

UCH-FC  
B. Ambiental  
S 718  
C.1



UNIVERSIDAD DE CHILE - FACULTAD DE CIENCIAS - ESCUELA DE PREGRADO

## **Aplicación de un Modelo de Flujos de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos en una Zona Urbana de Chile**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de:

**Biólogo Ambiental**

**Francisco Javier Soto Yévenes**

f.sotoyevenes@gmail.com

Director de Seminario de Título

Dr. Italo Serey Estay

iserey@uchile.cl

Diciembre 2013  
Santiago-Chile



## INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TÍTULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el Sr.

**FRANCISCO JAVIER SOTO YÉVENES**

**“Aplicación de un Modelo de Flujos de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos en una Zona Urbana de Chile”**

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Biólogo Ambiental.

Dr. Italo Serey Estay  
**Director Seminario de Título**

Dra. Margarita Carú Marambio  
**Co-Directora Seminario de Título**

**Comisión Revisora y Evaluadora**

Ricardo Serrano  
**Presidente Comisión**

Dr. David Veliz  
**Evaluador**

  
FACULTAD DE CIENCIAS  
BIBLIOTECA  
CENTRAL  
U. DE CHILE





Santiago de Chile, Diciembre de 2013

## Biografía



Nací en San Bernardo, el 14 de Septiembre de 1982 y desde pequeño siempre sentí una gran atracción por la naturaleza, siendo fanático de tener todo tipo de animales en mi casa, de ahí comenzó mi acercamiento a ella.

Con el paso del tiempo me llamó la atención la cantidad de residuos generados en todo aspecto y de todo tipo, lo que conllevó a un gran interés en el reciclaje. Es de este interés que nace el trabajo que ahora presento.

Actualmente trabajo en especies ícticas ornamentales y viendo su posible efecto.



## **Agradecimientos**

Quisiera agradecer a todos los que me han apoyado en este largo trabajo, en especial a Cecilia Araya por acompañarme siempre en especial en los momentos más difíciles, y a mis abuelos por su comprensión y entendimiento.

También quisiera dar las gracias a quienes me apoyaron y aportaron sus conocimientos, particularmente a mi director de seminario de título Dr. Italo Serey, Paola Monetta por su apoyo y paciencia, a mi tutor Daniel Ott y a la plataforma Relac SUR/IDCR. Quiero agradecer especialmente a la Dra. Margarita Carú por guiarme en la parte final de este trabajo, así como a don Ricardo Serrano, por el tiempo y apoyo entregados.

No puedo dejar pasar la instancia para agradecer a la Sra. Cleofa Bueno, secretaria del Director de Aseo y Ornato de Curicó, al personal del Servicio de Salud de la Provincia de Curicó, a la Sra. Juany López y Maureen Blanco por sus muchos consejos, a Gonzalo Celis y a todas las demás personas que me acompañaron en este proceso. También un agradecimiento especial al Instituto Profesional la Araucana sede Curicó por permitirme hacer encuestas relevantes a sus alumnos en horario de clases. A Salvador Vivallo por entregarme el ánimo necesario en la etapa final de esta tesis. Finalmente a María teresa Anabalón por su ayuda, consejos y entregarme su apoyo.

## Índice de Contenido

<b>Biografía .....</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>IV</b>
<b>Índice de Tablas o Cuadros .....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>VIII</b>
<b>Lista de Abreviaturas .....</b>	<b>X</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Avance tecnológico: sus residuos y efectos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Aparatos electrónicos en Chile: ingreso al mercado, usuarios         y manejo de sus residuos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Estudio de RAEE en Chile .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Objetivos .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Objetivo General .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Metodología .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Generación de un modelo conceptual operativo .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Contextualización del modelo estándar al estudio de caso .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Calibración del modelo .....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Identificación de oportunidades en el manejo de RAEE .....</b>	<b>20</b>

