



Modelo de Gestión para el Manejo y Aprovechamiento Sustentable de Residuos de Teléfonos Móviles en la República Bolivariana de Venezuela

Antonieta Melone¹, Iraida R. Puentes Moreno²
amelone@ucab.edu.ve¹, iraidapuentes@gmail.com²

Universidad Católica Andrés Bello

Historia del Artículo

Recibido: 31 de mayo de 2019

Aceptado: 27 de noviembre de 2019

Disponible online: 27 de noviembre 2019

Resumen: En la actualidad la evolución de la raza humana está estrechamente relacionada con el avance tecnológico, dentro del cual destacan las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Todo este desarrollo trae consigo la generación indiscriminada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, situación que amerita ser controlada de la mejor forma posible. Uno de los aparatos electrónicos que es desechado rápidamente es el teléfono móvil, ya que esta industria se caracteriza por introducir al mercado modelos cada vez más actualizados que son elaborados con materiales como plástico, vidrio, cerámica y metales (oro, plata, platino, cobalto, cobre, entre otros) que tienen la particularidad de poder ser reciclados o aprovechados nuevamente en distintos procesos productivos. Cabe mencionar que si estos residuos son dispuestos sin ningún tipo de control pueden ocasionar daños al ambiente y la salud, es por ello que es necesario establecer políticas y normativas. Durante la investigación se diseñó un modelo de gestión que tiene como finalidad aprovechar las materias primas secundarias, a través de cinco (05) fases: políticas y legislación eficiente, enfoque de negocios y finanzas viables económicamente, desarrollo tecnológico de vanguardia, marketing y sensibilización social, monitoreo y control efectivo. Además, se plantearon las etapas y procesos del Sistema de Gestión Ambiental para los Residuos de Teléfonos Móviles y otros RAEE/TIC, enmarcadas en la fase de monitoreo y control efectivo, así como algunas alternativas de recuperación y aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

Palabras Clave: Gestión, manejo, residuo, aprovechamiento y disposición.

Management Model for the harnessing and Sustainable Use of Mobile Phone Residues in the Bolivarian Republic of Venezuela

Abstract: At present the evolution of the human race, is closely related to the technological advance, within which the Information and Communication Technologies (ICT) stand out. All this development brings with it the indiscriminate generation of waste electrical and electronic equipment, a situation that deserves to be controlled in the best possible way. One of the electronic devices that is quickly discarded is the mobile phone, as this industry is characterized by introducing to the market more and more updated models that are made of materials such as plastic, glass, ceramics and metals (gold, silver, platinum, cobalt, copper, among others) that have the distinction of being recycled or used again in different production processes. It is worth mentioning that if these wastes are disposed of without any type of control, they can cause damage to the environment and health, which is why it is necessary to establish policies and regulations. During the investigation, a management model was designed to take advantage of secondary raw materials, through five (05) phases: efficient policies and legislation, economically viable business and finance approach, cutting-edge technological development, marketing and social awareness, monitoring and effective control. In addition, the

stages and processes of the Environmental Management System for the Residues of Mobile Phones and other WEEE / ICT, framed in the phase of effective monitoring and control, as well as some alternatives for recovery and use, treatment and final disposal were considered.

I. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), promueven transformaciones sin precedentes en el mundo contemporáneo. La humanidad ha evolucionado tecnológicamente y esto se ve reflejado en los medios de comunicación, entretenimiento, trabajo, negocios y formas de socializar, teniendo como base el uso de las TIC a escala global. El ritmo de vida en que la sociedad se encuentra inmersa está originando serios problemas al ambiente, ya que los procesos productivos son ineficientes y se requiere gran consumo de energía para tratar los residuos que se generan, cuya composición química es compleja resultando difícil hacerlos inocuos para el ambiente y la salud. A su vez, el tiempo de vida útil de algunos Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), se ha reducido y los avances tecnológicos han provocado que se incremente el volumen de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) (televisores, computadoras, teléfonos móviles, tabletas, entre otros). Así, mientras en otros tiempos estos AEE podían ser reparados por un técnico, hoy en día resulta más barato obtener uno nuevo y deshacerse del anterior convirtiéndose en un RAEE, lo que no siempre implica un manejo y deposición adecuado [1], el resultado de la creciente producción y uso de AEE durante el año 2016, incrementó la cantidad de RAEE generado a nivel mundial en cuarenta y cuatro millones setecientos mil (44.700.000) toneladas métricas.

En América Latina, durante el año 2016 se generaron cuatro millones doscientos mil (4.200.000) toneladas métricas de RAEE, con un promedio de 7.1 kg/hab. Los países latinoamericanos con mayores tasas de generación son: Brasil (1.500.000 Tm), México (1.000.000 Tm) y Argentina (400.000 Tm), en cuanto a cantidades relativas destacan Uruguay (10,8 kg/hab.), Chile (8,7 kg/hab.) y Argentina (8,4 kg/hab.); enfatizando que el principal problema de la subregión es la falta de regulación de los RAEE ya que son pocos los países que disponen de legislación en esta materia, siendo la República Bolivariana de Venezuela, uno de ellos [2].

II. EL PROBLEMA

El estilo de vida moderno de un creciente número de personas que habitan el planeta depende cada vez más de Aparatos Eléctricos y

Electrónicos (AEE), causando la acumulación de basura electrónica: “El tipo de residuo de mayor crecimiento a escala mundial” [3].

A. Planteamiento del Problema

La producción mundial de AEE, en particular aquellos relacionados con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se enfrenta a la mayor expansión industrial de la historia. Según cifras de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, el comercio mundial de las TIC alcanzó el 7,7% del producto bruto mundial en el año 2004, gran parte procedente de China [4]. Todo esto implica, un constante crecimiento en la producción y venta global de AEE, los cuales están elaborados con materias primas escasas y valiosas que ameritan ser recuperadas. Sin embargo, pueden contener elementos o compuestos peligrosos, que no representan un riesgo durante su uso, pero al momento de ser desechados sí no se manejan adecuadamente pasan a ser un problema para el ambiente y la salud, convirtiéndose en una fuente creciente de residuos, denominados RAEE o residuos de aparatos eléctricos o electrónicos, conocidos también como WEEE o e-waste en el idioma inglés.

Según el Parlamento Europeo y del Consejo sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, RAEE, en la Directiva 2002/96/CE (2003), se define como: “Aquellos aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos, así como, sus componentes, consumibles y subconjuntos que los conforman en el momento en que se desechan” [5].

Uno de los AEE que pasan a ser rápidamente RAEE, son los teléfonos móviles, ya que el uso de estos ha crecido exponencialmente desde los primeros usuarios en la década de 1970, de un millón setecientos sesenta mil (1.760.000) en 2004, a más de tres mil millones (3.000.000.000) en 2008 y casi seis mil millones (6.000.000.000) de suscripciones en 2011, que tarde o temprano serán descartados ya sea completos o en partes [6]. En los países desarrollados, a menudo esta situación tiene lugar antes de que los equipos dejen de funcionar. Según algunos estudios recientes, el primer propietario generalmente reemplazará su teléfono móvil dentro de dos (2) años, motivado por adquirir modelos más

avanzados en cuanto a software, diseño y compatibilidad con la oferta de nuevos servicios.

En la República Bolivariana de Venezuela, actualmente no se cuenta con cifras oficiales sobre la cantidad de RAEE generados, ni se dispone de informes detallados de la segregación por tipo de RAEE o planes de gestión de los mismos. Sin embargo, en el informe de Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina, indica que para el año 2014 a nivel nacional se habían generado doscientas treinta y tres mil toneladas (233.000 t) con una tasa anual per cápita de 7,6 Kg/hab ocupando el quinto lugar a nivel de Suramérica [7].

Una vez que estos residuos son dispuestos en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto sin contar con las medidas de seguridad requeridas para el caso, se crea el riesgo que los contaminantes se mezclen con lixiviados afectando suelos, cuerpos de agua subterráneos y superficiales, así como el impacto a los ecosistemas; en las personas pueden causar daños que van desde una simple infección o alergia hasta efectos cancerígenos y mutaciones en mujeres embarazadas.

B. Formulación del Problema

En las últimas décadas en la República Bolivariana de Venezuela, se ha observado que todos los estratos sociales hacen uso de teléfonos móviles como herramientas de telecomunicación, evidenciándose que la población joven es la que mayormente tienden a sustituir los dispositivos móviles para adquirir otros con mejores tecnologías y mayor innovación, situación que dio origen a la presente investigación y que tiene como finalidad responder a la siguiente pregunta:

¿Cómo estaría conformado un modelo de gestión para el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles en la República Bolivariana de Venezuela, que integre al fabricante, comerciante, gobierno municipal, regional, nacional y a los ciudadanos?

C. Sistematización del problema

¿Cómo identificar la problemática causada por el manejo inadecuado de los residuos de teléfonos móviles y sus efectos sobre el ambiente y salud humana?

¿Por qué analizar los componentes de teléfonos móviles y las alternativas para su reciclaje, manejo y disposición final?

¿Cuál sería la conformación de las fases de un modelo de gestión para el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles?

D. Objetivos

• Objetivo general

Desarrollar un modelo de gestión para el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles aplicable en la República Bolivariana de Venezuela.

• Objetivos específicos

- ❖ Identificar la problemática causada por el manejo inadecuado de los residuos de teléfonos móviles y sus efectos sobre el ambiente y salud humana.
- ❖ Definir y aplicar un instrumento de consulta que permita evaluar La importancia de establecer un modelo de gestión de residuos de teléfonos móviles en la República Bolivariana de Venezuela.
- ❖ Diseñar las fases de un modelo de gestión para el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles a nivel nacional.

