov/epawaste/laws-regs/state/policy/p1104.pdf>
- <sup>21</sup> CONAMA No. 257, Brasil, 1999. <http://www.mma.gov.br/port/conama/>
- <sup>22</sup> “Proyecto de norma NMX-AA-104-SCFI-2006”, Diario Oficial de la Federación, México, 2006. <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Proyectos%20de%20Normas%20Mexicanas/proy-nmx-aa-104-scfi-2006.pdf>
- <sup>23</sup> Battery Association Japan: <http://www.baj.or.jp/e/index.html>
- <sup>24</sup> Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética, Diario Oficial de la Federación, México. <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laerfte.htm>
- <sup>25</sup> Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, Diario Oficial de la Federación, México. <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LASE.pdf>
- <sup>26</sup> Ley de la Comisión Nacional de Hidrocarburos, Diario Oficial de la Federación, México. <http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LCNH.pdf>
- <sup>27</sup> Comunicado 206/08 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Ciudad de México. <http://www.semarnat.gob.mx>