

Cuestión 8/2

**Estrategias y políticas
para la eliminación
o reutilización
adecuadas de residuos
generados por las
telecomunicaciones/TIC**

6º Periodo de Estudios
2014-2017



COMUNICARSE CON NOSOTROS

Sitio web: www.itu.int/ITU-D/study-groups

Librería electrónica: www.itu.int/pub/D-STG/

Correo-e: devsg@itu.int

Teléfono: +41 22 730 5999

Cuestión 8/2: Estrategias y políticas
para la eliminación o reutilización
adecuadas de residuos generados
por las telecomunicaciones/TIC

Informe Final

Prefacio

Las Comisiones de Estudio del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D) constituyen una plataforma basada en contribuciones en la que expertos de gobiernos, de la industria y de instituciones académicas producen herramientas prácticas, directrices de utilización y recursos para resolver problemas de desarrollo. Mediante los trabajos de las Comisiones de Estudio del UIT-D, los Miembros del UIT-D estudian y analizan cuestiones de telecomunicaciones/TIC orientadas a tareas específicas con el fin de acelerar el progreso de las prioridades nacionales en materia de desarrollo.

Las Comisiones de Estudio del UIT-D ofrecen a todos los Miembros del UIT-D la oportunidad de compartir experiencias, presentar ideas, intercambiar opiniones y llegar a un consenso sobre las estrategias adecuadas para atender las prioridades de telecomunicaciones/TIC. Las Comisiones de Estudio del UIT-D se encargan de preparar informes, directrices y recomendaciones basándose en los insumos o contribuciones recibidos de los miembros. La información se recopila mediante encuestas, contribuciones y estudios de casos, y se divulga para que los miembros la puedan consultar fácilmente con instrumentos de gestión de contenidos y de publicación en la web. Su trabajo está vinculado a los diversos programas e iniciativas del UIT-D con el fin de crear sinergias que redunden en beneficio de los miembros en cuanto a recursos y experiencia. A tal efecto, es fundamental la colaboración con otros grupos y organizaciones que estudian temas afines.

Los temas de estudio de las Comisiones de Estudio del UIT-D se deciden cada cuatro años en las Conferencias Mundiales de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT), donde se establecen los programas de trabajo y las directrices para definir las cuestiones y prioridades de desarrollo de las telecomunicaciones/TIC para los siguientes cuatro años.

El alcance de los trabajos de la **Comisión de Estudio 1 del UIT-D** es estudiar **“Entorno propicio para el desarrollo de las telecomunicaciones/TIC”**, y el de la **Comisión de Estudio 2 del UIT-D** es estudiar **“Aplicaciones TIC, ciberseguridad, telecomunicaciones de emergencia y adaptación al cambio climático”**.

Durante el periodo de estudios 2014-2017 la **Comisión de Estudio 2 del UIT-D** estuvo presidida por el Sr. Ahmad Reza Sharafat (República Islámica del Irán) y los Vicepresidentes representantes de las seis regiones: Aminata Kaba-Camara (República de Guinea), Christopher Kemei (República de Kenya), Celina Delgado (Nicaragua), Nasser Al Marzouqi (Emiratos Árabes Unidos), Nadir Ahmed Gaylani (República del Sudán), Ke Wang (República Popular de China), Ananda Raj Khanal (República de Nepal), Evgeny Bondarenko (Federación de Rusia), Henadz Asipovich (República de Belarús) y Petko Kantchev (República de Bulgaria).

Informe Final

El Informe Final de la **Cuestión 8/2: “Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC”** ha sido preparado bajo la dirección de sus dos Correlatores: Juan Pablo Ceballos Ospina (Colombia) y Ananda Raj Khanal (Autoridad de Telecomunicaciones del Nepal (NTA), República de Nepal); y su Vicerrelator nombrado: Géraud-Constant Ahokossi (Benin). También contaron con la asistencia de los coordinadores del UIT-D y la Secretaría de las Comisiones de Estudio del UIT-D.

ISBN

978-92-61-23193-4 (versión papel)

978-92-61-23203-0 (versión electrónica)

978-92-61-23213-9 (versión EPUB)

978-92-61-23223-8 (versión mobi)

El presente informe ha sido preparado por muchos expertos de administraciones y empresas diferentes. Cualquier mención de empresas o productos concretos no implica en ningún caso un apoyo o recomendación por parte de la UIT.



Antes de imprimir este informe, piense en el medio ambiente.

© ITU 2017

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Prefacio	ii
Informe Final	iii
Resumen	ix
i. Resumen ejecutivo	ix
ii. Antecedentes	ix
iii. Introducción	x
1 CAPÍTULO 1 – Marco operativo de los aspectos tecnológicos del sistema de gestión de RAEE	1
1.1 Necesidad de una política nacional sobre la gestión de los RAEE para países menos desarrollados y en desarrollo	1
1.2 Consideraciones preliminares de un sistema de gestión de RAEE	1
1.3 Procesos de gestión de RAEE	4
1.3.1 Preprocesamiento	4
1.3.2 Procesamiento	6
1.3.3 Verificación	9
1.3.4 Revisión del Sistema de gestión de RAEE	9
2 CAPÍTULO 2 – Alternativas de recuperación y aprovechamiento de residuos peligrosos presentes en los RAEE	10
2.1 Composición de los RAEE	10
2.2 Recuperación y utilización de residuos presentes en RAEE	12
2.2.1 Recuperación de metales existentes en los RAEE	12
2.2.2 Métodos para la recuperación de metales existentes en los RAEE	13
2.2.3 Métodos de recuperación de otros materiales aprovechables dentro de los RAEE	17
3 CAPÍTULO 3 – Aspectos sociales de gestión de los RAEE	20
3.1 Dispositivos TIC falsificados o de no conformidad (sub-estándar)	20
3.2 Impactos de la gestión inadecuada de los RAEE en la salud humana	22
3.2.1 Población vulnerable	22
3.2.2 Situación actual de la incidencia en la salud humana	22
3.2.3 Rutas de transporte de los contaminantes	23
3.2.4 Rutas de exposición	24
3.2.5 Consecuencias de la exposición	24
4 CAPÍTULO 4 – Aspectos económicos de la gestión de RAEE	26
4.1 Planes de retoma	26
4.2 Recomendaciones para la retoma	26
4.3 Impacto económico y oportunidades de negocio en RAEE	27
4.3.1 Oportunidades de negocio	27
4.3.2 Fuente de empleos	27
4.4 Modelos económicos para financiar el Sistema de gestión de RAEE	29
4.4.1 Costos de tratamiento	29
4.4.2 Costos de estructura	29
4.4.3 Principio responsabilidad extendida del productor	29
4.5 Recomendaciones para un modelo de financiamiento en RAEE	30

5	CAPÍTULO 5 – Contribuciones y estudios de caso	32
5.1	Brasil: alternativas de explotación técnicamente viables para residuos peligrosos contenidos en los residuos provenientes de las telecomunicaciones/TIC	32
5.1.1	Televisión digital vs análoga	32
5.1.2	Sugerencias para manejar las sustancias peligrosas en los RAEE	32
5.1.3	Mapa de centros de reciclaje en Brasil	33
5.2	Burundi: Situación actual en lo que atañe a la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)	33
5.3	Chile: modelo de gestión de RAEE	33
5.4	República Popular de China: recolección de RAEE	34
5.5	Colombia: iniciativas RAEE	34
5.5.1	Plan de retoma: “Computadores para la educación”	34
5.5.2	Costos que implica el plan de retoma	35
5.5.3	Otras iniciativas de RAEE en Colombia	35
5.6	Alemania: Norma para garantizar la adecuada gestión de RAEE	36
5.6.1	Incentivos financieros	37
5.6.2	Costos de retoma de dispositivos TIC	37
5.7	India: Propuesta para desarrollar acciones específicas para integrar al sector informal a través de la gestión ambientalmente racional de los RAEE procedentes de las TIC en países en desarrollo	37
5.8	Universidad de Ciencia y Tecnologías de Irán: Eliminación o reutilización de residuos de TIC en Irán	38
5.8.1	Políticas en materia de gestión de residuos electrónicos (reciclados)	38
5.9	Asociación de la UIT de Japón, Propuesta de aprovechamiento de baterías de plomo ácido	39
5.9.1	Generalidades	39
5.9.2	Cómo extender la vida útil de estas baterías	39
5.9.3	Casos de implementación	40
5.10	Federación Rusa: Guía para la gestión de RAEE	40
5.11	Senegal: Iniciativas relacionadas con la gestión ambientalmente racional de los residuos electrónicos	41
5.11.1	Iniciativa de gestión de RAEE	41
5.11.2	Consecuencias de la gestión inadecuada de RAEE	42
5.11.3	Dificultades que plantea la miniaturización de EEE	42
5.12	Sri Lanka	42
5.12.1	RAEE proveniente de TIC	42
5.12.2	Proyectos de gestión de los materiales de residuo de telecomunicaciones/ tecnologías de la información y la comunicación en Sri Lanka	43
5.13	Estados Unidos de América: modelos de gestión de RAEE	44
5.14	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), estándares de IEEE para la evaluación ambiental	44
5.15	Actividades de la BDT relativas a la gestión de RAEE	44
5.16	Actividades del UIT-T en materia de RAEE	45
5.17	Resultados encuesta 2016	45
6	CAPÍTULO 6 – Conclusiones y recomendaciones	46
	Referencias	47
	Abbreviations and acronyms	50
	Annexes	52
	Annex 1: List of documents received for consideration by Question 8/2	52

Annex 2: Cross-cutting requirements that apply to all stages	56
Annex 3: Chemical classification of the WEEE components with routes of exposure	58
Annex 4: Results of the 2016 survey	59

Lista de cuadros, figuras y recuadros

Cuadros

Cuadro 1: Posibles sustancias peligrosas presentes en los RAEE	11
Cuadro 2: Procesos hidrometalúrgicos para recuperar metales presentes los RAEE	14
Cuadro 3: Procesos pirometalúrgicos para recuperar metales presentes en los RAEE	15
Cuadro 4: Reciclaje de tarjetas electrónicas	16
Cuadro 5: Reciclado de baterías	17
Cuadro 6: Métodos de tratamiento para componentes de las lámparas fluorescentes	18

Figuras

Figura 1: Etapas de reúso de aparatos eléctricos y electrónicos/TIC	2
Figura 2: Etapas de la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos procedentes de las TIC	2
Figura 3: Sistema de gestión RAEE/TIC	3
Figura 4: Gestión de RAEE para separar las fracciones metálicas y no metálicas	13
Figura 5: Concentraciones de plomo (Pb) en celulares falsificados	20
Figura 6: Concentraciones de cadmio (Cd) en celulares falsificados	21
Figura 7: Partes del celular donde se encontraron componentes peligrosos	21
Figura 8: Actividades de reciclaje de RAEE en China e India, tipos de emisiones producidas y vías de propagación en el ambiente	23
Figure 1A: Chemical classification of the WEEE components with routes of exposure	58

i. Resumen ejecutivo

En el presente Informe se describen los requisitos mínimos para el procesamiento de los RAEE (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) y se consideran las responsabilidades de los diferentes actores, incluidos productores, consumidores, gestores e intermediarios. Asimismo se presentan las diferentes técnicas de recuperación de metales presentes en los RAEE y la reducción de residuos de carácter peligroso.

Se presenta información sobre los dispositivos de no conformidad y falsificados, además de la integración de los recicladores informales y los efectos en la salud de las personas que se encuentran en contacto con los RAEE, que se incluyen en el Informe como aspectos sociales de la gestión de los RAEE.

El proceso de recuperación se describe en detalle tal como se practica en Colombia. El coste de la recuperación en Colombia se compara con modelos de otros países. Se formulan recomendaciones para llevarla a cabo a menor coste. Asimismo, se hace referencia de diferentes aspectos de los RAEE como oportunidad de negocio en ámbitos como la investigación, la refinación de metales, entre otros.

Adicionalmente, en el Informe se destaca la esencia de las diferentes contribuciones y estudios de caso sometidos a la consideración de esta Cuestión.

En el Informe también se consignan los trabajos realizados por el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) en particular, las “Directrices para desarrollar un sistema sostenible de gestión de RAEE: Recomendaciones UIT-T de la serie L – Suplemento 4”.

El **Capítulo 1** trata del marco reglamentario sobre los aspectos tecnológicos del Sistema de gestión de RAEE.

El **Capítulo 2** propone métodos alternativos de recuperación y explotación de materiales peligrosos presentes en los RAEE.

El **Capítulo 3** trata de los aspectos sociales del Sistema de gestión de los RAEE, comprendidos los dispositivos TIC falsificados o no conformes (de calidad inferior), que integra el sector oficioso, de la incidencia de una gestión deficiente de los RAEE sobre la salud, identifica los grupos de más vulnerables de la población, rutas de transporte de contaminantes, las vías de exposición y las consecuencias de ésta.

El **Capítulo 4** trata de los aspectos económicos del Sistema de gestión de los RAEE y destaca los diferentes aspectos de la recuperación de los RAEE generados por las TIC, así como las repercusiones económicas y las oportunidades de negocio que presentan los RAEE y formula una recomendación para un modelo de financiación de la gestión de RAEE.

El **Capítulo 5** se consagra a las características más sobresalientes de las diferentes contribuciones y estudios de caso recibidos de las administraciones de los miembros y otras organizaciones durante el periodo de estudios.

El **Capítulo 6** presenta las conclusiones y recomendaciones del Informe.

El Informe contiene además cuatro Anexos, una lista de abreviaturas y acrónimos y una lista de referencias.

ii. Antecedentes

En el año 2014 se presentó a los Miembros el Informe sobre la Cuestión 24/1 “Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC”.

La Cuestión de estudio se desarrolló durante el periodo 2010-2014 y giró en torno a las estrategias y políticas para la gestión sostenible de RAEE a nivel nacional, regional y global, haciendo énfasis en las tasas de consumo y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) (cifras actuales y futuras), además de la clasificación de los RAEE.

El Informe identifica los problemas que afrontan los países al poner en marcha una estrategia para la adecuada gestión de los RAEE, e incluye experiencias en la reutilización y eliminación adecuada de este tipo de residuos. También integra experiencias de naciones de África, las Américas, Asia-Pacífico, la Comunidad de Estados Independientes (CEI) y Europa, así como contribuciones de organizaciones internacionales, entre otros.

Entre las estrategias y políticas que se proponen para normalizar la gestión de los RAEE, se presentan los diferentes actores en la cadena, a saber los gobiernos, los entes reguladores, los productores, los importadores, los distribuidores, los consumidores y otros, como las organizaciones no gubernamentales y/o fundaciones. También se indican en el Informe las funciones y responsabilidades de cada uno de estos actores.

El Informe también presenta algunas conclusiones producto del trabajo realizado en el anterior periodo de estudios y formula una serie de recomendaciones para países en desarrollo, con el fin de definir e implementar una política RAEE que pueda generar resultados positivos en la mitigación eficaz del problema que afrontan en la actualidad estos países, debido a la inadecuada gestión de los RAEE generados por las TIC (Informe Final sobre la Cuestión 24/1 – Resumen, 2013);¹ se destaca principalmente los aspectos técnicos y socioeconómicos del Sistema de gestión de los RAEE.

Durante el periodo de estudio 2014-2017 se presentaron diversas experiencias que permitieron conocer cómo mejorar la divulgación de la Cuestión, cómo garantizar un mayor éxito en la recopilación de información mediante encuestas y cómo actualizar la Cuestión para integrar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y suscitar mayor interés de los generadores de cambio para aplicar políticas, normas y recomendaciones relativas a la gestión de los RAEE.

Entre las experiencias obtenidas durante el periodo de estudios cabe destacar las siguientes:

- Es importante tener en cuenta que al trabajar con métodos de recopilación de información, las cuestiones de estudio deben representar el interés de cada uno de los países, y que las preguntas sean precisas, de modo que se obtengan respuestas concretas a lo que se ha preguntado.
- Se debe fomentar una relación más estrecha entre los delegados y los gobiernos de los Estados de los que proceden, ya que ello contribuye a la obtención y divulgación de información pertinente para la Cuestión.
- Es ideal fomentar sesiones en línea entre expertos de países desarrollados y de países en desarrollo, lo que permite compartir experiencias que pueden enriquecer los procesos de gestión ambiental racional de los RAEE.

La Cuestión 8/2 reviste un interés prioritario para todos los Estados Miembros, dado que sus diferentes estrategias guardan relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Debe garantizarse la ayuda a los delegados, a las instituciones académicas y a otros expertos que puede contribuir a mejorar las estrategias/políticas de gestión de los RAEE.

iii. Introducción

La utilización de dispositivos tecnológicos a lo largo del siglo XXI ha promovido de forma exitosa y masiva el desarrollo de productos, bienes y servicios como la ampliación del acceso a las comunicaciones o la optimización de procesos. Resulta innegable la dependencia del ser humano hacia estos

¹ Informe Final sobre la Cuestión 24/1: Estrategias y políticas para la adecuada eliminación o reutilización de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC en la dirección: <https://www.itu.int/pub/D-STG-SG01.24-2014>.

aparatos, dando como resultado un aumento acelerado en el uso de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones a tal punto que expertos en el tema consideran que se avecina la cuarta revolución industrial relacionada con el uso de diversos dispositivos y tecnologías que fusionan el mundo físico y el digital, impactando una variedad de disciplinas, industrias, y nuestra vida cotidiana.

Sin embargo, los dispositivos electrónicos además de ser novedosos y funcionales, se han venido convirtiendo en un problema latente para el medio ambiente, la salud pública, y para el contexto socioeconómico. El desconocimiento y/o el desinterés de la población en general sobre los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos –RAEE son las principales causas de este hecho. Es una problemática que ha ido aumentando, hasta tal punto que en la pregunta de estudio Q24/1 “Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC”, se presentaron las estimaciones realizadas en la reunión del Convenio de Basilea junto a otras autoridades mundiales sobre la generación de RAEE y se resalta que para el 2020 la generación de RAEE procedente de equipos de cómputo aumentará cerca del 200-400 por ciento conforme a lo reportado en 2007. Esto ha despertado un interés en los gobiernos y ONG que consideran que se debe mantener un mundo mejor para las futuras generaciones.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones con apoyo de todos los países miembros se ha encargado de plantear y documentar diferentes estrategias que promueven la gestión adecuada de los residuos electrónicos principalmente de los procedentes de las TIC. Para esto, ha emitido documentos técnicos realizados por expertos en el tema, los cuales pueden ser utilizados por las diferentes naciones que puedan requerir apoyo en lo relacionado con los RAEE/TIC.

Dando alcance a lo anterior, en el presente Informe se recopilan las contribuciones remitidas por los países miembros durante el periodo 2014-2017 relativos a los estándares mínimos que deben ser tenidos en cuenta por los productores, usuarios y gestores para garantizar la correcta gestión de los residuos electrónicos, además de presentar diferentes técnicas para recuperar metales preciosos y raros, y materiales potencialmente peligrosos procedentes de los RAEE para ser reingresados a procesos productivos.

1 CAPÍTULO 1 – Marco operativo de los aspectos tecnológicos del sistema de gestión de RAEE

En este capítulo se afirma que cada país debe establecer una política nacional de gestión eficaz y eficiente de los RAEE. Se incluyen directrices operativas detalladas sobre las diferentes etapas y actividades de la gestión de los RAEE.¹ En el presente Capítulo se describen los requisitos mínimos para la gestión ambientalmente racional de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE procedentes de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones-TIC, los cuales pueden servir de guía a los gobiernos y gestores de países menos desarrollados y en vía de desarrollo, independientemente de sus condiciones particulares. Además busca fomentar, en el marco de los conceptos de “Sostenibilidad” y de “Sistema de gestión”, el cumplimiento de dichos requisitos, en beneficio de la salud de las personas y de la preservación del ambiente, desestimulando el manejo inadecuado de este tipo de residuos.

1.1 Necesidad de una política nacional sobre la gestión de los RAEE para países menos desarrollados y en desarrollo

La gestión de residuos electrónicos es uno de los mayores retos que afronta el sector de las TIC. Esta cadena requiere la gestión sostenible de productos al final de su vida útil, debido a las repercusiones ambientales, sociales y económicas que conlleva. Es importante comprender que estos residuos son heterogéneos y tienen características específicas. Por consiguiente, su gestión, tratamiento y eliminación debe llevarse a cabo de manera responsable. Todo Estado Miembro debe desarrollar y poner en marcha una política nacional de gestión de RAEE. Dicha política debe incluir, entre otras cosas, la misión y visión nacional, los objetivos y metas y planes de ejecución con plazos. Se debe definir un marco claro de supervisión y evaluación. La política debe incluir sobre todo el compromiso de los gerentes para garantizar la adecuada gestión de residuos electrónicos generados por las TIC, comprendida la protección del medio ambiente y la salud de los trabajadores y de la comunidad en general, así como medidas para controlar los peligros que entraña la gestión de RAEE. La política se debe implementar mediante objetivos concordantes con la misma y éstos a su vez a través de la definición de metas e indicadores que permitan medir el desempeño del sistema de gestión. La política debe ser publicada y se debe dar a conocer a los clientes internos y externos del gestor.

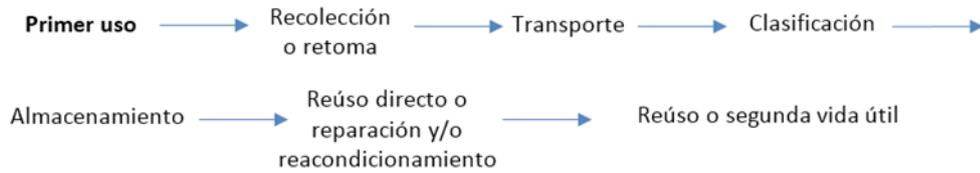
1.2 Consideraciones preliminares de un sistema de gestión de RAEE

En la **Figura 1** se presentan las fases o etapas que se dan hasta llegar a la reutilización o segundo ciclo de vida útil de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) de las TIC, que sirve de guía para establecer los requisitos mínimos que han de cumplir los gestores de RAEE/TIC² y exigir los gobiernos de países menos desarrollados y en desarrollo, específicamente para las etapas de preprocesamiento y algunas del procesamiento de dichos residuos, después de su segunda vida útil (véase la **Figura 2**).

¹ Documento SG2RGQ/55, “Estándares mínimos que deben cumplir los gestores de RAEE/TIC en las etapas de preprocesamiento de dichos residuos en países menos desarrollados y en vía de desarrollo”, República de Colombia.

² Gestores: entidades que hacen parte de la cadena de reciclaje y cuentan con los permisos o licencias ambientales necesarios para llevar a cabo todas o algunas de las etapas de gestión ambientalmente racional de los RAEE/TIC, a partir de procesos de manufactura y clasificación.

Figura 1: Etapas de reúso de aparatos eléctricos y electrónicos/TIC



Fuente: Documento SG2RGQ/55, “Estándares mínimos que deben cumplir los gestores de RAEE/TIC en las etapas de preprocesamiento de dichos residuos en países menos desarrollados y en vía de desarrollo”, República de Colombia, 2015.

