



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS DE APARATOS
ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) PRINCIPALMENTE TELEVISORES
ANALÓGICOS**

**TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:
GUADARRAMA GUZMÁN PEDRO**



México, D.F.

2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

Capítulo 1	4
Introducción	4
1.1 Justificación.....	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Alcances y limitaciones	6
Capítulo 2	7
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	7
2.1 Antecedentes de los RAEE.	7
2.1.1 Diferencia entre aparatos eléctricos y electrónicos (AEE).....	8
2.1.2 Definición de RAEE.....	8
2.1.3 Clasificación de los RAEE	9
2.2 Reciclaje.....	10
2.2.1 Reciclaje de los RAEE.....	11
2.3 Historia de la televisión.....	11
2.3.1 La televisión Mecánica	12
2.4 Tipos de televisores	18
Capítulo 3	21
Toxicología de los materiales presentes en los televisores CRT (metales, plásticos y retardantes de fuego)	21
3.1 Plomo.....	22
3.2 Mercurio	26
3.3 Cadmio.....	33
3.4 Retardantes de llama bromados (BRF)	37
3.5 Policloruro de Vinilo (PVC)	41
Capítulo 4	44
Legislación de los RAEE	44
4.1 Legislación RAEE en el continente Europeo	44
4.2 Convenio de Basilea	46
4.3 Convenio de Estocolmo.....	47
4.4 Responsabilidad extendida del productor (REP)	48
4.5 Tasa Anticipada de reciclaje (ARP)	49
4.6 Situación y Legislación en México de los RAEE	49
4.7 Legislación en América Latina.....	53

Capítulo 5	55
Minería electrónica	55
5.1 Definición	55
5.2 Aspectos generales de la minería electrónica	56
5.3 Nacimiento de la minería electrónica.....	56
5.3.1 Tierras raras.....	56
5.3.2 Minería electrónica para el problema de los RAEE.....	58
5.4 Minería electrónica vs minería tradicional.....	60
5.4.1. Aspectos energéticos	61
5.4.2 Ventajas de la minería electrónica.....	62
5.4.3. Desventajas de la minería electrónica.....	64
5.4 Procesos de tratamiento de RAEE de diversas empresas por medio de la minería electrónica.....	65
5.5 Minería electrónica en México	66
Capítulo 6	68
Propuestas para el manejo de residuos de televisores analógicos en México	68
6.1. Apagón analógico en México.....	68
6.2 Situación de los televisores analógicos después del apagón.....	69
6.2.1 Programa piloto SEMARNAT y SCT.....	69
6.2.2 Centros de acopio para los televisores analógicos desechados	71
6.3 Riesgos del sector informal de los RAEE en México	71
6.4 Propuestas para el manejo de residuos de televisores analógicos en México.....	72
6.4.1 Información a la sociedad.....	72
6.4.2 Recolección y transporte	74
6.4.2.1 Forma de llevar a cabo el transporte	75
6.4.3 Centros de acopio como otra forma de recolección de televisores analógicos ..	75
6.4.3.1 Incentivos en los centros de acopio	76
6.4.4 Espacios de almacenamiento.....	77
6.4.5 Reciclaje y beneficios	78
Capítulo 7	80
Conclusiones y recomendaciones	80
7.1 Conclusiones.....	80
7.2 Recomendaciones.....	82
Bibliografía	85

Capítulo 1

Introducción

1.1 Justificación

En la actualidad se cuenta con un gran avance tecnológico en dispositivos como televisiones, computadoras, celulares entre muchos otros. Con el paso del tiempo estos aparatos han sido fabricados de tal manera que su tiempo de vida sea menor, y por lo tanto comprar nuevos. Los aparatos viejos son desechados en la basura y forman parte de la llamada basura electrónica, lo cual conlleva un riesgo al medio ambiente y a la salud debido a que existen componentes peligrosos (principalmente metales pesados) en los circuitos de estos aparatos tales como: Plomo y Cadmio. Pero también existen metales de valor en estos circuitos como: Oro, Plata, Cobre e Iridio los cuales se pueden extraer de toda esta basura electrónica por un menor costo que la minería primaria y con menos repercusión al ambiente (Greenpeace, 2014).

En México aún no se cuenta con normas o leyes que gestionen los residuos electrónicos que se generan en todo el territorio nacional así como tampoco se cuenta con el hábito de reciclaje de dichos residuos, y hay que agregar que el 31 de diciembre del 2015 se llevará a cabo el apagón analógico en este país, esto implica que se tirarán millones de televisiones viejas que captan la señal análoga a la basura para ser remplazados por televisores que pueda captar la señal digital. Todos estos televisores viejos serán destinados a basureros comunes y generarán más contaminación de la que ya existe en el país. Por lo tanto es importante la creación de normas o leyes, así como de fomentar el reciclaje sobre aparatos eléctricos, ya sea computadoras, celulares y principalmente televisores para que crezca la economía mexicana con los metales obtenidos de estos residuos y de igual manera disminuir la contaminación al ambiente. (CNN, 2013).

La minería electrónica resulta una propuesta atractiva para solucionar este problema debido a que se puede reciclar todos estos residuos obteniendo metales valiosos y disminuyendo la contaminación que se causa al ambiente. La empresa Yokohama metal estima que se pueden obtener de una tonelada de basura electrónica 150 gramos de oro, contra 5 gramos que obtiene la minería primaria de una tonelada de tierra o mineral, siendo el proceso de obtención de la minería electrónica más barato en cuanto al ahorro de energía y agua. (Greenpeace, 2014).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Realizar una propuesta para el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) principalmente televisores considerando sus componentes reciclables

1.2.2 Objetivos específicos

Realizar una recopilación sobre la minería electrónica considerando los últimos avances en el mundo.

Llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre el estado del arte de los aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) enfocado a televisores analógicos, en medios impresos y digitales.

Revisar la legislación nacional e internacional sobre el manejo de los residuos eléctricos y electrónicos básicamente en América, Europa y Japón.

Investigar sobre los daños a la salud y al ambiente de los principales componentes que se encuentran en los televisores analógicos revisando textos de toxicología.

Proporcionar información sobre los procesos para obtención de metales llevados a cabo en la minería electrónica enfocada a los televisores analógicos.

1.3 Alcances y limitaciones

Se revisará la información publicada en los últimos 15 años.

Se considerarán dentro de la minería electrónica los televisores que no capten la señal digital y quedarán fuera de uso después del apagón analógico del 31 de diciembre del 2015.

Capítulo 2

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

2.1 Antecedentes de los RAEE.

El estilo de vida imperante en los países del denominado *primer mundo* está estrechamente ligado al uso de la tecnología, por lo que los residuos generados crecen a un ritmo espectacular. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente anualmente se producen cuarenta y cinco millones de toneladas de RAEE en el mundo, y se calcula que este tipo de residuos crece a un ritmo tres veces superior al del resto de los desechos urbanos (Cabeza, 2012).

El desarrollo tecnológico de las últimas décadas tiene como contrapartida la acumulación de basura electrónica: el tipo de mayor crecimiento a escala mundial. Cuando este material que recibe el nombre de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), o en inglés Waste Electrical and Electronical Equipement (WEEE) no es gestionada de forma adecuada resulta contaminante para el medio ambiente. (GSMA Latin América, 2014).

De la misma forma, el progreso y los avances tecnológicos en el sector del televisor han sido muy rápidos en los últimos años. En un tiempo corto se ha presenciado la completa desaparición de las pantallas de rayos de tubos catódicos (CRT) del mercado para dar paso a las pantallas planas. La velocidad del cambio tecnológico es tal que, al día de hoy, las pantallas de LCD (pantallas de cristal líquido) que desbancaron al CRT ya están cediendo al mercado de los televisores LED. (Ecotic, 2014).

2.1.1 Diferencia entre aparatos eléctricos y electrónicos (AEE)

La diferencia entre aparatos eléctricos y electrónicos radica principalmente en los voltajes que manejan así como en los componentes que los conforman, de tal manera un aparato eléctrico es aquel que utiliza un voltaje de 120V A.C., y generalmente utiliza generadores o bobinas, como ejemplo tenemos la plancha, lavadora, un taladro etc. Un aparato electrónico es aquel que maneja voltajes que pueden ir desde 5V C.D. a los 24V C.D., están compuestos por resistencias, capacitores, bobinas, cristales, circuitos integrados y placas base. Entre estos están los radios, televisores, computadoras etc. (Miranda, 2014).

2.1.2 Definición de RAEE

Existen diversas definiciones para los RAEE, estas dependen del país, de las organizaciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, algunas de las principales se mencionan a continuación:

Cualquier dispositivo que utilice energía eléctrica, que haya alcanzado su vida útil (OCDE, 2001).

La LGEEPA 2000 y la LGPGIR establecen a los residuos tecnológicos provenientes de la industria informática, fabricantes de productos electrónicos o de vehículos automotores y otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo especial (SEMARNAT, 2003)

Son residuos de aparatos eléctricos y electrónicos aquellos que han alcanzado el fin de su vida útil por uso o por obsolescencia y que se convierten en residuos. Comprende también todos los componentes, subconjuntos, periféricos y consumibles de lagunas categorías de aparatos (Decreto Supremo N° 001-2012-MINAM).

2.1.3 Clasificación de los RAEE

Los RAEE se generan en los hogares y centros de trabajo son muy variados. De acuerdo a la Ecotic (2014) se tienen 10 categorías diferentes:

Tabla 2.1 Clasificación de RAEE

Grandes Electrodomésticos	Pequeños electrodomésticos	Equipos de informática y telecomunicaciones	Aparatos electrónicos de bajo consumo	Aparatos de Alumbrado
<ul style="list-style-type: none"> • Frigoríficos • Lavadoras • Secadoras • Lavavajillas • Cocinas • Estufas eléctricas • Estufas eléctricas • Radiadores • Microondas • Ventiladores y aparatos de aire acondicionado 	<ul style="list-style-type: none"> • Aspiradoras • Planchas • Tostadoras • Freidoras • Cafeteras eléctricas • Cuchillos eléctricos • Secadores de pelo • Maquinas de afeitar • Relojes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ordenadores • Ordenadores portátiles • Impresoras • Pantallas de ordenador • Ratones • Calculadoras • Teléfonos • Teléfonos móviles 	<ul style="list-style-type: none"> • Reproductores de música • Radios • Televisores • Videocámaras • Altavoces • Amplificadores de sonido • Instrumentos musicales electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos fluorescentes • Bombillas de bajo consumo • LEDs
Herramientas eléctricas y electrónicas	Juguetes y equipo deportivo de tiempo libre	Aparatos médicos	Instrumentos de vigilancia y control	Máquinas expendedoras
<ul style="list-style-type: none"> • Taladros • Atornilladores eléctricos • Maquinas de coser • Cortadoras de césped • Cierras eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Coches, trenes y camiones eléctricos • Consolas portátiles • Pulsómetros y cronómetros deportivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Termómetros electrónicos • Tensiómetros 	<ul style="list-style-type: none"> • Detectores de humo • Reguladores de calefacción • Termostatos 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinas de bebida, snacks, café etc.

Fuente: Modificado de Ecotic, 2014

2.2 Reciclaje

Ante todo, el reciclaje es un método que intenta remediar los síntomas más que curar las causas de nuestro sobreconsumo. Se trata de un elemento indisoluble del consumismo, que toma en consideración el exceso de residuos, su variedad y el agotamiento de los recursos que se utilizan en la producción y la distribución de estos bienes de consumo (Vierginie, 2011).

El reciclaje se entiende como la operación compleja que permite la recuperación, transformación y elaboración de un material a partir de residuos, ya sea parcial o total en la composición definitiva. El concepto más general de reciclaje consiste en hallar el medio para sacar algún provecho del residuo (Xavier, 2012).

Durante el proceso de reciclaje hay dos factores que adquieren una relevancia especial. El primero consiste en la logística de recogida de los residuos desde los diversos centros de producción hasta la planta de reciclaje centralizada. Con frecuencia el costo es tan elevado que puede hacer inviable el reciclaje; ello es frecuente en los residuos de poco valor. El segundo factor es la energía asociada al proceso de reciclado (Xavier, 2012).

El reciclaje no sólo tiene sentido desde el punto de vista ambiental, sino también desde el punto de vista económico. Al reciclar estamos ahorrando materias primas y energía en su elaboración. Por ejemplo con el reciclado de cuatro botellas de vidrio, se lograría ahorrar la energía suficiente equivalente al funcionamiento de un frigorífico durante un día o el equivalente a lavar la ropa de cuatro personas. Cada tonelada de papel reciclado representa un ahorro de energía de 4100KWH (Conciencia Eco, 2015).

Reciclar puede ayudar a salvar grandes cantidades de recursos no renovables, cuando en los procesos de producción pueden emplearse materiales reciclados. La reducción de la utilización de recursos no renovables como los árboles, puede

resultar también vital, dada la influencia que tiene la deforestación o la explotación masiva sobre el medio ambiente (Vierginie, 2011).

2.2.1 Reciclaje de los RAEE

La mejor opción ambiental para los RAEE es, siempre que sea posible, la reparación o la reutilización de los aparatos, evitando así que se conviertan en residuo. Para ello se requiere una logística que permita conservar las características de los aparatos con un tipo de recolección, transporte, clasificación y almacenamiento correctos, para evitar deterioros que impedirían su reutilización. En segundo lugar está la opción de desmontarlos o triturarlos para su reciclaje (Ecotic, 2014).

2.3 Historia de la televisión

En sus orígenes, el objetivo principal de la televisión fue la difusión de programas de entretenimiento, deportes y noticias por medios radioelectrónicos, y posteriormente, a través de cable y satélite. Los estándares en uso para los sistemas analógicos de televisión se produjeron en su mayoría hace más de 50 años (Vega, 2003).

Desde finales del siglo XIX un puñado de investigadores en EEUU, Gran Bretaña, Francia y Alemania, buscaban transmitir imágenes a distancia tal como se había logrado con el sonido. Esto fue posible gracias a la conjunción de tres series de descubrimientos: la fotoelectricidad (la capacidad de ciertos cuerpos de transformar energía eléctrica en energía luminosa), los procedimientos de análisis de fotografías transformadas en líneas de puntos claros u oscuros, y, por último, los que han permitido utilizar las ondas hertzianas para la transmisión de las señales eléctricas correspondientes a cada punto de una imagen (EPEC, 2015)

Con el desarrollo de una serie de inventos entre los que se destacan el tubo de rayos catódicos desarrollado por Karl Ferdinand Braun y el tubo disector de imágenes, inventado por el estadounidense Philo Taylor Farnsworth hacia 1920 surgen los dos primeros modelos de televisión: la televisión mecánica y la televisión electrónica (EPEC, 2015).

2.3.1 La televisión Mecánica

El primer modelo en funcionar, se basó en un invento del científico alemán Paul Gottlieb Nipkow, quien ideó en 1884 un disco plano y circular con una serie de perforaciones dispuestas en forma de espiral que parten del centro. Al girar el disco delante del ojo se conseguía descomponer una imagen por partes. (EPEC, 2015).

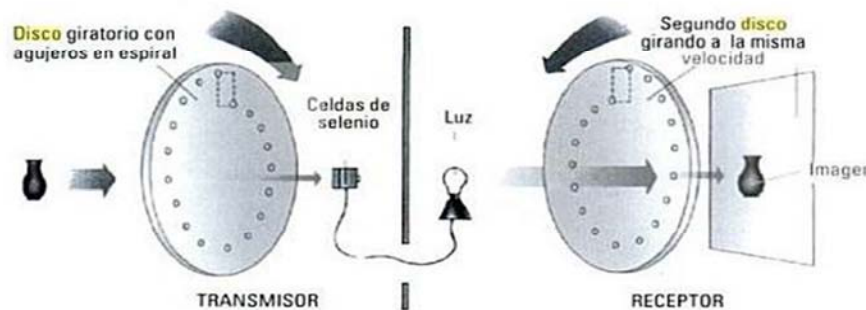


Figura 2.1 Disco de Nipkow, (Vega, 2003)

Según giraba el disco, la luz proyectada a través de los agujeros, exploraba secuencialmente una imagen translúcida, a lo largo de una línea y una lente, detrás de la imagen, recolectaba las muestras de luz, correspondientes a cada punto de la imagen y las enfocaba sobre una única célula de selenio, en la que se producía una corriente eléctrica proporcional a la intensidad luminosa de cada elemento de la imagen (Vega, 2003).

Nipkow no construyó físicamente el sistema, y que la tecnología de la época no lo permitía. Sin embargo debido a su naturaleza mecánica el disco Nipkow no funcionaba eficazmente con tamaños grandes y altas velocidades de giro para conseguir una mejor definición. No obstante, su disco fue el modelo para varios sistemas desarrollados posteriormente, en particular los debidos a Charles Francis Jenkins en los Estados Unidos y John Logie Baird en Inglaterra (Vega, 2003).

El televisor de John Logie Baird

John Logie Baird nació el 13 de agosto de 1888 en Helensburgh, localidad situada en el condado escocés de Dumbartonshire, Gran Bretaña. Estudió en el Glasgow and West of Scotland Technical College, donde se graduó en 1914, y en la Universidad de Glasgow, donde no pudo terminar sus estudios de ingeniería eléctrica a causa del estallido de la Primera Guerra Mundial. Falleció en Bexhill, Sussex, el 14 de junio de 1946 (Pérez, 2008).

Persona de frágil salud, abandonó pronto su trabajo de viajante para instalarse en la ciudad costera de Hastings, situada al sudeste de Inglaterra, donde realizó sus primeras experiencias conocidas sobre televisión durante el invierno de 1922 a 1923, utilizando como mecanismo de barrido un disco de Nipkow y como célula fotosensible una de selenio que él mismo había perfeccionado (Pérez, 2008).

Luego de crear su propia compañía de televisión, Baird – en colaboración con la British Broadcasting Corporation (BBC) de Londres– comenzó con emisiones de prueba el 10 de septiembre de 1929. La definición de las imágenes de este sistema (originalmente 30 líneas y 12,5 imágenes por segundo), a pesar de que mejoró notablemente con el tiempo, siempre fue pobre en comparación con el sistema electrónico. (EPEC, 2015).

