

Técnicas de estimación y contraste de volúmenes y circuitos de generación urbana de residuos electrónicos.

RESUMEN

Este trabajo describe una aproximación experimental al cálculo estimativo de volúmenes y circuitos de generación urbana de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en la ciudad de Resistencia (Argentina), utilizando la metodología de estudio de casos. La estimación abarcó tipos específicos de electrodomésticos, lámparas y equipos informáticos. Se basó en muestreos de campo y observación en depósitos de grandes usuarios, puntos de venta, talleres de reparación y sitios de deposición final. El contraste de resultados del trabajo de campo se hizo con datos de censos y fuentes públicas, permitiendo identificar coincidencias, divergencias y prioridades para emprender estudios ulteriores.

ABSTRACT

This article outlines an experimental approximation to the estimation of urban treatment streams and quantities generated of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) at the city of Resistencia (Argentina), by using a case study methodology. The estimation comprised specific types of household appliances, lamps and computer hardware items. It was obtained via field work with observation and sampling at anchor users' storage facilities; points of sale; repair shops, and final disposal facilities. The results from field work were tested against data from census and public sources, enabling the identification of coincidences, divergences and priorities for undertaking further research studies.

Palabras clave: RAEE, Estimación, Relevamiento, Volúmenes, Estudio de casos.

Ing. Darío M. Goussal¹

Ing. Leandro Riquelme²

Grupo de Reciclado Electrónico
Departamento Electricidad y Electrónica
Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional del Nordeste.

¹ Ingeniero en Electrónica.
E-mail: dgoussal@ing.unne.edu.ar

² Ingeniero Electromecánico.
E-mail: morunoriquelme@hotmail.com

ANTECEDENTES

Con la entrada en vigor del Convenio de Basilea en 1992, en los países de la Unión Europea rige una legislación sumamente detallada sobre RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), existiendo diversos programas de recuperación y reciclado para minimizar su impacto en el ambiente. No es así en Argentina que genera unas 440.000 toneladas anuales (10,7 kg/año por habitante), superando las densidades de México (9 kg/año) y Brasil (7 kg/año). Un informe señala que en 2011, se descartaron 10 millones de teléfonos celulares en Argentina, que de haber sido reciclados y con un peso medio de 100 g. se hubiera evitado el ingreso a rellenos sanitarios de unas 1.000 toneladas de residuos peligrosos, posibilitando además el recupero de U\$S 15 M. en metales como oro, plata y cobre [1], [2], [3], [4].

En el año 2012 perdió estado parlamentario el proyecto de ley de Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (Filmus y otros, 2008) que fomentaba a nivel nacional la recupera-



ción económica y el control del flujo de los RAEE. Esa iniciativa contemplaba la responsabilidad extendida al productor (REP), buscando involucrar a los fabricantes e importadores en la recuperación y tratamiento de materiales contaminantes de los AEE, e induciendo al diseño sustentable con elementos reciclables. Debido a la urgencia de contar con una normativa integral de tratamiento de RAEE, y ante la falta de un encuadre legal federal la ciudad autónoma de Buenos Aires y varias provincias avanzaron en leyes propias. En el Chaco, a comienzos de 2014 se sancionó la Ley N° 7345, reglamentada por el Decreto N° 869/14 que establece un procedimiento para el tratamiento de Desechos Electrónicos. Al carecer la región de estudios específicos, en el Grupo de Reciclado Electrónico (GRE) y la cátedra Electrónica II de la Facultad de Ingeniería -UNNE se había propuesto tiempo atrás un estudio de línea de base (“baseline study”) referido a la generación de RAEE en centros urbanos del NEA, a través de levantamientos de campo y estimaciones cuantitativas. Por falta de presupuesto, el relevamiento muestral debió limitarse a la ciudad de Resistencia. Se inició en 2013 antes de la sanción de la Ley, con el fin de aportar información actual para planificar sistemas de gestión adecuados. Aunque al igual que la mayoría de los municipios, Resistencia aún no ha definido su adhesión a la normativa de RAEE, se consideró que los resultados, debido a su escala e importancia serían también útiles para evaluar acciones en otros centros urbanos de la región [5], [6].

Mundialmente la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) exhibe una abundante literatura técnica pero paradójicamente, son escasos los estudios de base en zonas específicas como los centros urbanos del Nordeste Argentino (NEA). En la provincia del Chaco las primeras investigaciones independientes sobre generación de RSU se remontan a 2004, aunque aún sin ninguna referencia a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Según datos de la Dirección de Limpieza Municipal de Resistencia, la generación de residuos sólidos urbanos en 2004 era de 175 toneladas por día, de las que 32 % correspondían al casco céntrico, resultando un promedio de 0,64 kg por habitante. Otro estudio basado en la misma fuente había estimado en 2013 una duplicación de esas cifras (aumentando a 350 Toneladas por día y 1,2 kg por habitante) [7] [8] [9].