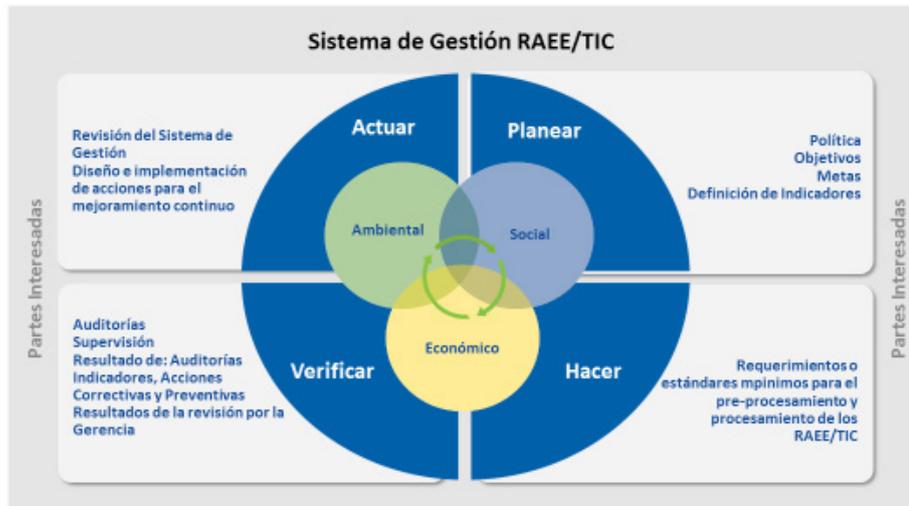
Figura 2: Etapas de la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos procedentes de las TIC



NOTA: Pueden existir dos (2) momentos de recolección; transporte; recepción, clasificación y almacenamiento. El primero desde los lugares de generación de RAEE/TIC hasta los sitios de acopio y posteriormente desde allí, hasta las instalaciones de los gestores; sin embargo, puede ser que los residuos salgan directamente del sitio donde se retoman, hasta las instalaciones de los gestores. También pueden darse nuevas etapas de recolección, transporte y recepción, desde las instalaciones de un gestor hasta otros gestores especializados en el tratamiento y disposición final de los residuos electrónicos. El pesaje de los residuos se lleva a cabo en varios momentos como medida de control dentro de las diferentes etapas.

La “sostenibilidad” busca un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales de una organización y los requisitos registrados en este documento, de una u otra forma abordan cada uno de los aspectos en mención y a la vez se enmarcan dentro de un “Sistema de gestión de RAEE/TIC” (véase la **Figura 3**).

Figura 3: Sistema de gestión RAEE/TIC



Fuente: Documento SG2RGQ/55, “Estándares mínimos que deben cumplir los gestores de RAEE/TIC en las etapas de preprocesamiento de dichos residuos en países menos desarrollados y en vía de desarrollo”, República de Colombia, 2015.

Los requisitos o estándares consignados en este documento no eximen a los gestores del cumplimiento de las normas existentes en materia de gestión de RAEE procedentes de las TIC (RAEE/TIC) ni del acatamiento de disposiciones relevantes en materia ambiental, de higiene y seguridad industrial y de calidad, vigentes en cada país.

Los productores (fabricantes, comercializadores, importadores o ensambladores) de AEE/TIC (en aplicación del principio Responsabilidad Extendida del Productor (REP)) desempeñándose de manera individual o en sistemas colectivos, o el(los) actor(es) a quien(es) se le(s) asigne la responsabilidad por la gestión de los residuos electrónicos en cada país, será el encargado de verificar el cumplimiento de los estándares plasmados en el presente documento por parte de todos los gestores e intermediarios u operadores logísticos³ que intervienen dentro de la cadena de reciclaje. Con el propósito de facilitar las acciones de los gestores, los productores serán responsables de suministrar información a los primeros respecto a las sustancias peligrosas contenidas en los RAEE/TIC y su ubicación.

Los gestores, según lo que determine la legislación de cada país, pueden partir de una declaración de conformidad, con base en la cual la autoridad ambiental competente les otorga licencias o permisos que pueden ser retirados si durante el ejercicio de las acciones de vigilancia y control por parte de dichas entidades, se comprueba que las normas y estándares no se cumplen. Se parte de la presunción de que los gestores cumplen el principio de “diligencia debida”, es decir del conocimiento de todas las obligaciones legales y de la transparencia con sus socios comerciales.

Se debe considerar la jerarquización establecida para la gestión de residuos tecnológicos (reúso directo; reacondicionamiento y reparación para reúso; recuperación de materiales para su uso en nuevos productos y aplicaciones; disposición final). La disposición final debe ser el último recurso al cual acudir, únicamente cuando no existe otra posibilidad.

Para las etapas del preprocesamiento y para las primeras fases del procesamiento, se tendrán en cuenta requisitos en materia de: Infraestructura; talento humano; soporte documental (procesos y procedimientos); equipos, herramientas y maquinaria; registros; sistemas de información y comunicaciones.

³ Intermediario(s) u operador(es) logístico(s): entidad(es) que participan en la cadena de reciclaje y se encargan de acciones tales como: recolección o retoma, transporte, almacenamiento.

1.3 Procesos de gestión de RAEE

A fin de lograr los objetivos estipulados en la política nacional, se recomienda realizar las siguientes actividades. Estas actividades se dividen en diferentes fases y subactividades en cada fase.

1.3.1 Preprocesamiento

Dentro de las etapas de preprocesamiento se encuentran:

1.3.1.1 Recolección y transporte desde el sitio de acopio hasta las instalaciones

Para efectos de la recolección y transporte terrestre de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – AEE/TIC obsoletos y/o en desuso (completos), hasta las instalaciones del gestor 1, resulta importante considerar los siguientes requisitos mínimos:

a) Recipientes, rotulado e identificación

Los AEE se deben ubicar en contenedores apropiados, resistentes, de tamaño apropiado que permitan su movimiento de manera mecánica (montacargas) sin que presenten rompimientos. Los AEE se deben embalar dependiendo del tipo (línea gris, marrón), con los cuidados necesarios para impedir su rompimiento, además cada contenedor debe estar cubierto y debidamente rotulado e identificado con información respecto a su contenido, así: tipo de AEE/TIC, fecha de embalaje, peso (kilogramos), cantidad (unidades), número de lote y responsable, entre otros.

b) Empresas transportadoras y vehículos

Dependiendo de las normas vigentes en cada país, las empresas transportadoras deben contar con las autorizaciones exigidas, según el tipo residuos y el medio de transporte empleado. Los vehículos que transporten de manera terrestre AEE/TIC obsoletos y/o en desuso, deben observar algunos requisitos generales (si los equipos completos no son considerados residuos peligrosos) o dar cumplimiento a las normas para el transporte de mercancía peligrosa (si los equipos completos son catalogados como residuos peligrosos).

Dentro de los requisitos generales se encuentran: para garantizar la seguridad y estabilidad de la carga y del personal que la transporta, cada contenedor debe estar asegurado al vehículo mediante los dispositivos necesarios, los cuales estarán ubicados, como mínimo, en cada una de las cuatro esquinas del contenedor; los vehículos deben: cubrirse y contar con certificados en donde conste que se han efectuado revisiones técnico-mecánicas recientemente y que cumplen con las normas de emisión de gases a través de fuentes fijas, así como disponer de extintores multipropósito, equipo de carreteras y caja de herramientas.

c) Registros

Se deben generar registros de la recolección y posterior entrega de los RAEE/TIC, mediante un “documento de transporte”, con datos relativos a: tipo de residuos, procedencia, número de lote, peso (kilogramos), cantidades (unidades), marca de los equipos, serial de cada equipo (tomado mediante pistola lectora de código de barras en el momento de la recepción), destino y datos del vehículo (placa, tipo), firma de los responsables, entre otros.

1.3.1.2 Recepción, clasificación y pesaje

a) Generalidades

La recepción de los AEE obsoletos y/o en desuso debe efectuarse de manera organizada, se deben descargar con ayuda mecánica, realizar una corroboración del peso y si es necesario, se deben reenvasar en otros contenedores, sin que esté permitido el volcado incontrolado de equipos con pantallas TRC,

LCD, plasma, entre otros. Se debe verificar que las cantidades que llegan al gestor 1 corresponden a lo esperado, de acuerdo con la información consignada en el “documento de transporte”.

La manipulación de los RAEE (embalaje, carga y descarga, almacenamiento, movimientos dentro de las instalaciones del gestor, etc.), se debe efectuar con cuidado para evitar daños en los equipos y posibles fugas de sustancias peligrosas. Los equipos obsoletos que se reciben completos, se deben pesar y volver a clasificar (ejemplo: teclados, ratones, impresoras, escáneres, monitores TRC, monitores pantalla plana, portátiles, celulares, televisores TRC, televisores pantalla plana, etc.) y proceder a un nuevo pesaje, rotulación e identificación con los siguientes datos: tipo de RAEE/TIC, peso (kilogramos), cantidad (unidades), número de lote, número de recipiente, posición asignada en la estantería, fecha, responsable, etc., para posteriormente ubicarlos en la estantería, en espera de su desmantelamiento.

b) Equipos, herramientas y maquinaria

Se debe contar con: básculas para el pesaje de los residuos electrónicos; montacargas para la manipulación inicial de los recipientes (pesaje) y para su posterior ubicación en la estantería, luego de su nueva clasificación. Se debe efectuar el mantenimiento tanto de las básculas como de los montacargas, mínimo cada seis (6) meses. Adicionalmente las básculas deben ser calibradas mínimo cada seis (6) meses o cuando sea necesario.

c) Registros

Se deben generar y conservar los siguientes registros: Documento de transporte; Certificados de mantenimiento y calibración de básculas; Certificados de mantenimiento de los equipos usados (ejemplo: montacargas).

1.3.1.3 Almacenamiento

a) Infraestructura y generalidades

Los AEE/TIC obsoletos (completos) y/o en desuso se deben almacenar en un sector específico de la planta, señalizado, el cual debe ser cubierto y cumplir con condiciones apropiadas, como la impermeabilización de las zonas de almacenamiento. La cantidad de RAEE en almacenamiento no puede superar la capacidad de albergue de la planta de máximo 6 meses.

b) Soporte documental (procesos y procedimientos)

Se debe contar un procedimiento tal como se especifica en las hojas de datos de seguridad de materiales (MDSO por sus siglas en Inglés) y tarjetas de emergencia para las sustancias con contenido de peligrosidad más representativo que puedan contener los RAEE/TIC, los cuales deben ser aplicados en caso de ruptura de los equipos.

c) Equipos, herramientas y maquinaria

Se debe disponer de montacargas para la ubicación de los recipientes en estantería, luego de su clasificación. La estantería pesada resulta necesaria para la organización y optimización del espacio dentro del área de bodega de la planta.

d) Sistemas de información

Debe existir un sistema de información o mínimo una base de datos en donde se registre: tipo de RAEE/TIC, peso (kilogramos), cantidad (unidades), número de lote, número de recipiente, posición asignada en la estantería, responsable, fecha, etc.

e) Registros de mantenimiento

Deben existir registros de mantenimiento periódico de la estantería pesada (mínimo cada 12 meses) para minimizar riesgos en la planta.

1.3.2 Procesamiento

Dentro de las etapas de procesamiento se encuentran:

1.3.2.1 Desmantelamiento manual

a) Generalidades

Se refiere al proceso mediante el cual los AEE/TIC obsoletos y/o en desuso son desensamblados manualmente y divididos en partes. En países menos desarrollados y en vía de desarrollo, es conveniente fomentar este tipo de desmantelamiento ya que genera empleo y produce un alto grado en la calidad de los componentes separados. Si hay duda de la presencia de sustancias peligrosas en los componentes de los residuos electrónicos que fueron separados y clasificados, se deben tratar como peligrosos (ejemplo: cuando se desconoce si los condensadores contienen policlorobifenilos (PCB) o si el contenido de retardantes de llama bromados presentes en las fracciones plásticas es inferior a los límites establecidos en cada país). **Nota:** En cada país se debe trabajar en la definición de límites permisibles de las diferentes sustancias que pueden existir en los RAEE/TIC, con el propósito de determinar si se catalogan o no como peligrosas.

Dentro de la demanufactura no se contempla la división de las pantallas de TRC en tubos y paneles (este tratamiento se abordará en el documento de procesamiento), pues para efectuar dicho proceso se requiere un tratamiento mediante rotura, triturado, corte y limpieza, de manera que se impidan las emisiones de los revestimientos fluorescentes o de polvo de cristal y se cumpla con los límites de exposición profesional. Se prohíbe el desensamble mecánico a menos que se realice en condiciones controladas, de tal forma que sea seguro el manejo de las sustancias peligrosas asociadas a los RAEE/TIC. Se permite la reducción mecánica, compactación o molido de partes de los residuos electrónicos sin sustancias peligrosas, para disminuir su volumen y facilitar su manejo.

b) Soporte documental (procesos y procedimientos)

Deben estar documentados los procedimientos e instructivos para realizar la demanufactura manual de los RAEE/TIC, tales como: portátiles, monitores pantalla plana, monitores TRC, CPU, impresoras, celulares, televisores TRC, televisores pantalla plana, escáneres, etc.

c) Sistemas de información

Se debe acudir a un sistema o base de datos para registrar el movimiento de los RAEE/TIC desde la estantería (bodega) hasta el área de desmantelamiento. Se debe asignar cada recipiente o contenedor con RAEE al área de desensamble y se debe ejercer control sobre pesos, cantidades y responsables, acudiendo además al serial de los equipos.

1.3.2.2 Clasificación según tipo de RAEE y almacenamiento por tipo de material

a) Clasificación

Los residuos electrónicos procedentes de las TIC, luego de su desmantelamiento manual se pueden clasificar en: materiales limpios como por ejemplo: metal ferroso, cobre, ferrita, aluminio, acrílicos, acetatos, caucho, magnesio, entre otros; en componentes para tratamiento con presencia de sustancias peligrosas y metales o materiales aprovechables (en las instalaciones del mismo gestor o de otros gestores aguas abajo), tales como: baterías por tipo (plomo-ácido, alcalinas, níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel-hidruro metálico (Ni-MH), litio-ion (Li-ion), etc.), pantallas TRC, LCD, plasma; lámparas fluorescentes; tarjetas de circuito impreso; termoplástico; tóneres; polvos; cables; cartuchos; tintas; etc. No se pueden mezclar las fracciones catalogadas como peligrosas, con otros materiales, con el ánimo de que el volumen total quede por debajo del límite de clasificación como residuos peligrosos. Si se presenta duda sobre la presencia de sustancias peligrosas en determinados componentes, éstos se deben tratar como si las contuvieran. El personal encargado del desensamble manual debe llevar el producto de la demanufactura a la zona de clasificación de materiales, donde el personal designado

verifica la calidad del material, si se detectan fallas, éste es devuelto para que sea correctamente desmantelado.

b) Almacenamiento

En esta etapa resulta conveniente tener en cuenta los siguientes aspectos:

Generalidades e infraestructura: los materiales limpios y los componentes con contenidos de sustancias peligrosas, producto de la demanufactura, deben almacenarse en sectores diferentes a aquellos donde se ubican los residuos electrónicos completos y permanecer debidamente identificados. Para el caso de los residuos peligrosos, éstos deben estar además acompañados de las hojas de seguridad y tarjetas de emergencia para las principales sustancias peligrosas presentes en algunos de ellos, considerando la matriz de compatibilidad.

Los elementos que contengan litio deben ser almacenados por separado y en un área de acceso restringido, evitando la exposición al calor, luz solar, humedad y agua, ya que pueden incendiarse o explotar si están expuestos a altas temperaturas. Las baterías deben almacenarse en sitios protegidos de la humedad, de la lluvia y con cubiertas impermeables. Las lámparas de mercurio y las pantallas de TRC, LCD o plasma que se rompan por accidente, deben almacenarse en contenedores cerrados e identificarse como tal. Las áreas en las cuales se almacenen las lámparas deberán ser ventiladas para prevenir y controlar emisiones al ambiente, deben ser de fácil acceso para personal autorizado, pero se deben frecuentar lo menos posible.

Recipientes, rotulado e identificación: el almacenamiento de los materiales y componentes procedentes del desmantelamiento manual debe realizarse en recipientes adecuados, considerando lo establecido en la **sección 1.3.1.1 a)** del presente Informe. Los recipientes deben ser rotulados e identificados con los siguientes datos: descripción o tipo de material o componente, peso (kilogramos), número de recipiente, posición en estantería, persona responsable, fecha, entre otros, los cuales se debe reflejar en el sistema de información, junto con el destino asignado al material o componentes que reposan en cada recipiente. Los recipientes con partes de los RAEE/TIC que contengan residuos potencialmente peligrosos, deben estar identificados con el símbolo de sustancias peligrosas diversas.

1.3.2.3 Valorización de materiales y componentes

a) Generalidades

La valorización se refiere a la venta de materiales limpios y de otros componentes producto de la demanufactura (solo en caso de que su tratamiento y disposición final se entregue a otro gestor), para su reincorporación a procesos productivos y para el desarrollo de otros procesos de tratamiento que permitan recuperar metales, respectivamente. La valorización de materiales limpios es posible cuando se cuenta con un mercado y su uso no genera impactos negativos. Los porcentajes de valorización de RAEE deben ser definidos por los gobiernos de cada país de acuerdo con sus expectativas, los cuales pueden aumentarse paulatinamente, dependiendo de las condiciones y necesidades particulares.

b) Empresas transportadoras y vehículos

Para el traslado del material limpio desde el gestor 1 hasta las empresas interesadas, se deben tener en cuenta los estándares, ya que éste no contiene sustancias peligrosas. En lo relativo al envío a otros gestores aguas abajo, dentro del mismo país, de los componentes para recuperación de metales, se deben tener en cuenta los requisitos de transporte, dependiendo si éstos son o no catalogados como residuos peligrosos en la legislación de cada nación. Si se consideran peligrosos, se deben observar además de los requisitos considerados, las empresas transportadoras deben contar con seguros o garantías en caso de accidente o errores que se puedan presentar durante la movilización de los RAEE/TIC y contar con certificado de curso básico obligatorio de capacitación para los conductores de los vehículos que transporten mercancías peligrosas. Los vehículos deben contar con: dispositivos y rótulos de identificación reflectantes, junto con las placas de identificación del número de las Naciones Unidas (UN) de los residuos peligrosos transportados, ubicadas en lugar visible; elementos básicos

para atención de emergencias (extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza, material absorbente y demás aspectos considerandos en la tarjeta de emergencia); portar mínimo dos (2) extintores tipo multipropósito, uno en la cabina y los demás cerca de la carga; contar con un dispositivo sonoro que se active cuando el vehículo se encuentre en movimiento de reversa; tarjetas de emergencia y hojas de seguridad en el idioma oficial de cada país; plan de contingencia para la atención de accidentes durante las operaciones de transporte de mercancías peligrosas; listado con teléfonos para notificación de emergencias.

c) Soporte documental (procesos y procedimientos)

Se deben solicitar previamente a los gestores aguas abajo, las licencias ambientales para el tratamiento y disposición final de los residuos con contenidos peligrosos, así como ejercer seguimiento sobre los procesos que se apliquen tanto a los materiales limpios como a aquellos componentes a partir de los cuales se pretendan recuperar metales o materiales, hasta obtener los certificados de tratamiento y disposición final de las cantidades entregadas, por tipo.

d) Registros

Se deben elaborar y conservar los siguientes registros: balance de masa del peso de AEE/TIC obsoletos (completos) y/o en desuso que ingresaron, comparado con el peso de materiales valorizados y de los componentes enviados a otras áreas de procesamiento o a gestores aguas abajo. Considerando lo almacenado, el balance se debe efectuar cada lote o mínimo cada seis (6) meses; documento de transporte firmado por las partes en donde se especifica el material o componente trasladado, peso (kilogramos), número de recipiente, lote de procedencia, destino y datos del vehículo (placa, tipo); check-list donde se verifique el cumplimiento de las condiciones del vehículo, firmado por las partes; certificados de tratamiento y disposición final; licencias ambientales de los gestores aguas abajo.

1.3.2.4 Tratamiento y disposición final

a) Infraestructura y consideraciones generales

Para la recuperación de metales y aprovechamiento de residuos como: Tarjetas de Circuito Impreso (TCI), baterías, termoplástico, tóneres, polvo de tóneres, cartuchos, tinta para cartuchos, etc.), el tratamiento se puede ejecutar en las mismas instalaciones del gestor 1 o a través de terceros (gestores aguas abajo), según la capacidad y permisos disponibles para el tratamiento y disposición final de cada tipo de residuos. Se debe garantizar un almacenamiento bajo cubiertas impermeables, evitando que el material peligroso se pueda propagar al ambiente.

b) Soporte documental (procesos y procedimientos)

Se debe contar con los procesos y procedimientos documentados de tratamiento y disposición final, según el tipo de residuo. Para tal efecto, se presentan algunos **criterios técnicos** que deben ser considerados.

- Los porcentajes de disposición final deben ser definidos por los gobiernos de cada país de acuerdo con sus expectativas, los cuales pueden disminuirse paulatinamente, dependiendo del grado de evolución del Sistema de gestión de RAEE/TIC.
- Se prohíbe la trituración, prensado y compactación de componentes RAEE/TIC que van a tratamiento y disposición final.
- Para el envío fuera de cada país de aquellos RAEE/TIC para cuya gestión no se cuente con la tecnología apropiada, se debe acudir a movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos, por lo cual se tendrá que aplicar lo dispuesto en el Convenio de Basilea, para el caso de los países que lo hayan ratificado, o a lo estipulado en otro tipo de convenios y acuerdos suscritos entre los países. Se deben mantener registros de la exportación.
- Los residuos peligrosos se deben tratar por separado (no mezclar diferentes tipos de residuos peligrosos ni residuos peligrosos con otros materiales). Se debe contar con los procesos y

procedimientos de tratamiento y disposición final, debidamente documentados, según el tipo de residuo.

c) Equipos, herramientas y maquinaria

Se requerirán según los procesos físico-químicos que se apliquen para el tratamiento y recuperación de metales y materiales procedentes de los componentes con sustancias peligrosas presentes en los RAEE/TIC.

d) Registros

El productor o el responsable de la gestión de los RAEE/TIC en cada país, debe mantener un control de los residuos desde su origen hasta su destino (de la cuna a la tumba), así como mantener actualizado el listado de gestores y operadores logísticos o intermediarios que forman parte e intervienen en la cadena de reciclaje, con los cuales deben existir contratos o convenios para la gestión de determinados tipos de RAEE, así como contar con sus licencias o permisos ambientales y con los certificados de tratamiento y disposición final de los residuos, expedidos por dichos gestores, una vez finalizado el ciclo de gestión. Además, deben conservarse registros de movimientos transfronterizos de residuos, así como registros de los métodos de tratamiento y disposición final aplicados según tipo de residuos, cantidades procesadas, tipo y cantidad de materiales/metales obtenidos, tipo y cantidad de fracciones resultantes de los procesos, métodos de disposición final (en el gestor o en otros gestores aguas abajo), soportados con el balance de masa y los certificados de tratamiento y disposición final.

1.3.3 Verificación

Esta etapa del Sistema de gestión de los RAEE/TIC trata de auditoría y supervisión.

Las auditorías pueden ser de primera, segunda o tercera parte. Para la auditoría de primera parte, al interior de cada gestor debe contarse con auditores capacitados para tal efecto, que puedan llevar a cabo estas acciones, en condiciones de objetividad e imparcialidad. La auditoría de segunda parte será la ejercida por partes interesadas, por ejemplo, por los productores de AEE/TIC organizados en sistemas colectivos o de manera individual, sobre los gestores y sobre los operadores logísticos o intermediarios que hacen parte de la cadena de reciclaje, para verificar el cumplimiento de las normas vigentes en cada país en materia de gestión de RAEE/TIC y de los estándares plasmados en el presente documento. La auditoría de tercera parte puede ser adelantada por organizaciones externas e independientes que ofrecen registro o certificación de conformidad.

Por otra parte, la supervisión está a cargo de las autoridades ambientales competentes en cada país, encargadas de ejercer acciones de vigilancia y control sobre el cumplimiento de las normas y de los estándares mínimos por parte de los gestores y de los operadores logísticos o intermediarios e imponer sanciones en caso de incumplimiento.

En esta etapa, se deben aplicar los indicadores planteados para verificar el correcto funcionamiento del sistema, así como acciones correctivas y preventivas y efectuar revisiones por parte de la gerencia.

1.3.4 Revisión del Sistema de gestión de RAEE

Tomando como base resultados de: aplicación de indicadores, auditorías, revisiones por la gerencia, acciones preventivas y correctivas, entre otros, se revisará el Sistema de gestión RAEE/TIC, para diseñar e implementar acciones que permitan mejorar su desempeño, de manera continua.

Nota: 1) Los requisitos transversales aparecen en el **Anexo 2** del presente documento.

