



Fundación Energía sin Fronteras

MINI-GUIA DE SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS

ANEXO 2. Información de base sobre la gestión de los residuos de los proyectos de electrificación rural con paneles solares¹

Autores: Cristina Prada, Laura Martin de Argenta, Emilio Alfonso, Maryse Labriet, Energía sin Fronteras, 2016

Traducción: Julian Ascencio, Energía sin Fronteras

Fundación Energía sin Fronteras

c/ Blasco de Garay 13, 6ºIzq.

28015, Madrid, España

Contacto : programas@energiasinfronteras.org

<http://energiasinfronteras.org>

1 Introducción

Los impactos y riesgos para el medio ambiente y la salud, generados por un proyecto en cada una de sus fases, deben ser identificadas y se deben llevar a cabo medidas de mitigación o atenuación si las primeras no son posibles. Estos aspectos deben ser incluidos en las ofertas propuestas por los proveedores / instaladores. En este anexo se presentan los riesgos asociados con las baterías, los paneles solares, los residuos electrónicos, los aceites usados y las bombillas, y analiza algunas de estas maneras de gestionar estos residuos. Por otra parte, dada la proliferación de proyectos basados en energía fotovoltaica, el desarrollo de medidas sistemáticas de gestión de equipos asociados puede estar sujeto a las estrategias nacionales específicas.

¹ Una versión en francés está disponible bajo demanda.



2 Pilas y baterías

2.1 Tipos de pilas y baterías

La gestión de baterías utilizadas en los proyectos de electrificación solar puede ser integrada en un contexto más amplio de gestión de pilas y baterías, sin importar el uso (motores, tracción, almacenamiento de energía) dada la similitud de las medidas para poner en práctica es la nocividad de estos productos. Las pilas y baterías pueden ser clasificadas por su tipo (Tabla A1) o sus usos (Tabla A2).

TABLA A1. Tipos de pilas y baterías

Pilas	Información general
ÁCIDAS Y ALCALINAS DE ÓXIDO DE MANGANESO	De uso común y generalizado en diferentes artefactos, algunas de ellas riesgosas por su contenido de mercurio. Se encuentran en el mercado en distintos formatos (A, AA, AAA).
NÍQUEL-CADMIO (Ni-Cd)	Recargables, contenidas en parte de las baterías usadas para teléfonos celulares, son particularmente dañinos para el medio ambiente debido principalmente a su contenido de cadmio.
NÍQUEL-CADMIO (Ni-MH)	Recargables como las de Ni-Cd pero donde el cadmio ha sido reemplazado por una aleación metálica capaz de almacenar hidrógeno. La densidad de energía producida por las pilas Ni/MH es el doble de la producida por las Ni/Cd, a voltajes operativos similares. Relativamente baja toxicidad. Ofrecen una buena resistencia al uso eléctrico, ya que pueden quedar en una condición descargada durante largos períodos de tiempo sin daño permanente y también ofrece un buen rendimiento a temperaturas altas.
PLOMO ACIDO	Utilizadas mayormente en automotores. También en sistemas fotovoltaicos. Productos tóxicos perjudiciales para la salud y el medio ambiente*. Varias sub-tecnologías que se distinguen por el diseño y proceso de fabricación de la batería: <ul style="list-style-type: none"> - Baterías de plomo-ácido inundadas, - Reguladas por válvula de plomo-ácido (VRLA**) con electrolitos inmovilizados por un gel, - Baterías VRLA** con el electrolito inmovilizado en una estera de vidrio absorbente (AGM).
ÓXIDO DE MERCURIO	Principalmente de formato botón, utilizadas en equipos especiales (por ejemplo cámaras fotográficas, relojes).
LITIO (Li-ion)	Producen tres veces más energía que las pilas alcalinas, considerando tamaños equivalentes, y poseen mayor voltaje inicial que éstas (3 voltios). Se utilizan en relojes, calculadoras, flashes de cámaras fotográficas y memorias de computadoras. Baja toxicidad.
LITIO-POLIMERO (Li-Po)	Se suelen utilizar en los sistemas eléctricos de radiocontrol, especialmente los aviones, helicópteros y multicopteros.

Pilas	Información general
SODIO (Na)	Alta densidad de energía, ciclo de vida largo y capacidad de operar en ambientes de -40 ° C a + 60 ° C. Por estas razones se pueden encontrar en la aplicación en la red de almacenamiento de energía, tales como el almacenamiento de energía a partir de fuentes de energía intermitentes como la solar, el viento y el consumo de energía.

* La batería de plomo-ácido convencional genera gases (hidrógeno y oxígeno) durante la carga debido a que ocurre el fenómeno de la electrólisis del agua. El hidrógeno se genera desde la placa negativa y el oxígeno de la placa positiva cuando la celda está cargada. Estas burbujas de gases tienden a subir a través del electrolito y escapar libremente a través del tapón de ventilación de la batería. El hidrógeno formará una mezcla explosiva de aire cuando su concentración sea mayor que 4%. Los vapores ácidos que se escaparán también son muy peligrosos, ya que podrán irritar los conductos nasales y la garganta. Por este motivo, las baterías abiertas de plomo-ácido convencionales se instalan generalmente en salas de batería, cuidando muy especialmente la ventilación y la seguridad en estas zonas.

** Las baterías selladas o VRLA ofrecen algunas ventajas sobre las abiertas, tales como la ausencia de fugas de electrolito, mínima emisión de gases, nula posibilidad de contaminación del electrolito y bajos requerimientos de mantenimiento. También presentan limitaciones tales como un menor número de ciclos, la imposibilidad de reponer el agua perdida por exceso de sobrecarga, su mayor sensibilidad a la temperatura de operación, y en algunos casos (sobre todo AGM), menor vida de diseño.