Televisor de Charles Francis Jenkins

Charles Francis Jenkins nació en Dayton, Ohio, Estados Unidos, el 22 de agosto de 1867. Estudió en el Earlham College de Richmond, Indiana. Inventor prolijo e independiente, obtuvo más de 400 patentes a lo largo de su vida, 75 de las cuales tenían relación con su sistema de televisión mecánica (Pérez, 2006).

Experimentó haciendo películas en 1891, lo que le inspiró a dejar el trabajo y dedicarse por completo a un proyecto personal de cinematografía, llamado el Phantascope. Él y su colega Thomas Armat, a quien conoció en el Bliss School of Electricity, en Washington, D.C., hicieron una emisión pública en el Cotton States and International Exposition en Atlanta en 1895 y después comenzaron a discutir sobre los derechos de aquella emisión (Arqhys, 2015).

Televisión electrónica

La invención del tubo de rayos catódicos por Ferdinand Braun, en 1897, inspiró a los pioneros de la televisión en todo el mundo, que vieron en su principio de funcionamiento la solución perfecta para realizar un sistema de transmisión de imágenes completamente electrónico, alternativo a las soluciones mecánicas que se habían venido proponiendo desde que Nipkow patentara su disco en 1884. (Pérez, 2007).

La televisión electrónica se basó en el inoscopio (un aparato capaz de “traducir” imágenes en señales electrónicas), creación del científico ruso-norteamericano Vladimir Zworykin trabajando en la compañía estadounidense *Radio Corporation of America (RCA)* hacia finales de los años 20. Así, en 1931 la RCA colocó una antena emisora en la terraza del *Empire State Building*, el edificio más alto de Nueva York, y comenzó con sus transmisiones experimentales (Media televisión, 2015).

De los investigadores que trabajaron en el desarrollo de la televisión electrónica, hubo dos nombres que brillaron con luz propia Vladimir Kosma Zworykin, científico protegido por la todopoderosa RCA, y del también norteamericano, de profundas raíces mormonas e inventor independiente, Philo Taylor Farnsworth, que desarrollaron dos tipos diferentes de tubos de cámara con los que hicieron posible los primeros sistemas de televisión electrónica conocidos (Pérez, 2007).

Vladimir Kosma Zworykin (1889-1982)

Nació en Murom, Rusia. Estudio en el Instituto de Tecnología de San Petersburgo y en el Collège de France en Paris. Tras intervenir en la primera guerra mundial en los servicios de transmisión rusos, durante la guerra civil rusa de de 1918, decidió emigrar a Estados Unidos. Zworykin es el ingeniero electrónico considerado como el padre de la televisión moderna defensor del sistema electromecánico de exploración de la imagen (Szymanczyk, 2013).

Después de emigrar a Estados Unidos trabajo para la Westinghouse Electric Corporation donde en 1923 solicitó una patente para el iconoscopio, una cámara de tubo que usaba arreglo foto-emisivo. Sin embargo, apenas en 1929 la RCA le ofreció la oportunidad de trabajar en la televisión. El iconoscopio de Zworykin condujo a las modernas cámaras de televisión y su cinescopio fue la base del moderno tubo de imagen del televisor (Asdrúbal, 2004).

Zworykin construyó un mosaico muy fino de células fotoeléctricas, evaporando metal sobre una superficie de mica o fibra de vidrio, las cuales adquirirían una carga eléctrica diferente en función de la intensidad de luz de la escena. A continuación, transformaba aquella carga en corriente eléctrica, barriendo el mosaico de células con un haz de rayos catódicos. De esa forma, conseguía mejorar de forma extraordinaria la resolución de la imagen, además de incrementar notablemente la sensibilidad de la cámara, el resultado fue un tubo de cámara al que llamó iconoscopio (Pérez, 2007).

Philo Taylor Farnsworth

Philo Farnsworth fue un físico e inventor mormón nacido el 19 de agosto de 1906 en una cabaña de troncos en Indian Creek, a pocas millas de Beaver, estado de Utah. Sin demasiados recursos, Farnsworth fue básicamente un autodidacta. Impresionado, después de tener su primera conversación telefónica, encontró revistas científicas en el desván de la nueva casa y desarrolló un gran interés en la electrónica (mormosofía, 2012).

La pieza angular en la idea de televisión de Farnsworth era el dispositivo que descomponía una imagen en una secuencia de líneas que se convertían en señales eléctricas. A este dispositivo Farnsworth lo llamó "Image disector". Farnsworth trataba de obtener una resolución del orden de 400 líneas, algo que nunca alcanzarían los sistemas basados en discos de Nipkow que estaban experimentando otros laboratorios. El siete de septiembre de 1927 realizaron las primeras pruebas satisfactorias, aunque todavía rudimentarias, de transmisión de imágenes totalmente electrónicas (mcn biografías.com, 2011).

Tres años después Zworykin presentó un nuevo tubo de exploración de imagen al que denominó "inconoscopio" que empleaba básicamente las técnicas que Farnsworth le había mostrado en su laboratorio. La RCA pretendió demostrar a la Oficina de Patentes que ese tubo correspondía a la solicitud de patente que Zworykin había realizado en 1923, lo cual anularía las patentes de Farnsworth y supondría su total fracaso (mcn biografías.com, 2011).

En otras palabras, mientras que el tubo de Zworykin puede verse como una evolución del sistema propuesto por el francés Senlecq, en 1877, en donde el conmutador eléctrico es sustituido por un haz de rayos catódicos, el tubo de Farnsworth representa una aplicación directa y bastante novedosa del efecto fotoeléctrico que tan brillantemente explicara Albert Einstein en 1905.

Guillermo González Camarena y la televisión a color

Dentro de esa misma década, en 1932, Guillermo González Camarena de 15 años de edad, estudiante de la Escuela de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (EIME) y ayudante de operador de audio en la estación radiofónica XEDP, construyó su primer sistema de TV con un kit de la empresa RCA, que incluía un iconoscopio y un diagrama de conexiones. Las piezas faltantes fueron conseguidas por el joven en diferentes tiendas, así como en Tepito y La Lagunilla, mercados populares instalados en la Ciudad de México (fayerwayer, 2013).

Guillermo González Camarena nació el 17 de febrero de 1917, en Guadalajara, Jalisco; sus padres fueron Arturo González y Sara Camarena. Cuando Guillermo iba a cumplir dos años de edad, la familia González se trasladó a la ciudad de México. Desde chico se entretenía fabricando juguetes movidos con electricidad, así que instaló su lugar de trabajo: un laboratorio en el sótano de su casa. A los 12 años construyó su primer transmisor de aficionado (Navarro, 2007).

Durante aquellos años de continuo trabajo, y tal vez, entre otras cosas motivado por el color del tubo, que comenzó a acariciar la idea de construir un sistema de televisión a base de filtros que pudiera transmitir imágenes a color, partiendo de un futuro televisor en blanco y negro. Solicitó patentar lo que él llamó “Sistema Tricromático de Secuencia de Campos”, patentes que le fueron otorgadas en México y en Estados Unidos. (de la Herrán, 2004).

El invento fue designado como un sencillo equipo de adaptación a la televisión en blanco y negro. González Camarena presenta su solicitud de patente el 14 de agosto de 1941, obteniendo el registro de la misma el 15 de septiembre de 1942. El 31 de agosto de 1946, González Camarena envió la primera transmisión en color desde su laboratorio en las oficinas de La Liga Mexicana de Radio experimentos (Guerrero, 2014).

2.4 Tipos de televisores

Ya ha pasado mucho desde los tiempos en los que hablar de televisores era hablar en exclusiva de televisores de tubo de rayos catódicos. Hoy en día la oferta es variada y prueba de ello está la variedad de tipos de televisor que podemos encontrar en nuestros hogares. La mayor ventaja de esta diversidad es el poder de elección y la competición que se crea entre las distintas tecnologías, pero tiene el inconveniente de tener que estar mejor informados para poder elegir el televisor que necesitamos (Televisores.net, 2003).

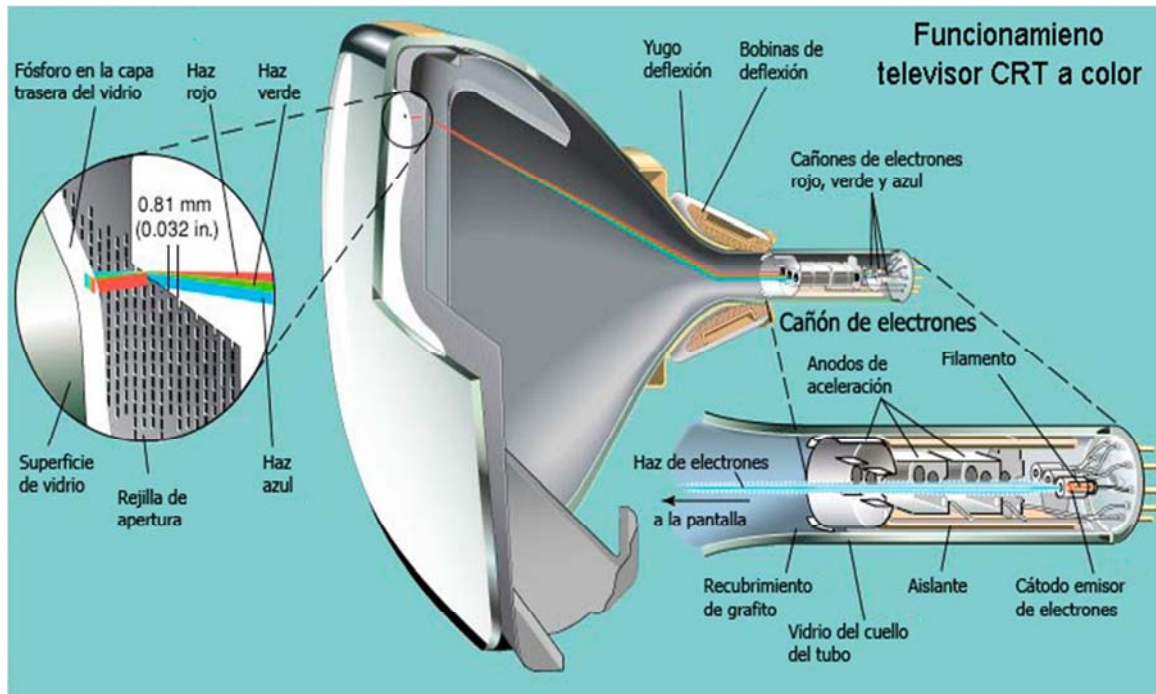
Televisor CRT

El tubo de rayos catódicos, abreviado normalmente como CRT (del inglés *Cathode Ray tube*), la tecnología de televisión más antigua (inventado en 1897 por Ferdinand Braun, primer televisor en 1926 por John Logie Baird), consiste en un tubo vacío con un extremo estrecho y un extremo ancho. En el extremo estrecho hay un emisor de electrones. Una serie de imanes electromagnéticos guían estos electrones hacia puntos específicos en el extremo ancho del tubo, extremo en el que se sitúa la pantalla que los espectadores miran (Curiosoando, 2014).

Dentro de este tubo se encuentra un cañón de electrones, que emite un haz constante de electrones que choca contra la parte más ancha del tubo que está cubierta con una capa de fosforo. Este capa de fosforo se ilumina cuando los electrones chocan contra ella y de este modo se consigue la visualización. En los televisores actuales de color son 3 los cañones de electrones y la pared contra la que chocan está dividida en pequeños círculos o líneas que contienen cada uno de los colores primarios (rojo, verde y azul). (televisores.net, 2013).

En la siguiente imagen se muestran el funcionamiento un televisor CRT.

Figura 2.3 Funcionamiento de un televisor CRT (curiosoando.com, 2014).



Televisor LCD

La tecnología LCD utiliza moléculas de cristal líquido colocadas entre diferentes dos paneles polarizados, y los rotan según si se quiere mostrar un color u otro. Esto se hace por cada color y píxel. Si atraviesa sin problemas los dos paneles, saldrá luz blanca, y si no, luz negra. Al hacerlo de forma incompleta, según sea la variación se genera un color u otro y de estos cristales, unos son reflectivos (reflejan la luz externa) y otros backlight (transmiten la luz blanca) (duiops.net, 2014).

Televisores de Plasma

La historia del televisor de plasma comienza curiosamente en la década de los sesenta, particularmente en 1964 en la Universidad de Illinois. Su inventor fue Donald Bitzer, quién inventó este dispositivo para un sistema computacional llamado PLATO; las primeras pantallas de este tipo fueron por supuesto monocromáticas, por lo general con caracteres verdes o naranja (El Rincón de la ciencia y Tecnología, 2015).

Las pantallas del tipo denominado "plasma", son planas, livianas, con una capa o substrato superficial que cubre millones de pequeñas celdas o "burbujas". Cada burbuja contiene neón y xenón gaseoso a baja presión, y está cubierta con una sustancia fosfórica. Dentro de cada celda, hay tres subceldas que generarán los respectivos colores primarios, rojo, verde y azul (Giordano, 2004).

Capítulo 3

Toxicología de los materiales presentes en los televisores CRT (metales, plásticos y retardantes de fuego)

Este capítulo se enfoca en los televisores de rayos catódicos (CRT) debido a que este tipo de televisores están saliendo del mercado y de los hogares mexicanos debido principalmente al gran auge que han tenido otros televisores más modernos como los de LCD, plasma y LED, así como también al apagón analógico, el cual buscará implementar en todo el país la señal digital, esta señal podrá ser captada por televisores modernos como los antes descritos y los televisores CRT no podrán recibir esta señal a menos que se le adapte un decodificador de señal. Por estas razones se espera que muchos televisores CRT sean desechados de manera inconsciente a la basura lo cual conlleva un gran riesgo para el ambiente y la salud pública.

Aunque los TRC tienen un ciclo de vida más largo que otros aparatos electrónicos, una vez descartados, no están diseñados para el reciclaje: el proceso para recuperar materiales es complejo y costoso. Además, contienen materiales tóxicos, como el plomo, el mercurio y el cadmio, los retardantes de fuego bromados y el PVC, que no sólo dificultan su reciclado, sino también son muy contaminantes cuando son dispuestos en rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto. Un televisor puede contaminar hasta 80.000 litros de agua (Fernández, 2010).

Los aparatos eléctricos y electrónicos son una mezcla compleja de cientos de materiales, muchos de los cuales contienen metales pesados tales como el plomo, mercurio, cadmio y compuestos químicos peligrosos. Estas sustancias peligrosas generan contaminación y colocan a los trabajadores en riesgo de exposición cuando estos productos se fabrican y afectan a la salud de las personas cuando son desechados al final de su vida útil (Greenpeace Argentina, 2010).

Principales metales más contaminantes y tóxicos presentes en los televisores CRT

3.1 Plomo

Elemento metálico, número atómico 82 y símbolo Pb. Muy tóxico tanto el plomo en forma pulverulenta como sus compuestos, con efecto acumulativo en los seres vivos. Algunos compuestos pueden ser retenidos por el sistema óseo y ser liberados a la sangre. Dada la volatilidad tiende a contaminar el ambiente circundante de los establecimientos donde se trabaja o produce no solo el plomo, sino también otros metales con los que está asociado, natural o artificialmente (aleaciones) (Ortega, 2000).

El plomo rara vez se encuentra en su estado elemental, el mineral más común es el sulfuro, la galeana, los otros minerales de importancia comercial son el carbonato, cerusita, y el sulfato, anglesita, que son mucho más raros. También se encuentra plomo en varios minerales de uranio y de torio, ya que proviene directamente de la desintegración radiactiva (decaimiento radiactivo). Los minerales comerciales pueden contener tan poco plomo como el 3%, pero lo más común es un contenido de poco más o menos el 10% (lenntech, 2015).

Efectos del plomo sobre el ambiente

Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartas partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor (OMS, 2015).

El plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión de las tuberías de plomo en los sistemas de transportes y a través de la corrosión de pinturas que contienen plomo. No puede ser eliminado, pero puede convertirse en otros compuestos. El Plomo se acumula en los cuerpos de los organismos

acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por Plomo (lenntech, 2015).

Las sales de plomo tienen en el agua un peligro de clase 2, y por lo tanto son dañinas. Lo mismo se aplica a otros compuestos como el acetato de plomo, óxido de plomo, nitrato de plomo y carbonato de plomo. Limita la síntesis clorofílica de las plantas. No obstante las plantas pueden absorber del suelo altos niveles de plomo, hasta 500 ppm. Concentraciones más altas perjudican el crecimiento de las plantas. Mediante la absorción por parte de las plantas, el plomo se introduce en la cadena alimenticia (Muñoz, 2012).

En el caso del aire, el Pb se encuentra asociado con las partículas en forma de plomo elemental (Pb), óxidos de plomo (PbO, PbO₂, Pb_xO) sulfato de plomo (PbSO₄), sulfuro de plomo (PbS), alquilos de plomo (Pb(CH₃)) y haluros de plomo. El aire no urbano contiene una concentración de plomo, por lo general, de 0.5 µg/m³ mientras que en ciudades muy contaminadas puede exceder de 20 µg/m³ (Jiménez, 2001).

De todas las sustancias presentes en el ambiente, el plomo es el más persistente (el tiempo medio de residencia en el ser humano es de 5 años, en general, de más de 20 años en los huesos, y de 20-30 días en el tejido blanco) y cada año se originan miles de envenenamientos, especialmente en niños de áreas urbanas (Castillo, 2005).

Efectos sobre la salud

El plomo es un elemento que no tiene ninguna función fisiológica conocida en los seres humanos, pero cuyos efectos adversos inciden sobre una diversidad de procesos bioquímicos esenciales. Existe evidencia considerable acerca de los efectos adversos sobre la salud de los niños del plomo en niveles que son comunes a distintas poblaciones en todo el mundo (Matte, 2003).

Los primeros síntomas que provoca el plomo son la irascibilidad, desgano y fatiga, que comúnmente son menospreciados hasta que, con el tiempo existe dolor de cabeza, pérdida de apetito, dolor de estómago y vómito. Finalmente los síntomas empeoran y el cerebro, riñones e hígado sufren daños irreparables. En la fase terminal existen convulsiones, coma y posteriormente la muerte (Jiménez, 2001).