2 CAPÍTULO 2 – Alternativas de recuperación y aprovechamiento de residuos peligrosos presentes en los RAEE

Este capítulo da a conocer algunas alternativas de recuperación y aprovechamiento⁴ (antes que de acondicionamiento y disposición final), viables técnicamente para los residuos peligrosos (RESPEL) contenidos en los residuos procedentes de las telecomunicaciones (RAEE/TIC), lo cual puede servir de guía a los Gobiernos y partes interesadas de países menos desarrollados y en vía de desarrollo, independientemente de sus condiciones y necesidades particulares, para ahondar en dichos temas y de ser el caso, implementarlos en sus territorios o buscar acceso a ellos.

Una de las principales preocupaciones que lleva consigo la adecuada gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), es la presencia en éstos de residuos peligrosos (RESPEL), los cuales requieren técnicas avanzadas para su recuperación y aprovechamiento, antes que para su acondicionamiento y disposición final. El acondicionamiento y la disposición final de los RESPEL procedentes de los RAEE, llevan consigo algunos impactos ambientales no deseados, ya que aunque los procesos en mención se efectúen de manera aceptable (celda de seguridad de relleno sanitario), se están generando de una u otra forma pasivos ambientales⁵ que idealmente no se deberían tener, pero que se prefieren sobre los impactos que se producen cuando dichos residuos son abandonados a la intemperie o enterrados sin el lleno de condiciones técnicas mínimas (afectación del agua superficial y subterránea, del suelo y del ambiente en general). Pese a lo anterior, la recuperación y aprovechamiento de los residuos peligrosos puede ser una mejor opción que prime sobre el acondicionamiento y disposición final.

2.1 Composición de los RAEE

Los RAEE están conformados por una serie de materiales que se denominan “limpios” (no contienen sustancias peligrosas), por ejemplo: cobre (Cu), aluminio (Al), vidrio limpio, plástico, caucho, metales ferrosos, entre otros; de la misma forma, poseen sustancias peligrosas (arsénico (As), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni), berilio (Be), selenio (Se), cadmio (Cd), etc.), así como metales preciosos y raros, los cuales requieren tratamientos avanzados para ser recuperados y reusados. Pese a ello, está claro que los fabricantes deben avanzar de manera permanente en procesos de investigación, con el propósito de eliminar y/o sustituir las sustancias peligrosas y de difícil recuperación, existentes en los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE).

Los RAEE cuentan con metales valiosos como el oro (Au), plata (Ag), platino (Pt), galio (Ga), paladio (Pd), tantalio (Ta), telurio (Te), germanio (Ge) y selenio (se), así como tierras raras (itrio (Y), europio (Eu), coltán), lo cual da origen a un claro incentivo para su adecuada gestión, pues la refinación de dichos metales, empleando técnicas apropiadas, contribuye no solo a la generación de ingresos sino al logro de importantes propósitos referentes a la preservación del ambiente, eficiencia energética, conservación de los recursos y generación de empleo. La llamada “minería urbana” (recuperación de metales de los RAEE) tiene ventajas sobre la minería tradicional (extracción de metales vírgenes), ya que está comprobado que la primera consume menor energía y emite cantidades más bajas de CO₂.

Las sustancias peligrosas presentes en los RAEE son diversas y se muestran en la **Cuadro 1**.

⁴ Documento 2/220, “Estándares mínimos que deben cumplir los gestores de RAEE/TIC en las etapas de pre-procesamiento y procesamiento de dichos residuos en países menos desarrollados y en vía de desarrollo”, República de Colombia.

⁵ Pasivo Ambiental: De la misma forma que en finanzas, un pasivo ambiental es una deuda producto de una degradación en alguno de los componentes del ambiente y que en algún momento se debe liquidar o emplear energía para su pago.

Cuadro 1: Posibles sustancias peligrosas presentes en los RAEE

Sustancias	Presencia en RAEE
Compuestos halogenados	
PCB (policloruros de bifenilo) Retardantes de llama para plásticos	Condensadores, transformadores
TBBA (tetrabromo-bifenol-A)	(Componentes termoplásticos, cables, tarjetas madre, circuitos, revestimientos plásticos, etc.)
PBB (polibromobifenilos)	TBBA actualmente es el retardante de llama más utilizado en placas de circuitos y carcasas
PBDE (polibromodifenilo éteres) clorofluorocarbonados (CFC)	Unidades de refrigeración, espumas aislantes
Metales pesados y otros metales	
Arsénico	Pequeñas cantidades entre los diodos emisores de luz, en los procesadores de las pantallas de cristal líquido LCD
Bario	“Getters” en los Tubos de Rayos Catódicos (TRC) en la cámara de ventilación de las pantallas TRC y lámparas fluorescentes
Berilio	Cajas de suministro eléctrico (fuentes de poder).
Cadmio	Baterías recargables de Ni-Cd, capa fluorescente (pantallas TRC), fotocopiadoras, contactos e interruptores y en los tubos catódicos antiguos
Cromo VI	Discos duros y de almacenamiento de datos
Plomo	Pantallas TRC, tarjetas de circuito, cableado y soldaduras
Mercurio	Lámparas fluorescentes en LCD, en algunos interruptores con mercurio (sensores). Los sistemas de iluminación de las pantallas planas, las cafeteras electrónicas con desconexión automática o los despertadores contienen relés de mercurio
Níquel	Baterías recargables de Ni-Cd y Ni-Hg y pistola de electrones en los monitores TRC
Elementos raros (ytrio, europio)	Capa fluorescente (Monitores TRC)
Selenio	Fotocopiadoras antiguas
Sulfuro de zinc	Interior de monitores TRC, mezclado con metales raros
Otros	
Sustancias radioactivas (americio)	Equipos médicos y detectores de fuego, detectores de humo, entre otros

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Lineamientos Técnicos para el Manejo de RAEE, 2010.

2.2 Recuperación y utilización de residuos presentes en RAEE

En las siguientes secciones se describen algunos métodos de recuperación y explotación de material peligroso presente en los RAEE.

2.2.1 Recuperación de metales existentes en los RAEE

Los metales que existen en bajas concentraciones en minerales primarios, consumen una cantidad significativa de energía para su extracción. Los RAEE son una fuente de metales primarios en comparación con sus minerales primarios, de hecho, la cantidad de oro recuperado de una tonelada de RAEE de computadores, es más que el recuperado de 17 toneladas de mineral de oro (Abdul Khaliq, Muhammad Akbar Rhamdhani, 2015).

La gestión sostenible de los recursos exige el aislamiento de los metales peligrosos de los RAEE y maximiza la recuperación de los metales preciosos y raros. La distribución de valor de los metales preciosos en las Tarjetas de Circuito Impreso (TCI) y calculadoras es más del 80 por ciento. Luego de los metales preciosos, el cobre tiene el siguiente valor más elevado para ser extraído de los RAEE. La extracción, a partir de los RAEE, de los metales preciosos (oro (Au), Plata (Ag) y Paladio (Pd)) y los metales básicos (cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn)), contienen un importante valor asociado que no puede ni conviene ser desperdiciado (Abdul Khaliq, Muhammad Akbar Rhamdhani, 2015).

Los metales raros son de gran importancia en los equipos TIC (celulares, computadores, etc.) y también son de gran interés para el desarrollo de placas para energía solar, se estima que el uso de metales raros en el mercado ha aumentado a más del doble desde el año 2000. Los metales raros más comunes en los equipos TIC son el indio, el itrio el galio y el arsénico, aunque se resalta que en celulares pueden existir más de 20 metales raros como el titanio, bario, tantalio, entre otros. Debido a la insuficiente oferta estos metales, además del aumento en la demanda de los mismos, se está fomentando su reciclaje y desarrollando materiales alternativos que cumplan su misma función.

Para poder realizar este tipo de reciclaje, las industrias encargadas deben obtener la información del tipo y la cantidad de metales raros con los que cuentan los componentes y los módulos de los equipos TIC, las cuales generalmente deben ser suministradas por los fabricantes, sin embargo, existen métodos especializados de caracterización y medición para conseguir dicha información.

En la **Figura 4**, se presentan las etapas del procesamiento de los RAEE para separar las fracciones metálicas y no metálicas, como etapa inicial para la posterior recuperación de metales.

Figura 4: Gestión de RAEE para separar las fracciones metálicas y no metálicas



Fuente: Abdul Khaliq, Muhammad Akbar Rhamdhani, Geoffrey Brooks and Syed Masood, Metal Extraction Processes for Electronic Waste an Existing Industrial Routes: A review and Australian Perspective, 2015.

2.2.2 Métodos para la recuperación de metales existentes en los RAEE

Luego de desarrollar las primeras etapas para la separación de las fracciones metálicas y no metálicas de los RAEE (por medios físicos y químicos, ver ejemplos en **Cuadro 2**), las últimas se pueden procesar mediante procesos metalúrgicos (hidrometalúrgico, pirometalúrgico, electrometalúrgico, biometalúrgicos, y sus combinaciones). Los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos son los más empleados y pueden ser seguidos por procesos electrometalúrgicos/electroquímicos (por ejemplo electro-refinado o extracción electrolítica) para la separación y la recuperación del metal seleccionado.

Los procesos biometalúrgicos, por ejemplo, la biolixiviación de metales a partir de los RAEE, solo se limitan a estudios de laboratorio, sin embargo, es una ruta que vale la pena explorar por el gran potencial que posee.

- **Hidrometalurgia:** consiste en la extracción y recuperación de metales, empleando soluciones químicas acuosas, en las cuales se concentran las soluciones de los metales de interés, los cuales están presentes como iones, que por reacciones reversibles y diferencias físicas de las soluciones son separados y aislados de forma específica. Como resultado se obtiene una solución rica en el ion de interés y con características propicias para la próxima etapa productiva. “(...) En general los metales extraídos por esta técnica son provenientes de los minerales anteriormente lixivados en medios como: sulfato, cloruro amoniacal, etc. Los procesos hidrometalúrgicos a diferencia de los pirometalúrgicos normalmente operan a temperaturas bajas (en el rango de 25 a 250° C). Las presiones de operación pueden variar de unos pocos Kpa (kilopascales) (vacío) hasta presiones tan altas como 5 000 kPa. Por último, los metales se recuperan de la solución a través de electrorrefinación (electrometalurgia) o procesos de reducción química (...)” (Extraído de Wikipedia, 2015).

En el **Cuadro 2** se presentan los procesos hidrometalúrgicos más usados para recuperar metales presentes en los RAEE.

Cuadro 2: Procesos hidrometalúrgicos para recuperar metales presentes los RAEE

Metal recuperado	Características principales del proceso	Producto principal	Año
Au	Chip de computadores tratados con HNO ₃ para disolver metales base; lixiviación con agua regia, precipitación valores de oro con sulfato ferroso	Au	2007
Au y Ag	Chatarra electrónica menor a 0,5 mm tratada con KI y I ₂ o NaCl, extracción por solventes para recuperar oro y plata	Au y Ag	2007
Ni	Lixiviación de níquel a partir de capacitores cerámicos, usando solución de 1 M de HNO ₃ a 90° C, 90 minutos de reacción y densidad de pulpa de 5g/l	Ni	2007
Au (98%), Pd (96%), Pt (92%), Ag (84%)	Disolución de metal base con H ₂ SO ₄ y MgCl, disolución de metales preciosos con HCl e iones de bromuro, cementación de oro con polvo de zinc	Au y grupo del platino en polvo	2006
Cu (98%)	Disolución del cobre con H ₂ SO ₄ y agua regia; electro obtención del cobre	Cu	2006
Cu, Ag (93%), Pd (99%), Au (95%)	Lixiviación del cobre con ácido sulfúrico, lixiviación del paladio con cloro, lixiviación de oro y plata con tiourea, absorción de oro y plata y paladio con carbón activado	AgCl, Cu, Pd, Au	2005
Au (92%), Ag, Pd	Disolución de metal base con HCl o H ₂ SO ₄ , lixiviación de plata, oro y paladio con HCl y NaClO ₃ , precipitación de oro con FeCl ₂	Au esponja	2005
Au	Lixiviación de chatarra electrónica con soluciones básicas de NaCl, CuCO ₃ y HCl	Au residual	2004
Sn, Pb	Disolución de soldaduras con soluciones ácidas de Ti. Titanio y plomo recuperados por electrolisis	Sn y Pb	2003
Cu, Pb, Sn	Lixiviación de tarjetas electrónicas con HNO ₃ , electrólisis para metales base	Cu, Pb, Sn	2002
Au	Tratamiento térmico, lixiviación de oro con agua regia, extracción por solventes para el oro con malonato de dietilo, sulfato ferroso para precipitar el oro	Au metálico	1997
Au	Tratamiento alcalino en autoclave a temperatura 80-190° C para remover el aluminio, tratamiento en auto-rosos clave a baja presión de oxígeno para remover los metales no ferroso	Concentrado rico en valiosos	1993
Ni y Au	Lixiviación de metales base con ácido sulfúrico y con reductor de sulfato férrico, agua regia para lixiviar metales preciosos	Ni y Au en solución	1992

Fuente: Oliveros, H. Metodología para recuperar metales preciosos: oro, plata y grupo del platino, presentes en desechos electrónicos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2011.

Pirometalúrgia: Al igual que la hidrometalurgia, la pirometalúrgia consiste en la recuperación y refinación de metales utilizando altas temperaturas. Permite la extracción de metales a partir de sus **minerales**, directamente o después de **concentradas**, por medio de calor. El rango de temperaturas suele superar los 950° C, es una técnica rápida y que puede procesar grandes cantidades de mineral.

Para mantener la temperatura a la que se desarrolla el proceso, es necesario el aporte de energía. Esta energía la proporciona generalmente la **reacción exotérmica** de alguna variedad de **carbón**, como

el **coque**, o la energía eléctrica. Según sea el proceso, se adiciona un **agente reductor**, que puede ser el combustible. Cuando la reacción exotérmica del material de partida es suficiente para mantener la temperatura del proceso (es decir, sin adición de combustible o de electricidad), se dice que el proceso es **autógeno**. Los procesos pirometalúrgicos más usados para recuperar metales presentes en los RAEE, se muestran en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3: Procesos pirometalúrgicos para recuperar metales presentes en los RAEE

Técnica	Metal recuperado	Características del proceso	Resultados obtenidos
Proceso Noranda Québec, Canadá	Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Se, Te, Ni	Fundición de cobre y concentrado de cobre, convertidor, horno de fundición, electrorefinación del metal	Altas recuperaciones de cobre y metales preciosos
Fundición Boliden, Ronnskar, Suecia	Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Zn, Pb, Ni	Reactor para concentrados, 100 mil toneladas por año, convertidor y refinación para cobre, refinación de metales preciosos	Altas recuperaciones de cobre y metales preciosos
Umicore, Bélgica	Metales preciosos, Se, Te, metales base	Lixiviación de cobre, electrorefinación de metales preciosos, 250 toneladas de chatarra electrónica al año, horno de fundición con control de emisores de gases, plástico sustituto del coke	Recuperación de metales preciosos, Sb, Bi, Se, Te, In
Patentes Dunns para refinación de oro	Oro	Reacción de chatarra electrónica con cloro. Temperatura 300 de 700, disolución de impurezas con ácido clorhídrico, disolución de la plata con ácido nítrico e hidróxido de amonio; muestras con recuperaciones de oro	Recuperación de oro con 99,9% de pureza proveniente de chatarra electrónica
Patente Days para recuperar metales presentes en chatarra con cerámicos refractarios	Metales preciosos, platino, paladio	Chatarra cargada en horno de plasma a temperatura cercana a 1 400° C, centígrados, cerámica en la escoria, plata y cobre también recuperados	Recuperaciones de platino y paladio a partir de chatarra electrónica, en porcentajes de 80,3% y 94,2% respectivamente
Patente Aleksandrovichs para recuperar metales del grupo del platino y oro a partir de chatarra electrónica	Grupo del platino y oro	Fundición de metales mediante la reducción con carbón	Metales del grupo del platino y oro recuperados

Fuente: Oliveros, H. Metodología para recuperar metales preciosos: oro, plata y grupo del platino, presentes en desechos electrónicos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2011.

Los procesos hidrometalúrgicos tienen beneficios adicionales en comparación con los pirometalúrgicos, ya que son fiables, exactos y controlables, además los pirometalúrgicos son altamente contaminantes, pues emiten SO_2 (**anhídrido sulfuroso**) y CO_2 (**anhídrido carbónico**).

En el **Cuadro 4**, se presentan a modo de ejemplo la recuperación de las fracciones metálicas y no metálicas, procedentes de las tarjetas electrónicas por medio de procesos físicos y químicos, técnicas que se combinan entre sí para obtener los diferentes elementos de interés.

Cuadro 4: Reciclaje de tarjetas electrónicas

Procesos	Tipo	Características	Beneficios
Químicos	Pirolisis al vacío	Genera aceites y gases que pueden ser utilizados dentro del proceso. El residuo sólido generalmente contiene fracciones no metálicas que deben ser sometidas a procesos adicionales (combinación con procesos físicos).	La fracción no metálica en forma de aceite puede utilizarse dentro del agregado del asfalto.
	Flujos supercríticos	Amigable con el medio ambiente. Separa la fracción metálica de la no metálica.	Dependiendo de la temperatura, se pueden eliminar los retardantes de llama bromados. En la fase sólida se retienen una gran cantidad de metales que pueden aprovecharse por hidrometalurgia.
	Biolixiviación (biometalurgia)	Uso de microorganismos extraer metales por medio de la generación de ácidos orgánicos que ayudan a la lixiviación de los metales. Amigable con el medio ambiente. Se debe controlar el tipo de microorganismos presentes. Se debe controlar el tipo de microorganismos presentes.	La remoción del componente metálico deja la fracción no metálica libre para procesar.
Físicos	Fuerza electrostática	No hay emisiones Separación de la fracción metálica de la no metálica.	La fracción no metálica obtenida en estos procesos puede ser aprovechada dentro de agregados de construcción y filtros de polímeros.
	Separación magnética	Separación de los metales magnéticos de los no magnéticos. No es muy eficiente.	
	Separación por gravedad	Separación a partir de gravedades específicas.	

Fuente: (Hadi, Xu, Lin, Hui, & Mckay, 2015) y <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10369/3/CD-6168.pdf>.

Cabe aclarar que, para la obtención de metales preciosos y raros se puede aplicar de forma seguida a los procesos químicos y físicos, las técnicas avanzadas descritas anteriormente (hidrometalurgia y pirometalurgia). Las técnicas deben ser controladas y variarán dependiendo del metal que se desee obtener (Cui & Zhang, 2008).

Recuperación de metales de las baterías: De estos elementos es posible recuperar litio (Li), níquel (Ni), cadmio (Cd), etc., así como porción metálica, mediante procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos.

Cuadro 5: Reciclado de baterías

Tipo de batería	Proceso de reciclado
Pilas alcalinas de manganeso y pilas de zinc-carbón	Son viables tanto procesos hidrometalúrgicos como pirometalúrgicos para recuperar el zinc, el acero y el ferro manganeso o material de relleno para su uso en la industria de la construcción.
Baterías de níquel-cadmio	Se usan los procesos pirometalúrgicos para recuperar el cadmio de pureza del 99.9% que es reutilizado para elaborar las nuevas pilas de Ni-Cd, así como el ferroníquel.
Baterías de níquel metal hidruro	Procesado para recuperar el cobalto, el hierro y otros metales.
Baterías recargables de ion litio	Procesado para recuperar el cobalto, el hierro y otros metales.
Baterías de plomo-ácido	El plomo es recuperado para su reutilización de nuevas pilas.
Pilas botón	Los óxidos de plata usados en relojes son recogidos por joyeros y reciclados para recuperar la plata. Otros tipos pueden ser reciclados para recuperar el mercurio, el zinc y el acero.

Fuente: <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/1000000204.pdf>.

2.2.3 Métodos de recuperación de otros materiales aprovechables dentro de los RAEE

Adicional a las tarjetas de circuito impreso, existen diferentes técnicas para aprovechar materiales considerados peligrosos como los presentes en las pantallas de TRC o en las baterías, los cuales se presentan a continuación:

– Recuperación y utilización de materiales presentes en las pantallas de Tubos de Rayos Catódicos (TRC)

Los componentes de estas pantallas pueden ser aprovechados casi en su totalidad, a excepción de la película fluorescente que debe ser manejada como un residuo peligroso puesto que contiene metales raros (europio e itrio) que aún no se han corroborado si pueden ser recuperados.

Los otros componentes como la máscara metálica o máscara de sombra y el cristal de TRC limpio pueden ser valorizados como metal ferroso y vidrio respectivamente, para su reingreso a procesos productivos, demostrando que se encuentran libres de plomo o sustancias de la película fluorescente.

Para el caso de funnel o vidrio plomado presente en las pantallas se ha venido utilizado como agregado en bloques de concreto. Este proceso no comprende ningún tipo de extracción del plomo, puesto que solo se toma el funnel y se muele hasta llegar a partículas de un tamaño promedio de 4 mm. La parte que cuenta con un tamaño menor, es procesada en conjunto con arena y otros residuos minerales, empleando diversas técnicas de lavado, separación y deshidratación, lográndose obtener dos fracciones: una que está por encima de los 0,063 mm y otra que se encuentra por debajo de este diámetro. Si una fracción se ubica en este segundo grupo, se transporta como residuo a un relleno sanitario. La fracción que está entre 0,063 y 4 mm es almacenada, analizada y de ser apta, se utiliza como agregado fino en bloques de concreto.

La fracción que está por encima de 4 mm es lavada y separada empleando técnicas basadas en diferencia de gravedad y flotación. El residuo que no es reusable es deshidratado y se envía a plantas

con licencia, el resto es analizado y utilizado como agregado grueso para la producción bloques de concreto (Jansen Recycling BV, 2009). El óxido de plomo (PbO) es muy usado en encapsulación y/o como agregado del cemento, en lo que se denomina agregado cristalizado en el clinker (Gong, Tian, Wu, Tan, & Lv, 2015).

– **Recuperación de materiales aprovechables presentes en las pantallas de Cristal Líquido (LCD) y plasma**

Al interior de estas pantallas se encuentran lámparas fluorescentes (para la iluminación de fondo) con contenido de mercurio, así como óxido de indio-estaño y revestimientos fluorescentes presentes en el plasma y cristal líquido. De las lámparas se busca recuperar el mercurio (en plantas especializadas), así como otras sustancias presentes en estas pantallas, mediante las técnicas adecuadas. Se debe contar con ambientes cerrados y controlados, en donde los operarios no estén directamente expuestos y en donde exista un sistema de extracción de material particulado y uno de filtrado que garantice el cumplimiento de los límites de emisión establecidos en cada país. Los filtros se deben reemplazar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Si no son recuperados los metales presentes en el revestimiento fluorescente, este debe ser enviado a disposición final en métodos que cuenten con permisos ambientales (incineración o celda de seguridad en relleno sanitario). El contenido del mercurio en suspensión, de metales pesados y de material particulado en los lugares donde se realice el tratamiento de las lámparas, debe medirse y controlarse frecuentemente, para garantizar que no se exceden los límites de exposición profesional en los sitios de trabajo y en lugares de almacenamiento.

Lámparas de mercurio: deben existir contenedores para el almacenamiento de las fracciones de salida, diseñados para evitar la emisión de mercurio, así como una aspiradora industrial con filtros de carbón activado. Se deben controlar las cantidades tratadas y almacenadas de lámparas de mercurio (deben permanecer por debajo de 150 000 unidades que equivale a menos de 500 gramos de mercurio almacenado). De estas lámparas además del mercurio también se obtienen partes metálicas, plásticas y polvos de fósforo, que deben ser tratados. Las emisiones al aire, agua y suelo deben respetar los límites máximos permisibles en cada país.