TABLA A2. Tipos de pilas y baterías

Uso principal	Información general
ARRANQUE	<p>Diseñadas especialmente para arrancar los motores de combustión. Utilizadas en automóviles, camiones, motos, tractores, embarcaciones y aeronaves entre otros.</p> <p>Diseñadas para suministrar gran intensidad de corriente en pocos segundos y resistir profundidades de descarga no mayores del 10-20%.</p>
TRACCION	<p>Construidas para suministrar energía a vehículos eléctricos tales como grúas, transpaletas, carros de golf y sillas de rueda.</p> <p>Diseñadas para suministrar cantidades relativamente bajas de corriente por largos períodos de tiempo, soportando un elevado número de ciclos profundos de carga y descarga.</p>
ESTACIONARIAS	<p>Son las recomendadas para instalaciones fotovoltaicas.</p> <p>Diseñadas para aplicaciones en sistemas de alarma de incendios, alumbrado de emergencia, sistemas de alimentación ininterrumpida (o UPS) y telecomunicaciones.</p>

2.2 Riesgos asociados

Todas las pilas y baterías contaminan una vez que son desechadas ya que contienen materiales tóxicos (generalmente metales) que tienen la potencialidad de ser liberados y causar impactos en su tratamiento (según la tecnología) y disposición final.

Son residuos de pequeño o mediano tamaño que con frecuencia se acumulan en los hogares o se tiran a la basura como si fueran un residuo orgánico. Al no deshacerse de ellos en un contenedor específico, acaban en vertederos. Este hecho puede repercutir de forma directa en el medio ambiente, no solo por la liberación de compuestos indeseados, sino también porque no se podrán recuperar los metales que contienen. En efecto, la utilización de estos materiales reciclados en la cadena de producción es mucho más sostenible y económica que la extracción de nuevos minerales.

En términos generales, las pilas, al ser desechadas se oxidan con el paso del tiempo por la descomposición de sus elementos y de la materia orgánica que las circunda, lo que provoca daños a la carcasa o envoltura y, por consiguiente, la liberación al ambiente de sus componentes tóxicos a los suelos cercanos y a los cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Otras causas de considerable importancia que contribuyen a la liberación de esos componentes son los incendios de los basureros o la quema intencional de basura, lo cual resulta en una liberación significativa de esos contaminantes al aire.

El tiempo de biodegradación de las pilas es de más de 1.000 años. Las pilas contienen elementos altamente contaminantes y que no se degradan fácilmente. A los 50 años de desechada comienza su degradación, pero seguirán siendo nocivos durante más de mil años.

En países donde no existe sistemas de recogida, cuando una pila ya no sirve se tira junto con la basura domiciliaria y termina en rellenos o basurales a cielo abierto. Con el paso de tiempo y por descomposición, sus elementos se oxidan y derraman diferentes tóxicos en el suelo, agua y aire. Lo mismo sucede cuando se quema en basureros o se incinera.

Entre los metales que contienen se encuentran el mercurio, cadmio, plomo, zinc, manganeso y litio. Sus efectos sobre la salud son:

- Mercurio: afecta al sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar/respiratorio. Daños en riñón y la vista. Teratogénico.
- Plomo: produce daños en riñón y cerebro; efectos sobre el sistema nervioso central y reproductivo; desórdenes en las células de la sangre. Teratogénico.
- Cadmio: probable cancerígeno y teratogénico. Embriotóxico. Efectos sobre el sistema nervioso central, sistema reproductivo y respiratorio/pulmones. Daños en riñón.
- Níquel: probable cancerígeno y teratogénico. Efectos sobre el sistema pulmonar/respiratorio; alergias; irritaciones en ojos y piel; daños en el hígado y riñón.
- Litio: provoca fallas respiratorias; depresión del miocardio, edema pulmonar y estupor profundo. Se ha detectado su alta toxicidad cuando ha sido suministrado erróneamente o usado en casos de suicidio. Afecciones al sistema nervioso, puede causar anorexia, náuseas,

movimientos musculares involuntarios, apatía, confusión mental, visión borrosa, temblores, estado de coma y muerte.

- **Manganeso:** la exposición a niveles de manganeso muy altos por largo tiempo ocasiona perturbaciones mentales y emocionales, y provoca movimientos lentos y faltos de coordinación: esta combinación de síntomas constituyen la enfermedad llamada manganismo. El consumo de agua potable con altas concentraciones de manganeso puede limitar el desarrollo intelectual de los niños en edad de crecimiento.
- **Zinc:** Por otro lado, no se podría considerar el zinc un tóxico, ya que forma parte de los elementos de que está constituido el organismo humano; sin embargo el ingreso de altas dosis de este elemento podría afectar la salud y la productividad de los suelos, en caso de que una mala disposición de estos residuos posibilitara tal evento.

2.3 Recomendaciones de base

- No tirar las pilas con la basura ya que estos residuos son contaminantes. Las empresas productoras, fabricantes e importadoras, deben hacerse cargo legal y financieramente de la recolección, tratamiento y reciclado de todos los residuos de las pilas y baterías que han colocado en el mercado.
- Emplear pilas recargables, utilización de electricidad o energía solar.
- En tanto no exista un sistema de recuperación de pilas por parte de las empresas, exigir al municipio que provea de un sistema de gestión de pilas como desechos peligrosos.
- Los mejores métodos de gestión de residuos de pilas y baterías son aquellos en los que se recuperan materiales valorizables para reintroducirlos en el circuito productivo. Hasta que Malí no cuente con esta tecnología, estos residuos deben ser exportados y tratados en los países donde esta tecnología ya está operando (países de Europa y Sudáfrica).
- Promover un proyecto de Ley Nacional de Gestión de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que incluya pilas y baterías. Donde los productores se hagan cargo de la gestión de los residuos.

2.4 Ejemplos

UNIÓN EUROPEA

Existe, un marco normativo específico para la regulación de las pilas y acumuladores: la Directiva 2006/66/CE, de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores.