Parte del plomo que entra a el organismo se absorbe y se distribuye a todos los órganos y tejidos del cuerpo; la otra parte es desechada, principalmente a través de orina y heces. El que logra quedarse en el cuerpo puede permanecer en los diversos órganos desde unos cuantos minutos hasta días completos, para luego seguir su camino hacia los huesos, donde se alojará definitivamente (Salud y Medicinas, 2011).

Absorción y distribución del plomo en el cuerpo humano

La absorción del plomo depende del estado de salud, nutrición y edad de la persona. Los adultos generalmente absorben 20% del plomo que ingieren y casi todo ese plomo es inhalado. La mayor parte del plomo que ingresa al cuerpo es excretado por la orina o a través de la bilis por las heces. La forma más común de plomo, la inorgánica, no es metabolizada en el hígado; mientras tanto, el plomo orgánico ingerido (presente en aditivos de la gasolina) se absorbe casi en su totalidad y es metabolizado en el hígado (Poma, 2008).

Luego de su absorción el plomo se distribuye en compartimentos, en primer lugar circula en sangre unido a los glóbulos rojos, el 95% del plomo está unido al eritrocito, luego se distribuye a los tejidos blandos como hígado, riñón, médula ósea y sistema nervioso central que son los órganos blanco de toxicidad, luego de 1 a 2 meses el plomo se difunde a los huesos donde es inerte y no tóxico. El metal puede movilizarse del hueso en situaciones como inmovilidad, embarazo, hipertiroidismo, medicaciones y edad avanzada (Valdivia, 2005).

Excreción

El plomo se excreta por diferentes vías, pero sólo la renal y la gastrointestinal son de importancia toxicológica. Las heces siempre contienen plomo que proviene en su mayor parte de la fracción no absorbida y de otras fuentes, como: 1) Secreción activa o pérdida pasiva de plomo desde glándulas salivales, páncreas y pared intestinal; 2) Pérdida por reboce desde células epiteliales; y, 3) Excreción biliar, cuyo papel en fisiología humana aún es incierto (Ramírez, 2005).

Otras posibles vías de excreción incluyen sudor, pelo, uñas, células epiteliales descamadas, dientes y leche; de esta última se sabe que hay relación directa entre concentración de plomo en sangre y leche de madres expuestas ocupacional o ambientalmente. No se conoce exactamente la vida biológica media del plomo, pero se acepta variaciones amplias entre 15 y 27 años en adultos (Ramírez, 2005).

Manifestaciones clínicas

La aparición de los síntomas y signos dependerá del tiempo de exposición, de los niveles sanguíneos alcanzados y de la edad del paciente. La forma de presentación de los síntomas puede ser aguda o crónica.

Aguda:

La intoxicación aguda es una presentación infrecuente y puede deberse a ingestión de alimentos contaminados o a inhalación masiva de vapores de plomo. En niños la forma más frecuente de presentación es la encefalopatía aguda, que puede aparecer sin pródromos o estar precedida de cólicos abdominales o alteraciones de conducta. Se manifiesta por vómitos persistentes, ataxia, convulsiones intratables, alteración de la conciencia y coma (Ascione, 2001).

Crónica o saturnismo:

El saturnismo genera anemia, debido a que el plomo en la sangre bloquea la síntesis de hemoglobina y altera el transporte de oxígeno a la sangre y hacia los demás órganos del cuerpo. Se cree que estas reacciones son provocadas tras la sustitución de los metales como el calcio, el hierro y el zinc por plomo dentro de las enzimas, al no ser de misma química, provoca que no cumplan debidamente las funciones enzimáticas. Es también una causa menos frecuente de hipertensión arterial secundaria (Seguridad y salud para todos, 2011)

El saturnismo no es fácil de detectar. A veces, no hay síntomas, o si los hay se parecen a los de otras enfermedades. En los niños, algunos indicios tempranos de posible intoxicación por el plomo son cansancio o hiperactividad constantes, irritabilidad, inapetencia, pérdida de peso, atención disminuida, dificultad para conciliar el sueño y estreñimiento (Medicina Salud, 2012).

3.2 Mercurio

El mercurio es un elemento natural cuyo símbolo químico es Hg. Esta abreviatura viene de la palabra griega “hydrargyrum”, que significa plata líquida. En diferentes contextos, al mercurio se le llama con frecuencia azogue, mercurio metálico o mercurio líquido. Comúnmente, sin embargo, el mercurio puro se denomina mercurio elemental (Weinberg, 2010).

El mercurio terrestre tiene un origen magmático, emanando como producto de desgasificación a lo largo de fallas profundas, proceso que continúa en la actualidad. De este modo, el mercurio inicia su ciclo biogeoquímico pasando a la corteza terrestre y, de esta, al aire, el agua y los suelos, para pasar luego a las plantas y a los animales y, por último, al hombre. Posteriormente, el mercurio y sus compuestos reinician el ciclo en sentido inverso en formas sólida, disuelta, absorbida y gaseosa (Español, 2012).

Al igual que el plomo y el cadmio, el mercurio es un elemento constitutivo de la tierra. En su forma pura se le conoce como mercurio "elemental" o "metálico" (representado también como $\text{Hg}(0)$ o Hg^0). Rara vez se le encuentra en su forma pura, como metal líquido; es más común en compuestos y sales inorgánicas (greenfacts, 2015).

El 50% de la producción mundial de mercurio se usa en la fabricación de lámparas de vapor, tubos fluorescentes, termómetros clínicos e industriales y otros instrumentos, como barómetros, manómetros, esfigmomanómetros, lentes de telescopios, lámparas de difusión y ultravioleta, conmutadores, cátodos electrolíticos, turbinas de vapor. Otras industrias importantes son: metalurgia del oro y plata, fabricación de pilas y baterías, amalgamas dentales, biocidas, fungicidas, pesticidas y productos farmacéuticos (Ramírez, 2008).

El aporte antropogénico de mercurio no solo proviene de la explotación de yacimientos, procesos metalúrgicos e industrias diversas. Considerando las múltiples aplicaciones que tiene este metal hay que considerar las aguas residuales urbanas como una fuente importante de mercurio elemental. Las redes de alcantarillado pueden liberar entre 200 y 400 Kg. de mercurio por millón de habitantes. Se calcula por extrapolación una cifra del orden de 1.000 toneladas de mercurio liberadas anualmente en la superficie del planeta Tierra por las redes de alcantarillado (GAMA, 2001).

Daños al ambiente

El mercurio está presente en los combustibles fósiles, los minerales metálicos y otros minerales. Cuando se quema carbón, mucho de su contenido de mercurio entra en el medio ambiente. Cada vez que la gente produce y utiliza mercurio en forma intencional, gran parte de ese mercurio eventualmente se volatilizará en la atmósfera. (Weinberg, 2010).

Una vez liberado a la atmósfera, el mercurio tiene un tiempo de residencia que varía en función de la forma en la que se encuentre. Así, el Hg(0) tiene un tiempo de residencia medio de alrededor de un año, mientras que el mercurio oxidado (Hg(II)) tiene tiempos de residencia que oscilan entre horas y meses, ya que puede ser depositado con relativa facilidad tanto por vía húmeda como por vía seca (Gaona, 2004).

El mercurio adsorbido en partículas y compuestos de mercurio iónico (divalente) cae sobre todo en el suelo y el agua que están cercanos a las fuentes (distancias locales a regionales), mientras que el vapor de mercurio elemental se transporta a escala hemisférica/mundial, lo que hace de las emisiones de mercurio una preocupación de alcance mundial (greenfacts, 2015).

La contaminación con mercurio industrial se convierte en una amenaza grave cuando se libera hacia el aire, principalmente por plantas químicas, fábricas y otras industrias. Este mercurio después se asienta en océanos y masas de agua, donde se acumula en el pescado que comemos (NRDC, 2015).

Las concentraciones de mercurio en el agua se incrementarán debido a la movilización del mercurio al suelo. Las bacterias naturalmente presentes lo absorben y lo convierten en metilmercurio. De ahí, el mercurio empieza a viajar a través de la cadena alimenticia cuando los peces grandes se comen a los peces pequeños contaminados. En lugar de disolverse o desintegrarse, el mercurio se acumula a niveles siempre ascendentes (NRDC, 2015).

El mercurio inorgánico también puede ser absorbido pero por lo general en menores cantidades y con menor eficiencia que el metilmercurio. La biomagnificación del mercurio es lo que más incide en los efectos para animales y seres humanos. Al parecer, los peces adhieren con fuerza el metilmercurio; casi el 100% del mercurio que se bioacumula en peces depredadores es metilmercurio. (greenfacts, 2015).

Las principales fuentes de contaminantes mercuriales han sido la actividad minera, residuos industriales de plantas cloro-alkali o de fabricación de vinilo y fungicidas, pinturas antifúngicas, fotografía, pirotecnia, baterías secas y pilas, industrias papeleras y laboratorios médico-veterinarios y dentales (Ferrer, 2003).

Efectos sobre el ser humano

Todas las personas están expuestas a cierto nivel de mercurio. En la mayoría de los casos se trata de niveles bajos, debidos casi siempre a una exposición crónica (por contacto prolongado, ya sea intermitente o continuo). Pero a veces la gente se ve expuesta a niveles elevados de mercurio, como ocurre en caso de exposición aguda (concentrada en un breve lapso de tiempo, a menudo menos de un día) debida por ejemplo a un accidente industrial (OMS, 2013).

Aunque el mercurio y sus compuestos son sustancias tóxicas, se debate sobre el grado exacto de toxicidad que presentan. Los efectos tóxicos, especialmente en el caso del metilmercurio, pueden darse con concentraciones más pequeñas de lo que se había pensado en un principio. Sin embargo, este hecho está resultando difícil de probar debido a que los efectos tóxicos sospechosos son sutiles y sus mecanismos complejos. El metilmercurio es un caso particularmente importante porque puede acumularse en la cadena alimentaria y alcanzar así altas concentraciones (greenfacts, 2015).

El mercurio elemental y el metilmercurio son tóxicos para el sistema nervioso central y el periférico. La inhalación de vapor de mercurio puede ser perjudicial para los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo y los pulmones y riñones, con consecuencias a veces fatales. Las sales de mercurio inorgánicas son corrosivas para la piel, los ojos y el tracto intestinal y, al ser ingeridas, pueden resultar tóxicas para los riñones (OMS, 2013).

Absorción

Vía respiratoria

La absorción por vía respiratoria es la principal vía de entrada del mercurio elemental en el organismo; los vapores inhalados son absorbidos casi en su totalidad en el alveolo. Debido a la facilidad del mercurio para atravesar membranas, alcanza el sistema nervioso central con facilidad. Por vía respiratoria, también puede absorberse algunos derivados alquílicos del mercurio (Bataller, 2004).

Generalmente los gases y vapores se depositan en el tracto respiratorio de acuerdo con su solubilidad en agua. Los gases altamente solubles en agua se disuelven en la mucosa de la membrana o en el fluido del tracto respiratorio superior, mientras que los gases y vapores menos solubles en agua, penetran más profundamente en el árbol bronquial alcanzando el alvéolo (Español, 2001).

La inhalación aguda de vapores de mercurio desencadena tos, disnea, dolor torácico, hipersecreción bronquial, neumonitis, vómitos, diarrea, anorexia, astenia, escalofríos, artralgias y daño renal (Mencías, 2003).

Vía Digestiva

El mercurio se absorbe muy poco en el tracto gastrointestinal, probablemente en cantidades inferiores al 0.01%. La razón puede apoyarse en los siguientes factores:

- Al contrario de lo que sucede en los pulmones, el mercurio ingerido no está en estado monoatómico.
- El mercurio metal ingerido no presenta toxicidad importante debido a su incapacidad para reaccionar con moléculas biológicamente importantes.

- Su absorción se ve limitada por formar en intestino grandes moléculas que dificultan la absorción.
- Cuando se ingiere mercurio elemental, el proceso de oxidación en el tracto intestinal es demasiado lento para completarse antes de que el mercurio se elimine con las heces.

La absorción por esta vía de los compuestos inorgánicos de mercurio (insolubles) es del 7% con valores comprendidos entre el 2% y el 15% dependiendo de la solubilidad del compuesto ingerido (Español, 2001).

Vía cutánea

La vía cutánea es por contacto. Se ha descrito casos de intoxicación por aplicación tópica de compuestos que contenían metilmercurio. Sin embargo, no está demostrado que esta vía tenga un papel importante en la exposición ocupacional, comparada con las otras. Es más, es posible que en el caso de aplicación de pomadas, el tóxico penetre en el organismo por inhalación, a partir del ungüento puesto en la piel, más que atravesándola directamente (Ramírez, 2008).

Distribución

En relación al transporte y distribución, absorbido el mercurio es transportado por la sangre a razón de glóbulo rojo/plasma entre 1,5 a 3. Para sus sales inorgánicas, esta relación es menor: 0,4. En general, el 90% de los compuestos orgánicos se transporta en las células rojas, mientras que 50% del mercurio inorgánico es transportado unido a la albúmina. Como norma, a partir de la sangre su distribución en el organismo tiende a alcanzar un estado de equilibrio dinámico determinado por dosis, duración de la exposición, grado de oxidación, concentración de sus compuestos en la sangre (Ramírez, 2008).

Excreción

El Mercurio elemental es excretado lentamente del cuerpo. Tiene una vida media de eliminación de 40-60 días. La mayoría del mercurio elemental es excretado en el aire exhalado y en cantidades pequeñas en las heces y la orina. Muy pocas cantidades se eliminan por el sudor y saliva. Luego de la ingestión, el Mercurio elemental es absorbido pobremente y la mayoría es excretada en las heces (CCSSO, 2006).

Manifestaciones clínicas

No existe un nivel conocido de exposición que sea seguro, más aún, se sabe que el ser humano no debiera tener mercurio en su organismo ya que éste no tiene funciones fisiológicas demostradas. Es altamente tóxico debido a su gran afinidad por grupos sulfhidrilos presentes en proteínas con actividad enzimática, con funciones de transporte y estructurales que se expresan en diferentes tejidos (Valderas, 2013).

Intoxicación aguda

Intoxicación crónica

Las manifestaciones predominantes de la intoxicación subaguda o crónica por mercurio inorgánico, incluyen síntomas gastrointestinales, alteraciones neurológicas, disfunción renal y alteraciones cutáneas (MINSAL, 2014). El MINSAL (2014) describe los principales efectos de la intoxicación crónica con mercurio de la siguiente manera:

Gastrointestinales: Los síntomas gastrointestinales consisten en sabor metálico, sensación de ardor en la boca, gingivoestomatitis, sialorrea, náuseas, aparición de un ribete pardo azulado en la encía llamado ribete de Gilbert y sensación de dientes largos que se vuelven movedizos y pueden caer.

Neurológico: Las manifestaciones neurológicas de mercurialismo inorgánico crónico se describen por temblor y los síndromes concomitantes neurastenia y eretismo. La neurastenia es un conjunto de síntomas que incluye fatiga, depresión, cefalea, debilidad, y disminución de la concentración. El eretismo, es la fácil ruborización e intensa timidez de la persona.

Renal: La intoxicación crónica con iones de mercurio se asocia con insuficiencia renal.

Piel: La acrodinia o “enfermedad rosada” es una reacción de hipersensibilidad idiosincrática, que ha sido descrita principalmente en niños expuestos a mercurio inorgánico.

3.3 Cadmio

El cadmio (Cd, número atómico 48, masa atómica 111,40) se obtiene como subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. Además de contaminar el ambiente desde su fundición y refinación, contamina también por sus múltiples aplicaciones industriales (Ramírez, 2002).

Se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.1 mg/kg., en las rocas sedimentarias las concentraciones son más elevadas; las condiciones ambientales como la erosión causan el transporte de grandes cantidades de cadmio a los océanos cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 µg/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las áreas de alta actividad humana pueden contener cadmio en concentraciones muy elevadas, lo cual está asociado con la descarga de desechos biológicos (PNUMA, 2010).

En su forma elemental, el cadmio es un metal blando de color blanco plateado. Por lo general no se encuentra en el medio ambiente como metal puro, sino

asociado a minerales de zinc, plomo y cobre. Refinado se utiliza asimismo en estabilizadores y pigmentos para plásticos, cerámicas y esmaltes, recubrimientos sobre hierro y acero, y como elemento en determinadas aleaciones de plomo, cobre y estaño. Desde 1990 su consumo para pigmentos, estabilizadores, aleaciones y otras aplicaciones ha disminuido considerablemente (greenfacts, 2015).

Efectos sobre el ambiente

En lo ambiental, el cadmio es un elemento relativamente raro en la litosfera. Por afinidad química, se le encuentra junto al zinc, en proporción muy variable. Las principales fuentes de contaminación son: la minero metalurgia de metales no ferrosos, la metalurgia del hierro y acero, la fabricación de fertilizantes fosfatados, la incineración de residuos de madera, carbón o “plásticos”, la combustión de aceite y gasolina y las aplicaciones industriales de cadmio. La concentración de cadmio en aire de áreas industriales varía de 9,1 a 26,7 mg/m³ frente a 0,1 a 6 ng/m³ en el aire de áreas rurales (Ramírez, 2002).

Las actividades industriales son consideradas como una gran fuente de emisión a la atmósfera y de contaminación para mantos acuíferos y suelos. Los ríos contaminados con Cd pueden irrigar tierras de cultivos, además de que el Cd es capaz de combinarse con otros elementos y formar compuestos tales como cloruros, óxidos, sulfuros y de esta manera unirse fuertemente a las partículas del suelo (Martínez et al., 2013).

El cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Cuando el cadmio está presente en el suelo este puede ser extremadamente peligroso, y la toma a través de la comida puede incrementar. Los suelos que son ácidos

aumentan la toma de cadmio por las plantas. Esto es un daño potencial para los animales que dependen de las plantas para sobrevivir. El cadmio puede acumularse en sus cuerpos, especialmente cuando estos comen muchas plantas diferentes. Las vacas pueden tener grandes cantidades de cadmio en sus riñones debido a esto (lenntech, 2015).

El cadmio entra en la alimentación humana con los vegetales y productos animales. Se fija a las plantas más rápidamente que el plomo. Los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas. El pescado, los crustáceos, el riñón e hígado de animales acumulan cadmio en grado relativamente elevado (Ramírez, 2002).