Cuadro 6: Métodos de tratamiento para componentes de las lámparas fluorescentes

Fracción de salida	Objetivo	Receptor
Vidrio	Cristal	Industria de cristal
		Industria de lámparas
	Acrilamiento	Industria de la cerámica
	Arena abrasiva de limpieza	Industria de limpieza
	Fundente de fundición de cobre negro	Industria metalúrgica
	Clinker	Industria del cemento/construcción
	Sustitución de arena	
	Capa inferior de para asfaltado	
	Lana de vidrio	
	Sustitución de silicio	

Fracción de salida	Objetivo	Receptor
Mercurio	Cátodo	Industria del cloro/sosa cáustica
	Mercurio	Industria de lámparas
	Polvo de fósforo/fluorescente	Vertedero controlado
Polvos	Residuo	Vertedero controlado
	Nuevo uso	Industria de tierras raras
Componentes metálicos y tapas	Fundiciones metálicas	Industria metalúrgica
Plásticos	(Mezcla de) Plástico	Industria del plástico
	Residuos plástico	Vertedero controlado

Fuente: WEEELABEX – Tratamiento, 2011.

Los gestores que llevan a cabo el tratamiento o los gestores aguas abajo deben tener la capacidad para manejar las fracciones resultantes de los procesos de tratamiento que no puedan ser aprovechadas y presenten riesgos para el ambiente y la salud (por ejemplo, envío a relleno sanitario – celda de seguridad, previo encapsulamiento o a incineración en condiciones controladas y de acuerdo con lo definido en las normas vigentes en cada país), de lo cual se pueden conservar registros.

Está claro que la recuperación conlleva al aprovechamiento de los residuos peligrosos procedentes de los RAEE. Indudablemente se debe ahondar respecto a la relación costo/beneficio en términos ambientales, de la aplicación de procesos de recuperación y aprovechamiento, los cuales suponen beneficios en lo que respecta a la eficiencia energética y la preservación del ambiente, versus el grado de contaminación de los residuos secundarios producto de los mismos y las implicaciones de su correcta gestión.

3 CAPÍTULO 3 – Aspectos sociales de gestión de los RAEE

Este capítulo presenta las connotaciones de tipo social relacionadas a las consecuencias de la no adecuada gestión de los RAEE procedentes de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), los cuales pueden servir de guía a los gobiernos y gestores de países menos desarrollados y en vía de desarrollo, independientemente de sus condiciones particulares. Para tomar acciones al respecto.

3.1 Dispositivos TIC falsificados o de no conformidad (sub-estándar)

Los dispositivos falsificados (celulares y accesorios principalmente), son copias idénticas de la marca original o similares a la marca original (en términos de la marca o del diseño).

El problema de estos dispositivos está relacionado con el impacto que generan para las compañías privadas y gubernamentales, ya que bajan las ganancias (tanto para la compañía productora como para los recaudos fiscales y de aduana), así mismo, se disminuyen el valor del “goodwill” debido a que los consumidores asocian estos equipos defectuosos con los de marca. Adicionalmente se presentan riesgos para la salud (ya que muchos de estos dispositivos no tienen las especificaciones ni los estudios desarrollados por las grandes marcas), lo cual lleva a posibilidades de corto circuito e incluso a que equipos como los teléfonos celulares puedan explotar. La privacidad del usuario disminuye, pues en varios casos se han duplicado los IMEI (identidad internacional del equipo móvil).

En lo referente al tema ambiental y social, estudios realizados en el Instituto Tecnológico Nokia de Brasil, han encontrado sustancias como cadmio y plomo en cantidades superiores a los estándares indicados en la RoHS (Restriction of Hazardous Substances – Restricción de sustancias peligrosas), en teléfonos móviles falsificados (véase las Figuras 5 y 6). Así mismo, estudios adelantados en India con varios celulares originales y falsificados encontraron, que los celulares sin marca tenían alrededor de 35 y 40 veces el contenido de plomo aceptable para el consumidor, en comparación con los celulares originales que si cumplían con RoHS.

Figura 5: Concentraciones de plomo (Pb) en celulares falsificados

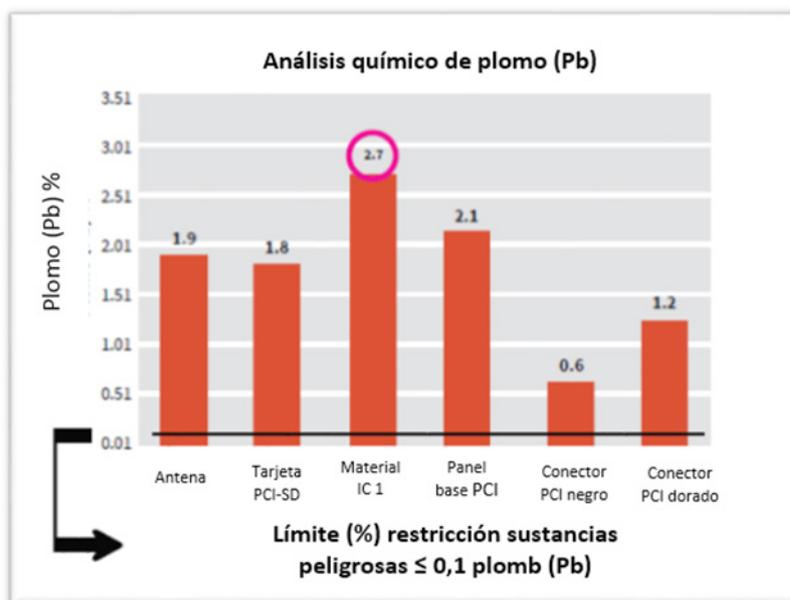
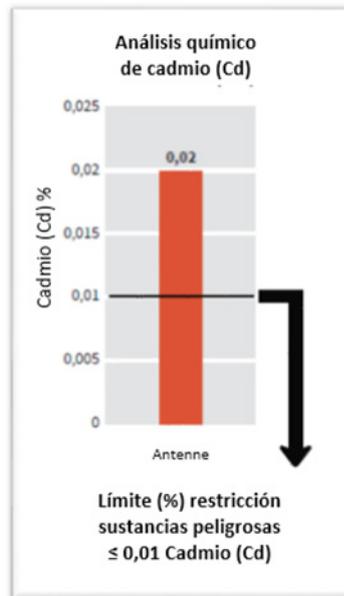


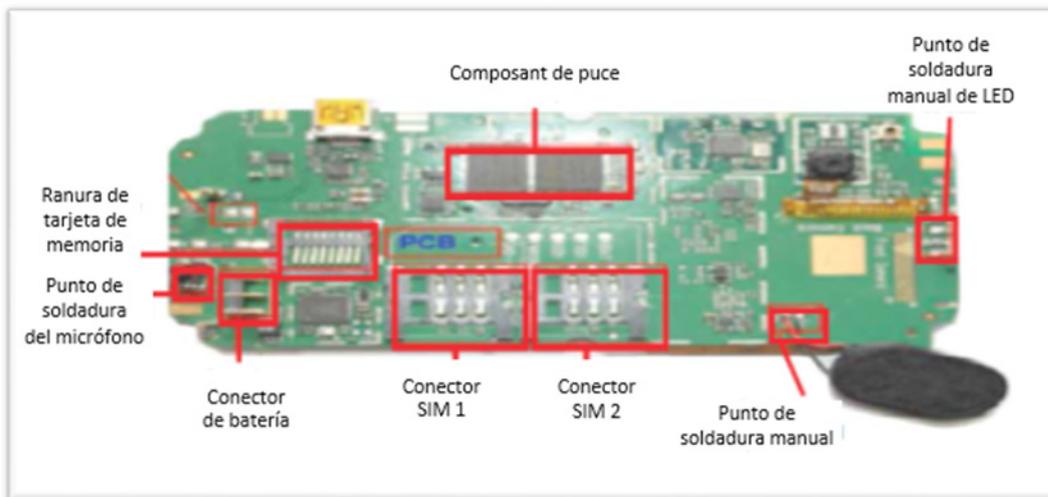
Figura 6: Concentraciones de cadmio (Cd) en celulares falsificados



Fuente: Mobile Manufacturers Forum, 2015.

La **Figura 7** muestra las partes de tarjetas de circuito integrado (PCB) donde se detectan mayores niveles de plomo en teléfonos móviles genéricos.

Figura 7: Partes del celular donde se encontraron componentes peligrosos



Fuente: Mobile Manufacturers Forum, 2015.

Los móviles falsificados además de no cumplir con la RoHS, no cumplen con requisitos de tensión, audio, compatibilidad electromagnética, entre otras características, lo cual pone en riesgo a los consumidores. Los equipos falsificados son una amenaza a la seguridad cibernética ya que son difíciles de rastrear porque o no cuentan con IMEI o porque tienen uno falso, lo cual apoya a la ciberdelincuencia. El aumento de robo de celulares para manejo en el mercado negro se ha hecho cada vez más frecuente.

La baja calidad de los equipos, puede traer como consecuencia la obsolescencia temprana y si a esto se le suma el no cumplimiento de las RoHS (es decir, mayores contenidos sustancias peligrosas como plomo y cadmio) el resultado no puede ser otro que el aumento de los costos ambientales y

económicos de gestión de los RAEE producto de los equipos falsificados, motivo por el cual dichos dispositivos se constituyen en un riesgo en todo sentido: seguridad, salud, ambiental, económico, entre otros, siendo fundamental combatir su proliferación; sensibilizar a consumidores sobre los impactos negativos que tiene adquirir dispositivos falsos; contar con recursos para poder realizar operativos que permitan identificar y atacar mercados negros de este tipo de dispositivos. Cada país debe revisar y si es el caso reformar su legislación relacionada con este tipo de fraude, para evitar que siga en aumento.

La Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) en conjunto con la Organización Mundial del Comercio (OMC), la Comisión Europea (CE), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización Mundial de Aduanas (OMA), han implementado iniciativas destinadas a proteger los derechos de propiedad intelectual y luchar contra productos falsificados.

En lo relacionado a esta problemática, la pregunta 8 del Grupo de Estudio 11 de la UIT-T “Directrices para implementaciones de protocolos, para hacer frente a los dispositivos TIC falsificados”⁶. Presenta un marco de referencia y los requerimientos que deben ser tenidos en cuenta al implementar soluciones para combatir la circulación y uso de los equipos TIC falsificados y/o modificados (manipulados).

En este Informe se hace referencia a los retos que se presentan al momento de hablar de los equipos no conformes, como la definición e identificación de un dispositivo falsificado, productores y distribuidores de dispositivos no conformes, como limitar las importaciones entre otros.

3.2 Impactos de la gestión inadecuada de los RAEE en la salud humana

3.2.1 Población vulnerable

Los niños y las mujeres en condiciones económicas bajas que se encuentran en lugares en donde se efectúa el reciclaje de RAEE, representan a la porción más grande de recicladores informales; sin embargo, por falta de información, no es fácil saber cuál es la cantidad de trabajadores.

La Organización Mundial del Trabajo ha indicado que los niños son los trabajadores más comunes en el reciclaje de RAEE debido a que tienen manos pequeñas que les permiten desmantelar más fácil los aparatos electrónicos. Este tipo de población es la más vulnerable teniendo en cuenta los riesgos que hay en la salud por exposición a sustancias peligrosas como metales pesados, retardantes de llama bromados, bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos entre otros vapores nocivos, y dado el peso y tamaño de los niños, el impacto en sus cuerpos es considerablemente mayor que la exposición dada por un adulto (Perkins, Brune Drisse, Nxele & Sly, 2014).

3.2.2 Situación actual de la incidencia en la salud humana

El reciclaje de RAEE en países en vía de desarrollo es un problema latente, ya que esta economía al moverse por negocios en su mayoría no formales, no garantizan la seguridad en los trabajadores (los cuales se encuentran en condiciones de pobreza) ni del medio ambiente durante la obtención de materiales valiosos (metales ferrosos, no ferrosos, preciosos, etc.) empleando técnicas rudimentarias y vendiéndolos de forma ilegal (Sepúlveda, y otros, 2010).

Los recicladores o “empresas de reciclaje” no formales, recogen los equipos, los clasifican y los separan de forma manual y/o con ayuda de herramientas para luego aplicar procesos en crudo con uso de calor y compuestos químicos. Entre las técnicas más comunes se encuentran: quema abierta de Tarjetas de Circuito Impreso (TCI) y cables, quema de TCI por separación de componente o por cobertura de soldadura, molido y fundido de plástico, quema de cables para obtener cobre, calentado y lixiviación ácida de las TCI, recuperación de oro de las TCI con lixiviación de cianuro y sales o con ácido nítrico

⁶ Documento completo en el siguiente link [TD1337 \(GEN/11\)](#).

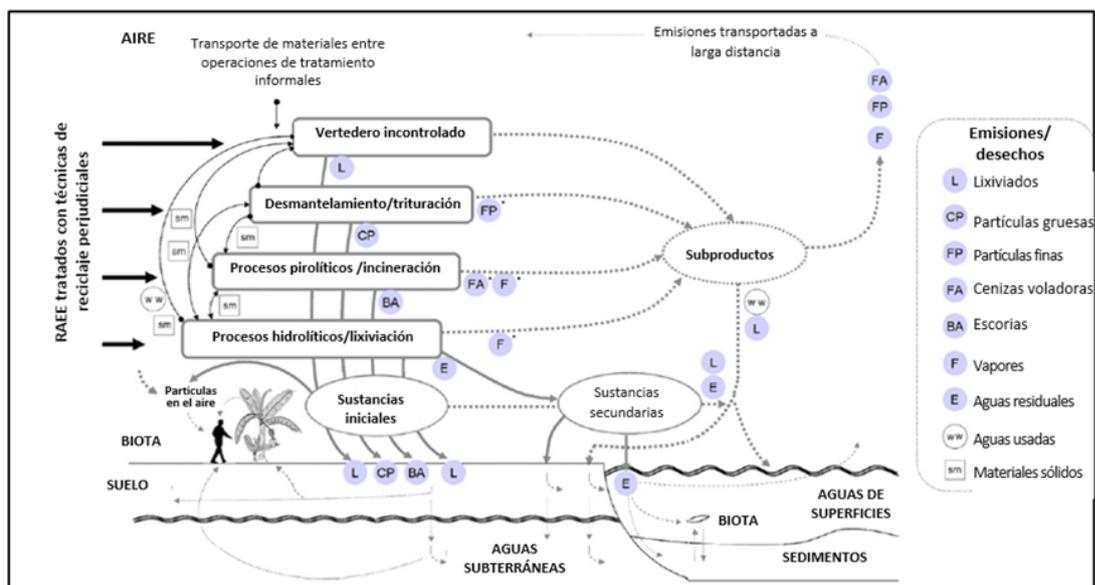
y amalgamación de mercurio, desmantelamiento manual de los tubos de rayos catódicos y quema abierta de plásticos (Sepúlveda, y otros, 2010).

Esta problemática va en aumento y al moverse de forma clandestina dificulta que las entidades responsables (gobierno, ministerios de salud, etc.) puedan efectuar de forma adecuada un seguimiento, lo que lleva al aumento de enfermedades relacionadas a la exposición de los compuestos tóxicos presentes en los RAEE (los cuales son más de 1 000).

3.2.3 Rutas de transporte de los contaminantes

Existen varias técnicas (unas más seguras que otras) para obtener los materiales valorizables de los RAEE. Estos procesos al no realizarse con las precauciones del caso, terminan en el medio ambiente (véase la **Figura 8**).

Figura 8: Actividades de reciclaje de RAEE en China e India, tipos de emisiones producidas y vías de propagación en el ambiente



Fuente: Sepúlveda, y otros, 2010.

Hay tres formas en las cuales los contaminantes/compuestos pueden presentarse durante los procesos de obtención de materiales valiosos (Sepúlveda y otros, 2010):

- 1) Sustancias originales: compuestos constituyentes de los RAEE.
- 2) Sustancias auxiliares: utilizadas en los procesos de reciclaje (cianuro, agua regia, etc.).
- 3) Subproductos: obtenidos por la transformación de los primeros constituyentes utilizando las sustancias auxiliares.

Estas sustancias reaccionan de diferente forma y dependiendo de la ruta, se pueden ver como emisiones o salida de los procesos (véase la **Figura 8**).

- 1) Lixiviados por actividades de desechos (L).
- 2) Material particulado por actividades de desmantelamiento (CP).
- 3) Cenizas producto de las quemas de material (FA y BA).
- 4) Vapores de amalgamas de mercurio, la desoldadura de las TCI u otro tipo de quema de material (F).

- 5) Aguas residuales productos del desmantelamiento o cribado del material (WW).
- 6) Efluentes por lixiviación de cianidos u otras actividades de lixiviación de amalgamación de mercurio (E).

El reciclaje informal de estos residuos representa muchos riesgos para la salud, ya que este tipo de emisiones llega al ser humano por diferentes medios (aire, agua y suelo) y puede afectar directamente a los recicladores como a terceros que frecuenten lugares cercanos a los de reciclaje. Se ha evidenciado que en lugares dedicados a la gestión de este tipo de residuos la concentración de plomo, dioxinas/furanos y polibromado difenil éter (PBDE) en el aire es mayor que en las grandes ciudades de Asia. Dichas concentraciones comparadas con los estándares de la Organización Mundial de la Salud pueden causar detrimento en la salud humana (Sepúlveda, y otros, 2010).

3.2.4 Rutas de exposición

Existen varios tipos de compuestos que bien sea por ingestión, inhalación o contacto dermal pueden tener efectos negativos en el ser humano si la exposición se ha dado en condiciones de protección pobre y/o en condiciones donde se hace un reciclaje de los componentes de forma insegura.

En el **Anexo 3**, Se encuentra un resumen de exposiciones efectuado por *Grant* y colaboradores en 2014, sobre los compuestos presentes en la gestión de RAEE, las rutas de exposición, la forma en la que viajan los contaminantes y las enfermedades que potencialmente pueden ser asociadas al contacto de estas sustancias con el cuerpo humano.

Se presenta una contaminación importante en el reciclaje no formal de los materiales provenientes de RAEE, como la quema del plástico u otros materiales, o cuando se realiza la “desoldadura” de las tarjetas de circuito impreso por medio de compuestos químicos como el cianuro y algunos ácidos los cuales emiten vapores que sin protección pueden ser inhalados y pueden causar efectos en la salud de las personas expuestas (Perkins, Brune Drisse, Nxele, & Sly, 2014).

Adicionalmente este reciclaje inapropiado generalmente termina contaminando el medio ambiente (el agua, el suelo y el aire), llevando a que muchos de los subproductos que se obtienen en este proceso terminen en cuerpos de agua o sean bioacumulados por los animales y seres humanos (como es el caso del mercurio).

Los niños son un grupo sensible en la exposición a los RAEE. Pueden verse afectados no solo en el proceso del reciclaje no formal, sino desde la etapa de gestación con la acumulación de compuestos (cadmio, plomo níquel, etc.) presentes en la placenta de mujeres embarazadas expuestas (Guo, y otros, 2010). Así mismo los niños en etapa lactante, con la ingesta de leche materna en la cual se han encontrado acumulación de contaminantes.

Es importante tener en cuenta que se ha evidenciado efectos negativos en los infantes que se encuentran cerca de lugares donde se realice el reciclaje de estos residuos (Grant, y otros, 2013) (Perkins, Brune Drisse, Nxele, & Sly, 2014).

Adicional a la forma indirecta de exposición, existe la “exposición obtenida/tomada en casa” en la cual los niños generalmente se ven afectados bien sea por que se efectúan procedimientos de reciclaje en el hogar o porque algunos componentes se encuentran adherido a la ropa (Grant, y otros, 2013) (Perkins, Brune Drisse, Nxele, & Sly, 2014).

3.2.5 Consecuencias de la exposición

Los efectos de cada una de las sustancias por separado son altamente estudiados, sin embargo, el tener una mezcla de compuestos como las que se tienen al exponerse a los vapores producidos por el reciclaje informal de RAEE no son tan conocidas.

Los efectos potenciales en la salud de las personas expuestas a los humos de los RAEE son principalmente efectos en la función pulmonar, de la tiroides, citotoxicidad y genotoxicidad, bajo peso al nacer, salud mental entre otras.

También es probable que la exposición a estas sustancias tenga efectos carcinogénicos y propiedades disruptivas del sistema endocrino, teniendo como resultado efectos en el desarrollo normal de la persona (Perkins, Brune Drisse, Nxele, & Sly, 2014).

Grant y Colaboradores (2013) efectuaron un análisis de varios estudios asociados a la exposición de RAEE, de los cuales 23 reportaron asociación entre la exposición a RAEE y salud mental, física, neurodesarrollo y resultados de aprendizaje. Diez y seis (16) de esos 23 estudios presentaron asociación entre la exposición a RAEE y problemas en la salud física como alteración en el funcionamiento de la tiroides, efectos en la salud reproductiva, crecimiento bajo de los pulmones y cambios en el funcionamiento de las células (Grant, y otros, 2013).

También se encontró que niños entre los 8 y los 9 años que viven en una ciudad que se dedica al reciclaje de RAEE (Guiyu, República Popular de China) tienen una capacidad de fuerza vital menor que los que viven en ciudades que no efectúan estas actividades, además de presentar valores de plomo en la sangre considerablemente mayores (Grant, y otros, 2013).

En Montevideo se efectuó un estudio sobre la exposición de los niños al reciclaje no formal de los RAEE, específicamente de los cables, y se encontró que un porcentaje del 24% de los niños estudiados cuenta con dosis de plomo en la sangre superiores a las permitidas según la Organización Mundial de la Salud (Pascale, y otros, 2016).

De la misma manera, se ha encontrado que, en las mujeres expuestas a estos compuestos de forma no segura, se generan depósitos de contaminación que se bioacumulan en la grasa, y dada la composición del pecho por este tejido, existe una gran posibilidad de que si la mujer queda embarazada pueda pasar al hijo estos compuestos sea por medio de la placenta o por la leche materna (Minh Tue, y otros, 2014).

4 CAPÍTULO 4 – Aspectos económicos de la gestión de RAEE

En este capítulo se presentan los aspectos económicos de la gestión de los RAEE teniendo en cuenta los diferentes planes de retoma de equipos de TIC a nivel mundial. También se formulan recomendaciones a otros gobiernos que estén pensando en la implementación de un Sistema de gestión de RAEE o que se encuentren interesados en reducir costos relacionados con el transporte de los mismos.

4.1 Planes de retoma

El proceso de retoma de equipos es de las actividades de mayor importancia dentro de la cadena de gestión de los RAEE debido a que es el inicio del proceso, sin el cual no existiría insumo para gestionar estos equipos.

El proceso de retoma es una estructura que debe estar compuesta por cuatro componentes principales: 1) las normas que rigen el sistema, 2) las áreas operativas de la recolección y el procesamiento de los RAEE, 3) la financiación del sistema y 4) la forma de controlar el flujo de los RAEE dentro y fuera de la jurisdicción del sistema y debe contar con apoyo de todos los que intervienen en la cadena (consumidores, productores, distribuidores y entes gubernamentales).

Entre las estrategias que se implementan para promover la retoma, se resalta el principio de la extendid y la sensibilización a los consumidores, las cuales han representado en algunos países experiencias exitosas y en algunos otros fracasos relacionados con el contexto social del país.

En el siguiente sección se presentan esquemas de recolección/retoma de equipos en diferentes países y se presentan recomendaciones para optimizar los procesos de retoma.

4.2 Recomendaciones para la retoma

Como se observa en las iniciativas de otros países, la recolección exitosa solo puede garantizarse si se involucra al productor, distribuidor, consumidor y gobierno; además implementando las siguientes recomendaciones (las cuales sometemos a discusión por parte del Grupo de Estudio C8/2):

- 1) Generar conciencia en la gente sobre los impactos de los RAEE y porqué deben entregarse a programas formales de reciclaje.
- 2) Motivar apoyo económico del Gobierno de cada país para reducir los costos de transporte.
- 3) Crear puntos de recolección común en los cuales el consumidor pueda devolver los AEE en desuso.
- 4) Fomentar descuentos en aparatos electrónicos nuevos al devolver los equipos en desuso a las tiendas distribuidoras.
- 5) Efectuar un estudio del sector informal de reciclaje de RAEE en la jurisdicción por parte del gobierno, para determinar la formalización y minimizar los impactos en la salud y el medio ambiente.
- 6) Motivar a los productores a efectuar programas de recolección (idealmente el CST) para garantizar la retoma de una cantidad importante de RAEE.
- 7) Establecer metas de recolección de RAEE por parte del estado, con la finalidad de que los productores también se establezcan metas en su retoma.
- 8) Promover programas de sensibilización para la población del sector rural, buscando que en lo posible utilicen los puntos de recolección en las zonas urbanas.
- 9) Promover alianzas entre las diferentes empresas pos consumo para compartir costos de operación como el transporte y la disposición de los RESPEL.