ESPAÑA

Según la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, se consideran residuos peligrosos de pilas o acumuladores:

- Acumuladores y baterías de plomo
- Acumuladores y baterías de níquel-cadmio
- Pilas que contienen mercurio
- Pilas, acumuladores y baterías, especificados en los códigos anteriores, generados como residuos domésticos o residuos asimilables, procedentes de los hogares, comercios,

industrias e instituciones, así como las fracciones que contengan estas pilas, acumuladores o baterías

En 2008 entra en vigor en España el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos, se aplica a todo tipo de pilas, acumuladores y baterías, independientemente de su forma, volumen, peso, composición o uso. En él, se aplican los principios de “responsabilidad del productor” y “responsabilidad compartida” al flujo de residuos de pilas y acumuladores usados.

Los aspectos principales del nuevo Real Decreto 106/2008 se resumen a continuación:

- Prohibición de comercialización de pilas que contengan metales pesados en concentraciones superiores a las previstas por el Real Decreto: 0,0005% mercurio (botones 2%), 0,002% cadmio en pilas y acumuladores portátiles (excepciones: iluminación de emergencia, equipos médicos, herramientas eléctricas).
- Responsabilidad del productor (creación y financiación de sistemas de recogida).
- Regulación de los sistemas de gestión previstos para dar cumplimiento a la normativa: sistemas públicos de gestión, sistema de gestión individual, sistema integrado de gestión y sistema de depósito, devolución y retorno de las pilas, acumuladoras y baterías usadas. Los productores de pilas y acumuladores que, una vez usados, den lugar a residuos que tengan la consideración jurídica de peligrosos, deberán garantizar el cumplimiento de las obligaciones previstas en el Real Decreto 106/2008 bien a través de un sistema de depósito, devolución y retorno, de un sistema integrado de gestión o de un sistema público de gestión.
- Establecimiento de unos índices mínimos de recogida de residuos de pilas y acumuladores portátiles (el 25 por 100 para 2011 y el 45 por 100 para 2015).

El RD también establece en su Disposición adicional primera la obligación de que todos los productores de pilas, acumuladores o baterías se inscriban en la Sección Especial del Registro de Establecimientos Industriales (REI), creado por Ley 21/1992, de 18 de julio.

3 Módulos Fotovoltaicos

3.1 Información general

Frente a otros residuos generados por dispositivos eléctricos y electrónicos y cuya vida estimada no es superior a 8 años, los módulos fotovoltaicos tienen un ciclo de vida estimado superior a 25 años, lo cual a veces nos hace no tener presente el qué haremos al final de su vida útil, ya que aún la vemos lejana. Sin embargo, los primeros paneles fotovoltaicos ya han llegado al final de la vida en algunos países, su volumen va aumentando, y esto ocurrida de la misma manera en los países en desarrollo dentro de unos pocos años. Por tanto, es importante prever el reciclaje de estas instalaciones. Si los módulos contienen materiales valiosos como el aluminio o el silicio de las celdas, otros como el telurio de cadmio amenazan la salud y el medio ambiente.

De las diferentes posibilidades de recuperación de los desechos generados por el módulo tras su vida útil (reutilización, reparación, reciclaje), la solución del reciclaje -separación del módulo en componentes homogéneos para su posterior reutilización- es la adoptada mayoritariamente.

En ciertos casos, módulos no considerados como de primera calidad por los fabricantes y que deberían ser destruidos, acaban siendo vendidos a bajo precio en mercados no desarrollados.

La barrera más importante en el reciclaje de módulos fotovoltaicos actualmente, sigue siendo el costo de este procedimiento. Sin ninguna obligación legal de cobrar por ello, la inversión en el sistema de reciclaje es costoso y con sólo una tasa de recogida del 10 por ciento, los procedimientos no son económicamente viables.

La legislación tampoco ayuda a fomentar el reciclaje ya que no existe una normativa global que marque la pauta a seguir con los módulos fotovoltaicos al final de su vida útil o módulos que han sufrido daños que impiden su reutilización.

Todos los módulos fotovoltaicos pueden ser reciclados independientemente de la tecnología utilizada, ya que la mayoría de sus componentes (vidrio, semiconductores, metales ferrosos y no ferrosos) pueden ser reutilizados. Hoy en día, los industriales más avanzados son capaces de reciclar un módulo fotovoltaico hasta el 90% de su peso. Aunque técnicamente es posible aumentar esta tasa, los costes siguen altos.

Para módulos basados en células de silicio, los marcos de aluminio y las cajas de conexiones, pueden desmontarse manualmente para su posterior reciclaje. Mediante aplastamiento del laminado, se recuperará el vidrio y el resto de componentes. Este sistema permite la recuperación de hasta el 80% de los materiales del módulo.

También puede conseguirse la separación de los diferentes elementos empleando procesos térmicos que permiten separar las obleas de silicio, vidrio y metales, obteniéndose de este modo una recuperación superior al 85% del peso de los módulos.

En módulos no basados en el silicio, Teluro de Cadmio (CdTe), Seleniuro de cobre e indio (CIS), se requerirán el uso de técnicas mecánicas -trituration- combinadas con tecnologías de reciclaje químicos y térmicos que permiten la separación de los diferentes materiales, llegándose a recuperar hasta el 90% del vidrio, el 95% de los materiales semiconductores y un 80% del teluro en grado comercial.

3.2 Riesgos asociados

El principal componente de la mayoría de los módulos fotovoltaicos -el silicio- no es peligroso, aunque en el proceso de su transformación en silicio de grado solar y hasta la obtención de la célula fotovoltaica, si que se emplean procedimientos químicos en los que se emplean productos tóxicos.

Por ejemplo, en la cristalización del silicio se emplea en gas silano, proceso en el cual resulta un tetracloruro de silicio (tóxico) que podría ser reciclado de nuevo en gas silano.

En la mayoría de los módulos fotovoltaicos se pueden encontrar componentes tóxicos tales como:

- el plomo, que se encuentra en los circuitos de la caja de bornes;
- cromo hexavalente, utilizado como recubrimiento;
- bifenilos polibromados (PBB) y éteres polibromados (PBDE), utilizados como retardantes de llama;
- compuestos fluorados, en el plástico de la capa inferior.