Efectos sobre la salud

La toma por los humanos de cadmio tiene lugar mayormente a través de la comida. Los alimentos que son ricos en cadmio pueden en gran medida incrementar la concentración de cadmio en los humanos. Ejemplos son patés, champiñones, mariscos, mejillones, cacao y algas secas. Una exposición a niveles significativamente altas ocurren cuando la gente fuma. El humo del tabaco transporta el cadmio a los pulmones y la sangre transporta el cadmio al resto del cuerpo (Lenntech, 2015).

Los efectos de la toxicidad por Cd dependen del tipo de exposición, ya sea a través de la inhalación de aire contaminado, particularmente cerca de fundidoras y las incineradoras o del humo del cigarro, consumo de alimentos y agua contaminados. Además la deficiencia de metales esenciales como el hierro (Fe), Cu, Zn y calcio (Ca) en el cuerpo humano facilita la absorción de Cd, por lo tanto sus órganos blanco son el riñón (especialmente la corteza renal), hígado, pulmón, huesos y placenta (Martínez et al., 2013).

Adsorción

El cadmio puede absorberse por vía digestiva, pulmonar y cutánea, pero siempre en una pequeña cantidad: el 20 % es ingerido y el 1.8 % de lo aplicado es por vía cutánea. La concentración media en la sangre es de unos 0.5 µg/100ml, en personas sanas acumulándose es una escasa proporción en el hueso y mayor porcentaje en el hígado y el riñón (Capó, 2002).

La absorción de cadmio en el ámbito intestinal se produce en dos etapas: en la primera, las células de la mucosa internalizan el cadmio presente en el lumen intestinal; y en la segunda etapa, una parte del cadmio atraviesa la membrana lateral de los enterocitos para pasar a la circulación sanguínea. Cuando la dosis oral de cadmio es elevada, el metal libre atraviesa la mucosa para pasar a la circulación sanguínea, almacenándose en el hígado y los riñones (Azcona, 2012).

Distribución

Una vez absorbido, el metal se reparte en muchos órganos y tejidos blancos en forma libre o enlazada; entre dichos órganos, los principalmente afectados son el hígado y el riñón que juntos pueden contener más del 75% del cadmio total. Otros órganos depósito, son los pulmones, la hipófisis, el páncreas, la glándula tiroides, los músculos, los testículos, las glándulas salivales y el tejido óseo (Mededdu, 2005).

Excreción

Las principales vías de excreción son orina y heces. Por orina, diariamente se elimina 0,007% del contenido corporal y por heces 0,03%. La vida media de excreción urinaria es de hasta 40 años. Una pequeña fracción del cadmio del compartimento sanguíneo y otra del hígado, se elimina por heces (Ramírez, 2002).

Intoxicación Aguda

Los efectos agudos por la exposición en alto grado o accidental a humos de cadmio se deben a que funciona como irritante de las mucosas y produce un síndrome de dificultad respiratoria aguda. La inhalación también puede provocar anemia, albuminuria, hepatitis y anuria, que provocan la muerte por hepatonecrosis. (Pérez y Azcona, 2012).

Puede causar “fiebre por humos metálicos”, esta enfermedad es similar a la influenza con síntomas de sabor metálico, dolor de cabeza, fiebre, escalofríos, dolores, opresión en el pecho y tos. Los síntomas tardan varias horas en aparecer después de la exposición y normalmente duran uno o dos días (Pérez y Azcona, 2012).

Intoxicación Crónica

El cuadro clínico de la intoxicación crónica por cadmio es de toxicidad renal irreversible. La lesión del túbulo proximal produce elevadas concentraciones urinarias de proteínas de bajo peso molecular, aminoácidos, glucosa, fosfato y calcio. El proceso renal puede provocar déficit de calcio, osteoporosis, osteomalacia y fracturas óseas. Otras manifestaciones clínicas son infertilidad masculina enlentecimiento de la función motora-visual y neuropatías periféricas (Cecil y Goldman, 2010)

3.4 Retardantes de llama bromados (BRF)

Los compuestos ignífugos o bromados o “retardantes de llama bromados (Brominated Flame Retardants, BFRs) pueden definirse como un grupo muy diverso de compuestos orgánicos, en los que uno o más átomos de hidrógeno son reemplazados por bromo. Conteniendo entre un 50 y 95 % en bromo y pueden clasificarse estructuralmente en compuestos aromáticos, alifáticos y cicloalifáticos (Polo, 2007).

Suelen utilizarse en plásticos, textiles y material eléctrico y electrónico. Se pueden distinguir de acuerdo por sus usos principales en 5 clases de BFR (ACSA, 2014):

- Éteres difenólicos polibromados (PBDE): utilizados en plásticos, textiles, circuitos electrónicos.
- Hexabromociclododecanos (HBCDD): utilizados como aislamiento térmico en la industria de la construcción.
- Tetrabromobisfenol A (TBBPA) y otros fenoles: utilizados en tarjetas de circuitos impresos, termoplásticos (principalmente en televisores).
- Bifenilos polibromados (BPB): utilizados en aparatos de consumo, textiles, espumas plásticas.
- Otros retardantes de llama bromados.

En general, los BFRs se pueden dividir en compuestos “aditivos” y “reactivos”. Por un lado, los BFRs aditivos (como PBDEs, PBBs, HBCDD) son simplemente mezclados con el polímero o son incorporados en los productos y por tanto, se van escapando gradualmente del mismo; así, estos compuestos pueden pasar al medioambiente y se pueden bioacumular en la sangre, en la leche materna y en tejidos grasos de los animales y del hombre, y se sabe que pueden afectar al desarrollo del sistema nervioso y causar desajustes hormonales (Aecosan, BRF (Retardantes de llama bromados), 2012).

Daños que causan lo BFRs al ambiente

Durante la vida útil del plástico con el que se fabrican computadoras, televisores y otros electrodomésticos, estos compuestos se van liberando al ambiente, sobre todo durante los procesos de combustión, es decir cuando entran en contacto con una fuente de calor. A medida que el material combustiona, estos compuestos estabilizan a los radicales libres que se generan durante el proceso de combustión y hacen que el fuego no se propague (UNCUYO, 2014).

Los PBDE se liberan al ambiente por combustión, se transportan a través del aire y se van depositando en los distintos sistemas: acuático, donde tienden a acumularse en el sedimento e ingresan a la cadena trófica (alimentaria) a través de los organismos que viven allí. Eso a su vez se va biomagnificando a través de toda la cadena trófica hasta llegar al ser humano (UNCUYO, 2014).

Los PBDEs entran al aire, al agua y al suelo durante su manufactura y uso en productos de consumo. En el aire, los PBDEs pueden encontrarse como partículas que eventualmente se depositan en el suelo o el agua, los PBDEs no se disuelven fácilmente en agua, pero se adhieren a partículas y se depositan en el fondo de ríos o lagos. Algunos PBDEs pueden acumularse en peces, aunque generalmente en bajas concentraciones. (ASTDR, 2004).

El HBCDD es muy tóxico para los organismos acuáticos y, según los exámenes de laboratorio con mamíferos, afecta el funcionamiento del sistema tiroideo y del hígado. También existen indicaciones de sus efectos sobre la fertilidad y la neurotoxicidad del desarrollo en mamíferos. El HBCDD también se transfiere de madre a hijo durante la gestación, a través de la sangre, y después del parto, a través de la lactancia (CNR COP, 2004).

Los datos de vigilancia sobre regiones remotas presentan evidencia de que el HBCDD se transporta a larga distancia en el medio ambiente. Se ha detectado HBCDD en el medio ambiente abiótico, muestras de biota (grandes mamíferos, marsopa y focas) y/o personas de las regiones del Ártico, Europa, Asia y América del Norte y del Sur. Además, el HBCD se degrada lentamente en el medio acuático y en el suelo. Su potencial de bioacumulación es enorme y, también existe evidencia de su biomagnificación (CNR COP, 2004).

El TBBPA tiene una vida media de menos de un día en peces y de menos de 5 días en las almejas, en el proceso de depuración el TBBPA y sus metabolitos se pueden eliminar entre tres y siete días. Según algunos estudios de biodegradación se degrada parcialmente bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas en suelo, sedimentos y agua. Según el tipo de suelo, humedad y composición entre el 40-90% del TBBPA permaneció en el suelo después de 56-64 días (Fernández et al., 2002).

Los PBBs contaminan el aire, el agua y el suelo durante su manufactura y uso, también entran al ambiente cuando los alimentos para animales se mezclan accidentalmente con PBBs y al incinerar plásticos que contienen PBBs. Irónicamente, su estabilidad química que ha contribuido a su uso industrial extenso y su tendencia a permanecer y acumularse en organismos vivos, son los aspectos que causan mayor preocupación (AsIAP, 2015).

Efectos de los BFRs en la salud

No hay información definitiva acerca de los efectos de los PBDEs sobre la salud de seres humanos. Las ratas y ratones que comieron alimentos con cantidades moderadas de PBDEs durante unos días sufrieron alteraciones de la glándula tiroides. Aquellos que comieron cantidades más pequeñas durante semanas o meses sufrieron alteraciones de la tiroides y el hígado (ASTDR, 2004).

La principal vía de exposición es la alimentaria, principalmente a través del pescado, el marisco y productos con alto contenido en grasa. Existen todavía muy pocos datos toxicológicos sobre los PBDE en humanos, pero es sabido que sus órganos diana son el hígado, el riñón y la glándula tiroidea (gencat, 2011).

El tetrabromobisfenol A (TBBPA) se utiliza principalmente como retardante de llama y sus derivados como intermediarios en la fabricación de polímeros. Estudios toxicológicos llevados a cabo utilizando diferentes diseños experimentales muestran que la principal diana de este contaminante son las hormonas tiroideas, sin embargo, el TBBPA no es genotóxico y no hay indicios de que sea cancerígeno. (aecosan, 2011)

Los estudios en animales expuestos a grandes cantidades de PBBs por un período breve o a cantidades menores por períodos más largos demuestran que los PBBs pueden causar pérdida de peso, trastornos de la piel, efectos en los sistemas nervioso e inmunitario y efectos en el hígado, los riñones y la glándula tiroidea (ASTDR, 2002).

3.5 Policloruro de Vinilo (PVC)

El Policloruro de Vinilo (PVC) fue descubierto experimentalmente por el francés Regnault en 1838, pero no adquirió carta de naturaleza hasta 1912 con los trabajos del alemán Klatte. Sin embargo su fabricación no comenzó hasta 1931 en la IG Farbenindustrie alemana, gracias a los trabajos de Hubert y schönburg (Miravete et al., 2003).

El PVC (policloruro de vinilo) está compuesto por cloro (derivado de la sal común) en un 57 % y etileno (derivado del petróleo) en un 43%. Este compuesto se denomina dicloro etano, que a altas temperaturas se convierte en gas cloruro de vinilo (CVM) (Hess, 2004).

Por medio de una reacción química conocida como polimerización, el CVM se convierte en un polvo blanco, fino y químicamente inerte: la resina de PVC. Entre todos los plásticos, su densidad es la mayor: $1,330\text{g/cm}^3$. Su poder calórico es reducido y es muy resistente al ataque de ácidos y bases, pero es inestable al calor y las radiaciones ultravioletas, por lo que necesita aditivos (Hess, 2004).

El policloruro de vinilo (PVC) al llevar cloro en su composición, al igual que el DDT o los CFCs, durante su producción, su uso y cuando se quema forma sustancias organocloradas, extremadamente tóxicas para el medio ambiente y para la salud de las personas por lo tanto es un veneno medioambiental (ecocosas, 2011).

Daños a la salud y al ambiente

El PVC es un material que presenta tres riesgos fundamentales (Valtueña, 2002):

- Posibilidad de que contenga aditivos tóxicos, como el ftalato de diisomilo, utilizado en la fabricación de juguetes porque les confiere elasticidad. Según una directiva de la Unión Europea, este ftalato es una sustancia que resulta nociva tanto por inhalación como por contacto o ingestión.
- Posibilidad de que pase a los líquidos contenidos en recipientes de PVC. Por eso en muchos países, los envases de este material están limitados a las bebidas refrescantes sin gas o a las aguas minerales en las que la migración del PVC a partir del envase sea inferior a los límites establecidos por la ley.
- Formación de dioxina, sustancia de neta capacidad cancerígena en el proceso de destrucción por incineración del PVC presente en la basura.

Los ftalatos son los plastificantes del PVC y componentes de una amplia gama de productos de uso cotidiano. Sin embargo al no estar ligados a la matriz plástica los ftalatos pueden abandonar el material y provocar daños a la salud y al medio ambiente. La exposición humana a las ftalatos es universal, la mayor exposición proviene de alimentos, cosméticos y productos de uso personal así como de algunas ocupaciones y procedimientos químicos invasivos (semarnat, 2012).

Capítulo 4

Legislación de los RAEE

4.1 Legislación RAEE en el continente Europeo

En 1987 el gobierno de Suecia creó la Agencia Sueca de Protección Ambiental para así tratar el tema de los residuos. En ese contexto, se trabajó en varios estudios junto con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos, que concluyeron en la necesidad de promover políticas de prevención en materia de residuos. Estas iniciativas legislativas vinieron acompañadas de un gran auge en la literatura e investigación sobre la problemática de gestión de los RAEE (Permanyer, 2013).

Inicialmente la temática central fue el crecimiento en popularidad y uso de todo tipo de AEE, lo que conlleva un auge en los residuos generados de este tipo. Los sistemas vigentes de tratamiento no estaban preparados para lidiar con estos residuos correctamente. Por ello la preocupación de la comunidad se centró en resaltar la necesidad de buscar opciones, alternativas y regulaciones que redujesen el impacto de estos tanto en el medio como en la salud humana (Permanyer, 2013).

Dadas las especiales características de los AEE, en cuanto a su volumen, variedad de los materiales que los componen, peligrosidad de algunos componentes, junto con el incremento en su consumo, tanto a nivel domiciliario como profesional, ha llevado a la necesidad de dictar normas específicas que garanticen una adecuada gestión de los AEE una vez se conviertan en residuos (Generalitat Valenciana, 2010).

La primera regulación que se aprobó en la Unión Europea para el flujo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos fue la Directiva 2002/96/CE del Parlamento

Europeo y el Consejo sobre RAEE de 27 de enero de 2003. Esta norma sentaba las bases de un modelo de gestión que por primera vez planteaba la necesidad de diseñar aparatos más eficientes y menos contaminantes, que fueren más fáciles de tratar cuando se convirtieran en residuos, y que aplicaba el principio de la responsabilidad ampliada del productor de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), como sujeto responsable de los costos que derivan de la gestión de los residuos procedentes de estos aparatos (BOE, 2015).

El ámbito de aplicación de la 2002/96/CE son (EUR-Lex, 2010):

- grandes y pequeños electrodomésticos
- equipos informáticos y de telecomunicaciones
- aparatos electrónicos de consumo
- aparatos de alumbrado
- herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
- juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre
- materiales médicos (con excepción de los productos implantados e infectados)
- instrumentos de mando y control
- máquinas expendedoras

La Directiva 2002/96/CE, fue sustituida por la Directiva 2012/19/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, que incorpora importantes mejoras en la gestión de RAEE en Europa (magrama, 2014).

La nueva Directiva de 2012 incorpora los principios más actualizados de la legislación comunitaria en la materia, la Directiva 2008/98/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas directivas (la denominada “Directiva marco de

residuos”) que recoge los planteamientos de uso eficiente de los recursos, de prevención y avance hacia la disociación del crecimiento económico y el incremento en la generación de residuos, así como el principio de jerarquía de gestión de residuos (magrama, 2014).

La nueva Directiva 2012/19/UE, de RAEE, tiene como objetivos contribuir a la producción y consumo sostenibles mediante, de forma prioritaria, la prevención de la generación de RAEE y el fomento de técnicas de tratamiento como la preparación para la reutilización. Se debe tener en cuenta que las dos opciones prioritarias de la jerarquía de residuos son la prevención y la preparación para la reutilización, por lo que resulta especialmente importante avanzar en un tipo de diseño y producción de AEE que tenga plenamente en cuenta y facilite la reparación de estos (BOE, 2015).

La política medioambiental de la Unión tiene como objetivos, en particular, la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente, la protección de la salud de las personas y la utilización prudente y racional de los recursos naturales. Esta política se basa en el principio de cautela, en el principio de acción preventiva, en el principio de corrección de daños al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de que quien contamina paga (Diario oficial de la Unión Europea, 2012).

4.2 Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea es un tratado ambiental internacional que regula estrictamente el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y asigna obligaciones a las partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición.

El Convenio de Basilea fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992 como respuesta de la comunidad internacional a los problemas causados por la producción mundial anual de 400 millones de toneladas de

desechos peligrosos para el hombre o para el ambiente debido a su características tóxicas, venenosas, explosivas, corrosivas, inflamables o infecciosas (RAEE.ORG, 2014).

Los Anexos del Convenio se refieren de manera específica a desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones metálicas de cadmio, plomo, mercurio, entre otros; montajes eléctricos y electrónicos (incluidos los circuitos impresos) de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados; cables de metal de desecho, recubiertos o aislados con plástico que contienen alquitrán de carbón, PCB11, plomo, cadmio, otros (ine, 2011).

4.3 Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo es un tratado internacional que tiene como finalidad proteger la salud humana y al ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes, fijando para ello medidas que permitan eliminar, y reducir las emisiones y las descargas de estos contaminantes (CNR COP, 2015).

En mayo de 2001, en Estocolmo, Suecia, un total de 127 países adoptaron un tratado de las Naciones Unidas para prohibir o minimizar el uso de doce de las sustancias más tóxicas, consideradas causantes de cáncer y de efectos congénitos a personas y animales. Las sustancias orgánicas persistentes (COP) objeto de este convenio incluyen nueve plaguicidas, entre ellos el DDT y el hexaclorobenceno, las dioxinas y los furanos (Bremauntz et al., 2004).

El Convenio de Estocolmo tiene por objeto proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los COP, así como promover las mejores prácticas y tecnologías disponibles para reemplazar a los COP que se utilizan actualmente, y prevenir el desarrollo de nuevos COP a través del fortalecimiento de las legislaciones

nacionales y la instrumentación de planes nacionales de implementación para cumplir estos compromisos (semarnat, 2013).