4.3 Impacto económico y oportunidades de negocio en RAEE

Cada día se producen cantidades enormes de productos electrónicos ligados al consumo masivo de AEE y por consiguiente más RAEE cuyas figuras tienden a incrementarse,⁷ en donde la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) estima un crecimiento de 41 millones de toneladas por año a 47 en 2017. Estos desechos ocupan volúmenes considerables, contienen materiales como plomo y mercurio que resultan tóxicos y pueden afectar al ambiente y a la salud humana.

El aumento de los RAEE está relacionado al parecer con el empleo de computadores y dispositivos móviles que sean de última generación, ya que para obtener el beneficio que los nuevos modelos ofrecen, los dispositivos “obsoletos” son olvidados y desechados, haciendo que el nivel de RAEE crezca de manera descomunal y fuera de control.

Teniendo los AEE hoy en día una esperanza de vida tan corta, es fundamental que sean reciclados para obtener niveles mínimos de desechos.

4.3.1 Oportunidades de negocio

El garantizar la gestión adecuada de RAEE puede generar además de los beneficios ambientales y en la salud, beneficios económicos como son inversiones financieras, de infraestructura y legislación en cuanto a reciclaje y reúso de los materiales provenientes de RAEE.

Dado lo anterior, la problemática actual puede convertirse en oportunidades tanto económicas como de avance en el aspecto social, especialmente en los países menos desarrollados, pues el lograr reutilizar, recuperar materiales de los RAEE y disminuir los materiales peligrosos a disponer puede garantizar mejores ingresos en el esquema de reciclaje.

Asimismo, el aprovechar de forma local estos residuos (en vez de exportarlo a países desarrollados) garantizaría una mejora en los ingresos (ahorrando costos de trámites y de transporte marítimo), además de evitar que los residuos queden almacenados afectando agua y suelos con sus materiales contaminantes y fomentando el trabajo informal, inseguro y expuesto a factores contaminantes.

Teniendo en cuenta tanto la importación como la exportación de RAEE y el impacto que este intercambio genera para la economía y el medio ambiente, se considera necesario el establecimiento de prioridades y límites, así como inversiones de dinero y legislación a nivel de los países implicados para reforzar los esfuerzos aunados por la comunidad internacional para la correcta disposición y un aprovechamiento de los RAEE.

Los RAEE deben ser vistos no solamente como un problema para el medio ambiente y para salud pública (en donde millones de personas realizan trabajos informales de procesamiento de RAEE de forma insegura) sino como una oportunidad económica que puede generar rentabilidad.

4.3.2 Fuente de empleos

El reciclaje de RAEE es una labor principalmente manual y compuesta por un número importante de niños (debido a las pequeñas partes que lo componen), por consiguiente la cantidad de trabajadores potencialmente formales que podrían estar en condiciones seguras sería mayor, estimulando la economía por medio del gasto y evitando la exposición de los niños a estos ambientes inseguros. Esta sería una fuente confiable de empleo que ofrecería trabajos de renombre en donde se puede aprovechar mano de obra hoy especializada en el procesamiento de RAEE y otras profesiones, además ayudaría a mejorar los índices de desempleo de economías en desarrollo. Se debe alentar a manufactureros industriales AEE a participar en fondos de asistencia para reusar y reciclar material buscando la creación de empleos verdes.

⁷ Documento SG2RGQ/50, “ITU-D activities on e-Waste”, Coordinador de la BDT para la Cuestión 8/2.

4.3.2.1 Recuperación de metales (aumento en ingresos, disminución de energía)

La minería urbana (tanto legal como ilegal) ha aumentado en los últimos años debido a que los metales preciosos y/o raros son muy apetecidos en la fabricación de AEE, por consiguiente, efectuar la recuperación de estos metales de forma adecuada y segura para con el trabajador y el ambiente se ha vuelto una prioridad. Sin embargo, son pocos los países que efectúan un aprovechamiento formal, a diferencia de los países en vías de desarrollo, en los que el costo para exportar dichos residuos es considerablemente alto, por lo que se debe incentivar la creación de empresas regionales dedicadas a la obtención segura de estos metales, lo cual generaría una oportunidad de negocio para economías emergentes (minimizando los costos en transporte y permisos ambientales etc.), además de generar bien sea una sana competencia con las grandes refinadoras o promover la ampliación de las grandes empresas a otros países y crear más empleos verdes. Adicionalmente, el recuperar los metales presentes en los RAEE puede disminuir la explotación minera para extraer compuestos vírgenes de la tierra, lo cual se traduce en reducción de requerimientos de energía (agua y electricidad) y disminuir impactos sobre el medio ambiente (emisiones, vertimientos, etc.).

4.3.2.2 Minimización de costos

Disminuir los compuestos de carácter peligroso en los aparatos electrónicos puede promover a que las pequeñas empresas gestoras de estos elementos puedan maximizar sus ingresos efectuando el aprovechamiento de sus residuos y disminuyendo los costos relativos al tratamiento de los residuos peligrosos.

4.3.2.3 Incentivos monetarios

Es fundamental evaluar la viabilidad de emplear partes de los RAEE en la producción de aparatos nuevos, esto de alguna manera podría llegar a reducir costos de materias primas y como resultados beneficiar económicamente tanto la facilidad para el de reciclaje, como a empresas de manufactura de dichos aparatos. Todo este esfuerzo se traduciría en la reducción del costo final de los productos nuevos ubicándolos más al alcance de la población.

4.3.2.4 Investigación

Grandes recursos financieros e intelectuales se necesitan para realizar investigación cuya finalidad sea la protección del medio ambiente y el desarrollo de procesos de reciclaje de RAEE mejores y más eficientes que garanticen la obtención de materias primas de forma adecuada y que minimice los subproductos y compuestos de carácter peligrosos presentes en los RAEE de hoy.

Con lo anterior se promovería mejoras tecnológicas en los aparatos electrónicos nuevos, un porcentaje de energía menor, que la obsolescencia sea más retardada y que sus componentes principales sean en su mayoría aprovechables y/o de fácil procesamiento.

Es posible que organizaciones tanto privadas como públicas podrían estar interesadas en invertir no sólo de manera local sino de manera internacional propendiendo por el bienestar económico, social y ambiental mundial.

Con lo mencionado anteriormente, se evidencia que aparte de los beneficios ambientales del proceso de reciclaje de RAEE, hay también muchos beneficios de carácter financiero y económico. Facilidades para reciclaje de RAEE son cada vez más indispensables y necesarias alrededor del mundo y se requiere de cooperación a nivel mundial en cuanto a cumplimiento legal e imposición y creación de leyes y responsabilidad social corporativa.

4.4 Modelos económicos para financiar el Sistema de gestión de RAEE

Antes de definir los modelos económicos adecuados es necesario aclarar que existen 2 tipos de costos dentro de la cadena de reciclaje de RAEE: los costos de tratamiento y los costos estructurales:

Los costos técnicos están relacionados con el almacenamiento temporal, la retoma, el transporte y el tratamiento (para el caso de los estándares mínimos hace referencia a las etapas incluidas en el hacer).

4.4.1 Costos de tratamiento

Dentro de los costos de tratamiento existen diversas variables como son el gasto de energía, el costo por hora trabajada, la depreciación de la maquinaria, entre otros costos, para ello la Empresa Cyrcl consulting definió los costos netos con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Costo neto de tratamiento} &= \text{Fracción de valor positivo} \\ &\quad - \text{costos operativos (energía, costo empleados, depreciación entre otros)} \\ &\quad - \text{Valor de fracción negativa} - \text{plan de margen de ganancia} \end{aligned}$$

Fuente: Cyrcl consulting, 2015.

Cuando los ingresos asociados a los mercados descendentes no son suficientes para compensar los costos para la gestión adecuada de las fracciones que tienen un valor negativo (gestión de RESPEL), o los costos operativos son particularmente altos (hora/empleados, costo energía entre otros), el costo neto del tratamiento será negativo. Los costos netos de tratamiento positivos son comunes en países que cuentan con plantas de tratamiento consolidadas (como las refinadoras en países europeos) que cuentan con un mercado estable.

4.4.2 Costos de estructura

Estos están asociados con actividades de monitoreo para el funcionamiento adecuado del sistema, este se divide en 5 grupos:

Refuerzo: Costos de control que los productores han registrado para cumplir con el roll y encargarse de las responsabilidades del sistema.

Auditoria: costos de las auditorías a las plantas y a los otros actores de la cadena de reciclaje de RAEE en pro de prevenir un comportamiento no adecuado.

Sensibilización: costos relativos a aumentar la conciencia pública sobre la gestión adecuada de los RAEE, la cual hace énfasis en la promoción de la retoma, es decir devolución/disposición adecuada de los residuos electrónicos.

Garantías: Incluye los costos en las que el productor deja de existir o por alguna razón la empresa no puede asumir la financiación de la parte de los RAEE que debe gestionar. Para eso en Europa, la directiva WEEE introdujo garantías financieras para los electrodomésticos en el mercado.

Otros costos: Costos que no puedan ser clasificados en las categorías previas.

4.4.3 Principio responsabilidad extendida del productor

Este principio como se ha explicado previamente hace referencia a que los productores de los AEE deben garantizar la gestión adecuada de sus dispositivos luego de que estos han perdido su vida útil.

Este principio es la base de los sistemas económicos para la financiación de RAEE, pues se parte de que la gestión será realizada por los productores.

4.5 Recomendaciones para un modelo de financiamiento en RAEE

Entre los diferentes modelos evaluados por Cyrcl consulting, los elementos en común que pueden ser ajustados incluyen los siguientes:

- Los pagos de las entidades de las personas que entregan RAEE a los puntos formales de recolección de residuos electrónicos deben estar exentos de impuestos. Así podría crearse un incentivo positivo para llevar la gestión de los materiales a canales formales. Asimismo, este mecanismo podría crear una barrera financiera para los recicladores no formales, obligándolos a ajustarse a los canales formales.
- A largo plazo la efectividad del sistema puede ser alcanzada siempre y cuando sea un sistema basado en el REP organizado por el sector privado, ya que se ha demostrado que el sector privado tiene más incentivos de reducir el impacto económico de la gestión de los RAEE.
- La competencia leal entre los que efectúan la retoma de equipos y los recicladores debe ser establecida. Este es uno de los factores más importantes para que la relación costo-beneficio a largo plazo sea mantenida siempre y cuando las normas mínimas de calidad (estándares mínimos) estén claramente definidos.
- La transparencia de los costos reales debe ser clara para aumentar la concienciación de los consumidores y de la sociedad en general sobre las necesidades financieras requeridas para garantizar la gestión adecuada de los RAEE. Esto se puede lograr informando al público como se asignan los fondos recaudados para la gestión de los RAEE.
- El sistema de recolección de RAEE no debe tener como objetivo la competencia con el reúso local y con el sector del reacondicionamiento:
 - Desde una perspectiva social este sector contribuye a acceder a los RAEE a la gente de escasos recursos.
 - Desde la perspectiva ambiental, contribuye a extender la vida útil de los AEE y pospone la disposición final y la recuperación de materiales.
 - Desde la perspectiva económica, el valor del reúso de un AEE y sus componentes es mucho más alto que su valor material.
- Para un sistema basado en REP, se debe tener clara la definición adecuada de productor la cual podría referirse no solo al producto de la marca, sino que incluye todas las entidades locales que produzcan, ensamble o importen nuevos o usados AEE que estén en el mercado.
- Si se presenta contrabando (como en el caso de Etiopia), deben ser reforzados especialmente en sistemas que estén basados en el REP, para no generar asimetrías en el mercado de la industrial legal.

Dentro de lo definido por Cyrcl consulting se puede observar que se debe asegurar un reparto equitativo de las responsabilidades financieras de los dos grupos de interés principales:

- Transporte y tratamiento (costos técnicos) los cuales están basados en el REP y en línea con el enfoque más común a nivel mundial apoyado por la industria:
 - Los hogares que consumen AEE, a través de una tarifa basada en la cuenta de electricidad hace que sean responsable del financiamiento del acceso a los residuos (retoma, transporte, tratamiento). El acceso al costo de los residuos es actualmente una de las raíces del alto costo del reciclaje de los RAEE en la mayoría de los países en desarrollo.
 - Hacer a los consumidores responsables de financiar este paso puede contribuir progresivamente al cambio en la actitud de los consumidores, los cuales están esperando compensación económica por manejar los RAEE, incluso cuando son descartados para reciclaje. Esto no debe afectar el reúso actual y los negocios de reacondicionamiento los cuales deben estar presentes en el esquema propuesto.

- La distribución del costo para el acceso de los RAEE por parte de los consumidores, contribuye a prevenir la sobrecarga del sector privado formal, lo que podría resultar en el aumento de precios de los productos. Esto crearía incentivos para el mercado negro y el contrabando como también generaría una buena actitud para implementar de forma adecuada el sistema propuesto (Cyrle consulting, 2015).
- Cabe aclarar que lo que se presentó anteriormente es un modelo económico para el país de Etiopía el cual cuenta con una problemática similar a muchos países en vías de desarrollo, pero que puede ser implementado en cualquier país que requiera un sistema de financiación para gestionar los RAEE adecuadamente. Sin embargo, deben ser planteados por las entidades competentes en cada uno de los gobiernos, las cuales deben analizar el contexto de su nación y ajustar el modelo a sus necesidades.

5 CAPÍTULO 5 – Contribuciones y estudios de caso

En este capítulo se resumen las contribuciones y los estudios de caso, salvo los que se han utilizado en el cuerpo principal del Informe.

5.1 Brasil: alternativas de explotación técnicamente viables para residuos peligrosos contenidos en los residuos provenientes de las telecomunicaciones/TIC

Brasil presenta una contribución a la minimización de generación de residuos electrónicos por medio del reúso.⁸

5.1.1 Televisión digital vs análoga

Trabajar con sustancias químicas como plomo, cromo y mercurio es extremadamente peligroso ya que puede contaminar a la gente a los suelos y al agua. Sin embargo, todavía se necesita manejar adecuadamente estos elementos. Por ejemplo, el uso de plomo para soldadura y para los tubos de rayos catódicos (TRC) y compuestos bromados como componente de retardantes de llama, entre otros.

Para ejemplificar el impacto de los elementos descritos anteriormente, en Brasil hay 34,5 millones de Televisores TRC en viviendas brasileñas. Con la transición de la televisión análoga a la digital y el inminente Cambio del televisor análogo en varias ciudades brasileñas, se tendría como resultado que la mayoría de estos equipos sean descartados.

Para dar solución a esta problemática, en Brasil se redujo la eliminación de la televisión tipo TRC, por medio de la política pública de incentivar el uso de las cajas convertidoras de DTV para posponer el fin de vida útil de una gran cantidad de estos equipos. El gobierno de Brasil supe las cajas convertidoras para la población de bajos ingresos, los cuales serán utilizados en su mayoría en televisores TRC. Esta política reducirá la cantidad de TRC que serán dispuestos.

5.1.2 Sugerencias para manejar las sustancias peligrosas en los RAEE

- Educar a los productores y consumidores sobre la restricción en el uso de sustancias peligrosas.
- Los proveedores de AEE debe informar cuales y la cantidad de sustancias peligrosas que tienen sus productos. Brasil cuenta con una normativa para manejar este aspecto.
- Olvidar disponer los RAEE en rellenos sanitarios sin previamente haber pasado las etapas de tratamiento y reciclaje.
- Direccionar a los productores de TIC en el reciclaje y disposición de los productos luego de que han perdido su vida útil.
- Estimular una industria y mercado de reciclaje de RAEE rentable.
- Hacer productos menos dañinos, cambiando el proceso industrial en orden de disminuir o eliminar las sustancias peligrosas.
- Reciclar y reusar residuos peligrosos. Como ejemplo, el plomo es usado en la producción de vidrio.
- Para transformar los residuos peligrosos en un residuo menos dañino, usar métodos como la descomposición natural (bioremediación vía degradación microbiana o Fito remediación usando plantas para limpiar el agua suelo o aire contaminado), incineración para minimizar y convertir desechos en ceniza que pueden ser manipulados y digerido químicamente (en orden de extraer sustancias de interés).

⁸ Documento 2/330, "Alternativas técnicamente viables de aprovechamiento de los residuos peligrosos contenidos en los residuos generados por las telecomunicaciones/TIC", República Federativa del Brasil.

- Cámara de comercio, donde los residuos peligrosos se pueden negociar como materia prima para otro tipo de industrias. Por ejemplo, las productoras de cementos pueden reutilizar cenizas no tóxicas provenientes de las plantas de reciclaje o incineración; moliendo partes de la carcasa (polímeros) moliendo vidrios de cristal líquido (luego de la extracción de indio) y el molido de las pantallas de televisión que pueden ser utilizados como agregados en el concreto.

5.1.3 Mapa de centros de reciclaje en Brasil

Brasil presentó un resumen del estudio realizado en 2013 para evaluar la viabilidad técnica y económica de la logística inversa de los RAEE. Uno de los resultados fue un mapa de la densidad de reciclaje en el país. Manaus es el lugar donde se concentra el mayor número de centros de reciclaje, ya que se trata de una zona de libre comercio, por lo que es muy difícil de controlar. El mapa fue creado por la Agencia Brasileña de Desarrollo Industrial (ABDI). Asimismo, en esta contribución se resume el desarrollo de otros documentos/estudios sobre Brasil, relacionados con la gestión de RAEE y su contribución al empleo.⁹

5.2 Burundi: Situación actual en lo que atañe a la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Según se indica en la contribución compartida,¹⁰ el volumen de residuos eléctricos y electrónicos crece día a día en Burundi. Estos residuos proceden básicamente de teléfonos móviles, radios y dispositivos de telecomunicaciones y TV, electrodomésticos (refrigeradores, aparatos de aire acondicionados, etc.) que no funcionan o son obsoletos. Se produce una repercusión medioambiental importante debido a este incremento de los RAEE, directamente relacionada con la gestión inapropiada de la recolección y el tratamiento de dichos equipos y dispositivos. Otro motivo para el aumento de los residuos eléctricos y electrónicos en Burundi es la migración de la señal de TV analógica a la digital y los cambios.

Además, en la contribución se incluían datos para describir la situación actual en Burundi en lo que atañe a la población, los abonados a Internet y móviles, las estaciones de TV y de radiodifusión, las tasas de penetración móvil y de Internet, el volumen de RAEE recolectado, etc. Del mismo modo, en el documento se presentan las iniciativas para la gestión de los RAEE que incluían a asociados del sector privado.

5.3 Chile: modelo de gestión de RAEE

En el año 2002 fue creada en Chile la fundación Chilenter con el fin de aprovechar mediante el reacondicionamiento los computadores en desuso. Entre 2004 y 2008 reacondicionaron alrededor de 23 000 equipos, pero en 2009 realizaron el primer piloto de reciclaje de RAEE buscando ampliar la misión al cuidado del medio ambiente, siguiendo los lineamientos recomendados a nivel internacional para la gestión de RAEE. Los esfuerzos de esta fundación están encaminados al reúso, el reciclaje, la reducción de vertederos y la responsabilidad de los actores. Algunos de los residuos son exportados a Bélgica, como resultado de un convenio con empresas belgas, para su reciclaje y extracción de elementos como oro y plata entre otros. Esta fundación ha gestionado alrededor de 1 400 toneladas de RAEE para la extracción de metales preciosos, partes y piezas y la disposición segura de los residuos peligrosos. De acuerdo con el último estudio de la Universidad de las Naciones Unidas, UNU, cada chileno produce 9,9 kg de basura electrónica al año, muy por encima del promedio mundial de 5,9 kg; convirtiendo a Chile en los más contaminantes de Latinoamérica en cuanto a RAEE.

La Fundación Chilenter en aras de impulsar una cultura en la gestión integral de RAEE desarrolló junto con 27 artistas y con el apoyo de la Presidencia chilena una exposición artística denominada

⁹ Documento SG2RGQ/229, "Map of Brazilian e-Waste recyclers (ICT)", República Federativa del Brasil.

¹⁰ Documento 2/405, "Current situation with regard to the management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Burundi", República de Burundi.

TranformArte que contó con más de 70 000 visitantes. Las obras allí expuestas son hechas con partes y piezas de computadores en desuso buscando concienciar y sensibilizar a la ciudadanía de los daños al medio ambiente y problemas que provocan los RAEE. Esto puede promover la venta de arte a partir de materiales reciclados dando como resultados beneficios tanto económicos como sociales y para el ambiente.

5.4 República Popular de China: recolección de RAEE

En China la mayoría de la recolección de RAEE se realiza por medio del sector informal, quien paga al consumidor para reusarlo o reciclar las partes de los equipos. Se ha determinado que el sistema formal no puede competir con el sector informal debido a los altos índices de reuso y el no establecimiento de un costo para el tratamiento por “cherry picking”.

Dada esta problemática, intentaron varios pilotos, uno de ellos fue el programa “electrodoméstico viejo por nuevo”, cuyo objetivo era estimular la compra de electrodomésticos. En este esquema cuando el consumidor devolvía los RAEE a los canales de recolección formal, obtenía un 10 por ciento de descuento para la compra de un nuevo electrodoméstico. Los subsidios por logística de reciclaje y los descuentos en los nuevos equipos eran soportados en su totalidad por el gobierno. Este programa, a pesar de haber tenido éxito en la población, no fue viable financieramente debido a que los recicladores informales podían reciclar más material que mediante los métodos formales y llegaban de forma rudimentaria más lejos en la obtención de metales valiosos, arriesgando la salud de los trabajadores y del medio ambiente.

Best of 2 Worlds (Bo2w), un proyecto promovido por StEP y coordinado por la Universidad de la Naciones Unidas, en donde se combinan las fortalezas del manejo de RAEE occidental con el contexto local de China, tiene la finalidad de explorar más técnicas de reciclaje eficientes (Wang and Huisman, 2011).

De esta iniciativa se determinó que el proceso de formalizar el reciclaje tiene una rentabilidad aceptable hasta que el costo de la hora por empleado empieza a subir anualmente, a un punto en el que la recomendación de estos esquemas es implementar un proceso más automatizado y promover el control del reciclaje informal en el país (Wang and Huisman, 2011).

Con lo anterior se reflejó la necesidad de efectuar un modelo que cuente con apoyo del gobierno para regular a los recicladores informales y generar incentivos y conciencia en la población para que en lugar de venderlo de manera informal se entregue a entidades competentes para su adecuada gestión.

5.5 Colombia: iniciativas RAEE

Colombia al ser el correlator de la Cuestión 8/2, presentó una serie de contribuciones que se han utilizado en el cuerpo principal del presente Informe y que no se repiten en este capítulo. Se incluye en este punto el plan de retoma de Colombia, que no se ha incluido en el cuerpo principal del Informe.

5.5.1 Plan de retoma: “Computadores para la educación”

Computadores para Educar inicia su gestión en el año 2000, con el propósito de entregar equipos de cómputo reacondicionados a las instituciones educativas públicas del país, sin embargo, durante dicho proceso los RAEE empezaron a aparecer por pérdida de vida útil de los equipos, daños irreparables o características de equipos que no permitían ser reacondicionados. Dadas estas condiciones Computadores para Educar crea el Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos (CENARE), donde hasta la actualidad se gestionan adecuadamente los RAEE hasta el día de hoy. En 2011 aparece el proceso de retoma dentro de esta dinámica para garantizar la recolección de los equipos de las instituciones educativas.

La retoma se estableció como una metodología integrada para la recolección de equipos en desuso de las sedes educativas públicas. Este método incorporó diferentes actores, dentro de los cuales se encontraban principalmente centros de reacondicionamiento y sedes educativas beneficiadas por el programa.