E. Justificación de la investigación

Los equipos de telefonía móvil que entran en desuso se convierten en una fuente importante de contaminación, ya que entre sus componentes se encuentran materiales que tienen características peligrosas, aunado a otro factor que son las grandes cantidades generadas. El hecho de que el sector de las telecomunicaciones sea tan dinámico y las principales empresas traten de estar a la vanguardia tecnológica, crea como resultado que a pesar que los equipos de telefonía móvil no hayan cumplido su periodo de vida útil, se incentiva a los usuarios a adquirir nuevas tecnologías, este fenómeno contribuye innegablemente al incremento de los residuos e influye en la contaminación y el uso inadecuado de los recursos naturales.

Según, lo establecido por la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), en la presentación anual (1998-2016) titulada Cifras del Sector Telecomunicaciones en la República Bolivariana de Venezuela, se evidencia un aumento considerable de usuarios de teléfonos móviles desde el año 1997 cuando se tenía 1.102.948 líneas activas para una población de 22.839.679 habitantes, mientras que para el tercer trimestre del año 2017 se tenían

26.927.297 suscriptores, de los cuales 25.401.795 poseen líneas activas (81 líneas activas por cada 100 habitantes), para una población de 31.338.270, lo que representa una penetración del 87,65% a nivel nacional de la telefonía móvil; que depende de tres (03) empresas operadoras como son Corporación Digitel, C.A., Telefónica Venezolana, C.A. (Movistar) y Telecomunicaciones Movilnet, C.A. También se establece que 13.247.355 usuarios cuentan con teléfonos móviles inteligentes [8].

Una vez verificados los datos estadísticos de la cantidad de usuarios de teléfonos móviles a nivel nacional, se evidencia la necesidad de establecer un modelo de gestión de residuos de teléfonos móviles que permita el manejo y aprovechamiento adecuado de éstos para reducir el impacto ambiental y posibles daños a la salud.

F. Alcance y limitaciones de la investigación

Al finalizar esta investigación se espera marcar pauta con la creación de un modelo sistemático de gestión para el manejo, aprovechamiento y disposición de residuos de teléfonos móviles, dentro del cual se plantearan alternativas que el estado podrá evaluar para su posible implementación a nivel local, regional y nacional.

La principal limitación de esta investigación radica en que no se dispone de datos estadísticos a nivel nacional sobre la generación de RAEE y su clasificación por tipo de residuo generado. Aunado a que no se cuenta con un marco legal diseñado específicamente para gestionar el reciclaje, manejo y aprovechamiento de este tipo de residuos.

III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El teléfono móvil o teléfono celular es un mecanismo avanzado de doble dirección que envía y recibe señales de radio, con la finalidad de transmitir la voz y establecer comunicación en tiempo real con cualquier contacto, ya sea utilizando una línea telefónica o conexión a internet [8].

En las últimas décadas se ha observado la evolución tecnológica de los teléfonos móviles, la cual está dividida en cuatro (04) generaciones:

La primera generación 1G, hizo su aparición en 1979 donde la tecnología predominante era la AMPS (Advanced Mobile Phone System), se caracterizó por ser analógica y sólo se podían realizar llamadas de voz, la velocidad de los enlaces era de baja (2400 bauds) y no contaba con ningún tipo de seguridad.

La segunda generación 2G, fue implantada en 1990, se caracterizó por ser digital, con velocidades de información más altas para voz, pero limitadas en comunicaciones de datos, ofrecía servicios auxiliares tales como: datos, fax y SMS (Short Message Service), la mayoría de los protocolos contaban con diferentes niveles de encriptación (seguridad) y protocolos de codificación más sofisticados que aún son utilizados. Dentro de las tecnologías predominantes se tiene: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último usado en Japón.

La generación 2.5G, tenía características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD Transmisión y Redes de datos Telefonía Móvil U.H.U. 10-VII-2002 7 (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros.

La tercera generación 3G, es la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a internet, aplicaciones multimedia y altas velocidades en la transmisión. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan altas velocidades de información enfocados para aplicaciones como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a internet.

La cuarta generación 4G, se diferencia de las generaciones predecesoras en la capacidad para proveer velocidades de acceso mayores de 100 Mbit/s en movimiento y 1 Gbit/s en reposo, manteniendo una calidad de servicio de alta seguridad que permite ofrecer servicios de cualquier clase en todo momento y lugar [9]. Todo el avance tecnológico permitió que los dispositivos se hicieran más ligeros y pequeños, en la Figura N° 1 se observa como ha sido la evolución de los equipos de telefonía móvil durante los últimos años.

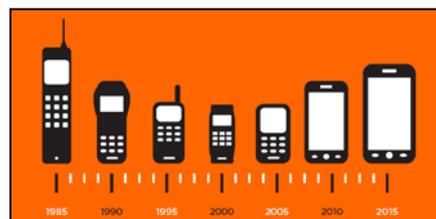


Figura 1: Evolución del tamaño y forma de un teléfono móvil promedio. Fuente: (UNU, 2015)

A. Composición de los teléfonos móviles

En la Tabla I, se muestra la clasificación de los materiales que componen los teléfonos móviles, la cual se clasifica en tres (03) categorías [9].

En la Tabla I, se evidencia que los teléfonos móviles son elaborados con materiales como plásticos, metales, cerámicas y vidrios especiales, destacando que cada fabricante produce diferentes dispositivos y variedades de modelos, es por ello que las sustancias o materiales empleados difieren de una empresa a otra. Además, de los metales comúnmente conocidos (aluminio, cobre, acero) y los plásticos, otros metales pueden encontrarse a veces en porcentajes muy pequeños, estos se utilizan sobre todo por sus propiedades fisicoquímicas que permiten desarrollar distintas funciones:

- ❖ La Plata y el Oro, se usan ampliamente en la industria electrónica por su naturaleza maleable y dúctil, su buena conductividad eléctrica y solubilidad en soldaduras a base de estaño.
- ❖ El Cobalto, se emplea en medios de grabación magnética y también en conexiones para la difusión del Oro en sustratos, además, se utiliza en baterías recargables.
- ❖ Tungsteno o Wolframio, por su alta densidad se emplea como un contrapeso en el extremo del eje del motor diminuto que hace vibrar los teléfonos celulares.
- ❖ Tantalio, se usa en los condensadores.
- ❖ Indio, se utiliza en la pantalla LCD.

Dentro de los metales empleados en la elaboración de teléfonos móviles, se encuentran metales pesados, que se caracterizan por ser elementos inorgánicos con densidad mayor o igual a cinco gramos por centímetros cúbicos ($\geq 5 \text{ gr/cm}^3$) o números atómicos mayor a veinte (> 20) excluyendo los elementos alcalinos y alcalinotérreos; estos elementos son Zinc, Cromo, Cobre, Cobalto, Níquel, Plomo, Arsénico, Molibdeno, Cadmio, Selenio y Mercurio.

Los Metales pesados, son altamente tóxicos y presentan la propiedad de acumularse en los organismos vivos, esto se debe a su capacidad de combinarse con una gran variedad de moléculas orgánicas, pero la reactividad de cada metal es diferente y consecuentemente lo es su acción tóxica. A este grupo pertenecen principalmente: Cadmio, Mercurio, Plomo, Cobre,

Tabla I: Clasificación de los materiales que componen los teléfonos móviles

Constituyentes	Nombre del material	Ubicación en el teléfono móvil
Primarios	Plástico	Carcasa, tarjeta de circuitos
	Vidrio y cerámica	Pantalla LCD, chips
	Cobre (Cu), compuestos	Tarjeta de circuitos, cables, empalmes y baterías
	Níquel (Ni), compuestos Hidróxido de potasio (KOH)	Baterías Ni-Cd y Níquel-Materiales de Hidruro (Ni-MH)
	Cobalto (Co)	Batería de iones de Litio (Li)
	Carbono (C)	Baterías
	Aluminio (Al)	Carcasa, armazón, cargador, baterías
	Acero, metal ferroso (Fe)	
Secundarios	Estaño (Sn)	Tarjeta de circuitos
	Bromo (Br)	Tarjeta de circuitos
	Cadmio (Cd)	Batería Ni-Cd
	Cromo (Cr)	Carcasa, armazón
	Plomo (Pb)	Tarjeta de circuitos
	Polímero de cristal líquido	Pantalla LCD
	Litio (Li)	Batería de iones de Litio (Li)
	Manganeso (Mn)	Tarjeta de circuitos
	Plata (Ag)	Tarjeta de circuitos, teclado
	Tantalio (Ta)	Tarjeta de circuitos
	Titanio (Ti)	Carcasa, armazón
	Tungsteno o Wolframio (W)	Tarjeta de circuitos
	Zinc (Zn)	Tarjeta de circuitos
	Antimonio (Sb)	Carcasa, tarjeta de circuitos
Residual o en trazas	Arsénico (As)	LED de arseniuro de galio
	Bario (Ba)	Tarjeta de circuitos
	Berilio (Be)	Empalmes
	Bismuto (Bi)	Tarjeta de circuitos
	Calcio (Ca)	Tarjeta de circuitos
	Flúor (F)	Batería de iones de Litio
	Galio (Ga)	LED de Arseniuro de Galio
	Oro (Au)	Empalmes, tarjeta de circuitos
	Magnesio (Mg)	Tarjeta de circuitos
	Paladio (Pd)	Tarjeta de circuitos
	Rutenio (Ru)	Tarjeta de circuitos
	Estroncio (Sr)	Tarjeta de circuitos
	Azufre (S)	Tarjeta de circuitos
Ytrio (Y)	Tarjeta de circuitos	
Zirconio (Zr)	Tarjeta de circuitos	

Fuente: Convenio de Basilea (2012)

Níquel, Antimonio, Bismuto. La peligrosidad radica en que no son química ni biológicamente degradables y que algunos de estos elementos tienden a bioacumularse en los tejidos del cuerpo humano amenazando la salud.

Cuando los metales pesados, son dispuestos sin ningún tipo de control al ambiente, el principal recurso afectado es el suelo, que además de sus funciones como soporte físico y productor de alimentos, juega un papel crítico en la calidad del aire, almacenamiento de agua, nutrientes y microorganismos como medio purificador de contaminantes mediante procesos físicos, químicos y biológicos.