MÉTODOS DE ESTIMACIÓN Y CONTRASTE UTILIZADOS

La literatura técnica de estimaciones cuantitativas de generación de RAEE exhibe estudios muestrales, cálculos y modelos de previsión basados en series de tiempo. En el mundo en desarrollo están más difundidos los estudios muestrales, aunque sus resultados son inherentemente de mayor dificultad de contraste y validación, demandando operaciones de apreciable tiempo y costos. Los modelos de previsión apoyados en series temporales se adecuan más a naciones desarrolladas, donde se dispone de compilaciones sistemáticas de variables económicas, datos de consumo y registros muy específicos de indicadores de variables ambientales, tales como volúmenes de residuos recogidos y tratados (CyT) [10].

El plan de tareas de esta investigación fue concebido en dos fases: a) Un trabajo de campo, apoyado en relevamientos muestrales, informes y entrevistas en puntos de interés; y b) Una evaluación estimativa de la evidencia, con estimación somera de la generación de residuos por categoría. El fin propuesto era identificar orígenes, prácticas corrientes, circuitos de uso y deposición, tendencias y detalles del volumen y de la composición de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos generados en la ciudad de Resistencia. Las tareas de campo incluyeron muestreos “in-situ” en el vertedero municipal de María Sara-Departamento San Fernando (Chaco) y en depósitos de RAEE en organismos y dependencias oficiales del área urbana. Se relevaron también con entrevistas y cuestionarios ad-hoc, puntos focales de grandes usuarios de AEE en dependencias oficiales y distribuidoras del servicio eléctrico; talleres de reparación; sitios de venta de electrodomésticos y materiales eléctricos; cámaras empresariales y organismos oficiales. En ambas operaciones se tomó nota de cantidades, circuitos y lugares de deposición final, así como de los niveles de conocimiento de los riesgos para la salud y del manejo adecuado de desechos. Para la recolección sistemática de los datos se utilizaron guías de entrevista y cuestionarios con formatos específicos para cada fuente. En la segunda fase, se determinaron cifras de generación urbana mediante métodos utilizados en estudios anteriores en el mundo, a saber: [11], [12], [13].

Método de volúmenes de venta: Supone que todos los AEE vendidos son para reposición, es decir

que existe saturación de mercado y por cada aparato comprado, uno es descartado. Sólo necesita datos de ventas del periodo en estudio, pero la precisión es baja.

Método de ventas y vida útil: Se basa en la cantidad de AEE vendidos y su vida útil promedio. Es un método más exacto pero necesita series estadísticas de ventas de periodos anteriores, y de la vida útil media (VUM) para cada tipo de AEE. La vida útil puede ser constante o variable; la segunda es más precisa y se suele determinar mediante la distribución de Weibull, requiriendo más datos. Considerando una VUM constante, para el año t y vida i , la expresión sería [11], [13]:

$$\text{Cantidad de residuos en el año } t = \sum_{i=VUM}^U \frac{\text{Ventas}_{(t-(VUM-i))}}{VUM}$$

(1)

Método de niveles de stock: Se determinan niveles de stock de AEE en un área, conociendo la penetración por tipo y el número de hogares, y asociando ese valor con la vida útil media

Método de muestreo: Se recogen y almacenan RSU de una muestra de usuarios en la zona objetivo, clasificándolos para obtener la proporción de RAEE, aplicándose luego el patrón de tipos al universo de análisis [14].

Método de disponibilidad: Se realiza un ejercicio basado en las cantidades de AEE disponibles en el mercado y a la vida útil de cada producto [15].

Método de sitios de reparación: Supone que todos los AEE, antes de ser desechados se llevan a un taller para intentar su reparación. Los datos se obtienen mediante entrevistas y relevamientos en talleres. Desprecia sin embargo, el número de AEE que los consumidores conservarían almacenados en desuso. Este método propio se ensayó aquí por primera vez; se considera de baja precisión y sólo se estima adecuado para tipos específicos de AEE que los consumidores preferirían reparar antes del descarte.