La retoma y el aprovechamiento de los computadores en desuso se planteó por tres vías. La primera y de mayor impacto es el apoyo a sedes educativas beneficiadas en años anteriores. La segunda es la adelantada con aquellos equipos donados que no se encontraban en buenas condiciones para su reacondicionamiento. Y una tercera vía fue dada por el apoyo generado a los entes públicos de comunidades indígenas y zonas de reservas naturales.

5.5.2 Costos que implica el plan de retoma

Para poder efectuar la logística de la retoma se requiere de dos actores: los operadores logísticos en campo (encargados de visitar las instituciones educativas públicas beneficiadas para coordinar la cantidad, fecha y embalaje de los equipos en desuso); y el transporte de la recolección de las terminales (encargado de desplazarse a las instituciones educativas rurales o urbanas para recoger los equipos embalados y transportarlos hasta CENARE).

El desarrollo de estos procesos es clave para la retoma y representa alrededor del 85% del costo total por año del modelo de gestión de RAEE efectuado por CPE, es decir 10 veces más que los ingresos actuales en CENARE.

La recolección de los equipos a través de los años ha generado un incremento en los costos dada la necesidad de abarcar una mayor cantidad de equipos recolectados en diferentes zonas geográficas del país, generando un aumento aproximado del 7 por ciento de los costos de recolección correspondientes al año inmediatamente anterior.

Con esta estructura, en el periodo 2011-2014 se efectuó una retoma cercana a 1 434 toneladas (equivalente a 71 220 equipos gestionados) representando un costo asociado al transporte de 2,20 millones de dólares (alrededor de 1 500 dólares por tonelada). El costo de operación logística fue 164 000 dólares, lo cual arroja un total de 1 600 dólares por tonelada de RAEE retomada (sin considerar los ingresos/egresos relacionados con el funcionamiento de la planta CENARE).

Es importante mencionar que los costos que comprometen la gestión de la retoma de Computadores para Educar, corresponden a las zonas urbanas y rurales de todo el país, lo cual dificulta la operación e incrementa el costo de transporte. Si esta operación de retoma se enfocara solamente en las zonas urbanas, se estima una reducción del 60% al costo total. Por esta razón, es importante generar conciencia ambiental y fomentar la enseñanza sobre la buena disposición de los RAEE en todo el territorio nacional, y de esta forma sensibilizar a la población y de igual forma encontrar apoyo por parte de gobiernos locales para el fomento de centros de recolección selectiva.

5.5.3 Otras iniciativas de RAEE en Colombia

En Colombia también existen iniciativas de carácter privado como EcoComputo. Este programa por medio de financiamiento de empresas privadas y el apoyo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia gestiona equipos de cómputo promoviendo el “Principio de Responsabilidad extendida del productor”.

Este programa nace por iniciativa de impulsar la responsabilidad social por parte del Gobierno Nacional y la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia), quienes lograron un colectivo con más de 40 empresas públicas y privadas para la recolección selectiva y la gestión de los residuos de computadores y periféricos. Esta agremiación empresarial busca dar cumplimiento a la Resolución 1512 de 2012, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

EcoComputo se encarga de recibir y tratar equipos de cómputo recibidos por medio de puntos de recolección ubicados en lugares concurridos de ciudades principales como centros comerciales y supermercados, lo que facilita la entrega.

Sin embargo, puede considerarse que esta iniciativa se queda corta, puesto que no cubre recolección en zonas rurales, lo cual dificulta la gestión de los RAEE presentes en esas zonas.

Otro de los proyectos adelantados fue el Proyecto Integral de Reacondicionamiento y Reciclaje de Residuos Electrónicos en Colombia (2008-2012), en el cual Computadores para Educar fue miembro fundador del Comité Técnico del Proyecto, en compañía del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (ahora Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible), la Cámara Colombiana de la Informática y las Comunicaciones, el Centro Nacional de Producción más Limpia y el Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales y Tecnologías (EMPA – por sus siglas en inglés). El objetivo del proyecto fue contribuir con el mejoramiento de las condiciones de vida de la población local, basándose en el manejo adecuado de los residuos electrónicos, la reducción de los impactos negativos al ambiente y a la salud humana, y el fomento de actividades económicas. Este proyecto se detuvo al darse por terminado el convenio con EMPA.

5.6 Alemania: Norma para garantizar la adecuada gestión de RAEE

ElektroG (ahora Elektro G2 – 2015), es la Ley relacionada con la gestión de los RAEE, la cual es producto de la transposición de la Directiva WEEE (siglas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en inglés), la Directiva RoHS (siglas de restricción de ciertas sustancias peligrosas en inglés) y la legislación alemana, la cual busca garantizar la puesta en el mercado, la retirada y la gestión de los AEE.

Esta norma tiene como objetivo garantizar la gestión adecuada de los RAEE por medio de autoridades de manejo de residuos públicos (PuWaMa, siglas en inglés), los productores de AEE y “The Clearing house” (EAR siglas en alemán, programa privado apoyado por el gobierno). En el 2006 la meta era gestionar 4 Kg de RAEE por habitante e ir en aumento (United Nation University – Institute for sustainability and Pace, 2011). PuWaMa es la entidad encargada de establecer puntos de recolección en las ciudades para que los consumidores dejen sus AEE en desuso, mientras que los productores son los encargados de retomarlos y tratarlos.

En este país, existen tres formas de retoma por parte de los productores: esquema de recogida selectiva por marca (IBTS siglas en inglés), esquemas no selectivos de retoma (INST siglas en inglés) y esquema de retoma colectivo (CTS).

IBTS: sólo recoge los RAEE de la marca del productor en los puntos de PuWaMa. Esto obliga a que las PuWaMa recolecten los equipos y los separen por marcas o en algunos casos los productores colocan puntos de recolección correspondientes a sus marcas para que sean recogidos por el estado. El productor se encuentra obligado a reembolsar los gastos adicionales efectuados por PuWaMa debido a que va más allá de las obligaciones descritas en la ley ElektroG.

INST: el productor recoge únicamente el AEE que produce sin importar la marca, esto lo lleva a cabo junto con una empresa que esté en la capacidad de gestionar estos residuos (ESP siglas en inglés), sin embargo, sólo recoge un pequeño porcentaje de la totalidad de los RAEE.

CTS: este es un modelo colectivo en el que varios grupos de productores, sin importar la marca recogen una línea específica de AEE producidos que ya se encuentran en desuso. Este esquema se considera el más eficiente puesto que garantiza la gestión de más del 60 por ciento de los RAEE que se gestionan por año en Alemania; sin embargo, el productor se encuentra obligado a reembolsar los gastos adicionales efectuados por PuWaMa debido a que tiene que separar los RAEE en sus diferentes líneas, yendo más allá de las obligaciones descritas en el ElektroG.

Los *distribuidores* deben entregar los RAEE a PuWaMa, si cuentan con puntos de recepción de AEE en desuso, como condición para la adquisición de nuevos AEE (descuento por devolución de equipos en desuso).

Los *consumidores* están en la obligación de no combinar los RAEE con otro tipo de residuos, adicionalmente, cuentan con apoyo de PuWaMa quien busca generar conciencia en los consumidores e indicarles cuales son los puntos de recolección de los equipos.

5.6.1 Incentivos financieros

El Parlamento Europeo propuso la imposición de una tasa/impuesto en el punto de venta para mejorar la recaudación. La tasa se utiliza para la financiación de las acciones de sensibilización para que los productores aumenten las cantidades de RAEE recogidos. Los fondos se utilizan para remunerar a PuWaMa garantizando una recolección de mayor calidad.

5.6.2 Costos de retoma de dispositivos TIC

Durante el 2010 en Alemania el costo por tonelada de RAEE proveniente de las TIC fue alrededor de 220 euros, incluyendo la logística del transporte, almacenamiento, reciclaje, tratamiento y disposición final (United Nation University – Institute for Sustainability and Peace, 2011).

5.7 India: Propuesta para desarrollar acciones específicas para integrar al sector informal a través de la gestión ambientalmente racional de los RAEE procedentes de las TIC en países en desarrollo

India presentó una contribución sobre los aspectos sociales de los residuos electrónicos.¹¹

La gestión apropiada de los residuos electrónicos, se constituye en una fuente de empleo, tanto para mano de obra calificada como no calificada, dependiendo de las etapas de gestión de que se trate. Pese a ello, particularmente en países en vía de desarrollo y menos desarrollados, existen recuperadores informales que canalizan los RAEE fuera de los sistemas formales, llevando a cabo varias etapas de su gestión, generalmente sin el conocimiento ni las condiciones adecuadas para hacerlo de manera correcta, lo cual puede producir impactos adversos en el ambiente, en la salud de estas personas y de la población en general, más aun si se tiene en cuenta que existen residuos peligrosos en los RAEE. En ese orden de ideas, resulta fundamental incluir al sector informal dentro del formal y en ningún caso competir con éste o prohibirlo (Organización Internacional del Trabajo, 2012).

De acuerdo con las Reglas de Residuos Electrónicos de la India 2011, el productor puede gestionar un sistema de residuos electrónicos directamente o con la ayuda de cualquier agencia profesional, contando con la participación de las partes interesadas (consumidores, grandes consumidores, ONG, sector informal, asociaciones de vecinos, comerciantes, distribuidores, etc.). Adicionalmente, existen reglas y políticas en India acerca de la importancia del papel del sector informal en el proceso de eliminación de los residuos electrónicos, y en este sentido, el Gobierno está haciendo esfuerzos significativos para integrar a dicho sector como pilar fundamental para un correcto funcionamiento del Sistema de gestión de RAEE.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una fuerte necesidad de capacitación, promoción y sensibilización respecto a los peligros de la transformación de los residuos electrónicos, sin olvidar problemas estructurales en la aplicación de políticas, la mala alfabetización y pobreza de los colectores y procesadores informales de este tipo de residuos. De ahí la importancia de la intervención del Estado y del sector formal para la creación de empleos verdes, de mecanismos y políticas sostenibles,

¹¹ Documento 2/225, "Proposal to develop specific action plans to integrate informal sector, towards sustainable Telecommunication/ICT waste management in developing nations", República de la India.

incluyendo la aplicación de criterios de Responsabilidad Social Empresarial (RSE), con el propósito de apoyar a los integrantes del sector informal (mejoramiento de condiciones de salud y educación), así como para legislar respecto a su organización (asociaciones, cooperativas) y capacitación, al suministro de asistencia técnica, creación de capacidad, desarrollo de habilidades y financiación (subsidios, préstamos a bajas tasas de interés, etc.), en beneficio de todas las partes interesadas.

Pese a lo anterior, muy pocos productores están demostrando voluntad de invertir en alianzas con el sector no estructurado. En India como en otros países, existe una alta dependencia del sector informal para la recolección y manejo de los residuos electrónicos, cuya fortaleza está en la gran cantidad y economía de su mano de obra, que alcanza una importante cobertura, de ahí que los planes maestros deberían designar sitios para el desarrollo de las acciones de estos recuperadores (rellenos sanitarios, áreas marcadas para reprocesamiento, almacenamiento, etc.), evitando su distribución a través de las ciudades.

5.8 Universidad de Ciencia y Tecnologías de Irán: Eliminación o reutilización de residuos de TIC en Irán

La Universidad de Irán presentó una contribución sobre investigación, en la que se destacan las políticas y estrategias adoptadas por Irán para la gestión de RAEE. También se presentan algunas actividades que se han llevado a cabo relativas a los residuos electrónicos. A continuación se resumen las políticas adoptadas en Irán para mejorar el reciclaje de RAEE.¹²

5.8.1 Políticas en materia de gestión de residuos electrónicos (reciclados)

- creación de un sistema integrado de recuperación y recolección por el distribuidor/fabricante y de transporte y eliminación de residuos electrónicos;
- legislación que los municipios gestionen la recuperación de residuos electrónicos en centros de reciclaje;
- aumento de la prioridad de los residuos electrónicos a escala nacional;
- gestión y reestructuración de los actores que desempeñan un papel importante en el reciclaje de residuos electrónicos;
- consideración de apoyo financiero e inversión en el reciclaje de residuos electrónicos; y,
- creación de infraestructura oficial para el reciclaje de residuos electrónicos.

A este respecto, la comisión de industria e infraestructura ambiental también ha determinado la legislación para la gestión del método de reciclaje de residuos electrónicos. Los objetivos de la legislación son los siguientes:

- protección del medio ambiente y la salud pública contra los efectos perjudiciales de los residuos eléctricos;
- establecimiento de procedimientos adecuados para la eliminación, transporte y reciclaje de residuos electrónicos de productos eléctricos importados y regulados.
- se han presentado los siguientes requisitos para cumplir los objetivos mencionados:
- obligación del ministerio de suministrar, en colaboración con organizaciones, los recursos necesarios para el reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos;
- obligación de las organizaciones ambientales de formar a su personal en el conocimiento de materiales y equipos utilizados en dispositivos eléctricos, y

¹² Documento SG2RGQ/191, "Disposal or reuse of ICT waste material in Iran", Iran University of Science and Technology, República Islámica del Irán.

- supervisión periódicamente de los centros de reciclaje para garantizar que no contaminan.

5.9 Asociación de la UIT de Japón, Propuesta de aprovechamiento de baterías de plomo ácido

La Asociación de la UIT de Japón presentó como contribución las formas de aprovechamiento de los RESPEL contenidos en los RAEE, por medio del reúso de baterías de plomo ácido.¹³

5.9.1 Generalidades

En la actualidad existen diferentes tipos de baterías utilizadas en equipos TIC como estación base de los canales de comunicación para almacenar electricidad. Estos también utilizan paneles solares en zonas rurales y remotas de los países en desarrollo. Sin embargo, las baterías de plomo ácido son las más utilizadas no solamente en canales de comunicaciones sino en el sector industrial debido al costo beneficio de las mismas a lo largo de la historia. La Asociación de la UIT de Japón se presenta la producción de baterías secundarias durante el 2010, en la que se puede apreciar que se producen más de 36 billones de dólares en baterías de plomo ácido.

Ejemplos de aplicaciones son el automóvil, montacargas, sistemas UPS, vehículos eléctricos de aeropuerto y baterías de almacenamiento de energía para telecomunicaciones/TIC, etc., como se muestra en la **sección 5.1.3**. La vida media de la batería depende sobremanera de las condiciones en que se utilice la batería, aunque por lo general suele ser de 3 a 4 años. Transcurrido ese tiempo, las baterías antiguas se recuperan, desmontan y se dividen en plomo metálico, ácido sulfúrico diluido y plástico para su reciclaje.

Ahora bien, la mayoría de las baterías antiguas eliminadas pueden regenerarse a bajo coste mediante el aditivo Súper-K propuesto para reutilizarse luego. Se considera útil para el almacenamiento eléctrico en plantas de energía eléctrica de pequeña escala en regiones sin tendido eléctrico de países en desarrollo.

5.9.2 Cómo extender la vida útil de estas baterías

Existe un aditivo para baterías de plomo-ácido denominado “Súper-K” que permite reducir los residuos de TIC, especialmente en los países en desarrollo, y contribuye a su economía mediante la prolongación de la vida de la batería y la regeneración de las baterías de plomo-ácido antiguas y abandonadas. Así, el aditivo “Super-K” es eficaz para regenerar baterías antiguas abandonadas con el fin de reutilizarlas. Con este aditivo, la vida útil de las baterías de plomo-ácido puede prolongarse entre 1,5 y 2 veces, como mínimo. Una de las principales causas de deterioro de las baterías de plomo-ácido es la “sulfatación” del electrodo negativo. El aditivo Super-K es eficaz para eliminar el deterioro del electrodo negativo. La contribución describe en detalle el principio de cómo y por qué este aditivo aumenta la vida útil de la batería.

Tras una carga de regeneración mediante “Súper-K”, la capacidad de la batería se recupera como si fuera nueva. La batería de plomo-ácido es una batería secundaria que tiene una cuota de producción de más del 70 por ciento entre todas las baterías secundarias, y es de las más utilizadas en diversos sectores industriales.

El coste de las baterías ocupa una gran proporción del coste total de las plantas, de ahí la importancia de reducir el coste de las baterías. Los habitantes en zonas rurales sin tendido eléctrico de países en desarrollo necesitan muchas baterías de plomo-ácido para las telecomunicaciones/TIC, por lo que esta tecnología contribuirá a reducir el coste de las baterías de plomo-ácido que se reemplazaban en plazos más cortos.

¹³ Documento 2/336, “Proposal for recycling method of lead acid battery”, la Asociación de la UIT de Japón (Japón).

Las baterías no utilizadas se pueden recuperar y regenerar y pueden devolverse a su lugar desde los centros de reciclaje más próximos. La contribución trata del equipo necesario para el centro de reciclaje de baterías.

5.9.3 Casos de implementación

- a) **Baterías de carretillas eléctricas:** baterías de regeneración de Japón Inc. Ayuda al mantenimiento de las baterías viejas regenerando la carga con "Súper K". Lo cual permitió que las baterías que fueron sustituidas en el pasado, se puedan utilizar nuevamente y por varios años más debido al uso de este activador.
- b) **Compañías de transporte en camión:** una compañía de transporte en Tokio que opera con 200 camiones ha utilizado "Súper K" por más de 10 años. Antes de eso compraban alrededor de 50 baterías por año para reemplazo. Pero luego de utilizar el activador anualmente no tuvieron que comprar baterías nuevas.
- c) **Casas rurales que generan energía para uso propio:** algunas casas utilizan baterías de plomo ácido recicladas para el almacenamiento de electricidad generada por paneles solares para no depender de la red comercial. Estas viviendas utilizan "Súper K" para alargar la vida de las baterías recicladas que se pueden utilizar en conjunto con los paneles solares y/o molinos de viento lo cual puede servir para países en desarrollo.

El suministro de energía con estas baterías activadas puede contribuir a la economía de las comunidades rurales. Actualmente, además de Japón, el aditivo "Súper-K" y su tecnología se utilizan en Tailandia, Nepal, la República Popular de China, etc., y ya están funcionando los centros de regeneración y reciclaje de baterías.

5.10 Federación Rusa: Guía para la gestión de RAEE

La Federación de Rusia informó sobre los aspectos técnicos de la gestión de residuos electrónicos, con el ciclo completo de operaciones relativas a los residuos electrónicos, comprendida la recuperación, almacenamiento, transporte, desmontaje y reutilización para garantizar la gestión ambientalmente racional de los RAEE.¹⁴ En esta contribución se presentan directrices para ejecutar un sistema de gestión ambiental y adicionalmente despliegan recomendaciones relativas a los problemas que se presentan en torno al manejo de los RAEE.

Se podrían proponer las siguientes medidas para abordar los problemas de los RAEE:

- 1) elaboración (mejoramiento) de la regulación en Gestión de RAEE;
- 2) análisis continuo del mercado de equipos electrónicos;
- 3) desarrollo del sistema de control y manejo de RAEE para el adecuado reciclaje y reúso desde un punto de vista económico y ecológico;
- 4) campañas de publicidad social promoviendo el cuidado uso y reparación de los AEE, y si es necesario mantenerlo constantemente actualizado;
- 5) compartir regularmente las buenas prácticas con las organizaciones internacionales y con los socios extranjeros.

Las mediciones propuestas pueden asegurar un progreso real y sostenible en la implementación de un Sistema de gestión de RAEE.

En la Federación de Rusia, la recuperación, almacenamiento y reciclaje de RAEE se rige por la norma estatal *GOST* "Ahorro de recursos. Tratamiento de residuos. Guía para la recuperación, almacenamiento, transporte y desmontaje de residuos de equipos eléctricos y electrónicos, salvo los dispositivos y

¹⁴ Documento2/358, "Draft Guidelines for e-Waste management", Federación de Rusia.

aparatos que contienen mercurio”, adoptada en 2012.¹⁵ La norma establece un conjunto básico de directrices para la gestión de RAEE.

De acuerdo con la legislación rusa, el reciclaje de REE es considerado como una prioridad dentro del tratamiento de los residuos. Esto en relación con los estándares internacionales, el manejo de los residuos se maneja con una relación jerárquica por medio de la siguiente secuencia:

- 1) RAEE que potencialmente puede ser reusado;
- 2) RAEE que puede ser recuperado para obtener materiales secundarios y recursos energéticos.

En el documento se presenta adicionalmente los elementos que deben ser tenido en cuenta para la recolección de RAEE, el almacenamiento, el transporte, el desensamble, y las oportunidades de reúso.

5.11 Senegal: Iniciativas relacionadas con la gestión ambientalmente racional de los residuos electrónicos

Senegal ha informado de su experiencia y de la situación actual del país en la gestión de residuos electrónicos.¹⁶

5.11.1 Iniciativa de gestión de RAEE

Por más de diez años, Senegal ha estado comprometido con la mejora del acceso a la información y las tecnologías de la comunicación como un modo de reducir la brecha entre los países del norte y el sur de África. Se evidencia el problema de almacenar y reciclar los RAEE y es visto de tres maneras: obsolescencia programada, equipos rápidamente sustituidos y vida útil reducida.

Lo antes mencionado genera materiales que pueden ser reusados además de materiales peligrosos. Estos materiales aparte de ser voluminosos, contienen materiales valiosos para los cuales existen razones económicas para su reciclaje y sustancias peligrosas que crean serios problemas ambientales y de salud pública.

Las prácticas de recicladores de Senegal y otros países africanos o el uso de métodos no ortodoxos para extraer materiales reutilizables resaltan la importancia del tema. Estas prácticas resultan en daños ambientales que ponen en peligro la salud pública. Como respuesta a este problema, Senegal a través de su Agencia del Estado para la Tecnología de la Información (ADIE siglas en francés), ha establecido un proyecto para el manejo de residuos eléctricos y electrónicos. Este programa recicla RAEE de grandes compañías de carácter privado. Teniendo en cuenta que los entes gubernamentales son los más grandes consumidores de equipos de TI, se ha creado inconscientemente una “bomba de tiempo” ambiental, sus RAEE están siendo reciclados con el soporte del Primer Ministro, quien ha emitido una circular requiriendo a todos los departamentos devolver AEE obsoleto a la ADIE en la búsqueda de una gestión ambientalmente racional.

A continuación se formulan algunas de las recomendaciones dimanantes de esta experiencia:

- medidas para alentar el uso de unidades regionales de reciclaje donde los RAEE puedan ser canalizados para optimizar la cadena de valor y alcanzar economías de escala;
- establecer una eco-autoridad en cada país para ayudar pequeños cuerpos existentes, con iniciativas de buena gestión de los RAEE y el desarrollo de alianzas privados-públicos;
- alentar manufactureros industriales de AEE a participar en un fondo de asistencia para la reutilización de material IT con la finalidad de crear trabajos verdes;

¹⁵ Documento 2/238, “Experience of Russian Federation in e-Waste management”, Federación de Rusia.

¹⁶ Documento SG2RGQ/105, “Initiative of Senegal in the management of electronic and electrical waste”, República del Senegal.

- asegurar que el procesamiento de los residuos sea un criterio para validar estudios de impacto sociales y ambientales;
- mejorar la cooperación en las áreas problemáticas que están siendo estudiadas en el Grupo de Estudio Cuestiones 1 y 2, y especialmente Q8/2 (en relación con las recomendaciones de WSIS a través de la Línea de Acción 11).

5.11.2 Consecuencias de la gestión inadecuada de RAEE

Senegal presentó una contribución relativa a la situación actual de la gestión de residuos electrónicos.¹⁷ ¿Cómo es posible que durante un decenio el Estado de Senegal haya mejorado el acceso a nuevas tecnologías de la información y la comunicación para reducir rápidamente la posible brecha entre el Norte y el Sur? La tasa de renovación de equipos eléctricos y electrónicos ha aumentado en consecuencia, lo que ha suscitado inquietudes acerca de los residuos electrónicos o RAEE. La Agencia para el Desarrollo de Tecnología de la Información (ADIE) ha iniciado un proyecto para contrarrestar el problema mencionado. Se han examinado algunas recomendaciones importantes para reducir las consecuencias de una mala gestión de RAEE.