Algunos modelos de módulos fotovoltaicos (los denominados como de capa fina) contienen cadmio, metal extremadamente tóxico, aunque cuando se encuentra en forma de teluro de cadmio (sustancia no metálica estable y no soluble en agua) puede no resultar peligrosa.

3.3 Recomendaciones

Dado que los procesos de reciclaje de módulos suelen complejos y poco eficientes económica y medioambientalmente, se sugiere la adquisición de módulos fotovoltaicos fabricados por compañías adheridas a algún programa de recuperación o que incluyan en su responsabilidad corporativa compromisos de reciclaje de sus productos y políticas de materias primas y procesos de fabricación menos contaminantes.

3.4 Ejemplos

UNIÓN EUROPEA

Solamente la UE promueve la práctica de recoger y de disponer de los módulos fotovoltaicos al final de su ciclo de vida, responsabilizando a los fabricantes de los mismos de realizar esta gestión sin que suponga ningún coste adicional al usuario.

Es la Directiva WEEE 2012/19/UE (Waste Electrical and Electronic Equipment), en la que exige a los países pertenecientes a la UE adoptar programas de gestión de residuos de módulos fotovoltaicos, en el que los productores son responsables de la recogida y el reciclaje de los paneles que venden.

A través de esta obligación, la industria ha tomado mayor responsabilidad como proveedor de productos sostenibles y sus responsabilidades con la salud pública y el medio ambiente.

El objetivo de estas políticas es doble: en primer lugar, animar a la industria a desarrollar productos que son más fáciles de reciclar y usan menos materias primas; y en segundo lugar, se lleva a los productores a tener en cuenta el coste de la recogida y tratamiento al final de la vida útil de sus productos en el costo pagado por los consumidores.

Unas serie de industrias productoras de módulos fotovoltaicos ya han establecido sus propios programas de recuperación y reciclaje, creando sus propios sistemas de devolución y reciclaje con financiación privada, siendo PV CYCLE la principal asociación de empresas, organizaciones e institutos, que opera en toda Europa desde 2007 contribuyendo de forma activa al desarrollo de la gestión sostenible de los residuos provenientes de la energía solar bajo la legalidad vigente en la UE.

EE.UU

En Estados Unidos no existe una regulación específica para el reciclado de módulos fotovoltaicos. En ocasiones, se aplica la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos Federales (RCRA) o políticas estatales como la Ley de Control de Residuos Peligrosos de California (HWCL) y de regulación de vertidos. Para ello, los módulos deben ser clasificados como "residuo peligroso" tras realizarse el TCLP test (Toxicity Characteristics Leach Procedure Test), test en la que la mayoría de los módulos son clasificados como "no peligrosos", y por lo tanto no están sujetos a regulación alguna.

4 Residuos electrónicos (provenientes de reguladores, convertidores, etc.)

4.1 Tipos de residuos

Según el artículo 3.a del Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, se consideran aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) a todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, que están destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua.

Estos aparatos pueden contener sustancias peligrosas (Tableau A3), como el cadmio, mercurio, plomo, arsénico, fósforo, aceites peligrosos y gases que agotan la capa de ozono o que afectan al calentamiento global como los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC), hidrocarburos (HC) ó amoníaco (NH₃), que si bien son necesarias para garantizar su funcionalidad, pueden emitirse al medio ambiente o ser perjudiciales para la salud humana si, una vez que se convierten en residuos, los aparatos no se gestionen y se tratan adecuadamente.

TABLA A3. Sustancias peligrosas en los aparatos eléctricos y electrónicos

Substancia	Equipos
Cadmio	Más del 90% en las pilas recargables
Plomo	Más del 90% en las baterías, con pequeñas contribuciones por parte de las soldaduras para los circuitos impresos, lámparas y tubos fluorescentes.
Óxido de plomo (utilizado en el vidrio)	Más del 80% en los tubos de rayos catódicos mientras que el resto procede de las lámparas y los tubos fluorescentes.
Mercurio	Más del 90% procede de las pilas y sensores de posición con una pequeña contribución por parte de los relés y lámparas fluorescentes.
Cromo hexavalente	Utilizado como inhibidor de corrosión en el sistema de refrigeración de los refrigeradores por absorción.
Níquel	Baterías Ni-Cd.
PCB (Bifenilos policlorados)	Más del 90% provienen de los condensadores y transformadores.
Compuestos bromados/retardantes de llama	TBBA (Tetra-bromo-bifenil A): Más del 90% proviene de los circuitos impresos, placas y carcasas. PBB (Polibromobifenilos) y PBDE(polibromodifenil-eteres): Componentes termoplásticos, cables, etc. Octa y deca BDE(octa y decabromo difenil eter): Más del 80% dentro de los ordenadores, con menores contribuciones por

	parte de los aparatos de TV y aparatos eléctricos de cocinas domésticas.
CFC, HCFC, HC	Unidades de refrigeración y espumas aislantes.
Cloroparafinas	Más del 90% en el PVC de los cables.
Plata, cobre, bario y antimonio.	Utilizados como retardante de llama, conductores, o para recubrir conductores eléctricos y en sistemas de encendido de motores.

Source: <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/aparatos-electr/electricos-y-electronicos-materiales-y-componentes.aspx>

Los AEE son productos muy complejos que, generalmente, incluyen numerosas partes y componentes: piezas metálicas y plásticas variadas, carcasas de plástico, madera o metal, tarjetas de circuitos impresos, tubos de rayos catódicos, pantallas de cristal líquido, cables, pilas, baterías, componentes eléctricos y electrónicos, diversos fluidos, contrapesos de hormigón, cartuchos de impresión, motores eléctricos, etc.

Estas piezas y componentes están fabricados en materiales muy diversos y de diferente naturaleza. Básicamente, se trata de metales (férreos y no férreos), polímeros, vidrios y otros materiales (madera, caucho, cartón, etc.).