Otro componente de los teléfonos móviles, que representa un riesgo al final de su ciclo de vida es el plástico, el cual constituye el 45% del equipo. Según el informe titulado *Watching: Consumer Technology*, se establece que durante el año 2016 los teléfonos móviles inteligentes fueron los primeros productos de tecnología de la información con mayor consumo de plástico, observando un aumento del 4% con respecto al año anterior, generando ganancias de 55.000 millones de dólares americanos a la industria [10]. De igual forma, indica que algunos de los plásticos utilizados en la fabricación de teléfonos móviles son:

- ❖ *Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)*, está constituido por propileno, amoníaco y oxígeno, se caracteriza por ser resistente y es ampliamente utilizado en la elaboración de carcasas [11].
- ❖ *Resinas epoxídicas*, conformadas por Bifenol A y Epiclorohidrina, son aislantes eléctricos empleados en el encapsulado de los circuitos integrados, transistores y la fabricación de circuitos impresos.
- ❖ *Policarbonato*, es altamente resistente y se emplea en la fabricación de carcasas.
- ❖ *Policloruro de vinilo*, es utilizado como aislante de cables, dentro de sus componentes se encuentran Ftalatos y Cadmio.

Dentro de los plásticos utilizados en esta rama, hay compuestos identificados como *Retardantes de la llama bromados*, que reducen la inflamabilidad de los mismos y poseen dentro de su estructura química aditivos como polibromodifenil éteres (PBDEs), polibromobifenilos (PBBs) o hexabromociclododecano (HBCD), compuestos que pueden pasar al ambiente, bioacumularse en la sangre, leche materna, en tejidos grasos de animales y humanos, así como afectar el desarrollo del sistema nervioso y hormonal [12].

B. Riesgos del manejo inadecuado de los teléfonos móviles

Según lo planteado por el Convenio de Basilea, cuando un teléfono móvil y sus accesorios son desechados en vertederos a cielo abierto o incinerados sin tomar medidas de control, se corren los siguientes riesgos [13]:

C. Disposición de teléfonos móviles en vertederos a cielo abierto

- ❖ Según el documento titulado *Hazard Status of Waste Electrical and Electronic Assemblies or Scrap*, establece que al disponer teléfonos móviles y sus componentes conjuntamente con desechos sólidos comunes, estos entran en contacto con los ácidos generados durante el proceso de lixiviación, causando la solubilización de los metales contenidos en los mismos [14].
- ❖ Si un vertedero a cielo abierto no está delimitado por una barrera impermeable, todas las sustancias contenidas en los lixiviados pueden migrar hacia aguas subterráneas y con el tiempo llegar a manantiales, lagos, ríos, embalses y mares, creando condiciones para la posible exposición de ecosistemas y seres humanos.
- ❖ El principal riesgo está asociado a la migración de sustancias peligrosas a lo largo de la cadena alimenticia como consecuencia de la ingestión directa de contaminantes provenientes del suelo y agua.

D. Incineración de teléfonos móviles sin medidas de control

- ❖ La incineración de teléfonos móviles y sus accesorios, se lleva a cabo con el fin de extraer metales, para la recuperación y el reciclado.
- ❖ Algunos metales, como el Cadmio y el Plomo, tienen temperaturas de fusión relativamente bajas (321,1 y 327,5 °C), que pueden fundirse durante la incineración y generar la emisión de partículas de óxidos metálicos que se esparcen por las poblaciones aledañas. Los plásticos y otros hidrocarburos quizá no se oxiden completamente y no lleguen a transformarse en dióxido de carbono (CO₂) y agua, creándose las condiciones necesarias para formar hidrocarburos halogenados con inclusión de dioxinas y furanos.

E. Ciclo de vida de un teléfono móvil

El ciclo de vida de un teléfono móvil, durante todas sus fases puede ser presentado por su "mochila ecológica". Este concepto científico reúne todos los recursos utilizados para cada fase del ciclo de vida del producto desde la extracción de recursos hasta la disposición final y cuantifica el uso completo de recursos de cada producto. La *Mochila Ecológica*, sin embargo es muy pesada para la mayoría de los AEE, por lo general es mucho mayor que el peso real de un producto. El siguiente desglose de (UNU, 2015) establece que la mochila ecológica de un teléfono móvil estándar es de 44,4 Kilogramos, donde sólo se incluyen materiales abióticos y bióticos [15].



Figura 2. Mochila ecológica de un teléfono móvil. Fuente: (UNU, 2015)

Por lo tanto, todos los esfuerzos para disminuir la mochila ecológica son favorables desde el punto de vista ecológico. Esto puede hacerse ya sea cerrando bucles, asegurando el reciclaje y extendiendo la vida útil de los componentes o todo el producto a través del reuso.

F. Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)

Están enfocados hacia la protección del medio ambiente utilizando la prevención, mitigación de los impactos ambientales, ayudando a cumplir con la legislación, controlando la forma en la que se diseñan los productos y servicios que ofrecen las organizaciones, permitiendo que la información ambiental llegue a las partes interesadas [16].

G. Modelo de Gestión Ambiental

Consiste en establecer una metodología para organizar y combinar los recursos disponibles con el propósito de cumplir las políticas, objetivos y regulaciones ambientales de una institución.

Asimismo, el **Modelo de Gestión Ambiental (MGA) para el Manejo de Residuos de Teléfonos Móviles**, se fundamenta en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) a través del cual se promueve un proceso

interactivo, que es utilizado e implementado por las organizaciones para conseguir la mejora continua de sus SGA. Según lo establecido en la Norma ISO 14001:2015 el ciclo PHVA consiste en:

- ❖ **Planificar:** establecer los objetivos ambientales y los procesos necesarios para generar y proporcionar resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- ❖ **Hacer:** implantar los procesos según lo planificado.
- ❖ **Verificar:** seguimiento y medición los procesos respecto a la política ambiental, incluyendo los compromisos, objetivos ambientales, criterios operacionales e información de resultados.
- ❖ **Actuar:** emprender acciones para la mejora continua.

H. Bases Legales

Dentro de la legislación aplicable en el manejo y de RAEE, a nivel internacional y nacional se destacan las siguientes:

Tabla II: Legislación aplicable en el manejo de RAEE

Normativa
Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Fue Adoptado por la Conferencia de Plenipotenciarios del 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. En el país entró en vigencia el 16 de febrero de 1998, G.O. N° 36.396.
Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Fue firmado el 22 de mayo del año 2001 y entró en vigor el 17 de mayo del 2004. A nivel nacional entró en vigencia el 3 de enero del 2005, G.O. N° 5.754.
Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (30 de diciembre de 1999/G.O.N° 36.860)
Ley Orgánica del Ambiente. (22 de diciembre de 2006/G.O. N° 5.833)
Ley Orgánica de la Salud. (11 de noviembre de 1998/G.O.N° 35.579)
Ley Penal del Ambiente. (2 de mayo de 2012/G.O. N° 39.913)
Ley de Aguas. (2 de enero de 2007/G.O.N° 6.207)
Ley de la Calidad de las Aguas y el Aire. (28 de diciembre de 2015/G.O.N° 6.207)
Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. (13 de noviembre de 2001/G.O.N° 5554)
Ley de Gestión Integral de la Basura. (30 de diciembre de 2010)
Decreto 2635. Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. (3 de agosto de 1998/G.O. N° 5.245)
Decreto 638. Normas Sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica. (19 de mayo de 1995/G.O.N° 4.899)
Decreto 883. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (18 de diciembre de 1998/G.O. N° 5.021)
Decreto 2216. Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos. (23 de abril de 1992/G.O.N°4.418)

Decreto 1257. Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. (26 de abril de 1996/G.O.N° 35.946)
Decreto 2795. (30 de marzo de 2017/G.O.N° 41.125)
Resolución N° 73. Requisitos para la Autorización de Manejadores de Sustancias, Materiales o Desechos Peligrosos y Registro de Generadores de Desechos Peligrosos.

Fuente: Elaboración propia

Según lo establecido en el Informe e-Waste para América Latina (UNU, 2015), la República Bolivariana de Venezuela, a pesar de las disposiciones de carácter general en materia de protección del medio ambiente y gestión de residuos, aún no cuenta con una ley específica sobre la gestión de Residuos de Aparatos Electrónicos y electrónicos (RAEE).

Sin embargo, a través de consultas con el personal técnico de la Dirección General de Gestión de Calidad Ambiental del Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo (MINEC), en la actualidad este organismo trabaja en un proyecto de ley que lleva por nombre “**Normas para la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos**”, el cual tiene como objetivo principal establecer los lineamientos para la gestión ambiental integral de los RAEE, así como incentivar la creación de mercados secundarios para los AEE que hayan entrado en obsolescencia programada o percibida, que por sus características sigan siendo útiles, reusables o reciclables.

Aprovechamiento de RAEE en la República Bolivariana de Venezuela

En cuanto a las empresas dedicadas al reuso, reciclaje y manejo de RAEE en la República Bolivariana de Venezuela, se conoció a través del personal técnico de la Dirección General de Gestión de la Calidad Ambiental del MINEC, que actualmente en el país se encuentran autorizadas cinco (05) empresas en este ramo, identificadas como:

Complejo Siderúrgico Nacional, en la actualidad es la empresa más grande e importante en cuanto al reciclaje de RAEE a nivel nacional. Sus actividades productivas van desde la recolección hasta el procesamiento de material ferroso (chatarra ferrosa), para la elaboración de productos de acero que son utilizados en la industria de la construcción y carpintería metálica. Cuenta con sucursales en catorce (14) ciudades del país y reciben RAEE, tales como: lavadoras, neveras desarmadas, planchas, cocinas, microondas y computadoras. De acuerdo a información suministrada por dicha empresa, se reciben alrededor de cincuenta y un kilotoneladas (51 kt) al año de RAEE, sin

embargo, estos datos son conservadores por ser aproximados. En cuanto al tratamiento y disposición final de los desechos (mezclas de plásticos, metales, fibras de vidrios, etc.) generados durante su actividad productiva, se conoce que estos son enviados al relleno sanitario La Bonanza, sin ser sometidos a ningún tipo de tratamiento que minimice los posibles impactos ambientales.