5.11.3 Dificultades que plantea la miniaturización de EEE

Actualmente se considera que los dispositivos eléctricos y electrónicos son cada vez más pequeños, más avanzados y contienen menos materiales peligrosos.¹⁸ Pero por lo general, esto no es así, dado que estos materiales no se han reducido. Al efectuar un diagnóstico en profundidad de los AEE se observan muchas sutilezas. A medida que se evoluciona a una tecnología cada vez más pequeña, los fabricantes están poco a poco dando la espalda al medio ambiente. Por ejemplo, en equipos como computadores o televisores, se están reemplazando la tecnología CRT por LCD, reduciendo la cantidad de plomo pero aumentando la de mercurio. Aunque no son comparables en términos de peso, el nivel de toxicidad de la contaminación por mercurio es mayor y depende de la temperatura ambiente, lo que puede causar graves daños al medio ambiente y a la salud.

Estos tipos de situaciones podrían presentarse en la mayoría de los EEE, teléfonos celulares inclusive, y aunque son cada vez más ligeros, contaminan más debido a las sustancias tóxicas que integran.

Por consiguiente, la miniaturización no debe examinarse exclusivamente en términos de peso, ya que el análisis de la tendencia sobre el peso no es relevante para el medio ambiente y los efectos sobre la salud. Al contrario, se debe examinar el tipo de componentes utilizados en la producción de estos pequeños dispositivos (como teléfonos inteligentes, tabletas, etc.) que son muy contaminantes y difíciles de tratar. En resumen, la miniaturización de AEE implica un nuevo paradigma para la gestión ambientalmente racional de RAEE, que depende sobremanera del desarrollo de las TIC.

5.12 Sri Lanka

5.12.1 RAEE proveniente de TIC

Sri Lanka presenta los aspectos técnicos relacionados con la problemática y la gestión de los RAEE en el país.¹⁹

En la actualidad, Sri Lanka posee alrededor de 24 millones de suscriptores de teléfonos móviles. Son importados anualmente alrededor de 22 millones de teléfonos móviles, 0,9 de dispositivos de vídeo y 4 de unidades de radio/cassette. Desde el 2010 las suscripciones de banda ancha han crecido

¹⁷ Documento SG2RGQ/228, "Initiative du Sénégal dans la gestion des Déchets Electroniques et Electriques (DEE) ", República del Senegal.

¹⁸ Observaciones de la República del Senegal.

¹⁹ Documento 2/354, "ICT-waste in Sri Lanka", República Socialista Democrática de Sri Lanka.

aproximadamente el 60 por ciento por año y continúan creciendo. Se están desarrollando normas buscando introducir televisión con tecnología digital para el 2017 y existen 43 estaciones comerciales de radio y 22 canales de televisión. Estos cambios tecnológicos rápidos crearán un ciclo de vida más corto para los equipos ICT y sacará los equipos ICT antiguos más rápido. Este paso a la televisión digital va a tener un gran impacto e incremento de los desechos ICT en el futuro próximo. Sri Lanka ha establecido una unidad de manejo de desechos para con la que se regulan los residuos peligrosos, la basura sólida y el manejo de químicos bajo el Acto Nacional Ambiental N.º 47 de 1980 y reglas y regulaciones relacionadas.

La Autoridad Ambiental Central (CEA) ha iniciado el “proyecto de Manejo de Residuos Electrónicos” con memorando de entendimiento de 14 compañías en el campo de las telecomunicaciones, electrodomésticos, aparatos de oficina y proveedores de servicio para el manejo de RAEE. La CEA ha otorgado seis licencias para compañías a recolectar RAEE en Sri Lanka y son supervisados por la Comisión de Regulación de Telecomunicaciones de Sri Lanka (TRCSL). Estos operadores recolectan PC, laptops, televisores, monitores CRT y LCD, impresoras, entre otros. Algunos operadores de móviles han comenzado a impartir educación a nivel escolar en cuanto a RAEE junto con la CEA. Proyectos en medios digitales y campañas en educación en RAEE, actividades de retoma en lugares públicos y otras actividades han sido igualmente adelantadas.

Algunos temas han sido parte de los retos para la implementación de las estrategias como falta de normatividad y regulaciones, conciencia ambiental limitada entre actores del proceso y el público en general. Por tal razón se han implementado algunas estrategias. El establecimiento de un marco regulatorio, asociación entre el público y privado (PPP) en RAEE, incentivar la conciencia del público en general.

Este país está lejos en términos de manejo de residuos provenientes de telecomunicaciones/ICT con respecto a otros países. Este problema no fue tenido en cuenta por el Acto cuando fue establecido en 1980.

5.12.2 Proyectos de gestión de los materiales de residuo de telecomunicaciones/tecnologías de la información y la comunicación en Sri Lanka

Sri Lanka describe las actividades y directrices en materia de gestión de los residuos eléctricos y electrónicos.²⁰ La primera actividad fue una reunión que contó con la participación de todas las partes interesadas, para elaborar estrategias con miras a una eliminación o reutilización apropiada del material de desecho de telecomunicaciones/TIC; la segunda fue la declaración de la Semana Nacional de la “Eliminación de los plásticos de polietileno y de los residuos electrónicos”. También se hizo hincapié en que la Comisión Reguladora de las Telecomunicaciones organizó varios eventos de colecta de materiales de residuo de telecomunicaciones/TIC durante la citada semana especial.

De la misma manera, las oficinas de distrito del Organismo Medioambiental Central organizaron programas de sensibilización. La Comisión Reguladora de las Telecomunicaciones de Sri Lanka se encargó de la organización de colectas de residuos de TIC y de elaborar estrategias y directrices para alentar a los actores de la industria y al público en general a eliminar o reutilizar apropiadamente los residuos de telecomunicaciones/TIC. En el documento también se presentaban varias recomendaciones relativas a las campañas de sensibilización y la gestión de los residuos eléctricos y electrónicos.

²⁰ Documento 2/400, "Telecommunication/ICT waste material management projects in Sri Lanka", República Socialista Democrática de Sri Lanka.

5.13 Estados Unidos de América: modelos de gestión de RAEE

En Estados Unidos de América se han puesto en marcha varios modelos de gestión de RAEE dependiendo de la jurisdicción de cada estado; sin embargo, comparten la forma de financiación:

- 1) Responsabilidad extendida del productor: se le asigna la responsabilidad de recolección y el reciclaje al productor.
- 2) Impuesto de Reciclaje Avanzado (ARF por sus siglas en inglés): este impuesto es pagado por el consumidor al momento de comprar el equipo, dependiendo del tamaño y el tipo de aparato electrónico. En California, el impuesto es depositando junto a la contribución económica de una fundación de reciclaje del estado y es utilizado en el pago de la recolección y a los recicladores calificados de RAEE (cubriendo el costo de manejo de estos residuos).

Independientemente de si el productor o consumidor tenga la responsabilidad financiera directa, al final los costos de la gestión de los RAEE están incorporados en el precio de venta. Esto puede llevar a que haya una reducción en ventas, por lo que el impacto financiero está en el productor, haciendo que el precio aumente y que sea el consumidor el que lo pague (Namias, 2013).

El Estado de California encabezó los movimientos legislativos estatales en material de reciclaje de RAEE a través de su Ley de Reciclaje de Residuos Electrónicos, cuyo objetivo es reducir sustancias peligrosas provenientes de productos electrónicos que han perdido su vida útil. Esta ley exige que los minoristas/tiendas recojan una comisión de reciclaje para RAEE que va de los 6 a los 10 USD de los consumidores que compran ciertos equipos electrónicos como TRC (siglas para tubos de rayos catódicos) LCD (siglas para pantallas de cristal líquido) o plasma.

Las tiendas o minoristas están en capacidad de retener el 3 por ciento de las tasas recaudadas con el fin de cubrir los costos de la retoma, el resto del impuesto va a la junta de igualación, quien reembolsa a los centros de reciclaje (como *Green Citizen*), quienes proporcionan el reciclado libre de RAEE provenientes de consumidores y empresas (Namias, 2013).

En el Estado de Maine, los fabricantes con el modelo de responsabilidad social cubren desde 2006 el costo de gestión de los monitores, televisores y portátiles.

El sistema de RAEE de Maine indica que la responsabilidad es compartida entre las municipalidades (quienes cubren la recolección y los costos del proceso), y los fabricantes (quienes cubren las consolidaciones, el transporte y los costos de procesamiento) (Namias, 2013).

5.14 Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), estándares de IEEE para la evaluación ambiental

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE por sus siglas en inglés), presenta en su contribución los estándares de evaluación ambiental para los productos, computadores de escritorio, equipos de cómputo personales, accesorios entre otros dispositivos electrónicos.²¹

5.15 Actividades de la BDT relativas a la gestión de RAEE

Durante el presente periodo de estudio, la BDT ha realizado diferentes actividades relacionadas con la gestión de los RAEE, que se describen detalladamente en los Documentos *SG2RGQ/147*, *2/328*, *2/167*, *SG2RGQ/233*.²²

²¹ Documento *2/212*, "IEEE Standards for Environmental Assessments", Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

²² Documentos *SG2RGQ/147*, *2/328* y *SG2RGQ/233*, "ITU-D activities on strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunication/ICT waste material", *2/167*, "ITU-D activities on e-Waste", Coordinador de la BDT para la Cuestión 8/2.

5.16 Actividades del UIT-T en materia de RAEE

A continuación se indican importantes nuevas normas técnicas internacionales, denominadas Recomendaciones UIT-T de la serie L, elaboradas por el UIT-T.

- Recomendaciones UIT-T relativas a RAEE /residuos electrónicos:
 - **Recomendación UIT-T L.1000** (Solución universal de adaptador y cargador de energía para terminales móviles y otros dispositivos portátiles de las TIC).
 - **Recomendación UIT-T L.1001** (Solución universal de adaptador y cargador de energía para terminales móviles y otros dispositivos portátiles de las TIC).
 - **Recomendación UIT-T L.1100** (Procedimiento para reciclar los metales raros de los bienes de las tecnologías de la información y la comunicación).
 - **Recomendación UIT-T L.1010** (Soluciones de baterías ecológicas para teléfonos móviles y otros dispositivos portátiles que utilizan las tecnologías de la información y la comunicación).
 - **Recomendación UIT-T L.1101** (Métodos de medición para calificar los metales raros presentes en los bienes de las tecnologías de la información y la comunicación).
 - **Recomendación UIT-T L.1400** (Visión y principios generales de las metodologías para la evaluación del impacto ambiental de las TIC).
 - **Recomendación UIT-T L.1410** (Metodología para la evaluación de los efectos medioambientales del ciclo de vida de los bienes, redes y servicios de tecnologías de la información y la comunicación).

Fuente: UIT, 2015.

- Suplemento 4 a las Recomendaciones UIT-T de la serie L:²³

En este Suplemento figuran una serie de directrices destinadas a los países que tienen previsto diseñar o modificar sus sistemas de gestión de residuos electrónicos. Se dan orientaciones sobre el marco político/jurídico, los mecanismos de recuperación, los mecanismos financieros y la implicación de todos los actores pertinentes.

5.17 Resultados encuesta 2016

Los resultados de la encuesta refundida realizada por la BDT sobre las Cuestiones 6/2, 7/2 y 8/2 se resumen en el Documento 2/372²⁴ y en el **Anexo 4**.

²³ https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-L.Sup4-201604-I!!PDF-E&type=items.

²⁴ Documento 2/372 + Anexo contiene una recopilación de la información comunicada por los Miembros de la UIT en el marco de la Encuesta de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D para las Cuestiones 6/2, 7/2 y 8/2, Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

6 CAPÍTULO 6 – Conclusiones y recomendaciones

No existe un modelo único para la gestión ambientalmente racional de los RAEE, sin embargo, existen unos estándares mínimos que pueden servir de guía para aquellos países que no cuenten con un sistema de gestión o que deseen mejorar el sistema actual en pro de garantizar una gestión amigable con el ambiente. Sin embargo, es necesario que todos los actores de la cadena (gobierno, productores, vendedores, consumidores y gestores) hagan parte activa de la implementación de estos programas.

Existen diversas formas de obtener materiales valiosos procedentes de diferentes partes de los RAEE, pero son pocas las que no impactan al ser humano y/o al ambiente, razón por la cual es necesario que los interesados tengan en cuenta las técnicas presentadas en el **Capítulo 2**, las cuales pueden servirles como guía para garantizar una obtención adecuada de los materiales de interés. Aunque cabe resaltar, que cada día aparecen más y mejoradas técnicas de refinación producto de la investigación los cuales deben ser tenidos en cuenta también.

Es importante que los gobiernos comprometan a los productores a garantizar la retoma de los RAEE que han perdido su vida útil a partir del principio de Responsabilidad extendida del productor, por medio de esquemas de recolección selectiva. Esto con el fin de que exista una mayor cantidad de residuos electrónicos recogidos. El estado, en contrapartida, deberá promover campañas de sensibilización, políticas claras y definir un sistema de gestión adecuado.

La retoma/recolección es la parte inicial de la cadena por lo que es necesario que se revisen los esquemas de recolección exitosos a nivel internacional, los cuales pueden servir como guía para los países que aún no cuenta con un sistema de retoma o que desean mejorarlo.

Se ha evidenciado que hay diferentes oportunidades de negocio con los RAEE, entre los que se resalta el aprovechamiento de metales preciosos y/o raros. Este se ha sectorizado en una pequeña proporción de países, lo que limita en muchos casos a que estados que deseen hacer la gestión de forma adecuada se vean afectados por el requerimiento de exportación, razón por la cual debe promoverse la creación de refinerías regionales que minimice el costo de envío y maximice la cantidad de material a gestionar, garantizando un impacto positivo para el medio ambiente.

Es necesario implementar estudios sobre la cantidad y las condiciones en que se encuentran los recicladores no formales de plástico, cobre y metales preciosos, debido a que cada día están poniendo en riesgo al medio ambiente y la salud al estar expuestos a compuestos contaminantes, desde la etapa fetal, lo cual ha evidenciado en diferentes estudios el riesgo a cáncer, efectos genotóxicos y disminución en la fuerza vital entre otras dolencias.

El uso de equipos falsificados ha venido en aumento, puesto que existen muchos canales no formales que facilitan el acceso de estos equipos, en su mayoría de personas que no tienen conocimiento del suceso o que no cuentan con la capacidad económica para adquirir uno original. Para esto los gobiernos con apoyo de la Organización Mundial de la Salud, la UIT y los ministerios TIC y los operadores de celulares deben realizar campañas que generen conocimiento y conciencia en la gente para no adquirir este tipo de dispositivos.

El Gobierno debe facilitar la creación e implementación de un Sistema de gestión de RAEE, sin olvidar el papel de vigilancia y control que debe desempeñar con criterios de transparencia e imparcialidad, con el propósito de garantizar el cumplimiento de las normas que expida en la materia.

Conviene que los países en desarrollo apliquen modelos de simulación que les permitan establecer los escenarios más favorables, desde el punto de vista económico, que permitan la viabilidad y sostenibilidad financiera del Sistema de gestión de AEE en desuso y de RAEE, sin olvidar el equilibrio que se debe mantener entre los aspectos económico, ambiental y social, a fin de lograr el impacto deseado.

Es importante que cada nación evalúe los modelos de financiamiento exitoso a nivel internacional los cuales pueden ser implementados siempre y cuando sean modificados según el contexto del país.

Referencias

- E-Stewards. Standard for Responsible Recycling and Reuse of Electronic Equipment. 2013.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental, Requisitos con Orientación para su Uso. 2004.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos. 2008.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-OHSAS 18001. Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional, Requisitos. 2007.
- Ministerio de Transporte de Colombia. Decreto 1609 de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas. 2002.
- Responsible Recycling – R2. Norma de Reciclaje Responsable R2 para Recicladores de Productos Electrónicos. 2013.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT & MercyWaanjau. Tendencias en las Normas de Telecomunicaciones, Reglamentación Inteligente para un Mundo en banda ancha. Capítulo 9 Residuos-e y Reciclaje: ¿Quiénes el Responsable? 2012.
- WEEELABEX. Logística, Documento normativo. 2011.
- WEEELABEX. Recogida, Documento normativo. 2011.
- WEEELABEX. Tratamiento, Documento normativo. 2013.
- Abdul Khaliq, Muhammad Akbar Rhamdhani, Geoffrey Brooks and Syed Masood, Metal Extraction Processes for Electronic Waste an Existing Industrial Routes: A review and Australian Perspective, 2015.
- Jansen Recycling BV. Processing of CRT-Glass, 2009.
- Bertona, Alberto. Ambiente Ecológico. Pasivos Ambientales. http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/2001/077_01.2001/077_Columnistas_AlbertoBertona.php3.
- E-Stewards. Standard for Responsible Recycling and Reuse of Electronic Equipment. 2013.
- Hagelüken, C. Improving Metal Returns and Eco-Efficiency in Electronics Recycling – A Holistic Approach for Interface Optimisation between Pre-Processing and Integrated Metals Smelting and Refining. In Proceedings of the IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, Scottsdale, AZ, USA, 8–11 May 2006.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 14001. Sistemas de Gestión Ambiental, Requisitos con Orientación para su Uso. 2004.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 9001. Sistemas de Gestión de la Calidad, Requisitos. 2008.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC-OHSAS 18001. Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional, Requisitos. 2007.
- Intellectual Property Watch. ITU Looks Into Issues Of Counterfeit, Substandard ICT Products, 2014.
- <http://www.ip-watch.org/2014/11/18/itu-looks-into-issues-of-counterfeit-substandard-ict-products/>.
- ITU News. Lucha contra dispositivos TIC falsificados y de no conformidad, 2015. <http://itunews.itu.int/es/5673-Lucha-contradispositivos-TIC-falsificados-y-de-no-conformidad.note.aspx>.
- M.C. Vats, S.K. Singh – Department of Environmental Engineering, Delhi Technological University (Formerly Delhi College of Engineering), Delhi 110042, India.

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Lineamientos Técnicos para el Manejo de RAEE, 2010.
- Ministerio de Transporte de Colombia. Decreto 1609 de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas. 2002.
- Ministerio TIC de Colombia. Adiós a los Dispositivos Piratas. En TIC Confío, 2016. <http://www.enticconfio.gov.co/index.php/lo-mas-tic-jovenes/1288.html>. En TIC Confío, Ministerio TIC, Colombia, 2016.
- Mobile Manufacturers Forum. Teléfonos Móviles Falsificados Sub-estándar. Guía de Recursos para los Gobiernos.
- http://spotafakephone.com/docs/eng/MMF_CelularesFalsificados_ES.pdf. Celulares Falsificados.
- Oliveros, H. Metodología para recuperar metales preciosos: oro, plata y grupo del platino, presentes en desechos electrónicos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2011.
- Documento 2/225, “Proposal to develop specific action plans to integrate informal sector, towards sustainable Telecommunication/ICT waste management in developing nations”, Republic of India. August 2015.
- Responsible Recycling – R2. Norma de Reciclaje Responsable R2 para Recicladores de Productos Electrónicos. 2013.
- Documento SG2RGQ/38, “Update on the work of Question 13 – ‘Environmental impact reduction including WEEE’ of ITU-T Study Group 5”, Telecommunication Standardization Bureau. March 2015.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones – UIT & MercyWaanjau. Tendencias en las Normas de Telecomunicaciones, Reglamentación Inteligente para un Mundo en Banda Ancha. Capítulo 9 Residuos-e y Reciclaje: ¿Quiénes el Responsable? 2012.
- Wikipedia. Hidrometalurgia, 2016. <https://es.wikipedia.org/wiki/Hidrometalurgia>.
- Wikipedia. Pirometalurgia, 2016. <https://es.wikipedia.org/wiki/Pirometalurgia>.
- “The Modern Lead Acid Battery (SaishinNamariChikudenchi)” 田中 幸雄, The Nikkan Kogyo Shimbun, ISBN978-4-526-06407-4
- ITE-IBA Letters Vol. 4, No.1, P14-P18 International conference on lead-acid batteries: held on 7-10 June 2011 in Albena, Bulgaria, P76-77, paper by Dr. AkiyaKozawa and John C. Nardi.
- ITE-IBA Letters Vol. 4, No.2, P30-P32, on polymer activator for lead acid battery.
- Chemistry Today No. 506, May/2013, P30-P35 on the activator Super-K (Gendai Kagaku: published by Tokyo Kagaku Dojin).
- “How to Use ITE’s Organic Polymer Activator for Recovery of Deteriorated Lead-acid Batteries” by ITE Japan & JBR Inc.
- Pascale, A., Sosa, A., Bares, C., Battocletti, A., Moll, M., Pose, D., Feola, G. (2016). WEEE Informal Recycling: An Emerging Source of Lead Exposure in South America. *Annals of Global Health*, 82, 197-201.
- Perkins, D., Brune Drisse, M.-N., Nxele, T., & Sly, P. (2014). WEEE: A Global Hazard. *Icahn School of Medicine at Mount Sinai*, 80, 286-295.
- Sepúlveda, A., Schlupe, M., Renaud, F., Streicher, M., Kuehr, R., Hagelüken, C., & Gerecke, A. (2010). A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. *Environmental Impact Assessment Review*, 30, 28-41.
- Grant, K., Goldizen, F., Sly, P., Brune, M.-N., Neira, M., van den Berg, M., & Norman, R. (2013). Health consequences of exposure to WEEE – a systematic review. *The Lancet*, 1, 350-361.

- Guo, Y., Huo, X., Li, Y., Wu, K., Liu, j., Huang, J. Xu, X. (2010). Monitoring of Lead, cadmium chromium and nickel in placenta from an e waste recycling town in China. Science of the total environment, 3113-3117.
- Minh Tue, N., Katsura, K., Suzuki, G., Tuyen, L., Takasuga, T., Takahashi, S., Tanabe, S. (2014). Dioxin. related compounds in breast milk of women from vietnamese e waste recycling sites: levels, toxic equivalents and relevance of non-dietary exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety, 106, 220-225.
- Namias, J. (2013). The future of Electronic Recycling in the United States. Obstacles and Domestic Solutions. New York: Earth Engineering Center, Columbia University.
- United Nation University – Institute for Sustainability And Peace. (2011). E- waste Management in Germany.
- Wang, F., & Huisman, J. (2011). Formalization of ewaste Collection and recycling in China. United Nation University, Institute for Sustainability and Peace.
- ITU-T L-series Recommendations – Supplement 4: Guidelines for developing a sustainable e-waste management system.
- http://www.unclelearn.org/sites/default/files/inventory/integrated_weeee_management_and_disposal-395429-normal-e.pdf.

Abbreviations and acronyms

Various abbreviations and acronyms are used through the document, they are provided here for simplicity.

Abbreviation/acronym	Description
ABDI	Industrial Development Brazilian Agency (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) (Federative Republic of Brazil)
ADIE	State Agency for Information Technology (Agence De l'Informatique de l'État) (Republic of Senegal)
ARF	Advanced Recycling Fee
ASO	Analogue Switch-Off
CEA	Central Environmental Authority
CENARE	National Centre for Electronic Waste Recovery (Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos) (Republic of Colombia)
CRTs	Cathode Ray Tubes
CSR	Corporate Social Responsibility
CTS	Collective Takeback Scheme
EC	European Commission
EEE	Electrical and Electronic Equipment
EMPA	Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt)
EPR	Extended Producer Responsibility
ESP	End-of-life full Services Provider
IBTS	Individual Brand-selective Takeback Schemes
ICT	Information and Communication Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMEI	International Mobile Equipment Identity
INST	Individual Non-Selective Takeback schemes
IT	Information Technology
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
LCD	Liquid Crystal Display
MADS	Ministry of Environment and Sustainable Development (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) (Republic of Colombia)
MoU	Memorandum of Understanding

Abbreviation/acronym	Description
MSDS	Material Safety Data Sheets
NGO	Non-Governmental Organization
OECD	Organization for Co-operation and Economic Development
PCB	Printed Circuit Board
PPP	Public-Private Partnership
PuWaMa	Public Waste Management authorities
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
SDGs	Sustainable Development Goals
TRCSL	Telecommunications Regulatory Commission of Sri Lanka (Democratic Socialist Republic of Sri Lanka)
UN	United Nations
UNU	United Nations University
WCO	World Customs Organization
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment
WIPO	World Intellectual Property Organization
WSIS	World Summit on the Information Society
WTO	World Trade Organization

Annexes

Annex 1: List of documents received for consideration by Question 8/2

All documents received for consideration by Question 8/2 are listed below.