La producción de RAEE del área de Resistencia puede concebirse como una adición de dos ori-

genes: domiciliarios y grandes usuarios. Del universo de los usuarios domiciliarios, se pudieron obtener datos suficientes para aproximar cifras de residuos en tres tipos de AEE: electrodomésticos grandes y medianos, lámparas-balastos, y equipos informáticos. Para los grandes usuarios, se eligieron dependencias oficiales y de la empresa estatal distribuidora del servicio eléctrico. Buscando permitir contrastes mutuos, cada tipo de residuo se estimó utilizando un método principal y otro de control. Estos se eligieron en función de las fuentes de datos disponibles, comportamiento del mercado y del consumo en cada caso. Al carecer de presupuesto suficiente se descartó el uso de encuestas específicas como en Corea (para determinar la vida media de AEE), u otros muestreos domiciliarios como el del estudio de RAEE en municipios de Dinamarca [16], [17].

En la determinación de electrodomésticos grandes y medianos desechados se utilizó como principal, el método de Sitios de Reparación y como control el método de Niveles de Stock, debido a la cautela en revelar cifras de ventas por parte de los comercios; y por contrario, a la apertura y buena cooperación hacia el estudio desde los talleres de reparación. Para el contraste se calcularon niveles de stock de un único tipo de electrodoméstico (Heladeras), cuya penetración como equipamiento de los hogares consta en los datos del Censo 2010 y suponiendo una vida media de 10 años en el cálculo. En la determinación de lámparas y balastos desechados en Resistencia se empleó como principal el método de volúmenes de venta, suponiendo que cada unidad vendida se destina a reemplazar otra similar inutilizada. Como control se utilizó el método de niveles de stock, ya que estos AEE no se reparan. Los datos de ventas de lámparas se obtuvieron mediante entrevistas realizadas en puntos de venta de esos productos, y para el contraste con el método de stock se adoptaron cifras del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de Energía (PRONUREE) que entregaba a usuarios domiciliarios de redes eléctricas, lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo (CFL) en canje por unidades incandescentes. [18].

Finalmente, para residuos informáticos se atendieron prioritariamente resultados del método de Niveles de Stock, al haber datos estadísticos de Hogares con computadoras del Censo Nacional

2010 (El 42,5% de los hogares en el Departamento San Fernando, conduciendo a una estimación de 37.792 hogares en la ciudad de Resistencia). A esa cantidad se adicionó la cifra de computadoras de bajo costo entregadas a estudiantes a través del programa “Conectar Igualdad” (2.866 netbooks entre Abril 2012 y Septiembre 2013). Los cálculos

en este tipo de AEE consideran una vida útil media de 5 años, y para el contraste se utilizó el método de Sitios de Reparación, sin tener en cuenta periféricos pequeños -teclado, mouse, modem, etc.- Las decisiones metodológicas para cada tipo de AEE se ilustran en la Tabla I.

Tabla I - Decisiones metodológicas para cada tipo de RAEE

Tipos de AEE	Método Principal	Método de Control
Electrodomésticos Grandes y Medianos	Sitios de Reparación	Niveles de Stock (<i>sólo Heladeras</i>)
Lámparas y Balastos	Volúmenes de Venta	Niveles de Stock
Equipos informáticos	Niveles de Stock	Sitios de Reparación

CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE RAEE EN EL ÁREA DE ESTUDIO

El circuito prototípico de tratamiento de los AEE en desuso y sus residuos, determinado luego del relevamiento muestral en la ciudad de Resistencia se ilustra en la Figura 1.

Almacenamiento en Desuso: Más frecuente en empresas que en hogares, atribuible al desconocimiento de qué hacer con los desechos y la falta de un responsable interno en las empresas que se ocupe de la gestión de AEE en desuso. En algunas empresas y entes públicos, luego de un tiempo se rematan.

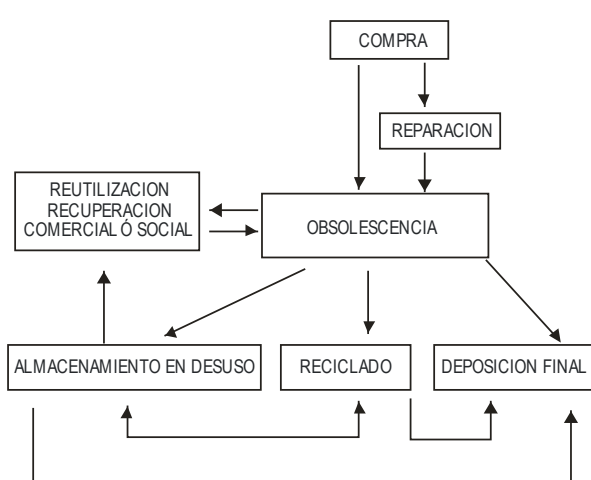


Figura 1: Circuito de Tratamiento de AEE en la Zona de Estudio

Las etapas reconocibles, luego de la vida en uso normal de AEEs en el área de estudio son:

Reparación: Antes de ser desechados, la mayoría de los AEE -excepto lámparas y balastos- se llevan a un taller de reparación para intentar prolongar su vida útil.