KB de Venezuela R.P., C.A. (actualmente Metalmorfois), es una empresa ubicada en el estado Miranda, que se dedica al desmantelamiento y reciclaje de RAEE, la cual inició sus operaciones en el año 2007 y ha manejado aproximadamente 1.000 t/año de estos residuos, distribuidos de la siguiente forma: cincuenta (50) t/año de línea Blanca, setecientos (700) t/año de la línea Marrón y doscientos cincuenta (250) t/año de la línea Gris.

Las fracciones de materiales obtenidos en su proceso son cables, circuitos eléctricos, microprocesadores, baterías, plásticos, fibras, metales (aluminio, acero, cobre, bronce, latón y hierro) y pilas. Asimismo, las fracciones de cables, circuitos eléctricos y microprocesadores son exportadas a Europa; por otro lado, los plásticos, fibras y metales son vendidos al mercado local, las baterías y pilas son exportadas y también comercializadas en el mercado nacional. En cuanto al manejo de los desechos peligrosos generados durante la recuperación de materiales, la empresa sólo genera pantallas CRT y restos de vidrio y plásticos, que son gestionados en celdas de seguridad en el relleno sanitario La Bonanza.

Ecoreciclaje Integral 2008, C.A. está ubicada en el Distrito Capital, e inició sus operaciones de recolección, clasificado y desmantelamiento de RAEE en el año 2008. En la actualidad procesa, aproximadamente unas cuatrocientas (400) t/año de RAEE, tales como TV LED, TV CRT, MODEM, servidores, antenas, router, equipos de impresión, laptops, computadoras de mesa, tablets, accesorios de computadoras y teléfonos móviles. En sus procesos productivos generan las siguientes fracciones materiales: cables, metales, plásticos, circuitos impresos. De estas fracciones los cables y circuitos impresos son exportados a Europa, los metales son vendidos al mercado local en especial al Complejo Siderúrgico Nacional y los plásticos entran al mercado nacional cuando se logra reconocer su composición.

De igual forma, en su proceso productivo se generan desechos como vidrio, toners, pantallas CRT y plásticos. El vidrio y los plásticos son enviados a relleno sanitario La Bonanza, y los

toners son entregados a las industrias cementeras donde son incinerados como combustible.

Vitaambiente, C.A. (DEVESA), inició sus labores en el año 2011 y se dedica especialmente a la recolección, clasificado y manejo de los bombillos fluorescentes. Además recolectan pilas, baterías y equipos de la línea gris para su manejo en otras empresas especializadas. Se encuentra ubicada en el municipio Urdaneta del estado Miranda y según datos aportados manejan aproximadamente unas treinta (30) t/año de estos residuos.

Los desechos electrónicos recolectados por la empresa Vitaambiente, C.A., son enviados a la empresa KB de Venezuela S.P., C.A., para su manejo, sin embargo, las pilas alcalinas son almacenadas para luego transportarlas a la empresa Ferroven, C.A., donde se producen aleaciones de ferro-manganeso y las pilas recargables de teléfonos móviles y de botón se manejan en la empresa Minera Loma de Níquel, C.A., por proceso de pirometalurgia. Por otro lado, las fracciones producidas en el reciclaje de los bombillos fluorescentes son las siguientes: Vidrio, polvo fosforado, plásticos, metales y filtros con mercurio. El vidrio más el polvo fosforado son utilizados para fabricación de pinturas texturizadas y como sustitutos de la arena en mezclas para concreto, los plásticos se envían al relleno sanitario La Bonanza, los metales son vendidos a recuperadoras de material ferroso o de aluminio, los filtros con mercurio son enviados al Instituto Venezolano de Investigaciones (IVIC), para la recuperación de mercurio y también a PEQUIVEN en la planta Cloro-Soda.

Complete Environmental Solutions, S.A., fue fundada en el año 2003 y se dedica al transporte, almacenamiento, reciclaje y disposición final de desechos peligrosos, en especial de RAEE. Posee dos (02) plantas ubicadas en el Municipio Rosario de Perijá en el estado Zulia y el municipio Anaco del estado Anzoátegui. Procesan aproximadamente unas mil (1000) t/año de RAEE, tales como: modem, servidores, antenas, router, equipos de impresión, laptops, computadoras de mesa, accesorios de computadoras, teléfonos móviles, bombillos fluorescentes (CFLs), lámparas fluorescentes, pilas recargables y desechables AA⁺, AAA⁺, entre otros.

Capacidad actual de tratamiento de RAEE en la República Bolivariana de Venezuela

A través de la información aportada por el personal técnico de la Dirección General de Gestión de la Calidad Ambiental del (MINEC), en el país sólo se realiza tratamiento primario de los

RAEE, lo cual abarca desmantelamiento manual, separación por gravedad y magnética. Las cinco (05) empresas que se encargan del reciclaje de RAEE a nivel nacional, tratan aproximadamente cincuenta y tres punto siete (53.7) kt/año, sin embargo, estas cifras no son del todo confiables, ya que algunas empresas no llevan registros exactos de sus inventarios (entradas y salidas), como es el caso del Complejo Siderúrgico Nacional, empresa del estado Venezolano, que manifestó tratar cincuenta y un (51) kt/año de RAEE.

Además, precisaron que las únicas empresas que presentan datos confiables fueron KB de Venezuela R.P, C.A., Ecoreciclaje, C.A. y Vitaambiente, C.A, para un total de aproximadamente uno punto cuarenta y tres (1.43) kt/año de RAEE, lo cual sugiere que en el país la capacidad de tratamiento para estos residuos no debe ser mayor a 3 kt, si se toma la media del intervalo de generación de RAEE para el año 2016, esto da un porcentaje de tratamiento aproximado de 4.6%. En comparación con países como Canadá, USA, Japón, Suiza y Gran Bretaña, donde se tratan aproximadamente 17, 25, 23, 60 y 34% de los RAEE respectivamente, lo cual deja al descubierto el bajo porcentaje de tratamiento de RAEE a nivel nacional.

Con base a lo planteado por el ente rector en materia ambiental a nivel nacional, se conoció que como nación no se dispone de un Sistema de Gestión o Modelo de Gestión que permitan a las empresas públicas o privadas llevar a cabo de manera sustentable y segura el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles u otros AEE provenientes de TIC [17].

V. METODOLOGÍA

La metodología de investigación utilizada fue de tipo documental no experimental, ya que se fundamentó en el análisis de textos, informes técnicos, consulta de base de datos a nivel nacional e internacional, entre otros. Todo esto enfocado en un alcance descriptivo, ya que se buscó especificar las propiedades, características y procesos del fenómeno RAEE específicamente de los residuos de teléfonos móviles, desde el origen hasta el final del ciclo de vida del producto a través de la revisión de los modelos de gestión para el manejo de RAEE implementados en países de Latino América y Europa.

También, se realizó la selección de la población y muestra, estableciendo como **Unidad de Análisis** (participantes, objetos, sucesos, casos,

elementos que se estudie) los usuarios de líneas de telefonía móvil que se encuentran activas a nivel nacional. Asimismo, se definió una muestra de tipo **Probabilística Estratificada**, definida como "Muestreo en el que la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento." [18].

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Análisis y resultados de la investigación

Durante la investigación se diseñó un instrumento de consulta (Cuestionario) que se aplicó en el Distrito Capital de la República Bolivariana de Venezuela (Población de la Investigación) por ser la aglomeración urbana más grande del país y contar con 4.159.651 líneas activas de telefonía móvil, de las cuales se determinó una muestra de 385 usuarios, destacando que se utilizó como herramienta la aplicación Google Forms vía correo electrónico.

B. Datos Generales

Tabla III: Estadística descriptiva de la edad

Parámetro	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad	386	16	76	36	± 16

N: total de participante; **Fuente:** Elaboración propia

Tabla IV: Estadística descriptiva de la ocupación

Ocupación	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Estudiante	130	33,7	33,7
Obrero	5	1,3	35,0
Profesional	156	40,4	75,4
Profesor	95	24,6	100
Total	386	100	

Fuente: Elaboración propia

Análisis: La ocupación de los usuarios de teléfonos móviles que participaron en la consulta, está representada en un 40,4% (156) por profesionales, seguido por 33,7% (130) de estudiantes, un 24,6% (95) de profesores y por último con 1,3% (5) de obreros. Cabe destacar, que la muestra de obreros no se tomó en cuenta para algunos cálculos ya que está no era significativa.

Tabla V: Estadística descriptiva del género

Sexo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Femenino	193	50	50
Masculino	193	50	100
Total	386	100	

Fuente: Elaboración propia

Análisis: La frecuencia del género de los participantes en la consulta está distribuida en 50% para el sexo femenino y 50% para el sexo masculino.

C. Datos específicos

Es preciso mencionar que a través de las primeras cuatro (04) preguntas se midió el conocimiento de los usuarios sobre el manejo de los residuos de teléfonos móviles (expectativa general) y con las últimas nueve (09) preguntas, puntos más específicos sobre la gestión de los mismos (expectativa específica).

D. Expectativa general

Tabla VI: Frecuencia ítem N° 1

¿Por qué deja de utilizar un teléfono móvil?		
Codificación	Frecuencia	Porcentaje (%)
1- Está dañado y no puede ser reparado	296	76,7
2 - Adquirí un modelo de última tecnología	54	14,0
3- Está obsoleto	36	9,3
Total	386	100

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Se evidenció que el 76,7% de los encuestados indicó que deja de utilizar un teléfono móvil porque está dañado y no puede ser reparado, el 14% ya que adquiere un modelo de última tecnología y el 9,3% cuando está obsoleto.