4.4 Responsabilidad extendida del productor (REP)

Las legislaciones de los diferentes países están construidas sobre dos modelos básicos. El primero de ellos es el "Producer Take-Back" o ERP (Extended Producer Responsibility o en español REP Responsabilidad Extendida del Productor), el cual es sostenido financieramente por los fabricantes, quienes son responsables de los aparatos eléctricos y electrónicos una vez que su vida útil ha terminado (Rezagos, 2015).

La REP se trata de un principio para promover mejoras ambientales para ciclos de vida completos de los sistemas de los productos ya que su objetivo es extender las responsabilidades de los fabricantes del producto a varias fases del ciclo total de su vida útil, y especialmente a su recuperación, reciclaje y disposición final (Greenpeace, 2010).

Existen dos grupos de objetivos REP. El primero es diseñar mejoras en los productos y en los sistemas de los productos. En otras palabras, un programa REP efectivo sistemáticamente debe ofrecer incentivos a los fabricantes de determinados productos para que inviertan en eco-diseños. En igualdad de condiciones, cuanto más se acerque un programa REP a la responsabilidad individual de productor (RIP) —que indica que un productor individual es responsable del desempeño ambiental de sus productos y de los sistemas de los mismos— más efectivo será (Lindhqvist et al. 2008).

El segundo es la alta utilización de productos y materiales de calidad a través de la recolección, tratamiento y reutilización o reciclaje de manera ecológica y socialmente conveniente. La gestión de fin de vida útil ha sido el eslabón más débil en la cadena de responsabilidades de la producción y es un paso importante

que la responsabilidad del productor se extienda en programas REP existentes (Lindhqvist et al. 2008).

4.5 Tasa Anticipada de reciclaje (ARP)

El otro modelo está basado en ARF (Advanced Recycling Fees, TAR: Tasa Anticipada de Reciclaje en español), en el cual los consumidores y los contribuyentes son responsables de los RAEE y deben pagar un impuesto que cubre el reciclaje de los aparatos (Rezagos, 2015). Generalmente el dinero que es pagado en los puntos de venta es transferido a un fondo que financia los diferentes procesos del tratamiento posconsumo como la logística, el reciclaje, la disposición final etc. (RAEE. ORG, 2015).

Según los costos y los ingresos (venta de materiales reciclados) del tratamiento posconsumo la TAR puede ser ajustada. Por lo tanto para los productores e importadores de los aparatos eléctricos y electrónicos no resulta un costo adicional por el tratamiento adecuado de los RAEE y los gastos son cubiertos por los causantes, es decir los usuarios (RAEE. ORG, 2015).

Esta segunda opción es criticada porque no aporta soluciones para detener el flujo de desechos electrónicos alrededor del mundo. Los impuestos recaen sobre los consumidores o los contribuyentes, mientras los productores se liberan de cualquier responsabilidad, sin incentivos para desarrollar diseños más limpios (Rezagos, 2015).

4.6 Situación y Legislación en México de los RAEE

El Diagnostico Básico para la gestión de los Residuos, publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático en 2012, determina que en México entre 2009 y octubre de 2012, se generaron entre 21 mil 348 y 21 mil 937 toneladas de desechos de electrodomésticos, estableciendo que de ese volumen, la mayoría correspondió a aparatos de tamaño pequeño (cerca de 96 por ciento), mientras

que el restante 4 por ciento correspondió a aparatos de gran tamaño, dentro de los que encontramos a estufas, refrigeradores, lavadoras, aires acondicionados, entre otros (Gaceta Parlamentaria, 2014).

Los instrumentos que regulan a los residuos electrónicos en particular se sustentan primeramente en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y de ahí se derivan la Ley General para el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los correspondientes, así como las Normas Oficiales Mexicanas que se aplican en todo el país (INE, 2011).

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección del Medio Ambiente tiene como objetivo preservar y restaurar el equilibrio ecológico y procurar la protección en el ambiente en territorio nacional y en las zonas de soberanía y con jurisdicción. Esta ley entró en vigor el 1 de marzo de 1998, después de que los artículos 27 y 73 de la constitución mexicana fueran modificados, aunque su última modificación fue el 30 de mayo del 2000.

La LGEEPA tiene cuatro reglamentos:

- 1) En Materia de Impacto Ambiental
- 2) En Materia de Residuos Peligrosos
- 3) En Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
- 4) En Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica

Con excepción del recurso agua, la función de inspección y fiscalización del cumplimiento de la LGEEPA recae en la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). En el caso de las leyes ecológicas estatales, esta función está a cargo de las procuradurías estatales (FAO, 2015.).

En el plano nacional, la imperiosa necesidad de resolver los problemas ocasionados por los residuos ha sido la razón de la expedición de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) Vigente desde el 8

de abril de 2004. Esta Ley clasifica los residuos en tres estratos: peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos y en ella se definen o modifican 17 conceptos de residuos.(Calva et al., 2007).

Los residuos electrónicos están definidos por la LGPGIR como de manejo especial de acuerdo al artículo 19 sección VIII, descritos como: residuos tecnológicos provenientes de las industrias de la informática, de los fabricantes de productos electrónicos y de otros que al transcurrir su vida útil, por sus características, requieren de un manejo específico (ine, 2011).

Los residuos de manejo especial (RME) están definidos en el artículo 5 sección XXX como aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (ine, 2010).

NOM-161

La Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; El listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo (SEMARNAT, 2013).

Los objetivos de esta norma son:

- Establecer los criterios que deberán considerar las Entidades Federativas y sus Municipios para solicitar a la Secretaría la inclusión de otros Residuos de Manejo Especial, de conformidad con la fracción IX del artículo 19 de la Ley.

- Establecer los criterios para determinar los Residuos de Manejo Especial que estarán sujetos a plan de manejo y el listado de los mismos.
- Establecer los criterios que deberán considerar las entidades federativas y sus municipios para solicitar a la Secretaría la inclusión o exclusión del listado de Residuos de Manejo Especial sujetos a un plan de manejo.
- Establecer los elementos y procedimientos para la elaboración e implementación de los Planes de Manejo de Residuos de manejo especial.

En el anexo normativo "Listado normativo de manejo especial sujetos a presentar plan de manejo" de la SEMARNAT, la octava categoría, inciso a) se refiere a residuos electrónicos, a continuación se describe dicha categoría:

VIII. Los productos que al transcurrir su vida útil se desechan y que se listan a continuación:

- a) Residuos tecnológicos de las industrias de la informática y fabricantes de productos electrónicos:
 - Computadoras personales de escritorio y sus accesorios.
 - Computadoras portátiles y sus accesorios.
 - Teléfonos celulares.
 - Monitores con tubos de rayos catódicos (incluyendo televisores).
 - Pantallas de cristal líquido y plasma (incluyendo televisores).
 - Reproductores de audio y video portátiles.
 - Cables para equipos electrónicos.
 - Impresoras, fotocopadoras y multifuncionales.

En el marco de la NOM-161-SEMARNAT-2011, los productores de ciertos aparatos eléctricos y electrónicos que se convierten en residuos de manejo especial, están obligados a diseñar, implementar y administrar un Plan de Manejo de RAEE, el cual puede ser individual o colectivo, privado o mixto, y local, regional o nacional (RLGA, 2015).

Al amparo del artículo 4o. constitucional, el derecho a un ambiente sano para el desarrollo y bienestar constituye una garantía individual cuyo cumplimiento en gran medida recae en responsabilidad del Estado mexicano, por lo cual, la gestión integral de los residuos electrónicos representa un rubro fundamental en la política ambiental nacional, esta gestión integral debe ir enfocada a los 3 principios de la política en materia de residuos reducir, reutilizar y reciclar, así el desarrollo de planes de manejo de estos residuos que fomenten el mercado del reciclaje representa un importante nicho de oportunidad en México (Gaceta Parlamentaria, 2014).

México ha suscrito diversos instrumentos internacionales vinculantes en la materia. El Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, firmado por México el 22 de marzo de 1989 y ratificado el 22 de febrero de 1991, tiene por objeto proteger la salud humana y el medio ambiente contra los posibles efectos nocivos de la generación, el movimiento transfronterizo y el manejo de desechos peligroso (SEMARNAT, 2015).

4.7 Legislación en América Latina

Los países desarrollados han llevado a cabo una serie de acciones, que tienen como objetivo proteger el medio ambiente y recuperar los materiales de valor de los RE. Latinoamérica recién está asumiendo estas responsabilidades y desde hace unos pocos años surgen iniciativas, donde participan sectores públicos y

privados, con la intención de desarrollar estrategias para el tratamiento de estos aparatos al final de su vida útil (UNESCO, 2010).

A continuación se muestra una tabla con algunos países de América

Tabla 4.1 Países latinoamericanos que cuentan con normas para gestión de RAEE

País	Tiene ley para gestión de RAEE	No tiene ley para gestión de RAEE
Argentina		X
Bolivia		X
Brasil	X	
Chile		X
Colombia	X	
Costa Rica	X	
Ecuador	X	
México		X
Perú	X	

En la tabla 4.1 podemos ver que diversos países de América Latina han comenzado a tomar cartas en el asunto de los RAEE creando leyes específicas para su tratamiento, estos países podrían ayudar en conjunto a países latinoamericanos que aún no cuentan con este tipo de leyes

Capítulo 5

Minería electrónica

5.1 Definición

Michio Nanjyo acuñó el término minería urbana para especificar sitios designados donde se desechan los productos fabricados, que pueden ser almacenados y los metales en estos productos pueden ser extraídos. Esta clasificación es más o menos el mismo que el ideado para el sistema de reciclaje de Japón bajo la ley para el establecimiento de una sociedad circular, cuyo objetivos son promover una baja carga ambiental y reducir el consumo de material (Hokkaido University, 2011).

El término 'Minería Urbana' debe entenderse en dos sentidos. En primer lugar, puede referirse a las antiguas minas adaptadas para nuevos propósitos; en segundo lugar, su amplió significado abarca que cada pieza desechada de un equipo, ya sea un celular, un ordenador o cualquier otro aparato puede ser visto como una mina en sí (Hokkaido University, 2011).

Teniendo en cuenta este doble significado de “minería urbana” se utilizará en adelante el término “minería electrónica” para referirse solo al proceso de recuperación de metales presentes en los RAEE, con la finalidad de ser más específicos y evitar confusiones

Básicamente, este concepto hace referencia al hecho de extraer las materias primas, especialmente minerales y metales, de los desechos y residuos, en vez de conseguirlos mediante la excavación en minas. Inicialmente, se desarrolló especialmente para reciclar los RAEE, (EOI. 2014).

Minería electrónica es el nombre que describe a la actividad de hurgar en los desechos electrónicos para recuperar minerales y otros componentes con el fin de ser reutilizados. Una actividad lucrativa y bastante productiva en aquellos países donde ya se ha instaurado como industria. Un ejemplo: extraída de una mina de oro, se obtienen en promedio unos 5 g de oro; de 1 tonelada de teléfonos celulares, en cambio, se obtiene la no despreciable cantidad de 150 g de 1 tonelada de tierra (plataforma urbana, 2009).

5.2 Aspectos generales de la minería electrónica

Se calcula que nada menos que 320 toneladas de oro y más de 7.500 toneladas de plata son usadas actualmente en el mundo cada año para fabricar PCs, teléfonos móviles, ordenadores tableta y otros dispositivos electrónicos y eléctricos, agregando cada año un aumento de 21.000 millones de dólares en el valor total de los metales esparcidos en la basura electrónica y que podrían ser recuperados a través de técnicas adecuadas en lo que ya se ha dado en llamar minería electrónica (confedi, 2012).

Un informe de firma de análisis Frost & Sullivan bajo el título ‘Oportunidades globales en el mercado de los servicios de reciclado de basura eléctrica y equipamiento electrónico’ destacó que la minería urbana generó en 2011 unos US\$1.420 millones y se estima que alcance los US\$1.860 millones en 2017, sobre todo cuando países en desarrollo se incorporen al negocio (BBC, 2012).

5.3 Nacimiento de la minería electrónica

5.3.1 Tierras raras

La denominación *tierras* proviene de la antigua denominación que antes se daba a los óxidos, mientras que el término de *raras* procede del siglo pasado y se refiere a las dificultades que existen en los procesos de separación entre ellas para ser usadas. Las tierras raras (o REE, en inglés, por *rare earth elements*) comprenden un grupo de elementos químicos de la serie de los lantánidos, integrado por las

tierras raras ligeras (lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio y samario) y las tierras raras pesadas (europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio) (Espí y Sanz, 2012).

Las reservas de tierras raras conocidas en la actualidad (varían según las fuentes consultadas) están distribuidas entre China (entre 23-36%), Rusia (19%), Estados Unidos (13%), Australia (5%), India (3%), Malasia (0,03%), Brasil (0,04%), Vietnam (0,03%) y otros países (One magazine, 2012).

Las tierras raras son indispensables para la elaboración de productos de Alta Tecnología. China es el país con mayor número de yacimientos de estos minerales y tiene la capacidad de influir significativamente en la producción, exportación y precios internacionales de mercancías que contienen una amplia variedad de tecnologías; es por esto que ha desarrollado una política comercial estratégica en torno a las tierras raras, lo que le ha valido una demanda comercial en la OMC por parte de Estados Unidos, Unión Europea y Japón (Martínez y del Valle, 2014).

En particular, la creciente demanda de tierras raras está vinculada al aumento de funcionalidad de los productos y las propiedades que son necesarios para fabricarlos. La electrónica constituye casi el 80% de la demanda mundial de indio, del 80% de rutenio y el 50% de antimonio (Greenpeace, 2011).

Por ello, la estrategia china de monopolizarlos tiene preocupados especialmente a Japón, Estados Unidos y la Unión Europea, los grandes consumidores. Desde 2010, cuando China hizo una exhibición de fuerza en un conflicto con Japón que marcaría el inicio de lo que los medios denominaron guerra de las Tierras Raras. Tras un conflicto pesquero entre China y Japón en las islas Daiyou, cuya soberanía ambos disputan, el primero decidió restringir las exportaciones de Tierras Raras a Japón (Environmental leader, 2011).

Una iniciativa pionera, viene desde la ciudad japonesa de Odate. Anteriormente una antigua ciudad minera, hoy sede de varias empresas de tecnología avanzada. El origen de este programa fue de un grupo de investigadores de las empresas de la zona interesados en el reciclaje de sus productos. A través de una inteligente maniobra, lograron sumar a toda la ciudad en su proyecto instalando contenedores a la entrada de supermercados y centros comunitarios, los cuales se llenaron de secadores, teléfonos y otros pequeños artefactos tecnológicos que pasaron a formar parte de una investigación sobre la basura electrónica y sus posibilidades de reciclaje (plataforma urbana, 2009).

De esta forma Japón pasa a ser también importadora de “e-waste” o chatarra electrónica, cambia su paradigma y aborda el problema desde la oportunidad productiva y el desarrollo sustentable. Esta industria nueva a partir de la minería electrónica por una parte viene a ser un círculo a través de la cual va disminuyendo la cantidad de contaminación y pérdida de los minerales extraídos, y por la otra va aumentando la producción limpia y la eco-eficiencia en el proceso de fabricación de aparatos tecnológicos (diario La Voz, 2012).

5.3.2 Minería electrónica para el problema de los RAEE

Asia genera la mayor cantidad de desechos electrónicos (16 millones de toneladas), seguido de las Américas (11,7 millones de toneladas), Europa (11,6 millones de toneladas), África (1,9 millones de toneladas), y Oceanía (0,6 millones de toneladas). A nivel de país, los EE.UU. (7,1 millones de toneladas) y China (6 millones de toneladas) fueron los mayores generadores de desechos electrónicos en 2014. Se espera que la cantidad total de residuos electrónicos generados aumente de 43,8 millones de toneladas a 49,8 millones de toneladas hasta el 2018 (Taneja, 2015).

Para la minería electrónica, no importa si el dispositivo está funcionando o se rompe, si es nuevo o viejo, lo que importa es el contenido de minerales, los metales de tierras raras y otros elementos como el cobre, hierro, manganeso, níquel, paladio, platino, estaño y zinc (environmental leader, 2011).

Después de que los dispositivos son procesados y los materiales separados, estos metales valiosos pueden venderse como materias primas de alta calidad utilizados para construir nuevos productos, que a su vez algún día podrían ser reciclados. Los fabricantes están comenzando a reconocer esto, y están haciendo compromisos de compra de materias primas para sus nuevos productos no extraídos de la tierra (environmental leader, 2011).

Paradójicamente, los desperdicios electrónicos contienen actualmente "depósitos" de metales preciosos de 40 a 50 veces más ricos que los yacimientos explotados en las minas. Así lo han determinado los expertos de 12 naciones que se reunieron recientemente en un congreso celebrado en Accra, Ghana, África, organizado por la Universidad de las Naciones Unidas y la Iniciativa de Sostenibilidad Electrónica Global (confedi, 2012).

El reciclado de los RAEE o minería electrónica tiene un doble impacto positivo: 1) Permite recuperar metales o materiales que son cada vez más escasos y cuya obtención, a través de la minería, genera un alto impacto ambiental y social. 2) Al mismo tiempo frena el impacto que estos residuos generan en el ambiente al degradarse en basurales o rellenos, contaminando las napas de agua, los suelos y el aire (Greenpeace, 2012).

La minería electrónica no sólo asiste a los materiales, sino que representa un enfoque más amplio que incluye la energía. El concepto de minería electrónica hasta la fecha no ha tenido en cuenta la cuestión de dónde se lleva a cabo el reciclaje. El transporte de desechos y materiales reciclables requiere energía, y también lo hace el reciclaje y procesamiento. Por lo tanto, las distancias y los

procesos con alta eficiencia energética del transporte cortos son obligatorios para la minería sostenible (Brunner, 2011).

Hay 320 toneladas de oro y 7.500 toneladas de plata en teléfonos celulares, computadoras y otros aparatos electrónicos en los otros aparatos electrónicos en el mundo de hoy. Si estos metales preciosos se recuperan antes que el dispositivo se desechado, que es más o menos \$ 21 mil millones en ingresos (Greenpeace, 2011).