Reutilización y Recuperación Comercial: Los talleres recuperan algunas funciones de AEE y reutilizan componentes en los que no conviene o no logran reparar. Naturalmente, el ciclo de vida de los equipos reacondicionados suele ser mucho más corto que el de los nuevos.

Recuperación Social: Los AEE reparados generalmente por ONGs, se donan a instituciones educativas u otras ONG. Ese tipo de gestión se da mayormente en equipos informáticos

Recuperación de Materiales o Reciclado: Procura aprovechamiento económico de metales como cobre, aluminio, aceros, estaño, zinc y obviamente, metales preciosos y aleaciones en los rezagos. Debido a la eliminación de retardantes policromados y al aumento del precio del petróleo, también los plásticos como ABS, HIPS, acrílicos, PP y PE comienzan a tener interés en el mercado, existiendo ya una cierta demanda local e internacional. En la zona de Resistencia se realiza mayoritariamente el recupero informal de hierro, cobre y aluminio.

Deposición Final: Los materiales son arrojados a vertederos (legales o clandestinos), sin tratamien-

to alguno. Ese destino es notorio en equipos electrónicos y lámparas.

Resistencia no cuenta actualmente con un sitio de deposición final de RSU dentro de su ejido urbano. La Municipalidad usa un vertedero transitorio en la zona de María Sara, en el Departamento San Fernando, a unos 25 kilómetros de la capital. Su extensión es de unas 2 Ha. y allí se realiza un relleno sanitario sin tratamiento de lixiviado, que puede procesar aproximadamente 420 tn diarias. En la visita se determinó que ingresaban mensualmente unos 6.000 m³ de residuos, realizándose una clasificación informal para obtener elementos como PET ó cartón, con muy poco metal recuperado ya que la mayor parte de los RSU con partes metálicas -entre ellos, los RAEE-, son extraídos previamente por hurgadores. Del examen de muestras obtenidas in situ en 2013, se llegó a la conclusión de que sólo un 2 % de los RSU provienen de AEE, equivalentes a un volumen estimado de 120 m³ mensuales.

DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE VOLÚMENES GENERADOS

La estimación de volúmenes de RAEE de Electrodomésticos Medianos y Grandes, utilizando el muestreo de Sitios de Reparación arrojó una primera estimación gruesa (los valores de la Tabla 2). El control mediante el método de Niveles de Stock pudo realizarse sólo para un rubro (Heladeras). Según el Censo Nacional 2010, ese año el 91.2% de los hogares del Departamento San Fernando poseía al menos una heladera ó freezer. Como en Resistencia en 2010 había 89.264 viviendas, las equipadas con esos AEE serían 81.409. Por lo tanto, esa misma sería la cifra de unidades desechadas hasta 2020, si se adopta una VUM de 10 años en el stock con conductas de reemplazo normal en consumidores residenciales (ello sin considerar las viviendas con más de una heladera, ni la expansión urbana en la zona).

Tabla 2 - Volúmenes de RAEE de electrodomésticos

Tipos de Electrodomésticos	Cantidad mensual desechada	Peso unitario promedio (kg)	Peso total (TM)
Heladeras y freezers	684	60	41,04
Lavarropas	612	60	36,72
Acondicionadores de aire	306	46	14,08
Lavavajillas	162	60	9,72
Electrodomésticos Medianos (*)	126	14	1,76
Totales	1890		103,32

(*) Electrodomésticos Medianos: Microondas, Hornos, Secarropas, etc.

Con estas premisas se llega a un promedio de 678 heladeras descartadas por mes., cifra similar a la obtenida mediante el método principal pese a que no se tuvieron en cuenta las unidades desechadas directamente (sin pasar antes por talleres), ni las descartadas sin averías, luego de permanecer almacenadas desde el cese de servicio. Aunque los equipos de aire acondicionado aparecen terceros en número de unidades desechadas, la proporción de residuos generados frente al stock existente en plaza es la más baja. Esto se debe a su mayor durabilidad al ser predominantemente recuperables, pues se determinó que solo 4 % de las unidades