Question 8/2 Contributions for Rapporteur Group and Study Group meetings

Web	Received	Source	Title
2/445	2017-01-18	Rapporteurs for Question 8/2	Report of the Rapporteur Group meeting on Question 8/2, Geneva, 18 January 2017
2/436	2017-02-22	Vice-Chairman, ITU-D Study Group 2 , and Co-Rapporteur for Question 8/2	Study Groups, study Questions, and working method for WTDC-17
2/432	2017-02-22	Colombia (Republic of)	Proposal on the future of Question 8/2 for the study period 2017-2021
2/420 [OR]	2017-02-17	Rapporteur for Question 8/2	Final Report for Question 8/2
2/405	2017-02-02	Burundi (Republic of)	Current situation with regard to the management of waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Burundi
2/400	2017-01-31	Sri Lanka (Democratic Socialist Republic of)	Telecommunication/ICT waste material management projects in Sri Lanka
RGQ/245	2017-01-09	Co-rapporteur for Question 8/2	Draft final report for Question 8/2
RGQ/233	2016-12-08	BDT Focal Point for Question 8/2	ITU-D activities on strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunication/ICT waste material
RGQ/229	2016-12-08	Brazil (Federative Republic of)	Map of Brazilian e-waste recyclers (ICT)
RGQ/228	2016-12-08	Senegal (Republic of)	Initiative du Sénégal dans la gestion des Déchets Electroniques et Electriques (DEE)
RGQ/201 [OR]	2016-11-04	Co-Rapporteurs for Question 8/2	Draft Final Report for Question 8/2
RGQ/191	2016-10-27	Iran University of Science and Technology, Iran (Islamic Republic of)	Disposal or reuse of ICT waste material in Iran
2/381 +Ann.1	2016-09-15	Colombia (Republic of)	Draft Report Question 8/2
2/377	2016-09-14	Colombia (Republic of)	Economic aspects related to the take-back of Waste Electrical and Electronic Equipment – WEEE in Colombia and the impact on the health of children exposed to e-Waste

Cuestión 8/2: Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC

Web	Received	Source	Title
2/372	2016-09-13	Telecommunication Development Bureau	Overview of input received through the ITU-D Study Group 2 consolidated survey for Questions 6/2, 7/2 and 8/2
2/358	2016-09-13	Russian Federation	Draft Guidelines for E-waste management
2/354	2016-09-12	Sri Lanka (Democratic Socialist Republic of)	ICT-waste in Sri Lanka
2/336	2016-08-09	The ITU Association of Japan	Proposal for recycling method of lead acid battery
2/330	2016-08-12	Brazil (Federative Republic of)	Alternatives of exploitation technically feasible for hazardous waste contained in waste from tele-communications (ICT)
2/328	2016-08-15	BDT Focal Point for Question 8/2	ITU-D activities on strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunication/ ICT waste material
2/264	2016-04-28	Rapporteur for Question 8/2	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 8/2, Geneva, 28 April 2011
RGQ/166 +Ann.1	2016-04-26	World Health Organization (WHO)	Child health and e-waste
RGQ/147	2016-04-05	BDT Focal Point for Question 8/2	ITU-D activities on strategies and policies for the proper disposal or reuse of telecommunication/ ICT waste material
RGQ/119	2016-03-04	Colombia (Republic of)	Propuesta Encuesta Cuestión 8/2
RGQ/116	2016-03-04	Colombia (Republic of)	Results of tabulation of survey
RGQ/115 +Ann.1	2016-03-14	Colombia (Republic of)	Definición de alternativas de recuperación y aprovechamiento para los residuos peligrosos- RESPEL contenidos en los residuos procedentes de las telecomunicaciones RAEE-TIC / Aspectos sociales relacionados con la gestión ambientalmente racional de los residuos electrónicos
RGQ/105	2016-02-19	Senegal (Republic of)	Initiative du Sénégal dans la gestion des Déchets Electroniques et Electriques (DEE)
2/238	2015-08-27	Russian Federation	Experience of Russian Federation in e-waste management
2/225	2015-08-27	India (Republic of)	Proposal to develop specific action plans to integrate informal sector, towards sustainable Telecommunication/ICT waste management in developing nations

Cuestión 8/2: Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC

Web	Received	Source	Title
2/220	2015-08-12	Colombia (Republic of)	Minimum standards to be complied with by WEEE/ ICT managers when pre-processing and processing such waste in least developed and developing countries
2/219	2015-08-12	Colombia (Republic of)	Question 24/1 and Question 8/2
2/218	2015-08-12	Rapporteur for Question 8/2	Proposed questions for the survey – Topic: electronic waste from information and communication technologies (ICT)
2/212	2015-08-04	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.	IEEE Standards for Environmental Assessments
2/167	2015-07-22	BDT Focal Point for Question 8/2	ITU-D activities on e-Waste
2/140	2015-05-08	Rapporteur for Question 8/2	Report of the Rapporteur Group Meeting on Question 8/2, Geneva, 1 May 2015
RGQ/55	2015-03-29	Colombia (Republic of)	Minimum standards to be complied with by WEEE/ ICT managers when pre-processing such waste in least developed and developing countries
RGQ/50	2015-03-12	BDT Focal Point for Question 8/2	ITU-D activities on e-Waste
RGQ/38	2015-03-11	Telecommunication Standardization Bureau	Update on the work of Question 13 – “Environmental impact reduction including e-Waste” of ITU-T Study Group 5
RGQ/12	2014-12-15	Rapporteur for Question 8/2	Draft work plan for Question 8/2
2/102 +Ann.1	2014-10-02	United Nations University (UNU)	E-Waste Project (Waste of electrical and electronic appliances)
2/87 +Ann.1	2014-09-08	General Secretariat	Report on WSIS Stocktaking 2014
2/81 +Ann.1	2014-09-04	Colombia (Republic of)	Borrador plan de trabajo para la Cuestión 8/2
2/48	2014-08-14	BDT Focal Point for Question 8/2	Work of ITU in the area of e-Waste

Liaison Statements

Web	Received	Source	Title
RGQ/198	2016-10-27	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 (Question 8/2) on approved Supplement on success stories on e-Waste management
2/283	2016-07-20	ITU-T Study Group 11	Liaison Statement from ITU-T SG11 to ITU-D SG2 Q8/2 on update of Q8/11 work

Cuestión 8/2: Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC

Web	Received	Source	Title
2/272	2016-05-18	ITU-T Study Group 5	Liaison statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study 1 and 2 on updates on ITU-T SG 5 activities relevant to ITU-D study groups
RGQ/91	2015-11-25	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T SG5 to ITU-D SG 2 on ITU D Q8/2 work for the 2014-2017 study period
RGQ/33	2015-03-03	ITU-T Study Group 5	Liaison Statement from ITU-T Study Group 5 to ITU-D Study Group 2 on the Executive Summary of the ITU-T Study Group 5 Meeting

Annex 2: Cross-cutting requirements that apply to all stages

a) Infrastructure

The infrastructure must be suitable in terms of size and technology, depending on stages that are developed within each manager. Physical infrastructure must comply with the norm of each country in earthquake resistance terms. The Manager's facilities must be fully insured against all risks.

Apart from the above, the facilities must have: signaling (SOS, fire, obligation, prohibition, warning); maps and evacuation routes; safe and signaled access and exits; artificial and natural illumination and ventilation to prevent and control the accumulation of particulate matter; loading and unloading areas with minimum required dimensions avoiding vehicles parking (to load and unload) in public zones; security and alarms systems (security cameras, fire detectors, movement sensors amongst others) to prevent stealing and risks.

Managers in charge of WEEE/ICT management must have the adequate infrastructure according to the stages undertaking within.

b) Human talent

The personnel involved in the stages of pre-processing must have certificates issued by an entity of the State, evidencing their theory-practical training of a minimum of 250 hours on topics related to environmentally sound management of WEEE/ICT; it is suggested to include vulnerable population and the informal sector (up to a minimum of 60 per cent of job posts). The Government must establish an obligation to take refresher courses and take exams every two (2) years. For certain aspects of pre-processing stages and in processing (treatment and disposal) the intervention of skilled labor is required, since there are processes that must be performed and supervised by qualified personnel.

Staff responsibilities and authorities must be clearly defined when participating in each one of the stages of WEEE/ICT management. There must be internal training for the plant personnel in topics such as: WEEE/ICT management; WEEE/ICT contents; health and environment risks; actions to take in cases of breaking of the different types of obsolete and unused EEE; procedures and processes established inside the center; Personal Protective Equipment (PPE); tools handling, and so on.

In addition, people in charge to operate forklift inside the manager's facilities, must have certificates authorizing them to use the equipment as well as a certificate to work at heights, the latter to be renewed yearly. To work at heights, the personnel must have the needed elements (life lines, harness, snap hooks, etc.,) and with a previous authorization issued by the immediate authority. Certificates must be issued by a certification entity supported by the Government.

Employees must use Individual Protection Equipment – IPE, according to the kind of WEEE to manage, processes, procedures and activities to develop and considering identified risks; all to be recorded in a document called "profesiograma". (Professional diagram). Depending upon the WEEE/ICT type to manage during different stages, the personnel as a minimum must have: toed safety boots (dielectric), long-sleeved coveralls, gloves Kevlar/nitrile, clear mono-goggles with anti-fog lens, helmet, insertion ear protectors, sleeves Kevlar, among others; ergonomic controls and of noise levels must be implemented. It must impose stringent measures of occupational health and safety in plants specialized in the treatment of mercury lamps, with the obligation of workers to wash their hands upon leaving the work area and use all elements of individual protection.

Enrolling tests must be conducted, both periodical and when leaving, including blood and urine tests for lead and mercury levels due to breaking of CRT, LCD and plasma screens and fluorescent lamps. Smoking, eating, cellphone using and music listening must be forbidden in working areas. It must be defined the obligation to wash hands when workers leave operating areas. The plant and working areas must remain in adequate cleaning and healthy conditions.

c) Documentary support (processes and procedures)

The following must be documented and must be kept registers: dangers identification matrix, risks valuation and determination of controls; matrix of environmental aspects and impacts and definition of controls (elimination, substitution, engineering controls, administrative controls); Programme on safety and health at work; training and induction and re-induction plans (these must be assessed); emergency plans including evacuation drills; professional diagram; correct usage of chemicals not present in electronic waste coming from the ICT; procedures for: measuring of lead and mercury in and outside working areas to verify whether these are found within the professional exposure threshold; accidents and incidents attention, application of corrective and preventive actions and diffusion of lessons learned.

d) Equipment, Tools and Machinery

There must be multipurpose extinguishers, Solkaflam (types 1 2 3) and D, according to the type of WEEE stored and fireproof shelves; shelves and extinguishers must be located at suitable and easily accessible sites. The following must be available: hydraulic stevedores, electric screwdrivers, drills, manual screwdrivers, manual sanders, Torx screwdrivers, tweezers Straight tip, cold-chisels, metal spatulas, precision screwdrivers, among others. The plant must have a conveyor belt or carts to move the equipment inside the plant to the de-manufacturing area. There must be logging sheets for equipment and machinery and maintenance and calibration certificates for the same.

Records must allow tracking of the EEE/ICT that will be managed from their collection until their disposal (origin-destination), including their processing through the different stages and stakeholders of the recycling chain, ensuring the mass balance by batch and each year, where the weight of obsolete and unused EEE/ICT to be managed, must be equal to the materials and components resulting from that management plus stocked and stored material, as well as acceptable losses ($\leq 5\%$); for calculating the mass balance must consider weight control of waste containers and, if it is applicable, the weight of stowage on which the containers are located, in order to deduct and get the net weight of WEEE. Daily records of assignment, condition and time of use of tools, verification of scales calibration, delivery of Personal Protective Equipment - PPE and all registers resulting from the application of documentary support must be kept.

Keeping time of the records generated from the WEEE/ICT management must be five (5) years or more according to the norms in each country, and these might be by magnetic or physical means.

f) Information systems

Producers of EEE/ICT individually or collectively must manage, feed and update a data base with information of managers, logistic operators or Intermediaries involved in the recycling chain, including the following details as a minimum: company name, address, telephone, batch, type and quantity of WEEE/ICT, kind of applied operation, permit or license (number, date, scope and validity), type and quantity of WEEE sent for disposal, responsible manager for disposal, type of applied operation, permit or license (date, number, scope and validity) amongst others. Producers are obliged to periodically inform the relevant authorities about their management results (individually or collectively) and about compliance of targets.

g) Communications

The managers must have access to internet, cell phones and fixed lines, radiophone, and so on, for communication inside and outside of plant as well as having at hand a list of entities covering job risks, health institutions, and entities for emergency care amongst others.

Annex 3: Chemical classification of the WEEE components with routes of exposure

Figure 1A: Chemical classification of the WEEE components with routes of exposure

Persistent organic pollutants	Component of electrical and electronic	Ecological source of exposure	Route of exposure
Brominated flame retardants Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) Polybrominated biphenyls (PBBs)	Flame retardants for electronic equipment	Air, dust, food, water, and soil	Ingestion, inhalation, and transplacental
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	Dielectric fluids, lubricants and coolants in generators, capacitors and transformers, fluorescent lighting, ceiling fans, dishwashers, and electric motors	Air, dust, soil, and food (bio-accumulative in fish and seafood)	Ingestion, inhalation or dermal contact, and transplacental
Dioxins			
Polychlorinated dibenzodioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs)	Released as combustion byproduct	Air, dust, soil, food, water, and vapour	Ingestion, inhalation, dermal contact, and transplacental
Dioxin-like polychlorinated biphenyls	Released as a combustion byproduct but also found in dielectric fluids, lubricants and coolants in generators, capacitors and transformers, fluorescent lighting, ceiling fans, dishwashers, and electric motors	Released as combustion byproduct, air, dust, soil, and food (bioaccumulative in fish and seafood)	ngestion, inhalation, and dermal absorption
Polyaromatic hydrocarbons (PAHs)	Released as combustion byproduct	Released as combustion byproduct, air, dust, soil, and food	Ingestion, inhalation, and dermal contact
Elements			
Lead (Pb)	Printed circuit boards, cathode ray tubes (CRTs), light bulbs, televisions, solder, and batteries	Air, dust, water, and soil	Inhalation, ingestion, and dermal contact
Chromium (Cr) or hexavalent chromium	Anticorrosion coatings, data tapes, and floppy disks	Air, dust, water, and soil	Inhalation and ingestion
Cadmium (Cd)	Switches, springs, connectors, printed circuit boards, batteries, infrared detectors, semi-conductor chips, ink or toner photocopying machines, cathode ray tubes, and mobile phones	Air, dust, soil, water, and food (especially rice and vegetables)	Inhalation and ingestion
Mercury (Hg)	Thermostats, sensors, monitors, cells, printed circuit boards, cold cathode fluorescent lamps, and liquid crystal display (LCD) backlights	Air, vapour, water, soil, and food (bioaccumulative in fish)	Inhalation, ingestion, and dermal contact
Zinc (Zn)	Cathode ray tubes and metal coatings	Air, water, and soil	Ingestion and inhalation
Nickel (Ni)	Batteries	Air, soil, water, and food (plants)	Inhalation, ingestion, dermal contact, and transplacental
Lithium (Li)	Batteries	Air, soil, water, and food (plants)	Inhalation, ingestion, and dermal contact
Barium (Ba)	Cathode ray tubes and fluorescent lamps	Air, soil, water, and food	Ingestion, inhalation and dermal contact
Beryllium (Be)	Power supply boxes, computers, x-ray machines, ceramic components of electronics	Air, food, and water	Inhalation, ingestion, and transplacental

Source: (Grant, et al., 2013)

Annex 4: Results of the 2016 survey

The contribution by BDT²⁵ summarizes the replies to the questions regarding Question 8/2 contained in the ITU-D Study Group 2 consolidated survey for Questions 6/2, 7/2 and 8/2 on electronic waste generated by the Information and Communications Technologies (ICT), conducted between February and June 2016.

One of the salient results of the survey is the fact that 58 per cent of countries responding to the questions on Question 8/2 have minimum standards for WEEE management, but only 33 per cent have developed techniques for using hazardous substances from WEEE/ICTs, most notably the recovery of mercury from lighting units.

Regarding the question as to whether there has been an assessment of the quantity of WEEE generated by governments, only 31 per cent replied in the affirmative.

The survey also requested information on any impacts (positive or negative) of WEEE management, resulting in a range of replies, although there was agreement among some countries that job creation could be one of the most important aspects of WEEE management, followed by increased economic benefits, reduced pollution, an impact on the carbon footprint and workers' health, among others.

As regards WEEE management, the survey highlights the fact that only 50 per cent of the countries replying have some form of public-private partnership. The other 50 per cent indicated that such activities are left to private entities or, in a few cases, to informal enterprises.

It is also worth noting that 25 per cent of Member States participating in the survey apply WEEE management fees, which are primarily paid by producers, followed by other stakeholders and consumers. None reported such fees being paid by the government.

Of the 16 countries replying to the question "*What steps of the WEEE management stages (collection, transport, storage, refurbishment, dismantling, classification, treatment and disposal) do you carry out in your country? (more than one answer possible)*", 14 countries indicated that they carry out collection, 13 carry out transportation and storage, 10 undertake refurbishment, 11 undertake dismantling, 10 declassification, seven carry out treatment, and only six undertake disposal.

Another related question concerning the stages carried out abroad was answered by nine countries of which eight manage treatment and final disposal externally. The main countries that undertake such processes themselves are China, European countries, and the United States.

The results of the survey suggest the need to assist States in the environmentally sound management of WEEE, starting with a definition of minimum standards to achieve that objective.

²⁵ Document 2/372 + Annex, "Overview of input received through the ITU-D Study Group 2 consolidated survey for Questions 6/2, 7/2 and 8/2", Telecommunication Development Bureau.

**Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT)
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)
Oficina del Director**

Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20 – Suiza
Correo-e: bdtdirector@itu.int
Tel.: +41 22 730 5035/5435
Fax: +41 22 730 5484

**Director Adjunto y
Jefe del Departamento de
Administración y Coordinación
de las Operaciones (DDR)**

Correo-e: bdtdeputydir@itu.int
Tel.: +41 22 730 5784
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Infraestructura,
Entorno Habilitador y
Ciberaplicaciones (IEE)**

Correo-e: bdtiee@itu.int
Tel.: +41 22 730 5421
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Innovación y
Asociaciones (IP)**

Correo-e: bdtip@itu.int
Tel.: +41 22 730 5900
Fax: +41 22 730 5484

**Departamento de Proyectos y
Gestión del Conocimiento (PKM)**

Correo-e: bdtpkm@itu.int
Tel.: +41 22 730 5447
Fax: +41 22 730 5484

África

**Etiopía
International Telecommunication
Union (ITU)**

Oficina Regional
P.O. Box 60 005
Gambia Rd., Leghar ETC Building
3rd floor
Addis Ababa – Etiopía

Correo-e: ituaddis@itu.int
Tel.: +251 11 551 4977
Tel.: +251 11 551 4855
Tel.: +251 11 551 8328
Fax: +251 11 551 7299

**Camerún
Union internationale des
télécommunications (UIT)**

Oficina de Zona
Immeuble CAMPOST, 3^e étage
Boulevard du 20 mai
Boîte postale 11017
Yaoundé – Camerún

Correo-e: itu-yaounde@itu.int
Tel.: + 237 22 22 9292
Tel.: + 237 22 22 9291
Fax: + 237 22 22 9297

**Senegal
Union internationale des
télécommunications (UIT)**

Oficina de Zona
8, Route du Méridien
Immeuble Rokhaya
B.P. 29471 Dakar-Yoff
Dakar – Senegal

Correo-e: itu-dakar@itu.int
Tel.: +221 33 859 7010
Tel.: +221 33 859 7021
Fax: +221 33 868 6386

**Zimbabwe
International Telecommunication
Union (ITU)**

Oficina de Zona de la UIT
TelOne Centre for Learning
Corner Samora Machel and
Hampton Road
P.O. Box BE 792 Belvedere
Harare – Zimbabwe

Correo-e: itu-harare@itu.int
Tel.: +263 4 77 5939
Tel.: +263 4 77 5941
Fax: +263 4 77 1257

Américas

**Brasil
União Internacional de
Telecomunicações (UIT)**

Oficina Regional
SAUS Quadra 06, Bloco "E"
10^o andar, Ala Sul
Ed. Luis Eduardo Magalhães (Anatel)
70070-940 Brasília, DF – Brazil

Correo-e: itubrasilia@itu.int
Tel.: +55 61 2312 2730-1
Tel.: +55 61 2312 2733-5
Fax: +55 61 2312 2738

**Barbados
International Telecommunication
Union (ITU)**

Oficina de Zona
United Nations House
Marine Gardens
Hastings, Christ Church
P.O. Box 1047
Bridgetown – Barbados

Correo-e: itubridgetown@itu.int
Tel.: +1 246 431 0343/4
Fax: +1 246 437 7403

**Chile
Unión Internacional de
Telecomunicaciones (UIT)**

Oficina de Representación de Área
Merced 753, 4.º piso
Casilla 50484 – Plaza de Armas
Santiago de Chile – Chile

Correo-e: itusantiago@itu.int
Tel.: +56 2 632 6134/6147
Fax: +56 2 632 6154

**Honduras
Unión Internacional de
Telecomunicaciones (UIT)**

Oficina de Representación de Área
Colonia Palmira, Avenida Brasil
Ed. COMTELCA/UIT, 4.º piso
P.O. Box 976
Tegucigalpa – Honduras

Correo-e: itutegucigalpa@itu.int
Tel.: +504 22 201 074
Fax: +504 22 201 075

Estados Árabes

**Egipto
International Telecommunication
Union (ITU)**
Oficina Regional
Smart Village, Building B 147, 3rd floor
Km 28 Cairo – Alexandria Desert Road
Giza Governorate
El Cairo – Egipto

Correo-e: itu-ro-arabstates@itu.int
Tel.: +202 3537 1777
Fax: +202 3537 1888

Asia-Pacífico

**Tailandia
International Telecommunication
Union (ITU)**
Oficina de Zona
Thailand Post Training Center, 5th floor
111 Chaengwattana Road, Laksi
Bangkok 10210 – Tailandia

Dirección postal:
P.O. Box 178, Laksi Post Office
Laksi, Bangkok 10210, Tailandia

Correo-e: itubangkok@itu.int
Tel.: +66 2 575 0055
Fax: +66 2 575 3507

**Indonesia
International Telecommunication
Union (ITU)**

Oficina de Zona
Sapta Pesona Building, 13th floor
Jl. Merdan Merdeka Barat No. 17
Jakarta 10110 – Indonesia

Dirección postal:
c/o UNDP – P.O. Box 2338
Jakarta 10110 – Indonesia

Correo-e: itujakarta@itu.int
Tel.: +62 21 381 3572
Tel.: +62 21 380 2322/2324
Fax: +62 21 389 05521

Países de la CEI

**Federación de Rusia
International Telecommunication
Union (ITU)**
Oficina de Zona
4, Building 1
Sergiy Radonezhsky Str.
Moscú 105120 – Federación de Rusia

Dirección postal:
P.O. Box 47 – Moscú 105120
Federación de Rusia

Correo-e: itumoskow@itu.int
Tel.: +7 495 926 6070
Fax: +7 495 926 6073

Europa

**Suiza
Unión Internacional de las
Telecomunicaciones (UIT)
Oficina de Desarrollo de las
Telecomunicaciones (BDT)
Oficina de Zona**
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20 – Suiza
Correo-e: eurregion@itu.int
Tel.: +41 22 730 6065

Unión Internacional de Telecomunicaciones
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza
www.itu.int

ISBN 978-92-61-23203-0



9 789261 232030

Impreso en Suiza
Ginebra, 2017