En teoría, los metales se pueden reciclar casi indefinidamente, por lo que presentan una valiosa oportunidad para reducir la degradación del medio ambiente y el uso de energía y agua, además de contribuir a la transición hacia una economía verde baja en carbono que haga uso eficiente de los recursos (ambientum, 2013).

5.4 Minería electrónica vs minería tradicional

La minería ha sido una de las actividades más antiguas del hombre, pero con el transcurrir del tiempo se ha podido comprobar que la actividad minera causa un fuerte impacto ambiental, debido a la destrucción de los suelos naturales y creación de nuevos suelos, los cuales presentan fuertes limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan el desarrollo de la vegetación (empresa y economía, 2008).

La minería produce enormes volúmenes de desechos, por lo cual las decisiones referidas al método y el lugar de eliminación son prácticamente irreversibles. Las instalaciones diseñadas para guardar estos desechos figuran entre las estructuras más grandes construidas por la especie humana. Los impactos de largo plazo de las opciones de eliminación de desechos figuran entre los más importantes del ciclo de los minerales (proyecto MMSD, 2015).

El proceso global de minería electrónica consiste típicamente en tres operaciones principales: excavación del material, procesado del material excavado y gestión del material procesado. Para la excavación se utilizan equipos empleados en la minería común, como las retroexcavadoras y las excavadoras hidráulicas (Puig, 2011).

El material excavado puede ser procesado aplicando una separación de residuos y materiales peligrosos. Para los residuos extraídos que no puedan ser aprovechados con procesos posteriores de reciclaje se pueden contemplar otro tipo de tratamientos complementarios, tales como la incineración y la re-deposición en vertederos (Puig, 2011).

El proceso y los volúmenes que pueden ser reciclados dependen de la infraestructura disponible para transporte, recolección, recuperación y re-venta. Los principales factores que afectan a la infraestructura son las variantes en el flujo de residuos, la regulación gubernamental y factores económicos relacionados con los productos al final de su vida útil (INE, 2011).

5.4.1. Aspectos energéticos

El consumo energético en la industria minera de metales alcanza hasta un 10% del consumo de energía a nivel mundial. Este valor se reduce considerablemente cuando se extraen estos metales de fuentes secundarias mediante procesos de reciclaje. Se ha demostrado que los procesos de reciclaje permiten una reducción del consumo energético requerido en el proceso de fabricación del zinc, cobre, níquel y aluminio en un valor máximo del 75%, 85%, 90% y 95% respectivamente (RECICLAMETAL, 2011).

Adicionalmente existen fuentes secundarias de metales con un potencial energético intrínseco. Este es el caso de los residuos electrónicos que tienen un contenido aproximado del 76% de plástico en su estructura. Este plástico funciona

como un sustituto del combustible requerido para la refinación de los metales presentes en estos residuos (RECICLAMETAL, 2011).

La minería electrónica no requiere la destrucción de entornos naturales, el reciclaje requiere mucha menos energía que la minería tradicional. Re-fusión y fundición de un metal existente más fácil que tener que extraer el metal de un mineral. A pesar de que la separación de materiales unidos y mixtos plantea un desafío para el reciclaje, el requerimiento total de energía para el reciclaje de una tonelada de hierro es un 20% inferior a la de la minería y el procesamiento de la misma. Para el cobre el ahorro de energía es aprox. 60% y para el aluminio, incluso 90%. Expresado en emisiones de carbono ahorradas estos números se vean aún mejor (Business mining, 2012).

La recuperación de metales de los rae merece la pena ya que se trata de materias primas muy caras y difíciles de extraer por medio de la minería tradicional, por lo que se consiguen ahorros de energía importantes. Así para producir un lingote de oro a partir de rae se emplea menos del 5 % de la energía necesaria para producir un lingote del mismo material procedente de una mina (Lombardero, 2008).

5.4.2 Ventajas de la minería electrónica.

Si bien el reciclado de los materiales utilizados en la industria de los productos eléctricos y electrónicos no es suficiente, ya que el nivel y el ritmo de consumo no encuentran límites, es una medida necesaria para dar comienzo al manejo racional los recursos que hemos extraído del planeta (Greenpeace, 2011).

Despejar espacios ocupados por equipo obsoleto o en desuso. Los equipos electrónicos generalmente son grandes y al descartarlos se van acumulando rápidamente, estos empiezan a ocupar espacios o bodegas donde se vuelve un estorbo (RCE, 2015).

Reciclando y recuperando materias primas para la fabricación de nuevos productos, se ahorra en la extracción de recursos que no son renovables, disminuye el consumo de agua, se utiliza menos energía, se evitan emisiones de gases de efecto invernadero. (Gobierno de Aragón, 2015).

La recuperación de materiales y el reciclado de metales tienen beneficios significativos en comparación con la minería en términos de uso de la tierra, de consumo de energía, emisión de sustancias peligrosas, generación de residuos y emisiones de dióxido de carbono (CO₂), principal gas de efecto invernadero (Greenpeace, 2012).

El reciclado de dos millones de toneladas de RAEE ha evitado la emisión a la atmósfera de 21,7 millones de toneladas de CO₂ equivalente principalmente gracias a la eliminación de 3.000 toneladas de gases de efecto invernadero CFC, unos gases altamente contaminantes presentes en los frigoríficos más antiguos, pero también gracias a la recuperación de materias primas en el proceso del reciclado de estos residuos (European Recycling Platform, 2014).

La minería electrónica tiene sentido no sólo por la reducción del impacto ambiental, sino también porque permite economizar recursos escasos y la energía necesaria para la extracción de los mismos en las explotaciones mineras, a través de la recuperación de materiales como los diversos metales (minis, 2015):

Cuando las instalaciones de reciclaje se encuentran dentro de la ciudad: pueden producir suficientes cantidades de recursos secundarios. La utilización de la energía excedente de plantas de reciclaje de metales como el hierro, el aluminio y el cobre puede usarse para alimentar la ciudad (calefacción y refrigeración, electricidad), por lo cual parece una opción atractiva para la mejora de la sostenibilidad de las ciudades (Brunner, 2011).

El tratamiento seguro de los RAEE promueve la gestión racional de los productos químicos tóxicos, como el plomo y el mercurio. Crea puestos de trabajo para los

recicladores y restauradores. Crea nuevos mercados para los metales valiosos que son recuperados (Kansas Department of Health and Environment, 2015).

5.4.3. Desventajas de la minería electrónica

Ciertos procesos de recuperación usados principalmente en países en desarrollo o en transición, como someter los residuos a altas temperaturas sin ningún tipo de control o uso de tecnologías diseñadas para tal fin, pueden causar daños a la salud humana y contaminar el aire, agua y suelo. Por este motivo, el proceso de recuperación de los materiales contenidos en los RAEE incide sobre el grado de impacto para la salud humana y el medio ambiente (Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Social, 2010).

En el reciclaje informal por lo menos se hace una separación primaria de los aparatos eléctricos y electrónicos, pero conforman un alto peligro potencial para el medio ambiente y la salud humana debido a los procesos precarios que realizan para recuperar componentes. Este escenario es más observado en los países en vía de desarrollo, y se constituye como una problemática social en países como India y China, en el cual incluso niños viven entre los desechos, sin ningún tipo de precaución o de seguridad, expuestos a todos los tipos de procesos, emisión de gases, etc. al que son expuestos en este tipo de lugares (Salcedo, 2011).

La gestión inadecuada de los rae, tanto la incineración sin control de emisiones como el depósito en rellenos sanitarios junto con los residuos urbanos, hace que algunos de esos contaminantes puedan llegar al suelo, el aire o a las aguas subterráneas. Por lo tanto, estos materiales deben ser extraídos de los equipos electrónicos una vez se han desechado, y deben ser tratados de manera diferente a los demás tipos de desechos (Aguirre y Fitzgerald, 2007).

5.4 Procesos de tratamiento de RAEE de diversas empresas por medio de la minería electrónica

Proceso de reciclaje de un televisor analógico

La empresa Ecorecycling S.A. empresa Española, con una gran experiencia en la logística y tratamiento de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), utiliza el siguiente proceso para reciclar televisores analógicos (Interempresas.net, 2010).

1. Una vez apartados del resto de RAEEs, los monitores y televisores se colocan en la base de un tobogán provisto de una cinta transportadora que los dirige a las mesas de selección donde se separa la carcasa del monitor.
2. La carcasa de plástico se selecciona según su composición y calidad (de poliestireno o plástico negro, de alto impacto, conocido también como PS, plástico ABS, el de los monitores) y posteriormente, se tritura.
3. Existe una primera criba que da lugar a la primera separación granulométrica. La más fina pasa por un separador magnético que aparta la fracción férrica de la no férrica. La más granulosa circula por otro itinerario donde se halla otro separador magnético que realiza una función similar a la primera. En definitiva, cada fracción ha de quedar limpia, libre de impropios.
4. Finalmente, los operarios apartan manualmente todas las fracciones resultantes: transformadores, aluminio, cobre, cables, tarjetas de circuito impreso, madera, acero inoxidable, latón, condensadores y pilas. Todas ellas se harán llegar a gestores externos autorizados por la Agencia de Residuos de Cataluña.
5. El siguiente paso, se centra en el tubo de rayos catódicos, que contiene plomo y polvo de fósforo, dos de los elementos más dañinos para el medio

ambiente. El primero, concentrado en el vidrio del cono y el segundo, impregnando el vidrio de la pantalla. Con un disco diamantado se resigue el contorno del tubo y mediante unas cintas incandescentes se quema hasta que por estrés térmico se provoca una rotura. A partir de ahí se separa el vidrio del cono, menos grueso que el de la pantalla. Este último, debido a su menor contenido en plomo, se puede utilizar para cualquier aplicación posterior.

5.5 Minería electrónica en México

Se calcula que nuestro país genera cerca de 300 mil toneladas de basura electrónica cada año, cantidad que sería equivalente a llenar el Estadio Azteca con estos desechos cada dos años. En promedio, cada mexicano produce entre 3 y 5 kilos de este tipo de basura y después de Brasil, México es el segundo productor de estos desechos en América Latina (Ciencia UNAM, 2014).

En nuestro país la cultura de reciclaje es muy pobre, por lo que es importante impulsar propuestas orientadas a promover el reuso de la basura electrónica y tratar de que las empresas que producen los aparatos electrónicos asuman la responsabilidad de hacerse cargo de sus productos cuando sean desechados por el usuario, creando sitios de acopio de estos materiales. (Benítez, 2010)

La inexistencia de una normatividad gubernamental muy clara del destino de desechos electrónicos. Tampoco hay incentivos y apoyo por parte de los fabricantes para crear una cultura del reciclado, además el consumidor no se responsabiliza por retornar los equipos electrónicos que ya no usa. Faltan campañas nacionales para reciclar y en las empresas, universidades y oficinas se tiende a acumular equipo inservible, ya que no tienen políticas de donación o desecho (Ciencia UNAM, 2014).

En México algunas de las principales empresas que se dedican al reciclaje de raee, actividad mejor conocida como minería electrónica son:

REMSA

Recicla Electrónicos México (REMSA) es una empresa 100% mexicana, líder en el reciclado profesional de los residuos electrónicos al contar con el personal debidamente capacitado, procesos patentados e infraestructura para captar, recolectar, separar y reciclar todos los materiales que se generan como lo son el vidrio del monitor, los plásticos, las tarjetas electrónicas y los metales ferrosos y no ferrosos (REMSA, 2015).

Ecorecikla

ECORECIKLA es la única planta en Latinoamérica que recicla componentes electrónicos mediante procesos industriales de clase mundial. Su fundador es Francisco Sánchez García, un ingeniero en electrónica por el Tecnológico de Chihuahua, que supervisa plantas de reciclaje en países como Estados Unidos, Canadá, Taiwán, Corea, Japón, China y Hong Kong (ÉL Agora, 2008)

Capítulo 6

Propuestas para el manejo de residuos de televisores analógicos en México

6.1. Apagón analógico en México

La digitalización de la televisión no es un capricho o un lujo innecesario para un país como México. Tampoco una necesidad personal o institucional, sino una política pública que debiera ser de Estado. Su evaluación no debe basarse en la afectación de intereses particulares que puede ocasionar, sino en el beneficio social neto que puede producir (COFETEL, 2012).

El apagón analógico implica desechar los aparatos de televisión no aptos para captar las señales digitales, por lo que el universo de aparatos que se desecharán no se limita a los hogares beneficiarios del programa de SEDESOL, si no que cubre a todos aquellos segmentos de la población que cuentan con televisores analógicos que ya no se podrán utilizar; esto es, considera a hogares, comercios, instituciones públicas y privadas que tienen televisores no aptos para recibir señales digitales. De esta manera, el universo de desechos de televisores analógicos se estima que pudiera rondar sobre los 40 millones de aparatos únicamente en los hogares (SEMARNAT, 2015)

De no llevarse a cabo las acciones necesarias para una transición a la TDT de forma ordenada, se corre el riesgo de que una gran parte de la población no pueda recibir las señales de televisión después del “apagón analógico”. Es por ello que la política del Gobierno Federal se orienta en torno a proteger a los más necesitados para lograr que esta transición sea exitosa (SCT, 2014).

6.2 Situación de los televisores analógicos después del apagón

Si bien en casi todos los hogares del país se puede encontrar un televisor, los de tecnología digital son los menos frecuentes ya que sólo el 27.2 por ciento cuenta con al menos uno. La disponibilidad de estos equipos ha aumentado significativamente desde el 2009, con un 22.1 por ciento a tasa anual de crecimiento compuesto (INEGI, 2013).

El Programa TDT ocasionará que alrededor de 40 millones de televisores analógicos dejen de utilizarse, convirtiéndose en RAEE. Algunos componentes de los televisores analógicos contienen materiales tóxicos como plomo, mercurio y cadmio, retardantes de fuego bromados y policloruro de vinilo (PVC), los cuales, como se ha mencionado anteriormente, pueden contaminar el medio ambiente y afectar la salud de las personas, si no son manejados, acopiados y confinados adecuadamente, a diferencia de otros residuos, como los plásticos y vidrios que pueden reciclarse (SEMARNAT, 2015).

6.2.1 Programa piloto SEMARNAT y SCT

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en conjunto con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) proponen la siguiente cadena de manejo para una gestión integral de los desechos de televisores analógicos:

- **Traslado.** Los particulares serán los responsables de llevar su televisor analógico y entregarlo en los eventos y/o centros de acopio previamente establecidos conforme a dicho programa.
- **Acopio.** Recibe, empaqueta y acomoda los televisores analógicos, previo a su almacenaje.

- **Almacenes Temporales.** Reciben los televisores ya empacados, preservando dicho estado hasta la entrega a las plantas recicladoras.
- **Transporte.** El traslado de los televisores analógicos de los centros de acopio a los almacenes temporales, así como de éstos últimos a las plantas recicladoras, cumpliendo con los lineamientos establecidos por la SEMARNAT para tal fin.
- **Almacenaje.** Los almacenes temporales serán los lugares destinados para el resguardo de los televisores analógicos previamente establecidos conforme a este Programa, cumpliendo con los lineamientos establecidos por la SEMARNAT para tal fin.
- **Reciclaje.** Transformación de televisores analógicos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final, sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos.
- **Disposición final.** Disposición o confinamiento permanente de residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud, a los ecosistemas y sus elementos.
- **Mecanismo de incentivos.** La ubicación de los centros de acopio deberá ser accesible, con horarios de atención amplios, incluyendo los fines de semana. Asimismo, se buscará se realicen acciones y eventos públicos que despierten el interés y hagan co-partícipes a los ciudadanos, tales como los siguientes:
 - a) Organización de eventos públicos culturales, artísticos y/o deportivos a nivel estatal en los lugares de acopio.

- b) Realizar rifas y sorteos, entregando un boleto por cada televisor analógico acopiado.
 - c) Por cada entrega de un televisor analógico, otorgar pases de acceso a espacios recreativos, culturales, deportivos y/o artísticos estatales y municipales disponibles.
- **Mecanismos de sanciones.** Dado el riesgo de los daños a la salud y al medio ambiente que generaría un manejo inadecuado de los televisores analógicos que dejarán de utilizarse, en aquellos casos donde no se cumpla con las normas respectivas, se aplicarán de manera efectiva las sanciones previstas en las leyes y reglamentos federales, estatales y municipales

6.2.2 Centros de acopio para los televisores analógicos desechados

En México no hay datos sobre cómo disponer de las televisiones que serán desechadas en el marco del apagón analógico. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) sólo ha publicado la ubicación de los centros de acopio en plan piloto para los aparatos desechados en 2 de las 32 entidades del país, es decir, no existe información certera y permanente sobre la ubicación de los citados centros para las otras 30 entidades, 93.75% del territorio nacional (Greenpeace México, 2015).

6.3 Riesgos del sector informal de los RAEE en México

El sector informal en la gestión de los RAEE cumple un importante papel; lo componen una serie de grupos y personas que trabajan en la recolección, compra, desmontaje, clasificación y venta de los diferentes componentes implementando procesos artesanales, poco convencionales, en condiciones de seguridad poco aceptables y en ocasiones exponiéndose a sustancias peligrosas perjudiciales para la salud y el medio ambiente sin tener ningún tipo de control o de medidas para su protección (Uribe et. al., 2010).

En México, las prácticas informales de desecho de televisores analógicos (entre las que se encuentran la venta informal, el depósito en basureros, el abandono en vía pública y almacenaje en hogares) aumentan el riesgo de que se presenten impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana (SEMARNAT, 2015).

Otro de los riesgos asociados a un inadecuado manejo de los desechos de los televisores analógicos es el envío ilegal a otros países, con los consecuentes daños al medio ambiente y la salud de las personas; además del incumplimiento al Convenio de Basilea relacionado con el tráfico de los movimientos fronterizos de los desechos peligrosos (SEMARNAT, 2015).

6.4 Propuestas para el manejo de residuos de televisores analógicos en México

Tomando como base el programa piloto de la SEMARNAT y la SCT se mencionan a continuación las siguientes propuestas para dar una solución al problema de los televisores analógicos desechados debido al apagón analógico en México:

6.4.1 Información a la sociedad

Se deberá realizar una campaña para informar y concientizar a la población mexicana sobre el riesgo de desechar sus televisores analógicos de la manera convencional. La información debe ser puesta al público por los diversos medios de comunicación (radio, la televisión, internet y anuncios en las calles).