que ingresan a los talleres se desahucian como irreparables. Los AEE considerados obsoletos en el sitio de reparación, se almacenan en los mismos talleres hasta reunir un volumen significativo. Luego son recogidos por personas que se encargan de su desguace y venta en chacaritas, que a su vez envían los metales y plásticos recuperados a plantas de reciclado ubicadas fuera de la provincia (Buenos Aires y Rosario). Los recuperadores urbanos dedicados a esta clase RAEE son generalmente de condición humilde y no conocen los riesgos para la salud y el medio ambiente derivados de una gestión inadecuada -tal como la práctica de

incinerar cables para extraer cobre, exponiéndose a vapores contaminantes-. Algunos talleres visitados donaban los RAEE almacenados a establecimientos educativos aunque comparativamente, en volúmenes exigüos. Ninguno de la muestra manifestó reciclar componentes de AEE todavía en funcionamiento (motores, electroválvulas, placas, etc.). En relación al segundo rubro (Lámparas y balastos), la Tabla 3 enlista las cantidades de residuos generados mensualmente, obtenidas por el método principal (Volumen de Ventas), mediante

entrevistas realizadas en puntos de venta de materiales eléctricos e iluminación. Las lámparas y tubos fluorescentes constituyen el mayor número de unidades desechadas; predominan las fluorescentes compactas de bajo consumo (LFC), teniendo en cuenta la vigencia de un programa nacional de canje gratuito (PRONUREE) que lleva entregadas 24 millones de LFC con una VUM estimada de 2 años a usuarios residenciales. Sin embargo, son los balastos con núcleo de hierro los que aportan el mayor peso total en esta categoría.

Tabla 3 - Volúmenes de RAEE de lámparas

Tipos de Lámparas (Iluminación residencial)	Cantidad mensual desechada	Peso unitario (kg)	Peso total (TM)
LFC 11 a 22W	13500	0,1	1,35
LFC 40 y 65W	7020	0,8	5,62
TF 18W	4275	0,1	0,43
TF 36W	8820	0,18	1,59
Balastos electromagnéticos 18/36 W	2640	1	2,64
Totales	36255		11,62

N: Las cifras de venta de otros tipos de lámparas son despreciables comparativamente.

76



Para el contraste de la estimación gruesa mediante el método de Niveles de Stock, se utilizaron datos de la distribuidora del servicio eléctrico de Resistencia (SECHEEP) y de un plan oficial de recambio de lámparas incandescentes por unidades LFC (PRONUREE), por el que se canjearon gratuitamente a clientes residenciales de la ciudad de Resistencia 80.000 LFC de 11 a 22 watt. El 30% de los clientes residenciales recibieron 4 unidades LFC, y el resto 2. De ello se infiere que 6.000 hogares recibieron 4 lámparas fluorescentes compactas y otros 28.000 recibieron 2. Proyectando las cifras al total de hogares censados en 2010, calculamos que en el área de estudio se encontrarían en funcionamiento 232.086 unidades LFC. Se supuso una vida útil media real de 2 años para una lámpara LFC en el área de estudio, pues la mayor parte de las unidades en el mercado zonal no son de primera calidad. De este modo resultan 9.670 lámparas de entre 11 y 22 W que serán desechadas mensualmente, volumen equivalente a cerca de una tonelada de residuos. Este valor resulta menor al obtenido por el método principal, presumiblemente por haber omitido las lámparas en aplicaciones y lugares no residenciales, y además

porque las ventas de materiales de iluminación en Resistencia no se hacen sólo a residentes en la ciudad. Por otra parte, en el trabajo de campo se realizaron consultas a SECHEEP y la Dirección de Alumbrado Público de la Municipalidad de Resistencia, y en base a ellas se determinaron los volúmenes de descarte de lámparas de distintas tecnologías utilizadas en la red pública de alumbrado y lugares públicos de la ciudad, según ilustra la Tabla 4. Se pudo determinar que el 100% de las lámparas de iluminación pública desechadas se remite directamente para deposición final en el vertedero municipal, sin ningún tratamiento previo diferenciado. Sólo los balastos se reciclan informalmente por hurgadores, debido a su contenido de cobre. La mayoría de los comerciantes y encargados de mantenimiento de organismos públicos dijo conocer los efectos de la contaminación generada por las lámparas, no obstante lo cual éstas no se almacenan en depósitos internos, como sí es práctica habitual con los RAEE informáticos.