Tabla VII: Frecuencia ítem N° 2

¿Qué hace usted con el teléfono móvil en desuso?		
Codificación	Frecuencia	Porcentaje (%)
1- Lo guardo en algún lugar de mi casa	302	78,2
2 - Lo vendo para ser usado como repuesto	73	18,9
3- Lo entrego a una empresa recicladora autorizada por el Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo (MINEC).	6	1,6
4- Lo dispongo conjuntamente con desechos sólidos de origen doméstico	5	1,3
Total	386	100

Fuente: Elaboración propia

Análisis: En este caso se tiene que el 78,2% de los encuestados guarda los teléfonos móviles en desuso en algún lugar de su casa, el 18,9% los vende para que sean usados como repuestos, el 1,6% los entrega a empresas recicladoras autorizadas por el MINEC y el 1,3% los dispone conjuntamente con desechos sólidos de origen doméstico.

Tabla VIII: Frecuencia ítem N° 3

¿Sabía usted que los teléfonos móviles contienen materiales o elementos de alto valor comercial (Oro, Plata, Cobalto, entre otros) que al final de su ciclo de vida si no son gestionados adecuadamente pueden ser tóxicos para el ambiente?		
Codificación	Frecuencia	Porcentaje (%)
1- Sí	254	65,8
2- No	132	34,2
Total	386	100,0

Fuente: Elaboración propia

Análisis: A través del ítem N° 3 se visualiza que el 65,8% de los encuestados está en conocimiento de que los teléfonos móviles contienen materiales o elementos de alto valor comercial.

Tabla IX: Análisis Univariado de Varianza entre variables dependientes ocupación y género e ítem N° 3 (Conocimiento del tema)

Variable	Escala	N
Ocupación	Estudiante	130
	Profesional	155
	Profesor	95

E. Expectativa específica

Tabla XI: Estadística descriptiva de los ítems 5 al 13

Ítem	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
15 ¿Considera usted que es importante crear campañas de concientización sobre el manejo de residuos de teléfonos móviles?	4	5	4,9	±0,4
16 ¿Cree usted que establecer un modelo o sistema de gestión de residuos de teléfonos móviles es importante para el país?	1	5	4,7	±0,6
17 Países de Sur América, como Colombia, Chile, Perú, Brasil y Ecuador, entre otros, cuentan con modelos de gestión y leyes específicas que regulan el manejo de residuos de teléfonos móviles. ¿Considera usted que la República Bolivariana de Venezuela, debería establecer políticas y mejoras con relación a este problema ambiental?	1	5	4,8	±0,5
18 ¿La participación entre los sectores públicos y privados permitiría establecer mejores modelos o sistemas de gestión para el manejo de residuos de teléfonos móviles a nivel nacional?	1	5	4,6	±0,7
19 La minería urbana, consiste en reciclar materiales presentes en residuos electrónicos, tales como: oro, plata, cobre, platino, aluminio, acero, plásticos, entre otros, para ser reutilizados como materias primas secundarias. ¿Considera pertinente la minería urbana de residuos de teléfonos móviles en el país?	1	5	4	±1

Género	Femenino	192
	Masculino	188
Ítem N° 3	Sí	250
	No	130

Fuente: Elaboración propia

Tabla X: Frecuencia ítem N° 4

De ser positiva la respuesta anterior, indique como se enteró de esto:		
Codificación	Frecuencia	Porcentaje (%)
1- Por campañas educativas en su comunidad	22	5,7
2- Por campañas informativas en TV, radio, medios impresos, vía internet o redes sociales	223	57,8
3- Por campañas de educación ambiental impartidas por el gobierno nacional	10	2,6
4- Desconoce que los teléfonos móviles contienen materiales peligrosos	131	33,9
Total	386	100

Fuente: Elaboración propia

Análisis: Mediante las respuestas del ítem N° 4 se observa que el 57,8% de los encuestados se enteró que los teléfonos móviles contienen materiales o elementos de alto valor comercial a través de campañas informativas (TV, radio, medios impresos, vía internet o redes sociales), seguido por el 33,9% que desconoce que dichos equipos contienen materiales peligrosos, asimismo el 5,7% mediante campañas educativas realizadas en sus comunidades y el 2,6% indicó haber adquirido esta información por campañas de educación ambiental impartidas por el gobierno nacional

110	¿La creación de entes u organismos dedicados al reciclaje de residuos de teléfonos móviles, aportarían beneficios ambientales al país?	1	5	4,6	±0,7
111	¿La creación de entes u organismos dedicados al reciclaje de residuos de teléfonos móviles, aportarían beneficios económicos al país?	1	5	4	±1
112	¿La recuperación y reciclaje de metales contenidos en los residuos de teléfonos móviles, ayudaría a disminuir la minería extractiva normalmente utilizada y traer beneficios ambientales al país?	1	5	4	±1
113	¿Considera oportuno la aplicación del Principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) a nivel nacional, a través del cual los productores y distribuidores de teléfonos móviles tienen la responsabilidad de organizar y financiar la gestión sustentable de los residuos derivados de sus productos?	1	5	4,4	±0,8

N: total de encuestados 386; **Escala de Likert:** 1 (Definitivamente No); 2 (Probablemente No); 3 (No estoy seguro); 4 (Probablemente Sí); 5 (Definitivamente Sí). **Fuente:** Elaboración propia

Tabla XII: Frecuencia ítem N° 5

¿Considera usted que es importante crear campañas de concientización sobre el manejo de residuos de teléfonos móviles?					
Escala de medición	Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado	
Probablemente Sí	4	58	15,0	15,0	15,0
Definitivamente Sí	5	328	85,0	85,0	100
Total	386	100	100		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1.
Frecuencia ítem N° 5

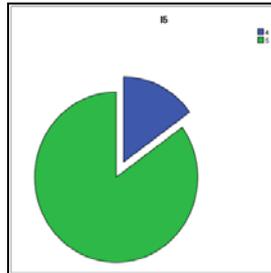


Gráfico N° 2.
Frecuencia ítem N° 6

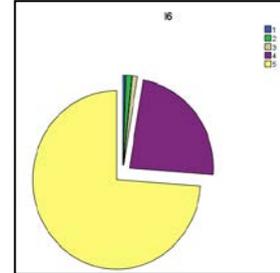


Tabla XIII: Frecuencia ítem N° 6

¿Cree usted que establecer un modelo o sistema de gestión de residuos de teléfonos móviles es importante para el país?					
Escala de medición	Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado	
Definitivamente No	1	2	0,5	0,5	0,5
Probablemente No	2	4	1,0	1,0	1,6
No estoy Seguro	3	4	1,0	1,0	2,6
Probablemente Sí	4	91	23,6	23,6	26,2
Definitivamente Sí	5	285	73,8	73,8	100
Total	386	100	100		

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIV: Frecuencia ítem N° 7

Países de Sur América, como Colombia, Chile, Perú, Brasil y Ecuador, entre otros, cuentan con modelos de gestión y leyes específicas que regulan el manejo de residuos de teléfonos móviles. ¿Considera usted que la República Bolivariana de Venezuela, debería establecer políticas y mejoras con relación a este problema ambiental?					
Escala de medición	Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado	
Definitivamente No	1	1	0,3	0,3	0,3
Probablemente No	2	1	0,3	0,3	0,5
No estoy Seguro	3	2	0,5	0,5	1,0
Probablemente Sí	4	62	16,1	16,1	17,1
Definitivamente Sí	5	320	82,9	82,9	100
Total	386	100	100		

Fuente: Elaboración propia

Tabla XV: Frecuencia ítem N° 8

¿La participación entre los sectores públicos y privados permitiría establecer mejores modelos o sistemas de gestión para el manejo de residuos de teléfonos móviles a nivel nacional?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	2	0,5	0,5	0,5
Probablemente No	2	10	2,6	2,6	3,1
No estoy Seguro	3	14	3,6	3,6	6,7
Probablemente Sí	4	98	25,4	25,4	32,1
Definitivamente Sí	5	262	67,9	67,9	100
Total		386	100	100	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3.

Frecuencia ítem N° 7

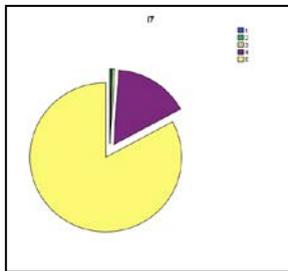


Gráfico N° 4. Frecuencia ítem N° 8

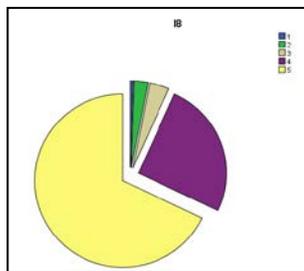


Tabla XVI: Frecuencia ítem N° 9

La minería urbana, consiste en reciclar materiales presentes en residuos electrónicos, tales como: oro, plata, cobre, platino, aluminio, acero, plásticos, entre otros, para ser reutilizados como materias primas secundarias. ¿Considera pertinente la minería urbana de residuos de teléfonos móviles en el país?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	23	6,0	6,0	6,0
Probablemente No	2	17	4,4	4,4	10,4
No estoy Seguro	3	33	8,5	8,5	18,9
Probablemente Sí	4	111	28,8	28,8	47,7
Definitivamente Sí	5	202	52,3	52,3	100
Total		386	100	100	

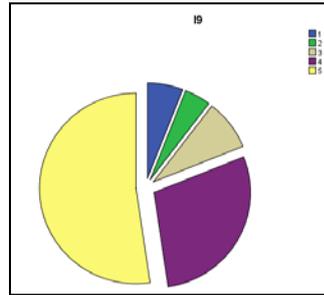
Fuente: Elaboración propia

Tabla XVII: Frecuencia ítem N° 10

¿La creación de entes u organismos dedicados al reciclaje de residuos de teléfonos móviles, aportarían beneficios ambientales al país?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	3	0,8	0,8	0,8
Probablemente No	2	10	2,6	2,6	3,4
No estoy Seguro	3	9	2,3	2,3	5,7
Probablemente Sí	4	96	24,9	24,9	30,6
Definitivamente Sí	5	268	69,4	69,4	100
Total		386	100	100	