Dicha información deberá ser clara y concisa, para que cualquier persona de la población pueda entenderla. La información se centrará principalmente sobre los daños a la salud y al ambiente causados por un televisor analógico desechado de manera incorrecta, sobre los beneficios que se pueden generar para la población si se reciclan dichos televisores así como brindar información sobre qué hacer cuando se quiere desechar un televisor analógico de manera segura.

Si bien el gobierno Mexicano por medio del programa piloto de la SCT Y SEMARNAT han puesto a disposición de la población la ubicación de sus centros de acopio, la lista de estos centros se encuentra en su página oficial de internet, pero tomando en cuenta que solo el 44.4 % de la población mexicana es usuaria de internet (INEGI, 2014) el 55.6 % no se enteraría de la ubicación de los centros de acopio y les sería más fácil desechar su televisor en la basura de la manera habitual y esto conlleva un gran riesgo puesto que es más de la mitad de la población.

Para solucionar este problema se crearían folletos con la ubicación de los centros de acopio de acuerdo a la zona del país en la que se viva, estos folletos serían repartidos de manera gratuita en el transporte público, en las calles, en escuelas primarias y secundarias etc.

Con esta gran cantidad de folletos siempre viene implícita la generación de basura, pero para evitar este problema se imprimirán un número determinado de estos folletos, cuando una persona ubique su centro de acopio más cercano y valla a dejar su televisor se le pedirá su folleto (el folleto tendrá una leyenda, en la cual se diga que se debe llevar este en buenas condiciones el día que se acuda al centro de acopio).

Una vez entregado el folleto, se podrá repartir de nuevo en otras zonas para que más gente se entere de la ubicación de los centros de acopio, transcurrido un tiempo se reunirán cierta parte de los folletos de todos los centros de acopio y serán reciclados

Por ultimo Impartir pláticas en escuelas para que los jóvenes y niños que son el presente del mañana formen conciencia sobre el riesgo que conlleva tirar indiscriminadamente no solo televisores analógicos, sino cualquier aparato eléctrico o electrónico. Además de esto crearles una conciencia del reciclaje y de importancia no solo para ellos sino para la sociedad, la economía y el mundo.

6.4.2 Recolección y transporte

La recolección propuesta se basa en un sistema similar al de recolección de basura, el cual se lleva a cabo por medio de camiones de carga diseñados para esta labor. Esta forma de recolección es más efectiva y se cubren 2 puntos importantes, los cuales son la recolección y el transporte de los desechos de los televisores analógicos.

El camión estará equipado de tal forma que pueda manejar grandes cantidades de televisores analógicos desechados, cumpliendo con las normas de transporte de residuos peligrosos de la SEMARNAT y con un periodo de recolección semanal.

Dicho sistema de recolección tiene como ventaja que es más cómodo para la gente, ya que uno de los principales pretextos que la gente pone para desechar correctamente sus televisores analógicos es que no tienen tiempo de llevarlo a un centro donde se confinado y tratado de manera adecuada debido a sus labores, ya sea en el hogar, trabajo o porque simplemente les da flojera.

Esta “comodidad” que el sistema de recolección propuesto brinda a la gente, resulta ser más efectivo puesto que como se mencionó antes una vez que se ha hecho la recolección en los hogares el camión puede llevar directamente los televisores analógicos desechados hasta un centro de confinamiento o directamente a las plantas recicladoras.

Otra ventaja de este sistema de recolección es que puede ser usado no solo a televisores analógicos sino también a toda clase de RAEE, ya que si bien es cierto que los televisores analógicos son desechados de manera incorrecta ocurre lo mismo con los equipos de cómputo, radios, televisores de plasma, etc.

6.4.2.1 Forma de llevar a cabo el transporte

El transporte de los televisores debe hacerse con cuidado, desde la recolección en las casas, en los centros de acopio para ser llevados a los espacios de almacenamiento y en estos para ser llevados a las plantas de reciclaje. Con el movimiento de los camiones podrían estos chocar uno con otro y romperse, en este caso se correría el riesgo de que los tubos de rayos catódicos se rompieran y liberarán las sustancias tóxicas contenidas en estos, además de los cristales rotos que podrán causar lesiones a los recolectores.

En el traslado de un lugar a otro se deben de acomodar perfectamente los televisores, apilados uno tras otro o dispuestos de tal manera para que no se rompan, o en dado caso usar un material barato que absorba los impactos, este material envolverá a los televisores, primero para reducir el impacto entre estos

Los camiones recolectores deberán estar cubiertos del techo, con una lona o plástico impermeable para proteger los televisores de las condiciones ambientales, pero principalmente del agua.

6.4.3 Centros de acopio como otra forma de recolección de televisores analógicos

Los centros de acopio deben ser espacios amplios y con una buena ubicación para que la gente no tenga problema en llegar a ellos, además deberán tener accesos fáciles para automóviles, pero principalmente para el o los camiones que recogerán los televisores analógicos de dichos centros.

La ubicación de los centros de acopio es un factor importante para la plena colaboración de la gente en la recolección de los televisores analógicos, por esta razón se debe buscar que estos centros estén lo más cercano a un gran número de gentes, es decir que de una población de 10,000 habitantes el centro de acopio sea accesible o en este caso quede cercano a 8,000 personas, por cercano se entiende que no quede a más de 30 minutos caminando.

Para que los centros de acopio sean más accesibles en vez de contar con un lugar muy amplio centralizado, se instalarían lugares pequeños (carpas) los cuales estarían desplegados por una delegación (en el caso del D.F. por ejemplo). De esta forma se abarcaría una gran parte de un municipio o delegación. Lo que se busca con esto es tener una gran cobertura para la recepción de los televisores analógicos en desuso y que el número de televisores recolectados sea lo mayor posible.

El horario de los centros de acopio deberá ser viernes a domingo de 9 a 18 horas, se recomienda este horario de para que laboren lo centros principalmente pensando en las labores que desempeñan las personas durante la semana, ya sea trabajo, escuela, labores en el hogar etc.

6.4.3.1 Incentivos en los centros de acopio

Los incentivos en los centros de acopio son una buena manera de hacer que la gente participe de manera más activa en la recolecta de televisores analógicos, la gente que acuda a estos centros le será dado un incentivo primero por haber colaborado en el plan de recolección y segundo para que motive a otras gentes a hacerlo.

Los incentivos serán dados de acuerdo al tamaño de la televisión que sea entregada, mientras más grande sea el tamaño mayor será el incentivo, esto debido a que televisores más grandes contienen en mayor cantidad sustancias tóxicas y son más difíciles de transportar debido a su peso. De esta forma se busca recompensar el esfuerzo y tiempo invertido de las personas en acudir a los centros de acopio.

Entre los incentivos dados se darán despensas, libros, artículos escolares como libretas, mochilas, artículos de cocina como ollas, sartenes, cubiertos etc. Juegos de destreza, artículos deportivos como balones (futbol, futbol americano, voleibol, basquetbol etc.). Se pensó en estos incentivos para que la población se acerque

más a la lectura en el caso de los libros, se ejercite para bajar los niveles de obesidad del país y que tengan una mejor salud.

No se deben dar como incentivos aparatos eléctricos o electrónicos ya que se corre el riesgo que las familias desechen sus aparatos viejos por estos nuevos que acaban de obtener y así de esta manera se generaría más basura electrónica en el país.

6.4.4 Espacios de almacenamiento

Se tiene que contar con espacios de confinamiento a donde lleguen los televisores analógicos, provenientes de los centros de acopio y los camiones recolectores, estos espacios deben ser seguros para que no causen ningún daño a la salud y al ambiente.

Estos espacios deben estar techados para proteger los televisores analógicos a reciclar de las condiciones del ambiente, principalmente del agua, ya que el agua suele arrastrar los componentes tóxicos de estos televisores incorporándolos al medio. Por otra parte los pisos deben ser impermeables para evitar infiltraciones y contaminación del suelo.

Se deben de poner los televisores a tratar en contenedores que permitan su fácil manejo y movimiento. Estos contenedores serán de metal o un plástico resistente, no mayores a dos metros de largo, 1.5 metros de ancho y 1.5 metros de alto, además con llantas resistentes integradas en los 4 puntos del contenedor, con esto se busca un manejo rápido, seguro y que pueda ser manejado por una persona sin esfuerzo.

Se deberá contar con un inventario para evitar que se roben televisores, si esto ocurre los televisores robados podrían pasar al mercado informal y ser trasladados

y vendidos a otros países. Con lo cual se perdería dinero y además se generaría basura en esos otros países donde estos sean vendidos.

6.4.5 Reciclaje y beneficios

El reciclaje se recomienda que se lleve a cabo por medio de empresas mexicanas, el gobierno mexicano debe encargarse de la recolección y el transporte, sería ideal que este se encargará del reciclaje y los materiales obtenidos del reciclaje (metales como cobre, cadmio, plomo y mercurio principalmente) se vendieran a empresas extranjeras que utilicen estos materiales como materia prima o se exportaran a diversas partes del mundo.

El dinero generado de estas ventas se podría aprovechar para infraestructura pública, ya sea para mejorar carreteras, transportes públicos, ayudar a personas de escasos recursos, repartir becas a estudiantes etc. No se recomienda que el gobierno mexicano haga el reciclaje debido a los niveles de corrupción que existen en este, todo el dinero generado del reciclaje de los televisores y de los materiales antes mencionados podría ir a parar al bolsillo de muy pocas personas, de esta manera la población no vería ningún beneficio del reciclaje de sus televisores analógicos además el dinero para la construcción de las plantas recicladoras sería pagado por la población como ocurre en muchas otras obras públicas.

Por lo antes descrito empresas mexicanas no gubernamentales de reciclaje deben ser las que lleven a cabo el tratamiento de los residuos de televisores analógicos, estas empresas generarían empleos para la población mexicana , así como para la economía del país brindando un servicio de reciclaje de mejor calidad.

La parte del gobierno se ve forzada a parecer puesto que este sería el principal proveedor de televisores analógicos a las empresas privadas ya que este es el que recolecta y transporta los televisores analógicos desechados, en este caso las empresas comprarían o harían un convenio con el gobierno para que las dos partes salieran ganando, por una parte las empresas de reciclaje tendrían materia

prima que procesar y el gobierno recibiría dinero de la venta de los televisores analógicos desechados. De la parte de la ganancia de dinero del gobierno por medio de los televisores analógicos se ha hablado con anterioridad.

Las plantas de reciclaje pueden ser pensadas no solo para tratamiento de televisores analógicos sino también para cualquier tipo de RAEE, con esto se generarían más ganancias y se solucionaría en parte el problema generado por este tipo de basura que hasta el momento no se ha visto como una amenaza.

Capítulo 7

Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Inicialmente se hizo una recopilación sobre la minería electrónica, se encontró que el nacimiento de este tipo de minería se dio por el conflicto de las “tierras raras” entre China y Japón, dichas tierras contienen una gran cantidad de metales valiosos para la industria electrónica y son de suma importancia para el crecimiento de esta. La minería electrónica es una muy buena alternativa para tratar el problema de los RAEE, y a su vez es una buena opción para recuperar los metales valiosos presentes en este tipo de residuos, ya que utiliza procesos menos contaminantes y energéticamente más eficientes, y su impacto al ambiente es menor que el que provoca la minería tradicional.

Por otro lado se llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre los aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) enfocado a televisores analógicos y se puede decir que los RAEE son los aparatos eléctricos o electrónicos que han alcanzado el final de su vida útil y si no se desechan y se tratan de manera adecuada pueden ser perjudiciales para la salud y el ambiente. Los RAEE han crecido de una manera descontrolada en la última década, debido a diversos factores, entre estos se encuentra la menor duración de los aparatos de nueva generación así como el mejoramiento de la tecnología en los aparatos eléctricos y electrónicos, lo cual hace que en un lapso corto de tiempo se tengan nuevas versiones de estos y con más herramientas por lo cual los usuarios prefieren adquirir las nuevas versiones dejando de lado sus antiguos. Un claro ejemplo de lo anterior son los televisores analógicos o televisores de tubos de rayos catódicos (CRT por sus siglas en inglés). Estos televisores han sido reemplazados por los televisores de plasma, LCD y LED siendo así desechados a la basura, donde son potencialmente peligrosos al ambiente y a la salud debido a que contienen metales altamente tóxicos como el plomo, cadmio y mercurio así como PVC y retardantes de flama.

Así mismo se revisó la legislación nacional e internacional sobre el manejo de los residuos eléctricos y electrónicos, se encontró que debido al peligro de los componentes de los RAEE se han tenido que dictar normas específicas que garanticen una adecuada gestión, estas normas nacieron principalmente en Europa. La primera regulación fue implementada por la Unión Europea el 27 de noviembre de 2003 mediante la Directiva 2002/96/CE del parlamento Europeo, esta norma sentó las bases para tratar la problemática de los RAEE, ya que planteo la necesidad de fabricar aparatos más eficientes, menos contaminantes y más fáciles de tratar al final de su vida útil. La política ambiental tuvo como principales objetivos la conservación, la protección, la mejora de la calidad del ambiente, la protección a la salud de las personas y el uso racional de los recursos naturales. El Convenio de Basilea y el Tratado de Estocolmo juegan un papel importante en materia de RAEE, ya que mediante el primero se busca regular el tráfico fronterizo de residuos peligrosos, en dicho convenio se encuentran fracciones que limitan la exportación de residuos electrónicos, lo cual es importante debido a que en países del tercer mundo existe el tráfico de aparatos electrónicos, como en el caso de Estados Unidos y México. Mediante el segundo se busca proteger a la salud humana y al ambiente frente a los compuestos orgánicos persistentes (COP) controlando y tratando de reducir las emisiones de estos compuestos altamente tóxicos.

Posteriormente se investigó sobre los daños a la salud y al ambiente de los principales componentes que se encuentran en los televisores analógicos. Se halló que entre los principales componentes más tóxicos se encuentran: plomo, mercurio, cadmio, retardantes de flama y PVC. Estos componentes contaminan de manera grave al ambiente y son un peligro para la salud humana. Los metales plomo, mercurio y cadmio son de los metales más contaminantes en la tierra, una vez liberados al ambiente (principalmente por la actividad minera) causan daños inmediatos a la flora y fauna. En el hombre causan graves enfermedades como el saturnismo debido al plomo y el mercurialismo debido al mercurio. El cuerpo humano tarda tiempo en excretarlos, los tres metales permanecen

del orden meses hasta años en el cuerpo humano. Los compuestos no metálicos en una televisión como los retardantes de llama bromados hasta ahora no se han probado su toxicidad, ni su daño al ambiente por completo, el PVC presente en los televisores analógicos es muy dañino de no tratarse correctamente, si se quema produce sustancias altamente cancerígenas.

En otro orden de ideas se proporcionó información sobre los procesos de obtención de metales llevados a cabo en la minería electrónica enfocada a los televisores analógicos, se describieron detalladamente los procesos de tratamiento de tres empresas Españolas. En las dos primeras empresas (Limasa y Fundación Ecolec) se describió el tratamiento de los RAEE en general, desde su recolección hasta la obtención de los metales. En la última empresa (Ecorecycling S.A.) se describió el proceso de tratamiento de un televisor analógico

Finalmente se realizó una propuesta para el manejo de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) principalmente televisores analógicos considerando sus componentes reciclables. La propuesta que se dio es aquella ideada por la SEMARNAT y la SCT, la cual consistió en un proceso completo para el tratamiento de los televisores analógicos provenientes del apagón analógico en México, desde la recolección de los televisores desechados, el transporte de dichos desechos, el proceso de reciclado y la disposición final.

7.2 Recomendaciones

En México el apagón analógico generará aproximadamente 40 millones de televisores analógicos desechados, los cuales de no tratarse correctamente pueden representar un gran riesgo para la población mexicana y para el ambiente, se necesita de una buena planeación, un buen proceso de tratamiento los televisores analógicos desechados y la participación de la población para que la transición de la tv analógica a la tv digital en México sea segura.

México no cuenta con normas específicas en materia de RAEE, pero si hay varias normas dentro de las cuales se considera a los desechos electrónicos como residuos de manejo especial, entre estas encontramos: la NOM-161-SEMARNAT-2011, LGPGIR artículo 19, sección VIII, LGEEPA y Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Estas normas no son lo suficientemente específicas para abordar el problema de los RAEE, ya que hace falta una norma especial dedicada específicamente a tratar el manejo de este tipo de residuos. En la mayoría de los países del tercer mundo no se cuenta con normas específicas para el tratamiento de los RAEE, la gran mayoría los engloba como residuos de manejo peligroso. Perú y Brasil están a la vanguardia en materia de legislación de en Latinoamérica ya que son los únicos países que cuentan con normas especiales en materia de RAEE.

Un televisor analógico debe ser tratado de manera especial y no debe disponerse en la basura, ya que puede contaminar de manera grave, el suelo, el aire, los mantos acuíferos, la flora, la fauna y la salud humana. Se debe de informar a la gente sobre el daño que conlleva tirarlos indiscriminadamente a la basura. El gobierno de México debe informar y motivar a la población mexicana para que participen en el tratamiento de los televisores analógicos, una buena forma de lograrlo sería dando dinero, despensas, libros o artículos escolares por cada televisor analógico que lleven a un centro de acopio o centro de reciclado establecidos por el gobierno. En cuanto a los centros de acopio falta mucho por hacer, ya que hasta ahora en México solo se cuentan en Nuevo León y en Chihuahua, ciudades donde el apagón analógico comenzó ya. A escasos meses de que el apagón analógico se lleve a cabo en todo México aún no se han dado a conocer la ubicación de los demás centros de acopio.

La transición de la televisión digital en México, brindará un mejor servicio para el televidente (que en México son muchos) debido a que se contará con una mejor calidad de imagen y sonido, pero detrás de todo esto se tiene un reto muy grande

en cuanto a lo que se hará con los más de 40 millones de televisores analógicos desechados y que potencialmente pueden ir a la basura contaminando al ambiente y poniendo en riesgo la salud de la población de México.