Tabla 4 - Volúmenes de RAEE de lámparas utilizadas en la red pública

Tipos de Lámparas (Iluminación pública)	Cantidad mensual desechada	Peso unitario (kg)	Peso total (kg)
Sodio 70W	20	0,1	2
Mezcladora 250W	110	0,1	11
Mercurio Halogenada 500W	50	0,3	15
Vapor de sodio 150W	600	0,1	60
Vapor de sodio 250W	300	0,1	30
Balasto sodio 70W	4	1,6	6,4
Balasto sodio 150W	120	2,1	252
Balasto sodio 250W	60	3,4	204
		Total (TM)	0,58

Para estimar la generación de RAEE de informática se utilizó como método principal el de Niveles de Stock. El Censo Nacional 2010 determina que un 42,56% de los hogares del Dpto. San Fernando poseen computadora, por lo que trasladando esa proporción a la ciudad de Resistencia resultarían 37.792 hogares equipados. A ello se añadiría la entrega sin cargo de unidades portátiles de bajo costo a estudiantes a través del programa "Conectar Igualdad" (2.866 netbooks entre 4/2012 y 9/2013). Considerando una VUM de 5 años en ese tipo de AEE, se descartarían 681 computadoras al mes (portátiles y de escritorio). Con referencia al método de control los datos de visita a talleres informáticos del área de estudio se ilustran en la Tabla 5, incluyendo cantidades y pesos de los equipos allí desechados. A diferencia de los contrastes anteriores donde hubo coincidencias entre los valores de ambos métodos, aquí hay profundas diferencias. Las causas identificables serían:

1) Gran cantidad de AEE informáticos (presumiblemente más del 50% de las computadoras) ingresa a la situación de desuso sin averías que inhabiliten su funcionamiento, por lo que simplemente se dejan de utilizar por obsolescencia percibida o inducida. Estas unidades no ingresan a reparación a ningún taller, sólo se almacenan fuera de servicio en depósitos.

2) Los niveles de ingreso, las conductas de consumo y reemplazo de AEE informáticos en el área

de estudio inducirían a una extensión de la vida en servicio de unidades ya obsoletas.

3) Muchas reparaciones no se realizan en talleres comerciales habilitados.

4) Un número de unidades ingresa para revisión y presupuesto a los talleres, sin finalmente consentir los usuarios el trabajo de reparación indicado. Estas se retiran y presumiblemente son almacenadas ó descartadas privadamente (sin intervención del sitio de reparación).

5) Existe una gran cantidad de computadoras, impresoras y monitores fuera de servicio en depósitos ó talleres internos de empresas, organismos públicos y establecimientos educativos que incrementan los volúmenes del stock en obsolescencia, entrando gradualmente a deposición final sin pasar por talleres.

Tabla 5 - Volúmenes de RAEE informáticos en talleres

RAEE Informáticos en Sitios de Reparación	Cantidad mensual desechada (en Talleres)	Peso unitario Promedio (kg)	Peso total (kg)
Computadoras Portátiles	40	3	120
Computadoras de Escritorio	20	12	240
Impresoras	40	6	240
Monitores	10	10	100
		Total	700

Tabla 6 - Volúmenes de RAEE informáticos totales

RAEE Informáticos (Generación Urbana total)	Cantidad mensual generada de RAEE	Peso unitario Promedio (kg)	Peso total (TM)
Computadoras Portátiles	68	3	204
Computadoras de escritorio	34	12	408
Impresoras	68	6	408
Monitores	17	10	170
	187		1190



Ante las divergencias entre el método principal y el de contraste, y en función de las causas identificables, la primacía en términos de validez correspondería al primero. Sin embargo, es lícito mantener el patrón real de composición de cantidades y pesos hallado en los sitios de reparación, extrapolando las del total de residuos en la estimación original (con el método de Niveles de Stock). Tal combinación de datos llevaría al pronóstico enlistado en la Tabla 6.

Se pudo verificar en el trabajo de campo que los talleres de informática intentan reciclar para reuso propio el máximo posible de partes, a resultas del costo de los componentes nuevos y la dificultad de conseguir ciertos tipos debido a restricciones en la importación de insumos. Los componentes no aptos para reuso se descartan, retirándolos el recolector municipal ó los hurgadores informales para su venta en chacaritas. Algunas instituciones gubernamentales almacenan residuos de bienes AEE inventariables esperando que entre en vigencia alguna reglamentación oficial para su gestión. En otras, primero se guardan fuera de servicio y luego se rematan. En las subastas de RAEE informáticos de origen público o privado, los adquirentes mayormente son chacaritas. Los talleres de Infor-

mática tienden a reutilizar diversos componentes en buen estado de los equipos a desechar destinados al trabajo de reparación, aunque las decisiones parecen surgir de circunstancias de mercado y no, como resultado de convicciones ecológicas ó pautas de respeto al medio ambiente.