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 5. Frecuencia ítem N° 9



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 6. Frecuencia ítem N° 10

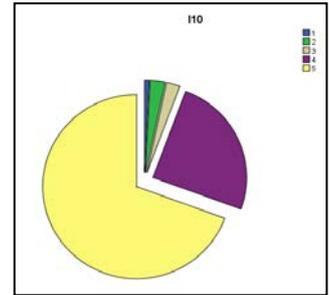


Tabla XVIII: Frecuencia ítem N° 11

¿La creación de entes u organismos dedicados al reciclaje de residuos de teléfonos móviles, aportarían beneficios económicos al país?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	5	1,3	1,3	1,3
Probablemente No	2	27	7,0	7,0	8,3
No estoy Seguro	3	32	8,3	8,3	16,6
Probablemente Sí	4	149	38,6	38,6	55,2
Definitivamente Sí	5	173	44,8	44,8	100
Total		386	100	100	

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIX: Frecuencia ítem N° 12

¿La recuperación y reciclaje de metales contenidos en los residuos de teléfonos móviles, ayudaría a disminuir la minería extractiva normalmente utilizada y traer beneficios ambientales al país?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	19	4,9	4,9	4,9
Probablemente No	2	63	16,3	16,3	21,2
No estoy Seguro	3	24	6,2	6,2	27,5
Probablemente Sí	4	139	36,0	36,0	63,5
Definitivamente Sí	5	141	36,5	36,5	100
Total		386	100	100	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 7. Frecuencia ítem N° 11

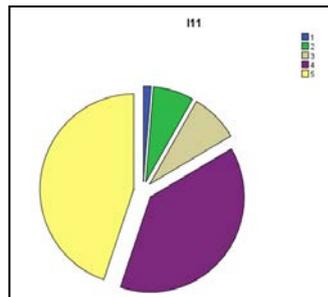
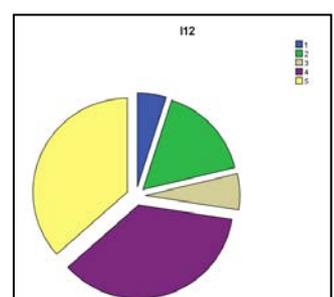


Gráfico N° 8. Frecuencia ítem N° 12



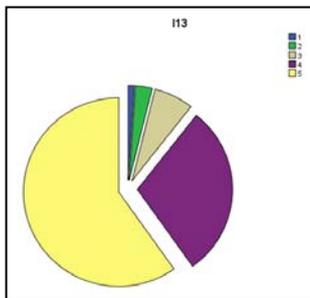
Fuente: Elaboración propia

Tabla XX: Frecuencia ítem N° 13

¿Considera oportuno la aplicación del Principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) a nivel nacional, a través del cual los productores y distribuidores de teléfonos móviles tienen la responsabilidad de organizar y financiar la gestión sustentable de los residuos derivados de sus productos?					
Escala de medición		Frecuencia	%	% válido	Porcentaje acumulado
Definitivamente No	1	4	1,0	1,0	1,0
Probablemente No	2	11	2,8	2,8	3,9
No estoy Seguro	3	26	6,7	6,7	10,6
Probablemente Sí	4	114	29,5	29,5	40,2
Definitivamente Sí	5	231	59,8	59,8	100
Total		386	100	100	

Fuente: **Elaboración propia**

Gráfico 9: Frecuencia ítem N° 13



Fuente: **Elaboración propia**

F. Interpretación General de Resultados

Con base en la información colectada en el Distrito Capital (Población objeto de investigación) y la muestra determinada, se tiene lo siguiente:

- ❖ Del total de las 386 personas que participaron en la encuesta 285 (73,8%) consideran que establecer un modelo o sistema de gestión de residuos de teléfonos móviles es importante para el país, así como 91 (23,6%) opina que probablemente es necesaria tal medida.
- ❖ Se conoció que los usuarios dejan de utilizar un teléfono móvil porque está dañado y no puede ser reparado, seguido por la opción de que adquieren un modelo de última tecnología o este equipo está completamente obsoleto.
- ❖ Los usuarios de teléfonos móviles, tienden a guardar los equipos en desuso en sus hogares y en algunos casos los venden para ser utilizados como repuestos, lo que indica que están conscientes del valor que tienen los mismos pero a su vez desconocen que existen empresas que pueden

aprovechar de forma más adecuada los recursos.

- ❖ De igual forma, se obtuvo que 254 de los encuestados (65,8%) está en conocimiento de que los teléfonos móviles contienen materiales o elementos de alto valor comercial y que sí los mismos no son gestionados adecuadamente al final de su ciclo de vida pueden ser tóxicos para el ambiente y la salud. Sin embargo, se observó que 132 de los participantes (34,2%) desconocía tal situación, razón por la cual se considera oportuno la ejecución de programas de educación ambiental que sean impartidos mediante medios de comunicación digital y audiovisual, así como programas de educación primaria, secundaria y universitaria para concientizar a los usuarios de teléfonos móviles sobre los beneficios que trae el manejo adecuado de este tipo de residuos.
- ❖ En cuanto a las políticas y mejoras con relación al manejo de residuos de teléfonos móviles en la República Bolivariana de Venezuela, el 82,9% (320) de los participantes indican que estas deberían implementarse, con la participación del sector privado y las comunidades.
- ❖ En relación a la aplicación de la minería urbana de residuos de teléfonos móviles 202 de los encuestados (52,3%) considera pertinente esta alternativa, asimismo el 28,8% (111) está probablemente de acuerdo, tomando en consideración que se deberían crear entes u organismos especializados en la materia que aporten beneficios ambientales y económicos al país.
- ❖ De igual forma, se apreció diversidad de opiniones en cuanto a cómo la minería urbana puede ayudar a disminuir el uso de la minería extractiva utilizada actualmente en el país.
- ❖ Para finalizar, la mayoría de los encuestados opina que sería una medida favorable para el país, la aplicación del Principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) a nivel nacional.

VII. MODELO DE GESTIÓN PARA EL MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE TELÉFONOS MÓVILES Y OTROS RAEE/TIC

El modelo de gestión está conformado por cinco (05) fases en las cuales se encuentran involucrados todos los mecanismos de acción y los actores del proceso de gestión (Figura 3):

1. Como punto de partida se debe establecer la *Política Nacional de Gestión de RAEE*, que garantice la protección del ambiente, la cual debe incluir, entre otras cosas, la misión y

noción nacional, los objetivos, metas y planes de ejecución con sus respectivas fechas de implementación, leyes y normas técnicas, en las que se debe definir un marco claro de responsabilidades y autoridades encargadas de la supervisión y evaluación, así como las medidas para controlar los peligros que entraña la gestión ambiental de RAEE.

Todo esto aplicando una metodología participativa, que involucre en las diferentes fases de su desarrollo la intervención de los Ministerios con competencia en materia ambiental, salud, educación, ciencia y tecnología, comunicación, industrias y comercio, relaciones interiores y exteriores, Servicio Nacional Integrado de Administración Aduanera y Tributaria (SENIAT), Gobiernos regionales y municipales, Cámara de comercio de equipos electrónicos, Industrias privadas y públicas de telefonía y tecnologías de la información, Empresas manejadoras de RAEE, sustancias, materiales y desechos peligrosos, Organizaciones No Gubernamentales (ONG), Organizaciones vecinales, entre otros que aporten al desarrollo del proyecto de ley.

2. *Los Negocios y finanzas*, consiste en la fase administrativa con la actualización continua de nuevos modelos de negocios, control técnico de los contratos, inclusión de todos los involucrados en la cadena productiva y comercial desde el productor o importador de AEE, distribuidor, revendedores, minoristas, usuarios de TM y AEE, punto de colecta o retorno de equipos, logística de transporte, empresas manejadoras de RAEE, sustancias, materiales y desechos peligrosos, reusó y aprovechamiento de materias primas secundarias, tratamiento y disposición final de desechos.
3. *Desarrollo tecnológico*, consiste en la fase de investigación donde están involucrados los centros de investigación y desarrollo tecnológico nacional e internacional, universidades, pequeñas y mediana industrias (PYMES), empresas manejadoras de RAEE, sustancias, materiales y desechos peligrosos, convenios para transferencia de conocimientos y tecnologías, formalización del sector informal y la capacitación del talento humano.
4. *Marketing y sensibilización*, permite la prevención y minimización del manejo inadecuado de RAEE a través de la implementación de programas de educación ambiental aplicados en todos los niveles educativos, campañas educativas en redes sociales, medios de comunicación digital, televisión y radio. Además, de desarrollar aplicaciones móviles para que los usuarios estén al tanto de la ubicación de los centros de acopio.
5. *Monitoreo y control*, consiste en la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental de residuos de teléfonos móviles y otros RAEE, los cuales deben cumplir con estándares de calidad nacional (leyes, decretos, resoluciones y normas técnicas) e internacional (normas ISO), aplicándose programas de auditorías, registros del control del flujo de materiales procesados, además de verificar el cumplimiento con la responsabilidad extendida del productor (REP), entre otros parámetros que permitan la mejora continua del proceso.