La proporción de cada uno de estos materiales dependerá del tipo de AEE en cuestión. Por ejemplo, un aparato de línea blanca se compone principalmente de metales, mientras que en un equipo de electrónica de consumo predomina el plástico, representando el 20% de la corriente de los RAEE.

Los AEE de naturaleza tecnológica o de telecomunicaciones pueden llegar a contener más de 60 elementos diferentes. En el caso de un teléfono móvil (donde los metales representan el 23 % de su peso) se puede contar con la presencia de 40 de los metales recogidos en el sistema periódico: metales básicos como el cobre, estaño, metales especiales como el cobalto, indio y antimonio, y metales preciosos como la plata, oro y paladio. Muchos de estos aparatos tecnológicos contienen tierras raras que son responsables del funcionamiento de muchas de sus aplicaciones. Estos materiales confieren un elevado valor a estos residuos ya que la extracción de este tipo de materiales es costosa y escasa por lo que este sector de residuos está siendo considerado como una forma de minería urbana. A modo de ejemplo, los metales utilizados están marcados en rojo en la siguiente figura. (Fuente: A Sustainable Materials Management. Making better use of resources. OECD, 2012).

4.2 Riesgos asociados

Muchos de estos componentes suelen ser acumulados en basureros donde son tratados sin seguridad e incinerados, método que genera un gran impacto sobre el ambiente y la salud humana, además de representar un desperdicio de recursos (voir la section sur les piles et batteries). El reciclaje informal de componentes electrónicos y eléctricos puede ser un problema debido a que a veces se realiza en condiciones inferiores de seguridad, salud y ambientales.

4.3 Recomendaciones

- No tirar estos residuos con la basura ya que estos son contaminantes. Los fabricantes deben hacerse responsables de la recolección, tratamiento y reciclado de todos los residuos eléctricos y electrónicos que han colocado en el mercado.
- En tanto no exista un sistema de recuperación de componentes electrónicos por parte de las empresas, exigir al municipio que provea de un sistema de gestión. Hasta que Malí no cuente con esta tecnología, estos residuos deben ser exportados y tratados en los países donde esta tecnología ya está operando (países de Europa y Sudáfrica).
- Promover un proyecto de Ley Nacional de Gestión de Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que incluya pilas y baterías. Donde las empresas productoras, fabricantes e importadoras, deben hacerse cargo legal y financieramente del tratamiento de los residuos de sus propios productos.

4.4 Ejemplos

UNIÓN EUROPEA

La UE siempre ha estado a la vanguardia del reciclado de artefactos eléctricos y electrónicos. Cuenta con una completa legislación conocida como la “Waste Electrical and Electronic Equipment Directive” (WEEE) o en español como la “Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” (RAEE), 2002/96/CE. Esta directiva pretende generar estrategias seguras de actuación sobre los residuos que se generan cuando los equipos quedan anticuados o llegan a ser simple chatarra. De esta manera, promueve el reciclaje, la reutilización y la recuperación de los residuos de los equipos eléctricos y electrónicos para reducir la contaminación. Los productores e importadores deben financiar el reciclaje de los productos eléctricos que venden en el mercado europeo.

A la directiva RAEE se suma la “Directive on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment” (RoHS) o en español la “Directiva de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en Equipos Eléctricos y Electrónicos”, 2002/95/CE. La directiva RoHS prohíbe en el mercado europeo la comercialización de equipos eléctricos y electrónicos que contengan plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, PBB y PBDE. Esta Directiva tiene un enfoque de gestión que exige que los fabricantes e importadores (productores) de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) tengan la responsabilidad de la recolección, tratamiento y valorización de RAEE.

Ambas directivas fueron revisadas y, finalmente, sustituidas por dos nuevas Directivas:

- Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en AEE (Directiva ROHS2), orientada a la prevención.
- Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RAEE2), orientada hacia la gestión de los RAEE.

La Directiva 2012/19/UE (RAEE2) tiene como objetivos:

- Contribuir a la producción y consumo sostenibles promoviendo, prioritariamente, la prevención de la generación de RAEE y el fomento de la preparación para la reutilización. La directiva establece que es especialmente importante avanzar en un tipo de diseño y producción de AEE que facilite la reparación de estos productos, su reutilización, desmontaje y reciclado.
- Hacer un uso más eficiente de los recursos, reforzando el reciclado y teniendo en cuenta que es especialmente relevante la recuperación de las materias primas críticas contenidas en los residuos de este sector.
- Mejorar el comportamiento medioambiental de los productores de AEE, los distribuidores y los consumidores, y en particular, de aquellos agentes implicados directamente en la recogida y tratamiento de RAEE.

Otros aspectos que cabe destacar de la Directiva son:

- La obligación para los Estados Miembros de incrementar la recogida separada de RAEE de manera progresiva y en función de los productos puestos en el mercado. A partir de 2016 el índice de recogida mínimo que deberá alcanzarse será el 45% del peso medio de los AEE introducidos en el mercado en el Estado miembro de que se trate en los tres años precedentes. El objetivo mínimo anual se irá incrementando hasta llegar a alcanzar en 2019, el 65 % del peso medio de los AEE introducidos en el mercado en los tres años precedentes, o, alternativamente, del 85 % de los RAEE generados en el territorio de dicho Estado Miembro. La Directiva implica directamente en la recogida separada de RAEE a las Entidades Locales, a los distribuidores, a los productores de AEE, a través de sus redes de recogida propias y a los gestores de estos residuos.
- El mantenimiento de la aplicación del principio de responsabilidad ampliada del productor de manera que el fabricante del equipo eléctrico tiene la obligación de asumir la financiación de la gestión de los residuos que proceden de sus aparatos.
- La obligación para los Estados Miembros de contabilizar la recogida de RAEE a través de todos los canales de recogida autorizados: puntos limpios, distribuidores, sistemas de devolución puestos en marcha directamente por los fabricantes o recogida por gestores autorizados para ello. Cada Estado Miembro deberá establecer sus instrumentos de contabilización de residuos que garantice la fiabilidad de los datos y la trazabilidad de los residuos recogidos.
- La agrupación de los aparatos eléctricos y electrónicos en 6 categorías en lugar de 10.