CONCLUSIONES

La cantidad estimada de RAEE producidos anualmente en la ciudad de Resistencia -correspondiente al conjunto de las tres categorías estudiadas en la muestra- sería de 1.484 tm, equivalentes a 5,1 kg por persona por año. Este valor resulta algo menor al de las últimas estimaciones de promedios mundiales del "E-Waste World Map" [19] y las reportadas para Argentina por PCS/ Economías MERCOSUR [20], aunque en estos informes no hay mayores precisiones sobre los métodos utilizados para la estimación y sus fuentes de datos. Hay que tener en cuenta además, que el relevamiento urbano de Resistencia no consideró la generación de residuos de los demás rubros de AEE (Teléfonos celulares y AEE de telecomunicaciones, herramientas, pequeños electrodomésticos, equipos industriales, profesionales, sistemas de automatización y control, instrumental, elec-

tromedicina, vehículos, aparatos de consumo de audio y video, etc.) con lo que el volumen total generado en Resistencia sería significativamente mayor.

Observando la distribución resultante por pesos, 84 % proviene de electrodomésticos grandes y medianos. Las lámparas suman casi 10 %, y el restante 6 % correspondería a desechos informáticos. Aunque la cifra de lámparas desechadas es claramente superior a los electrodomésticos, en peso y volumen predominan estos últimos. Contraintuitivamente, en la ciudad de Resistencia los RAEE de origen informático son los de incidencia más baja en la masa total, pero las visitas a talleres indicaron tendencias al recupero de partes enteras y algunos componentes electrónicos. El reuso y trasplante de elementos constitutivos aun en funcionamiento desde equipos informáticos irreparables a otros AEE susceptibles de reparación exitosa, permite a los talleres y centros de servicio técnico extender su vida en servicio y salvar dificultades de obtención por trabas del comercio exterior, además de cierta economía en el servicio técnico que se traslada parcialmente a los usuarios. Aunque la literatura más abundante en trabajos de investigación e informes técnicos se refiere a RAEE informáticos, y en cambio este primer relevamiento muestral de un área urbana del NEA señala que en la zona, los residuos de electrodomésticos grandes y medianos serían por volumen de generación, la posibilidad más cercana en cuanto a aptitudes de recupero sencillo de materiales [21].

Los RAEE de electrodomésticos presentan efectivamente, un alto potencial de rescate de materiales principalmente metálicos, aunque según se comprobó esa gestión se realiza en gran medida, informalmente. De las lámparas no se realiza ningún tipo de recupero y el 100% de sus residuos se envía sin desguace a rellenos sanitarios o vertederos.

Del análisis de resultados se pueden extraer finalmente, las siguientes observaciones:

- a) Ningún organismo oficial ó privado lleva registros o estadísticas de RAEE generados.
- b) Pese a conocer los efectos nocivos de los RAEE en el medio ambiente, no se implementa ningún plan sistemático, en parte debido al desconocimiento de la magnitud y gravedad del problema.
- c) Los RAEE de mayor potencial cualitativo de daño ambiental e impacto en la salud son las

lámparas, debido a que no existe ningún tipo de acción de desguace ó recupero de partes, y en consecuencia el 100 % de sus residuos va a parar directamente a rellenos sanitarios.

d) Los electrodomésticos grandes y medianos presentan una gran aptitud para el recupero económico de materiales principalmente metálicos, pero casi toda esa gestión se realiza de manera informal.

e) Debido a características del consumo y la situación económica y social de la zona de estudio, alrededor del 80% de los electrodomésticos y aparatos de informática que ingresa a talleres se repara, y el resto es vendido en el mercado informal para recupero de materiales.

Aunque limitados en alcance, los resultados expuestos brindan ya algunos indicios para encarar acciones de tratamiento eficiente, en todas las direcciones previstas por la Ley Provincial N° 7345 de Tratamiento de Desechos Electrónicos (Prevención, Reutilización, Reciclado, Valorización, Tratamiento y Eliminación). En función del relevamiento de orígenes de RAEE en la zona de estudio, resulta clara la incidencia de los electrodomésticos grandes y medianos en el peso y composición de la generación urbana, y por lo tanto son la prioridad en la eventual profundización de la investigación, con muestreos y visitas más abarcativos y de mayor alcance dentro del universo planteado, avanzando con muestreos en otras ciudades de distintas características y con contrastes cruzados de estimaciones seriadas. Sin embargo, aunque los volúmenes de residuos de lámparas e informática no son localmente significativos, tales rubros presentan al menos tres caracteres que exigen formular investigaciones complementarias: alta peligrosidad para el ambiente y la salud de elementos constitutivos; acelerado crecimiento de generación; y buenas previsiones para iniciativas de minería urbana, recuperación comercial ó social y valorización por extracción y venta de componentes usados ó metales preciosos entre otros beneficios.