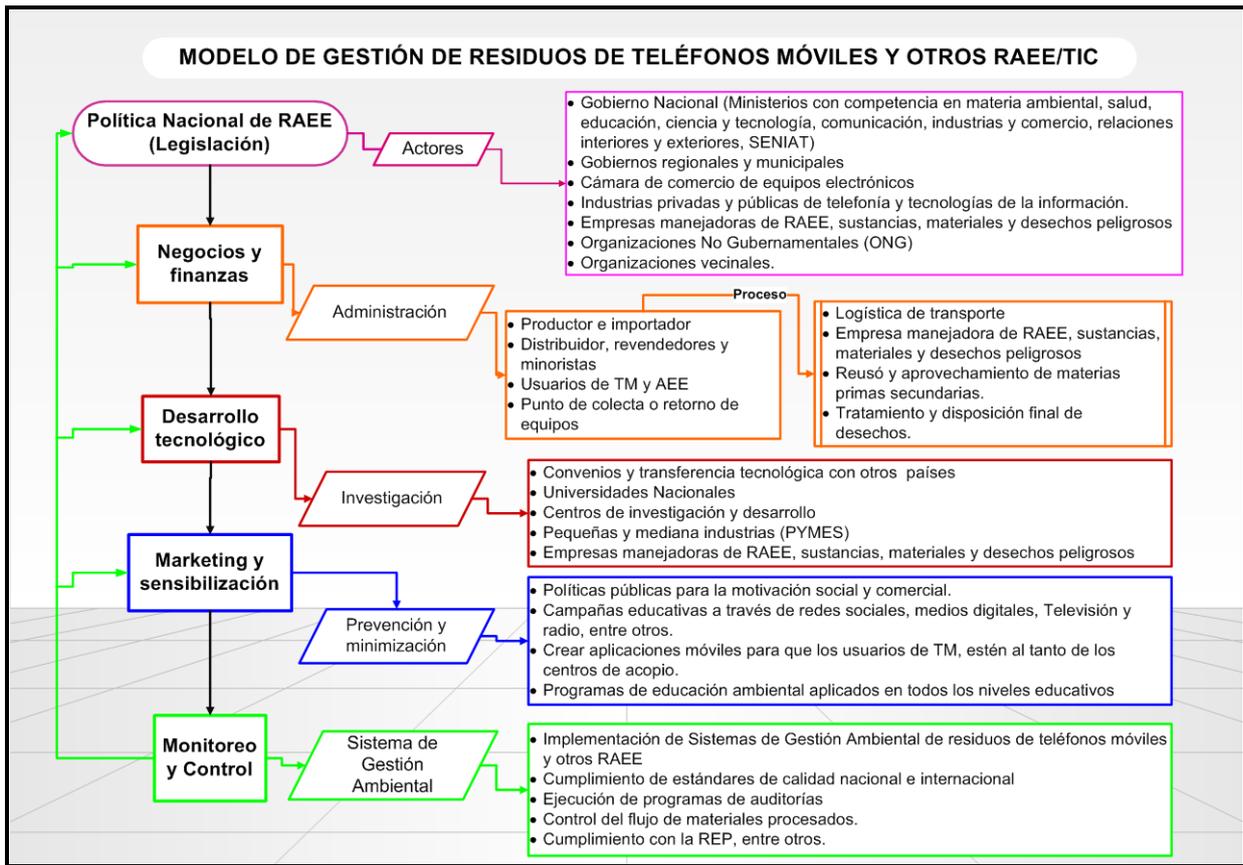


Figura 3: Modelo de Gestión para el manejo y aprovechamiento de Residuos de Teléfonos Móviles y otros RAEE/TIC. Fuente. Elaboración propia

A. Etapas de Sistema Gestión de Residuos de teléfonos móviles y otros RAEE/TIC

Con base en el Modelo de Gestión anteriormente planteado, se describe un Sistema de Gestión ambiental racional de los residuos de teléfonos móviles y RAEE procedentes de las TIC, el cual se enmarca en la sostenibilidad y busca un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales de una organización, también se mencionan algunas alternativas para el tratamiento y disposición final de los mismos.

Las fases o etapas que se dan hasta llegar a la reutilización o segundo ciclo de vida útil de los residuos de teléfonos móviles y otros RAEE/TIC, sirven de guía para establecer los requisitos mínimos que han de cumplir los gestores con la finalidad de favorecer la economía circular, desde la cuna (producción) hasta la tumba (tratamiento final de desechos y aprovechamiento de materias primas secundarias) [19] (Figura 4).

❖ **La colecta o recolección de RAEE**, se debe llevar a cabo conjuntamente entre

el sector público y privado a fin de asegurar un sistema eficiente que beneficie los dos (02) principales grupos de consumidores como son las corporaciones y ciudadanía en general. Esto implica la creación de centros de acopio adecuados a la normativa técnica con fácil acceso y costos convenidos.

❖ **La recuperación**, consiste en el reuso o aprovechamiento de los RAEE, en centros de manejo especializados y autorizados en los que se clasifican, valorizan y comercializan.

❖ **La Disposición final**, se refiere a los procesos de tratamiento de las sustancias, materiales y desechos peligrosos no aprovechables en la etapa de recuperación, para su posterior envío a rellenos de seguridad, cumpliendo con las normas y leyes establecidas para tal caso.

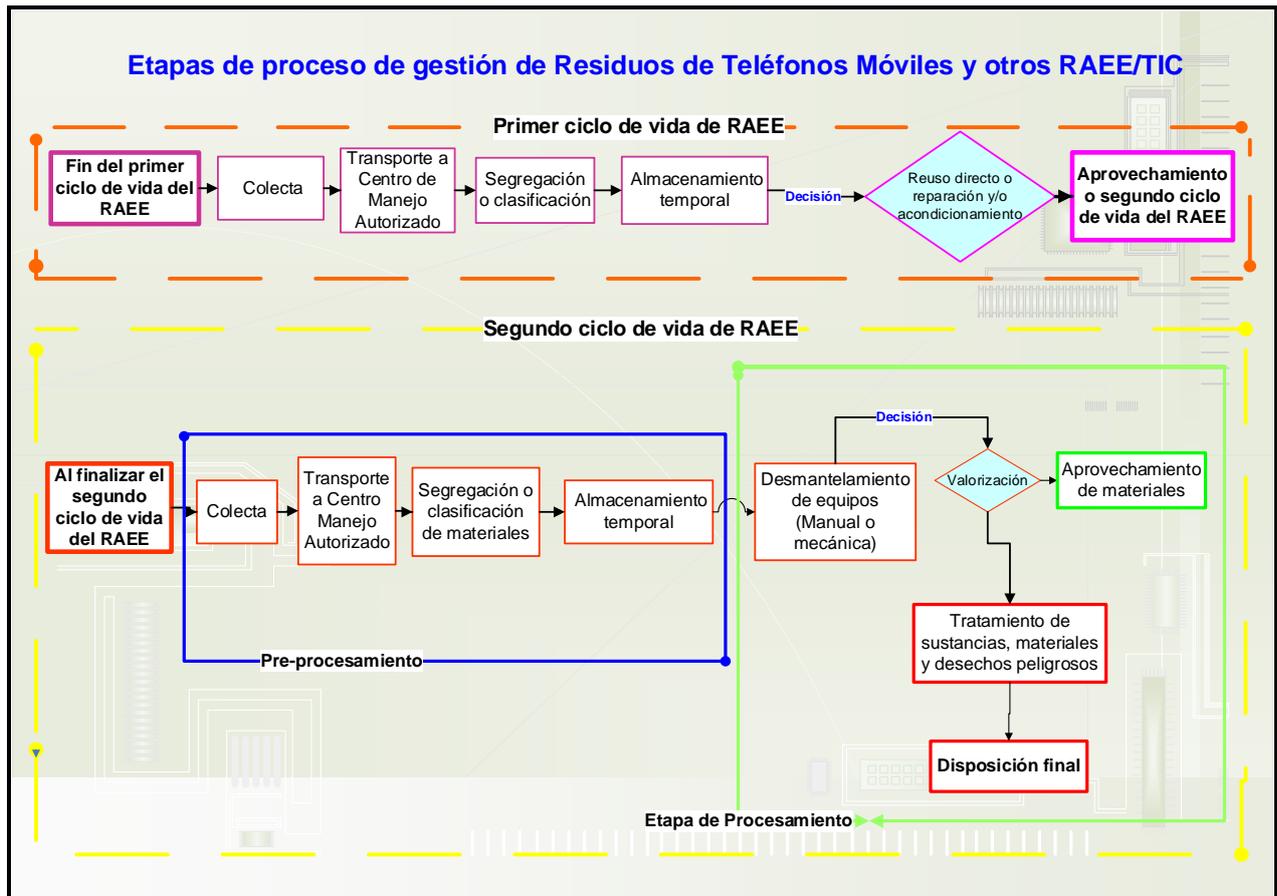


Figura 4: Etapas y procesos de sistema de Gestión de Residuos de Teléfonos móviles y otros RAEE/TIC. **Fuente:** ITU, (2017)

B. Requisitos transversales que se aplican en todas las Etapas del Sistema de Gestión de RAEE/TIC

Infraestructura, Talento humano, Soporte documental (procesos y procedimientos), Equipos, herramientas y maquinaria, Sistemas de información y Comunicaciones.

C. Ventajas del Reciclaje de Residuos de Teléfonos Móviles y otros RAEE/TIC

El reciclaje de RAEE/TIC, permite recuperar a partir de una tonelada de teléfonos móviles, 280 gramos de oro, 1.700 gramos de plata y 180.000 gramos de cobre, decenas de elementos y materiales compuestos como hierro, aluminio, zinc, estaño, otros metales preciosos y tierras raras. La minería urbana o gestión de la chatarra usa desechos que hoy enterramos o quemamos como materia prima. Los costos de tratamiento por tonelada de teléfonos móviles no llegan a 2.000 dólares por tonelada, a lo cual se debe agregar el refinado posterior que será variable en función de los materiales que quiera recuperar. En la actualidad países como Alemania, Bélgica, Suecia, Canadá y Japón, importan estos

“residuos o desechos”. Pero en Latinoamérica, aún se les conoce como residuos peligrosos, a pesar que la propia Convención de Basilea, que regula el movimiento de éstos promueve el concepto de reciclabilidad, valorización y recuperación de insumos productivos [20].

Este modelo depende también de un marco jurídico, inversiones, el desarrollo conjunto de sistemas integrados de gestión de los RAEE que integre soluciones para los productores, autoridades, consumidores/usuarios, ideas, innovaciones, emprendedores, divulgadores, consultores, asesores, fiscalizadores es decir, toda una “retro-industria” que colecte-gestione-manufacture-remanufacture-recicle-recupere y genere valor a partir de RAEE, y otros desechos como insumos de nuevos procesos productivos.