ESPAÑA

Ambas directivas fueron trasladadas al derecho interno español por el Real Decreto 219/2013, de 22 de marzo, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos y Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El RD 110/2015 obliga a los productores de aparatos eléctricos y electrónicos a adoptar las medidas necesarias para que los residuos de estos aparatos, puestos por ellos en el mercado,

sean recogidos de forma selectiva y tengan una correcta gestión medioambiental.

Según el art. 6 del Real Decreto 219/2013, de 22 de marzo, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos se prohíbe introducir en el mercado AEE que contengan las sustancias enumeradas en su anexo II en cantidades que superen los valores máximos de concentración en peso de materiales homogéneos.

SUDÁFRICA

Sudáfrica carece de una legislación dedicada a los desechos electrónicos, no obstante, cuenta con leyes sobre sustancias peligrosas y residuos, su gestión y eliminación. Se puede seguir una guía en las leyes que rigen temas como el medio ambiente, el agua, el aire, los residuos, las sustancias peligrosas, así como la salud y la seguridad.

5 Aceites

Los aceites usados son uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente. Son una mezcla muy compleja de una base mineral o sintética con aditivos (1 - 20%).

5.1 Riesgos asociados

Durante su uso se contamina con distintas sustancias, tales como: Agua, Partículas metálicas, ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción, Compuestos organometálicos conteniendo plomo procedente de las gasolinas, Ácidos orgánicos o inorgánicos originados por oxidación o del azufre de los combustibles, Compuestos de azufre, Restos de aditivos: fenoles, compuestos de cinc, cloro y fósforo, Compuestos clorados: Disolventes, PCBs y PCTs, Hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA).

Los PCBs y PCTs provienen de fluidos dieléctricos y fluidos térmicos de seguridad que han venido siendo utilizados en la industria durante muchos años, Los hidrocarburos polinucleares aromáticos (PNA, también llamados HAPS), parecen tener su origen en la oxidación de las gasolinas. Son unos compuestos muy peligrosos puesto que entre ellos se puede encontrar el cancerígeno Benzo(a)pireno (C₂₀H₁₂).

Para determinar la peligrosidad de un lubricante, hay que tener en cuenta varios aspectos: biodegradabilidad, bioacumulación, toxicidad, ecotoxicidad, emisión de gases, degradación química, tiempo requerido para ser eliminado del agua.

Los aceites vírgenes contienen o pueden contener cantidades pequeñas controladas de PHA's (compuestos aromáticos policíclicos) que durante el funcionamiento del lubricante, mediante la descomposición de los distintos componentes así como reacciones catalizadas por metales , incrementan su presencia en el aceite usado. Muchos de estos PHA's tienen un efecto marcadamente cancerígeno y plenamente demostrado, y de una forma u otra son arrojados a la atmósfera que respiramos.

Los riesgos son los siguientes (Tabla A4).

TABLA A4. Riesgos relacionados con los aceites usados

Tipo de contaminación	Impactos
AIRE	<p>La eliminación del aceite usado por combustión solo o mezclado con fuel-oil, también origina graves problemas de contaminación, a menos que se adopten severas medidas para depurar los gases resultantes.</p> <p>Los compuestos de cloro, fósforo, azufre, presentes en el aceite usado dan gases de combustión tóxicos que deben ser depurados por vía húmeda,</p> <p>Otro gran problema asociado al anterior lo crea el plomo que emitido al aire en partículas de tamaño submicrónico perjudica la salud de los seres humanos, sobre todo de los niños. El plomo es el más volátil de los componentes metálicos que forman las cenizas de los aceites usados, por lo que cuando se quema aceite todo el plomo es emitido por las chimeneas.</p> <p>Por tanto, las instalaciones donde haya de quemarse aceite usado deberán estar dotados de un eficaz, pero muy costoso sistema depurador de gases o antes de su combustión deberá someterse al aceite usado a un tratamiento químico de refinado para eliminar previamente sus contaminantes.</p>
AGUA	<p>Los aceites no se disuelven en el agua, no son biodegradables, forman películas impermeables que impiden el paso del oxígeno y matan la vida tanto en el agua como en tierra, esparcen productos tóxicos que pueden ser ingeridos por los seres humanos de forma directa o indirecta.</p>
SUELO	<p>Los hidrocarburos saturados que contiene el aceite usado no son degradables biológicamente, recubren las tierras de una película impermeable que destruye el humus vegetal y, por tanto, la fertilidad del suelo.</p>

5.2 Recomendaciones

La tendencia lógicamente por los estudios que se realizan se encamina a la utilización de lubricantes sintéticos y aceites vegetales, que debido a su superior rendimiento frente a los minerales, precisan menor aditivación, pero lógicamente son más caros.

Condiciones

Para disminuir los impactos ambientales en el sitio de tratamiento de aceites lubricantes usados, se debe contar con un lugar adecuado que reúna todas las condiciones necesarias para esta actividad.

Las condiciones y elementos necesarios aquí relacionados se deben encontrar en buen estado de operación para recibir, almacenar y tratar aceites lubricantes usados.

Se debe tratar por los métodos y tecnologías que minimicen el impacto ambiental y que permitan obtener un aceite lubricante usado tratado que cumpla con las concentraciones máximas permisibles. Estas tecnologías podrán requerir de Certificación de Producto por parte de un organismo acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio.