Bibliografía

- (AsIAP), A. d. (2015). *Qué es el RoHS y por qué es importante*. Recuperado el 26 de Agosto de 2015, de <http://www.asiap.org/AsIAP/index.php/raee/3004-que-es-el-rohs-y-por-que-es-importante>
- (ATSDR), A. F. (Septiembre de 2002). *Bifenilos polibromados y éteres de bifenilos polibromados*. Recuperado el 26 de Agosto de 2015, de <http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/28%29BIFENILOS%20POLIBROMADOS%20y%20%C3%89TERES%20BIFENILOS%20POLIBROMADOS%20.pdf>
- (ATSDR), A. F. (Septiembre de 2004). *Éteres de polibromodifenilos*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts68_pbde.pdf
- (ATSDR), A. F. (Septiembre de 2008). *ToxFAQs™ sobre el cadmio*. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts5.pdf
- (BOE), B. O. (2015). *Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, España.
- (CCSSO), C. C. (2006). *¿Por qué los principales riesgos de la salud están asociados con respirar Mercurio?* Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/mercury/health_mercury.htm
- (CNR COP), C. N. (2004). *Breve perfil de las sustancias COP incluidas en el Convenio de Estocolmo y el Reglamento*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2015, de <http://www.cnr cop.es/gc/assets/docs/Hexabromociclododecano.pdf>
- (CNR COP), C. N. (2015). *Convenio de Estocolmo*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de <http://www.cnr cop.es/gc/informate/convenio-de-estocolmo/>
- (confedi), C. F. (2012). *Minería urbana: Más oro y plata de lo creído en la basura electrónica*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2015, de <http://confediciencytecnologia.blogspot.mx/2012/08/mineria-urbana-mas-oro-y-plata-de-lo.html>
- (EPEC), E. P. (2015). *La invención de la televisión*. Recuperado el 24 de Junio de 2015, de <http://www.epec.com.ar/docs/educativo/institucional/fichatelevision.pdf>
- (EUR-Lex), A. t. (2010x). *Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV:l21210>
- (EUR-Lex), A. t. (2015). *Environment and climate change*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2015, de http://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/environment.html?root_default=SUM_1_CODED%3D20,SUM_2_CODED%3D2004&obsolete=false
- (INEGI), I. N. (2015). *Encuesta sobre la Penetración de la Televisión Abierta en los Hogares (ENPETAH) 2012*. Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/especiales/enpetah/presentacion.aspx>
- ACSA. (Abril de 2014). *Riesgos emergentes*. Obtenido de https://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir1599/ascabrief_2014_03_04_retardantes_de_llama_bromados_es.pdf

- Adatti, M. S., Elorduy, E., Pous, G., Caraza, A., & Higuera, J. (Mayo-Junio de 2012). Transición. *gaceta cofete(72)*, 8. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de http://portalanterior.ift.org.mx/iftweb/wp-content/uploads/2012/11/Gaceta_Cofetel.pdf
- aecosan. (19 de Diciembre de 2011). Recuperado el 26 de Agosto de 2015, de http://aesan.mssi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/tbbpa_efs.html
- aecosan. (27 de Julio de 2011). *Opinión científica de EFSA sobre hexabromociclododecanos (HBCDDs) en alimentos*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de http://aesan.mssi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/po_efs_hbccds.html
- aecosan. (2012). *BRF (Retardantes de llama bromados)*. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de http://aesan.mssi.gob.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/subdetalle/org_bfr.html
- Aguirre, H., & Fitzgerald, J. (2007). *Un Manual para la Gestión de Residuos y Componentes Electrónicos en Latinoamérica y el Caribe. Manual para el Emprendedor*. Centro de tecnologías de la Información y Comunicación para el Desarrollo CETIC.BO/Fundación Quipus de Bolivia, La Paz. Recuperado el 18 de Junio de 2015, de http://www.reciclemos.net/docs/manual%20emprendedor1%20final_esp%C3%B1ol.pdf
- ARQHYS. (2015). *Charles Francis Jenkins*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de <http://www.arqhys.com/construcciones/charles-francis-jenkins.html>
- Ascione, I. A. (Junio de 2011). Intoxicación por plomo en pediatría. *72* (2). Montevideo, Uruguay. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1688-12492001000200009&script=sci_arttext
- AVINA. (7 de Agosto de 2014). *nuevo observatorio para la Política Nacional de Residuos Sólidos*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de <http://www.avina.net/esp/11565/brasil-nuevo-observatorio-para-la-politica-nacional-de-residuos-solidos/>
- BBC. (9 de Octubre de 2012). *América Latina tira oro a la basura*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/10/120924_tecnologia_mineria_urbana_aa
- Brunner, P. (2011). Urban Mining A Contribution of Reindustrializing the City. 339-340. (V. University, Ed.) Austria. Recuperado el 22 de Septiembre de 2015, de <https://www.kth.se/social/upload/4ea9a52cf27654531a000026/Brunner%202011.pdf>
- Cabeza, D. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. *1*, 110-111. (M. Books, Ed.) Barcelona, España. Recuperado el 15 de Junio de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=hoQK2KBHhQC&pg=PA110&dq=raee+definicion&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=raee%20definicion&f=true
- Calva, J., Aguayo, F., Ávila, G., Boege, E., Brown, G., Carabias, J., . . . Toledo, V. (2007). Agenda para el desarrollo. *Sustentabilidad y desarrollo ambiental*, *1*, 252. México: Miguel Ángel Porrúa .
- Canals, C. (2014). El Curioso Caso de las tierras raras. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de <http://www.lacaixaresearch.com/documents/10180/470906/34-35+Dossiers+2+CAST.pdf/14731c66-274e-4d3a-bb1d-3b25e0d91a54>
- Capó, M. (2002). *Principios de Ecotoxicología Diagnóstico Tratamiento y Gestión del Medio Ambiente*. Madrid, España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Castagnino, R. (2012). Regulación de los Residuos de Aparatos Eléctricos y electrónicos (RAEE) Perú. Lima, Perú. Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de <http://www.delapuerta.com.pe/admin/recursos/memos/Memo%20-%20RAEE.pdf>
- Castillo, R., Roldán, R., Huertas, R., Caballero, D., Moreno, C., & Luque, R. (2005). Biotecnología Ambiental. 226-227. Madrid, España: TÉBAR, S.L. Recuperado el 2 de Agosto de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=19ffPAm3E3kC&pg=PA226&dq=plomo+y+da%C3>

- %B1os+al+ambiente&hl=es&sa=X&ved=0CDMQ6AEwBWoVChMIhZuM5KKIxlwIVgX6SCh16IgdE#v=onepage&q=plomo%20y%20da%C3%B1os%20al%20ambiente&f=true
- CyV, M. (2009). DIAGNOSTICO PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN. 2. Recuperado el 6 de Septiembre de 2015, de http://www.mma.gob.cl/1304/articulos-55497_Diagnostico_de_equipos_de_informatica_celulares_2009.pdf
- DefiniciónABC. (2015). *Definición de Televisor*. Recuperado el 24 de Junio de 2015, de <http://www.definicionabc.com/tecnologia/televisor.php>
- Doadrio, V. (2004). Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. 939-943. Madrid. Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de www.analesranf.com/index.php/aranf/article/download/254/283
- Duiops. (2008). *Nueva guía de cine en casa*. Recuperado el 12 de Julio de 2015, de <http://www.duiops.net/hifi/cine-en-casa-visiondirecta-lcd.html>
- Ecocosas. (2011). *PVC el tóxico que nos rodea*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://ecocosas.com/arq/pvc-el-toxico-que-nos-rodea/>
- Ecodes. (2005). *Efectos en el ambiente del mercurio*. Recuperado el 20 de Agosto de 2015, de <http://ecodes.org/noticias/efectos-ambientales-del-mercurio#.VdOyYH3pyDQ>
- Ecologialapampa. (2015). *Residuos peligrosos*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de <http://www.ecologialapampa.gov.ar/temas-ambientales/residuos-peligrosos.html>
- Ecovitrum. (2015). *Una Iniciativa novedosa En Europa Para El Tratamiento De Los Residuos Eléctricos y Electrónicos*. Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=LIFE08_ENV_E_000148_TR_ES.pdf
- Elías, X. (2012). RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. *Segunda*, 18-28. Madrid, España: Díaz de santos. Recuperado el 18 de Julio de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=8yWSZEbQsXgC&pg=PR5&lpg=PR5&dq=xavier+elias+reciclaje+de+residuos+industriales+Residuos+s%C3%B3lidos+urbanos+y+fangos+de+de+puradora&source=bl&ots=m2W48pNd8Z&sig=SKluma7S9HM7GQJj7kk3jGCfHYA&hl=es-419&sa=X&ved=0CDgQ6AEwB>
- Environmental Leader. (2011). *Urban Mining: The New Frontier*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de <http://www.environmentalleader.com/2011/08/22/urban-mining-the-new-frontier/>
- EOI (Escuela de Organización Industrial). (2014). *Urban Mining*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2015, de <http://www.eoi.es/blogs/javiernaranjo/2014/04/02/urban-mining/>
- Espí, J., & Sanz, J. (2012). Por qué hablamos hoy de tierras raras. Madrid, España. Recuperado el 21 de Septiembre de 2015, de <http://www.minas.upm.es/es/actualidad/noticias/1112-por-que-hablamos-hoy-de-las-tierras-raras.html>
- Estrucplan. (2004). *Mercurio*. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=780>
- European Recycling Platform (ERP). (2014). *ERP consigue reciclar dos millones de toneladas de RAEE en Europa*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de <http://www.erp-recycling.es/wp-content/uploads/sites/22/2014/04/Nota-de-prensa-2-millones-de-toneladas-de-RAEE-recogidas-en-toda-Europa-26-02-2014.pdf>
- Fayerwayer. (2013). *Guillermo González Camarena: La historia de la TV a color a 50 años de su primera transmisión*. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de <https://www.fayerwayer.com/2013/02/guillermo-gonzalez-camarena-la-historia-de-la-tv-a-color-a-50-anos-de-su-primera-transmision/>

- Fernández, B., Yarto, R., & Castro, D. (2004). *Las sustancias tóxicas persistentes*. Instituto Nacional de Ecología (INE), México. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=ACHXliaWTiwC&pg=PA22&dq=convenio+de+esto+colmo&hl=es-419&sa=X&ved=0CCAQ6AEwAWoVChMI1uyRhbPZxwIVAn6SCh2Q_AQJ#v=onepage&q=convenio%20de%20estocolmo&f=false
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *SciELO Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26. Recuperado el 19 de Agosto de 2015, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272003000200008
- Gencat. (2011). *Éteres difenílicos polibromados*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <http://www.gencat.cat/salut/acsa/html/es/dir1795/doc34027.html>
- Gobierno Aragón. (2015). *RAEEciclar más y mejor*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/AgriculturaGanaderiaMedioAmbiente/MedioAmbiente/Areas/05_Educacion_sensibilizacion/02_Sensibilizacion_Ambiental/03_Exposiciones/EXPO_RAEE_3%20_RAEEciclar%20m%C3%A1s%20y%20mejor.pdf
- Goldman, L., & A. I. Schafer. (2013). *Tratado de Medicina Interna*. 24°, 94. España : S.A. ELSEVIER ESPAÑA. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=Wpg3AgAAQBAJ&pg=PA94&dq=envenenamiento+con+cadmio&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=envenenamiento%20con%20cadmio&f=false
- Greenfacts. (2015). *Cadmio*. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://www.greenfacts.org/es/cadmium/index.htm>
- Greenfacts. (2015). *Mercurio*. Recuperado el 18 de Agosto de 2015, de <http://www.greenfacts.org/es/mercurio/n-3/mercurio-1.htm>
- Greenpeace. (2010). *Recambio de televisores, la exposición de la basura electrónica*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/Basura_Electronica_-recambio-tv-.pdf
- Greenpeace. (2010). *Responsabilidad Extendida del Productor (REP)*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2015, de <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Responsabilidad-Extendida-del-Productor-REP/>
- Greenpeace Argentina. (2010). *Componentes Tóxicos*. Recuperado el 11 de Agosto de 2015, de <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Componentes-Toxicos/>
- Greenpeace México. (2015). *México, sin datos sobre centros de acopio de teles desechadas*. Recuperado el 3 de Octubre de 2015, de <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Prensa1/2015/Agosto/Mexico-sin-datos-sobre-centros-de-acopio-de-teles-desechadas/>
- Guerrero, D., & Guerrero, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: Grupo editorial PATRIA. Recuperado el 11 de Agosto de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=DaGEBgAAQBAJ&pg=PA11&dq=guillermo+gonzalez+camarena+y+su+invento&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=guillermo%20gonzalez%20camarena%20y%20su%20invento&f=false
- Hess, A. (2004). *El PVC en la construcción*. Instituto de Estabilidad, Facultad de Ingeniería UNNE, Argentina. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/7-Tecnologia/T-017.pdf>

- Huidobro, J. (2011). *Radiocomunicaciones: Viajando a través de las ondas*. España: Creaciones copyright S.L. Recuperado el 2015 de Julio de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=xlalac8YXvUC&pg=PA67&lpg=PA67&dq=philo+farnsworth+y+su+tubo+disector+de+im%C3%A1genes&source=bl&ots=8Oz8zg6u4p&sig=xk_Y4BgxOwq3x8NUQF4IBnIr8Sg&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=philo%20farnsworth%20y%20su%20tubo%20
- Ingeniatic. (2011). *Farnsworth, Philo*. Recuperado el 11 de Julio de 2015, de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/personajes/item/301-farnsworth-philo>
- Instituto Venturi. (2015). *Plan de manejo de residuos sólidos*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <http://www.institutoventuri.org/es/educacao-continuada/plano-de-generamiento-de-residuos-solidos/>
- Interempresas.net. (2010). *Electrorecycling, pioneros en el reciclaje de monitores y televisores con tubos de rayos catódicos*. Recuperado el 6 de Octubre de 2015, de <http://www.interempresas.net/Reciclaje/Articulos/40736-Electrorecycling-pioneros-reciclaje-monitores-televisores-tubos-rayos-catodicos.html>
- JCMTECNOMIRNDA. (2014). *DIFERENCIAS ENTRA APARATOS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS*. Recuperado el 7 de Junio de 2015, de <https://mirandarovira.wordpress.com/2014/01/22/diferencias-entra-aparatos-electricos-y-electronicos/>
- Jiménez, B. (2001). *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y terminología apropiada*. (A. C. Colegio de Ingenieros Ambientales de México, Ed.) México: Limusa. Recuperado el 12 de Agosto de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA342&dq=da%C3%B1os+del+plomo&hl=es-%2020419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=da%C3%B1os%20del%20plomo&f=true
- Madeddu, R. (2005). *Estudio de la influencia del cadmio sobre el medio ambiente y el organismo humano: perspectivas experimentales, epidemiológicas y morfofuncionales en el hombre y en los animales de experimentación*. Universidad de Granada , Facultad de Medicina , España. Recuperado el 28 de Septiembre de 2015, de <http://hera.ugr.es/tesisugr/15518231.pdf>
- Mascarúa, J., Rodríguez, E., & Gamboa, O. (2008). Monterrey, Centro de Calidad Ambiental ITESM campus. *Diagnóstico Regional Sobre la Generación De Residuos Electrónicos Al Final De Su Vida Útil En La Región Noreste de México*, 9-11. (INE, SEMARNAT, & Tecnológico De Monterrey , Edits.) Monterrey N.L., México. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de http://www.inecc.gob.mx/descargas/sqre/res_electronicos_noreste_reporte_final.pdf
- R. Bataller S., J. A. (2004). *Toxicología Clínica* . 179-180. (U. Valencia, Ed.) Valencia , España . Recuperado el 23 de Agosto de 2015, de https://books.google.com.mx/books?id=k1YTQn23InYC&pg=PA179&lpg=PA179&dq=formas+de+absorcion+del+mercurio&source=bl&ots=nn8fQ7TTeX&sig=0wPeHm-5ZunQTCP6Wekm3qRI3pl&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=formas%20de%20absorcion%20del%20mercurio&f=false
- R.F. Castillo, R. M. (2005). *Bioteología Ambiental*. Madrid: TÉBAR, S.L. Recuperado el 2 de Agosto de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=19ffPAm3E3kC&pg=PA226&dq=plomo+y+da%C3%B1os+al+ambiente&hl=es&sa=X&ved=0CDMQ6AEwBWoVChMIhZuM5KKIwxIVgX6Sch16IgdE#v=onepage&q=plomo%20y%20da%C3%B1os%20al%20ambiente&f=false>
- Bioteología ambiental

- Román, I. (2014). *eWaste en América Latina el aporte de los operadores móviles en la reducción de la basura electrónica - Estudio de casos*. GSMA Latin America. Recuperado el 7 de Junio de 2015, de <http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2014/05/eWaste-Latam-Esp-ResEje.pdf>
- tecnología, E. r. (2011). *¿Cómo se hace un TV de plasma?* Recuperado el 26 de Julio de 2015, de <http://elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.mx/2011/09/como-se-hace-un-tv-de-plasma.html>
- UNCUYO, U. N. (13 de junio de 2014). Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de <http://www.uncuyo.edu.ar/monitorean-por-primera-vez-la-presencia-de-un-contaminante-industrial-en-el-ambiente-de-mendoza>
- Unión Europea. (2003). *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2015, de DIRECTIVA 2002/96/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE): http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/Dir_2002-096.pdf
- Unión Europea. (2008). *Diario Oficial de la Unión Europea*. DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas (Texto pertinente a efectos del EEE). Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:ES:PDF>
- Unión Europea. (2012). DIRECTIVA 2012/19/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (refundición) (Texto pertinente a efectos del EEE). Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <http://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh15/medioambiente/Documents/Directiva%20residuos%20el%C3%A9ctricos%20y%20electr%C3%B3nicos.pdf>
- Vega, A. (2014). Iniciativa: Que reforma y adiciona diversas disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, a cargo del diputado Arturo Escobar y Vega, del Grupo Parlamentario del PVEM. *Gaceta Parlamentaria*, 12(40). Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <http://gaceta.diputados.gob.mx/Black/Gaceta/Anteriores/62/2014/abr/20140430-V/Iniciativa-4.html>