VIII. CONCLUSIONES

Con base en todas las fases de la investigación, se ha cumplido con el objetivo general planteado y los objetivos específicos, concluyendo lo siguiente:

- ❖ Los Desechos Electrónicos y Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), se clasifican como materiales peligrosos ya que contienen elementos tóxicos como Mercurio, Plomo y Retardadores Bromados de la Llama, entre otros, los cuales están regulados por el **Convenio de Basilea**, sobre el “Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación”, el cual comenzó a abordar la temática relacionada con estos durante la sexta reunión de la Conferencia de las Partes (COP6), celebrada en Ginebra en el año 2002, tomando como premisa la gestión ambientalmente racional y la prevención del tráfico ilegal a los países subdesarrollados.
- ❖ Los teléfonos móviles son elaborados con materiales como plásticos, metales pesados, cerámicas y vidrios especiales, destacando que cada fabricante produce diferentes dispositivos y variedades de modelos, es por ello que las sustancias o materiales empleados difieren de una empresa a otra. La peligrosidad de los metales pesados, radica en que no son química ni biológicamente degradables y que algunos de estos elementos tienden a bioacumularse en los tejidos del cuerpo humano amenazando la salud; cuando son dispuestos sin ningún tipo de control al ambiente, el principal recurso afectado es el suelo. En cuanto al plástico, constituye el 40% del equipo, dentro de los más utilizados en esta rama, se encuentran compuestos identificados como retardantes de la llama bromados, los cuales son utilizados para reducir la inflamabilidad de los mismos y poseen dentro de su estructura química aditivos como polibromodifenil éteres (PBDEs), polibromobifenilos (PBBs) o hexabromociclododecano (HBCD), compuestos que pueden pasar al ambiente y bioacumularse en la sangre y leche materna.
- ❖ En la República Bolivariana de Venezuela, existen cinco (05) empresas autorizadas por el Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo (MINEC) para realizar el manejo de RAEE, identificadas como: *Complejo Siderúrgico Nacional, KB de Venezuela R.P., C.A (actualmente Metalmorfosis)*, *Ecoreciclaje Integral 2008, C.A., Vitaambiente, C.A. (DEVESA)* y *Complete Environmental Solutions, S.A.*; de las cuales sólo tres (03) ejecutan el manejo y aprovechamiento de residuos de Teléfonos Móviles. Sin embargo, en cuanto a las alternativas aplicadas para el tratamiento y disposición final de los desechos peligrosos generados durante las actividades, las técnicas más aplicadas son la exportación de cables, tarjetas de circuitos y microprocesadores a empresas Europeas, venta de material ferroso y plásticos en el mercado nacional cuando se reconoce su composición, y para los desechos que no tienen valor comercial la disposición en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto.
- ❖ Según la información aportada por el Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo (MINEC), las únicas empresas que presentan datos confiables son KB de Venezuela R.P, C.A., Ecoreciclaje, C.A. y Vitaambiente, C.A, para un total de procesamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) de aproximadamente 1.43 kt/año de RAEE, lo cual sugiere que en el país la capacidad de tratamiento para estos residuos no debe ser mayor a 3 kt, si se toma la media del intervalo de generación de RAEE para el año 2016, esto da un porcentaje de tratamiento aproximado de 4.6%.
- ❖ En la República Bolivariana de Venezuela, no se dispone de política nacional en materia de RAEE, Modelo de Gestión o legislación específica que permitan el manejo y aprovechamiento de residuos de teléfonos móviles u otros Aparatos Eléctricos y Electrónicos provenientes de las Tecnologías de la Información y Comunicación.
- ❖ La aplicación de un instrumento de consulta, se realizó en el Distrito Capital por ser la aglomeración urbana más grande del país, lo que permitió evaluar que el 73,8% de los encuestados considera que establecer un modelo o sistema de gestión de residuos de teléfonos móviles es importante para el país, así como el 23,6% opina que probablemente es necesaria tal medida. Lo que permitiría mitigar los impactos ambientales asociados e incidiendo directamente sobre la salud de la población, se aprovecharían las materias primas secundarias activándose nuevos mercados y fuentes de empleos, entre otras ventajas.
- ❖ El modelo de gestión diseñado para el manejo residuos de teléfonos móviles y que puede ser aplicable en la República Bolivariana de Venezuela, tiene como finalidad aprovechar las materias primas secundarias, el cual consta de cinco (05) fases: políticas y legislación eficiente, enfoque de negocios y finanzas viables económicamente, desarrollo tecnológico de

vanguardia, marketing y sensibilización social, monitoreo y control efectivo. Además, se plantean las etapas y procesos del Sistema de Gestión Ambiental para los Residuos de Teléfonos Móviles y otros RAEE/TIC, enmarcadas en la fase de monitoreo y control efectivo, así como algunas alternativas de recuperación y aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar las siguientes acciones con el objeto de avanzar en el tema de la Gestión de Residuos de Teléfonos Móviles y otros RAEE en la República Bolivariana de Venezuela:

- ❖ Establecer un marco legal nacional específico para la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).
- ❖ Fomentar la creación de nuevas empresas que permitan gestionar y manejar los RAEE a nivel nacional, las cuales deben estar debidamente autorizadas por la autoridad ambiental y cumplir con altos estándares de calidad en sus procesos productivos.
- ❖ Desarrollar políticas públicas, con el fin de motivar e incentivar el reciclaje y aprovechamiento de RAEE, en las que se involucren todos los sectores de la cadena productiva de aparatos eléctricos y electrónicos.
- ❖ Las empresas manejadoras de RAEE en asociación con las grandes casas de telefonía móvil, pueden crear campañas a través de las cuales se incentive a los usuarios mediante bonos o descuentos en nuevos productos, a traer los consumibles de los teléfonos móviles que tienen un período de vida corto, como es el caso de las baterías y cargadores para que sean aprovechados.
- ❖ A través de este trabajo se abre la puerta para nuevas investigaciones de trabajos de grado en Pregrado, Maestría y Doctorado, en áreas como: informática, marketing, ambiente, economía, comunicación, entre otras.

X. REFERENCIAS

[1] Colegio de la Frontera Norte. (2012). Guía municipal de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para el noreste de México. (2). Recuperado de <https://www.epa.gov.com>.

[2] United Nations University. (2017). The Global E-waste Monitor 2017. (9). Recuperado de <https://www.itu.int/en/ITUDE/ClimateChange/Pages/Global-E-waste-Monitor-2017.aspx>.

[3] United Nations University. (2015). *e-waste en América Latina*. (2). Recuperado de <https://www.gsma.com/latinamerica/es/ewaste-2015>.

[4] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2004). *Information and Communications Technologies*. (1). Recuperado de: <https://www.oecd.org/sti/ieconomy/37620123.pdf>.

[5] Parlamento Europeo y del Consejo sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. (2003). *Directiva 2002/96/CE*. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2003/037/L0002400039.pdf>.

[6] Convenio de Basilea. (2008). *Information Note Mobile Phone Partnership Initiative*. (1). Recuperado de: http://www.gsmworld.com/news/press_2008/press08_31.shtml.

[7] Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2015). *Informe de Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina*. (1). Recuperado de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301.PDFS.pdf.

[8] Comisión Nacional de Telecomunicaciones. (2017). *Informe Cifras del Sector Telecomunicaciones (2017)*. (1). Recuperado de: <http://www.conatel.gob.ve/informe-cifras-del-sector-tercer-trimestre-2017/>.

[9] Convenio de Basilea. (2012). *Documento de Orientación sobre el Manejo Ambientalmente Racional de Teléfonos Móviles Usados y al Final de su Vida Útil*. Recuperado de file:///C:/Users/Iraida/Documents/Downloads/UNEP-CHW-EWASTE-GUID-PUB-MobilePhones-201302.Spanish%20(1).pdf.

[10] Plastics Industry Association (2017). *Watching: Consumer Technology*. Recuperado de: <http://www.plasticsindustry.org/sites/plastics.dev/files/PlasticsMarketWatchConsumerTechnologyWebVersion.pdf>.

[11] Massó, M. (2015). *Disseny d'un sistema de detecció de vehicles lents*. Recuperado de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76406/Annex%20D%20ABS%20\(1\).pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/76406/Annex%20D%20ABS%20(1).pdf).

[12] Ortuño, N. (2014). *Descomposición Térmica de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Alicante. Alicante, España.

[13] Convenio de Basilea. (2012). *Documento de Orientación sobre el Manejo Ambientalmente Racional de Teléfonos Móviles Usados y al Final de su Vida Útil*. Recuperado de: file:///C:/Users/Iraida/Documents/Downloads/UNEP-CHW-EWASTE-GUID-PUB-MobilePhones-201302.Spanish%20(1).pdf.

[14] Departamento de Medio Ambiente y Patrimonio de Australia. (1999). *Hazard Status of Waste Electrical and Electronic Assemblies or Scrap*. Recuperado de: <http://c.yimcdn.com/sites/www.productstewardship.us/resource/resmgr/imported/scrap.pdf>.

[15] United Nations University. (2015). *e-waste en América Latina*. (2). Recuperado de <https://www.gsma.com/latinamerica/es/ewaste-2015>.

[16] Norma Internacional ISO 14001. (2015). *Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos para su uso. (3)*. Publicado por la Secretaría Central de ISO en Ginebra, Suiza.

[17] Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo. (2018). *Dirección General de Gestión de la Calidad Ambiental*. Caracas. República Bolivariana de Venezuela.

[18] Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación*. Distrito Federal, México. Mc Graw Hill.

[20] GSMA. (2014). *eWaste en América Latina El aporte de los operadores móviles en la reducción de la basura electrónica - Estudio de casos*. Recuperado en <https://www.gsma.com/latinamerica/wpcontent/uploads/2014/05/eWaste-Latam-spa-Completo.pdf>.