REFERENCIAS

- [1] SECRETARIAT OF THE BASEL CONVENTION (2014) Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación. UNEP/BRS/2014/3. United Nations, Geneva 1400781(S) August.

- [2] DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (DOUE) (2003) Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos. L37/19. Bruselas, Bélgica.
- [3] ROMÁN, I. (2014) E-Waste en América Latina. El aporte de los operadores móviles en la reducción de basura electrónica. Estudio de casos. GSMA Latin America, Santiago, Chile.
- [4] GREENPEACE ARGENTINA (2012) Minería y basura electrónica. El manejo irracional de los recursos. Buenos Aires, Argentina.
- [5] FILMUS, D. y otros (2008) Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Comisión de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Borrador de dictamen. Expediente S-934/10 (5-11-2010). Senado de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- [6] CÁMARA DE DIPUTADOS DE LA PROVINCIA DEL CHACO (2013). Ley N° 7345. Desechos Electrónicos. Dirección de Información Parlamentaria. Resistencia, Argentina.
- [7] BONFANTI, F. (2004) La incorrecta gestión de residuos sólidos urbanos y su incidencia en la calidad de vida de la población de Resistencia. Actas, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Resistencia, Argentina.
- [8] BARRETO, M. & EBEL, G. (2013) Crecimiento, distribución y composición de la población urbana y rural en el chaco entre 1991 y 2010. ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino Vol I (1): 77-86 - ISSN 2347- 064X
- [9] GOROBISOV, P.; GALLIPOLITI, V. & SOGARI, N. (2013) La recolección y tratamiento de los residuos sólidos urbanos – estudio de casos: ciudad de Resistencia. Actas, XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES) Vol I: 01.65 - 01.72, Resistencia, Argentina ISBN 978-987-29873-0-5.
- [10] HUISMAN, J; LUEPSCHEN, C; & WANG, F. (2010) E-Waste. How to address the size of the problem? Conference Proceedings of Going Green - Care Innovation 2010. United Nations University - Institute for Sustainability and Peace (UNU/ISP) -Austrian Society for Systems Engineering and Automation. (TUD).Vienna, Austria: 1-6.
- [11] KUMAR, P. & SHRIHARI, S. (2007) Estimation and Material Flow Analysis of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A Case Study of Mangalore City, Karnataka, India. Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid Waste Management. Chennai, India: 148-154.
- [12] DWIVEDY, M. & MITTAL, R. K. (2010) Estimation of future outflows of e-waste in India. Waste Management 30: 483-491.
- [13] POLAK, M. & DRAPALOVA, L. (2012) Estimation of end of life mobile phones generation: The case study of the Czech Republic. Waste Management 32: 1583–1591
- [14] BIGUM, M.; PETERSEN, C; CHRISTENSEN, T. & SCHEUTZ, C. (2013) WEEE and portable batteries in residual household waste: Quantification and characterisation of misplaced waste. Waste Management 33: 2372–2380.
- [15] MELÉNDEZ AVALOS, C. E. (2008) Diagnóstico de la situación actual de los residuos electrónicos en El Salvador – Informe Final de Proyecto Fase I. Asociación Centroamericana de Economía, Salud y Medio ambiente (ACEPESA). San Salvador, El Salvador: 1-88.
- [16] FESZTY, K; MURCHISON, C; BAIRD, J & JAMNEJAD, G (2003): Assessment of the quantities of waste electrical and Electronic Equipment in Scotland. Waste Management & Research 21: 207–217.
- [17] SOYOUNG, K. (2010) Estimating the amount of WEEE generated in South Korea by using the population balance model. Waste Management 33: 474 - 483
- [18] SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA NACIÓN (2008) – Reglamento del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) –Anexo II Decreto 140/07.
- [19] STEP-Solving the E-waste Problem Initiative (2014). E-Waste World Map. StEP Secretariat c/o United Nations University (UNU-IAS SCYCLE). UN Campus, Bonn, Germany.
- [20] FERNÁNDEZ PROTOMASTRO, G. (2014) Buenas Prácticas para la Gestión Sostenible de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). PCS – Promoción de la Producción y Consumo Sostenibles/ GOPA Worldwide Consultants. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-29862-3-0
- [21] LIU, X. (2009) Economic evaluation of optional recycling processes for waste electronic home appliances. Journal of Cleaner Production 17: 53-60