Finalmente, el aceite lubricante usado tratado obtenido podrá utilizarse así:

- Como combustible para uso industrial.
- Para regeneración de bases lubricantes, mediante su recuperación y aprovechamiento por re-refinación, entendiéndose como tal la serie de procesos físico-químicos que permiten emplear nuevamente estas bases como materias primas, de acuerdo con los estándares de calidad existentes para tal fin.
- Recuperación y aprovechamiento en la fabricación de plastificantes, fluidos para temple, inmunización de maderas y cualquier otro uso, que implique exposición por humanos o animales y no afecte al ambiente.

Además deberán manejarse como un residuo peligroso, los lodos generados por el procesamiento, cumpliendo con todas las normas establecidas para este tipo de residuo, al igual que deberán tratarse o disponerse los lodos según las tecnologías establecidas para tal fin.

Se recomienda tomar y analizar muestras de los aceites lubricantes usados tratados, en laboratorios acreditados. Los procedimientos para la toma de muestras, preparación y análisis de laboratorio, así como el reporte y registro de cifras significativas, con el objeto de establecer el cumplimiento de los parámetros indicados, se deben regir por las normas y métodos ASTM.

Elementos necesarios para el tratamiento y la disposición final.

En sus instalaciones, el Tratador deberá tener los siguientes sistemas y equipos (Tabla A5).

TABLA A5. Equipos y medidas para la gestión de los aceites usados

1.- Sistema de tuberías y válvulas	<ul style="list-style-type: none"> • Para el bombeo de aceites lubricantes usados el sistema de tuberías y válvulas debe ser de acero.
2.- Tanques superficiales	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricados en lámina metálica, con capacidad que se ajuste a lo establecido en el • Estudio de Impacto Ambiental requerido para la obtención de la Licencia Ambiental. • Garantizar en todo momento la confinación total del aceite lubricante usado almacenado. • Permitir el traslado por bombeo del aceite lubricante usado desde y hacia las unidades de transporte autorizadas, garantizando que no se

	<p>presenten derrames, goteos o fugas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estar rotulados con las palabras ACEITE LUBRICANTE USADO en tamaño legible, las cuales deberán estar a la vista en todo momento. • En caso de ser tanques verticales, el fondo debe ser inspeccionado cada tres (3) años. • En el tanque debe rotularse la fecha de la última limpieza e inspección. • Deben mantenerse libres de corrosión. • Contar con un sistema de venteo tipo cuello de ganso.
3.- Dique o muro de contención	<ul style="list-style-type: none"> • Para confinación de posibles derrames, goteos o fugas producidas por incidentes ocasionales al recibir o entregar aceites lubricantes usados, hacia o desde unidades de transporte autorizadas. • Tener una capacidad mínima para almacenar el 100% del volumen del tanque más grande, más el 10% del volumen de los tanques adicionales. • El piso y las paredes deben ser construidos en material impermeable. • Contar con un sistema de drenaje controlado que mediante una válvula permita la descarga de aguas lluvias que no estén contaminadas con aceites lubricantes usados y que eviten el vertimiento éstos de aguas contaminadas con aceites lubricantes usados a los sistemas de alcantarillado o al suelo.
4.- Áreas de acceso a la zona para almacenamiento temporal	<ul style="list-style-type: none"> • Esta área debe permitir la operación de los vehículos autorizados para la recolección y movilización.
5.- Material oleofílico	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe contar con material oleofílico para el control de goteos, fugas y derrames con características absorbentes o adherentes u otros diseñados para este fin.
6.- Sistema contra incendios	<ul style="list-style-type: none"> • Este sistema deberá cumplir con lo establecido en el estudio de impacto ambiental requerido • para la obtención de la Licencia Ambiental.
7.- Elementos de protección personal	<ul style="list-style-type: none"> • Overol o ropa de trabajo. • Botas o zapatos antideslizantes. • Guantes resistentes a la acción de hidrocarburos. • Gafas de seguridad.

Disposición final de aceites lubricantes usados.

El aceite lubricante usado, tanto desde el punto de vista de su contenido energético como de sus muchos otros usos potenciales, es un recurso valioso. De allí que no es muy justificable su disposición final sin aprovechamiento; sin embargo, esta es una opción posible que debe considerarse y reglamentarse.

Quienes estén interesados en la disposición final de aceites lubricantes usados no tratados, tienen varias alternativas para ello:

- Disposición del aceite lubricante usado mediante encapsulamiento que asegure la confinación total y definitiva.
- Uso final como combustible en procesos de fabricación de clinker por vía húmeda o seca, siempre y cuando cuente con las aprobaciones o permisos ambientales que deba obtener para operar legalmente.
- Como combustible industrial, siempre que se opere a temperaturas superiores a 600° C. Cualquier uso o disposición adicional deberá ser consultado previamente con la autoridad ambiental competente, con el fin de determinar su viabilidad.

5.3 Ejemplos

ESPAÑA

La Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados define los aceites usados como todos los aceites minerales o sintéticos industriales o de lubricación que hayan dejado de ser aptos para el uso originalmente previsto como los aceites usados de motores de combustión y los aceites de cajas de cambios, los aceites lubricantes, los aceites para turbinas y los aceites hidráulicos.

La gestión de los aceites usados se regula por el Real Decreto 679/2006, modificado por la Orden ARM/795/2011. En aplicación de la responsabilidad ampliada del productor los fabricantes e importadores de aceites industriales están obligados a asegurar la gestión y sufragar el coste total de la gestión.

6 Bombillas

6.1 Riesgos asociados

Los riesgos asociados a las bombillas están relacionados principalmente con el mercurio contenido en algunas de ellas. En la escala de millones de lámparas que llegan al final de la vida útil cada año puede ser peligrosa para el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente.

Es importante recordar que las instalaciones de colecta y de reciclaje de bombillas también podrían suponer un riesgo para el medio ambiente y los empleados si los residuos no se gestionan adecuadamente (véase, en Fuentes de información, la Guía sobre la matriz de lámparas usadas - *Filière de lampes usagées*).

6.2 Recomendaciones




La electrificación resulta en el uso de lámparas para el alumbrado donde la recuperación de estas también debe estar organizada. La Tabla A6 muestra los diferentes tipos de bombillas y los principios básicos de su recuperación.

Una filiar de reciclaje tipo incluye:

- *Usuarios*: Es fundamental informar a los usuarios acerca de los riesgos asociados a las bombillas en su final de vida útil y sobre los puntos de recuperación de bombillas, para incitar/obligar a recuperar las bombillas y llevarlas a los puntos de colecta.
- *Puntos de colecta*: Ellos incluyen tiendas de distribución, las cuales tienen la obligación de recoger las lámparas utilizadas (dentro del límite de las unidades compradas – "1 bombilla comprada, 1 bombilla recogida", o bien sin límites), o centros de recuperación accesibles a todos.
- *Centros de reagrupamiento y de tratamiento*: Las actividades en cuestión son la eliminación de desechos y su tratamiento por parte de actores especializados. Cuando el tratamiento no está disponible en el país, el transporte de los residuos a otros países debe considerarse.

Un canon sobre el precio de la bombilla puede ser considerado para contribuir a los costos de la filial de recuperación y tratamiento.

Tabla A6. Tipos de bombillas y recomendaciones

Tipo de bombillas	Recomendaciones
<p data-bbox="288 315 491 342">INCANDESCENTE</p> 	<p data-bbox="584 315 1366 416">Las bombillas incandescentes pueden ser tiradas en los basureros clásicos. No pueden ser mezcladas con los desechos de vidrio.</p> <p data-bbox="584 456 1206 483">Están actualmente prohibidas en numerosos países.</p>
<p data-bbox="288 530 491 595">FLUORESCENTE COMPACTA (LFC)</p> 	<p data-bbox="584 530 1334 741">Las LFC no deben ser tiradas con otros residuos, porque contienen una ligera cantidad de mercurio y son actualmente reciclables en gran parte. Las lámparas fluocompactas están compuestas de 88% de vidrio; 5% de metales (hierro, aluminio, cobre,...); 4% de plástico; 3% de polvos fluorescentes; de mercurio (0.005% de su peso).</p> <p data-bbox="584 781 1334 916">No pueden tampoco ser mezcladas con los desechos de vidrio. Deben ser objeto de un circuito de recuperación y reciclaje específico implicando a los distribuidores, fabricantes y entidades de recuperación.</p>
<p data-bbox="320 922 475 949">HALÓGENA</p> 	<p data-bbox="584 922 1342 1099">Las bombillas halógenas de alta eficiencia no contienen sustancias peligrosas ni circuitos electrónicos. Por lo tanto pueden ser tiradas en los basureros clásicos. Debido a su forma exterior similar, no deben ser confundidas con lámparas LED, que sí deben ser recuperadas.</p> <p data-bbox="584 1140 1174 1167">No pueden ser mezcladas con desechos de vidrio.</p>
<p data-bbox="236 1211 544 1238">HALURO METÁLICO (HID)</p> 	<p data-bbox="584 1211 1350 1279">Estas lámparas no deben ser tiradas con otros desechos, porque contienen una ligera cantidad de mercurio.</p> <p data-bbox="584 1319 1334 1453">Tampoco pueden ser mezcladas con desechos de vidrio. Deben ser objeto de un circuito de recuperación y reciclaje específico implicando a los distribuidores, fabricantes y las entidades de recuperación.</p>
<p data-bbox="256 1500 523 1565">LED (LIGHT-EMITTING DIODE)</p> 	<p data-bbox="584 1500 1254 1565">Las LED están compuestas de circuitos electrónicos y de materiales raros que pueden ser recuperados.</p> <p data-bbox="584 1606 1318 1740">No pueden ser mezcladas con desechos de vidrio. Deben ser objeto de un circuito de recuperación y reciclaje específico implicando a los distribuidores, fabricantes y las entidades de recuperación,</p>
<p data-bbox="256 1789 523 1816">TUBO FLUORESCENTE</p> 	<p data-bbox="584 1789 1366 1856">Los tubos fluorescentes no deben ser tirados con otros desechos, porque contienen una ligera cantidad de mercurio.</p> <p data-bbox="584 1897 1318 2031">No pueden ser mezcladas con desechos de vidrio. Deben ser objeto de un circuito de recuperación y reciclaje específico implicando a los distribuidores, fabricantes y las entidades de recuperación.</p>

6.3 Ejemplos

UNIÓN EUROPEA

Las bombillas, salvo las bombillas a filamento (incandescentes y halógenas) son cubiertas por la directiva sobre los Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, apuntando a la reutilización, el reciclaje y otras formas de valorización de dichos residuos. En este sentido, todas las bombillas deben ser recogidas de manera específica y no ser desechados con la basura convencional.

Fuentes de información

Directiva europea

- DIRECTIVE 2012/19/UE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 4 juillet 2012 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=celex%3A32012L0019>

Bombillas

- Filière de lampes usagées - Filière complète de lampes usagées <http://artemise-recyclage.com/wp-content/uploads/2015/05/filiere-des-lampes-usagees.pdf>
<http://artemise-recyclage.com/wp-content/uploads/2015/05/filiere-des-lampes-usagees.pdf>
- Organisation mondiale de la santé: Mercure et santé
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/fr/>
- Comité scientifique européen
http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/fr/mercure-lampes-basse-consommation/index.htm#il1

Paneles

- Association PV Cycle <http://france.pvcycle.org/>

Baterias

- Association de fabricants européens d'accumulateurs (Association of European Automotive and Industrial Battery Manufacturers) <http://www.eurobat.org/>
- Greenpeace <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Pilas-y-Baterias1/Preguntas-frecuentes-sobre-pilas-y-baterias/>

Residuos electronicos

- Ministère espagnol de l'environnement: <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/aparatos-electr/electricos-y-electronicos-que-son-sus-residuos.aspx>

Aceites

- Depuroil s.a. <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>
- Manual Técnico para el Manejo de Aceites Lubricantes Usados, 2006 https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/manual_aceites_usados.pdf