<b>4 Resultados</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 Modelo conceptual operativo o estándar</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2 Contextualización a Curicó</b> .....	<b>25</b>
<b>4.3 Calibración del modelo</b> .....	<b>32</b>
<b>4.4 Oportunidades en el manejo de RAEE en Curicó</b> .....	<b>49</b>
<b>5 Discusión</b> .....	<b>50</b>
<b>6 Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>55</b>
<b>6.1 Conclusiones</b> .....	<b>55</b>
<b>6.2 Recomendaciones</b> .....	<b>56</b>
<b>7 Bibliografía</b> .....	<b>57</b>
<b>8 Anexos</b> .....	<b>60</b>
<b>Anexo 1 Glosario</b> .....	<b>60</b>
<b>Anexo 2 Normativa nacional e internacional aplicable</b> .....	<b>61</b>
<b>Anexo 3 Modelos usados de base</b> .....	<b>66</b>

## Índice de Tablas o Cuadros

<b>Tabla 1 Elementos tóxicos presentes en los PC .....</b>	<b>3</b>
<b>Tabla 2 Número de componentes seleccionados para encuestar .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3 Componentes y procesos estándar .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 4 Criterios .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 5 Matriz de doble entrada para el modelo estándar .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 6 Uso de criterios para la contextualización de componentes .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 7 Definiciones operacionales de componentes y procesos .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 8 Matriz de doble entrada para el modelo inicial .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla 9 Número de actores y entidades contactadas y número total de encuestas obtenidas .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 10 Número promedio de equipos por componente y por tipo de equipo .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 11 Vida media de los PC por componente y tipo de equipo .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 12 Matriz de doble entrada para el modelo final .....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 13 Oportunidades de manejo de RAEE .....</b>	<b>49</b>

## Índice de Figuras.

<b>Figura 1 “Ilustración de los flujos y procesos de la gestión actual de residuos de PC en Santiago de Chile” .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 2 Flujograma metodológico .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3 Modelo estándar .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4 Modelo inicial .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5 Tasa de penetración de PC en los hogares de estudiantes técnico - superiores .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 6 Frecuencia de manejo de PC en caso de falla por componente y por tipo de equipo .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 7 Manejo de PC post vida útil al usuario, por componente y en porcentaje .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 8 Proceso de almacenamiento en colegios y empresas de Curicó .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 9 RIMR Junto a su triciclo transportando algunos RAEE .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 10 Frecuencia de recolección de materiales .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 11 Frecuencia de recolección de tipo de RAEE .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 12 Frecuencia de manejo de residuos de PC por los RIMR .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 13 Disposición de chatarra y metales por compradores de fracciones .....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 14 Modelo Final .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 15 “Modelo usado para la simulación del mercado de computadores en Chile” .....</b>	<b>66</b>

<b>Figura 16 “Modelo de manejo de PC en Colombia” .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 17 “Diagrama de generación y recorrido de los residuos electrónicos, en el Perú” .....</b>	<b>67</b>

## Lista de Abreviaturas

- AFM:** Análisis de Flujo de Materiales.
- BAN:** Basel Action Network (Red de Acción de Basilea).
- DAEM:** Dirección de Administración de Educación Municipal.
- EMPA:** Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Laboratorios Federales Suizos de Pruebas de Materiales e Instituto de Investigación).
- FM:** Flujograma Metodológico.
- INE:** Instituto Nacional de Estadísticas.
- IPLA:** Instituto Profesional La Araucana.
- LAC:** Latinoamérica y el Caribe.
- LCD:** Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido).
- OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- PC:** Personal Computer (Computador Personal).
- PNUD:** Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo.
- RAEE:** Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos.
- RE:** Residuos Electrónicos.
- REP:** Responsabilidad Extendida del Productor.
- RIMR:** Recicladores Informales de Materiales Reciclables.
- RSD:** Residuos Sólidos Domiciliarios.
- SD:** Standard Deviation (Desviación Estándar).
- TRC:** Tubo de Rayos Catódicos.

## Resumen

Chile tiene una de las tasas de penetración de Computadores Personales (PC) más alta de Latinoamérica, con un recambio de equipos que varía entre cuatro y seis años, según el usuario. Como resultado de lo anterior se genera un alto número de residuos de PC. Los PC contienen elementos valiosos y tóxicos; la fracción valiosa da cabida a un mercado informal, así como otros "Flujos Escondidos" y la tóxica implica perjuicio a la salud de quienes los manipulan y al medio ambiente.

Se encontró dos estudios de flujo de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos (RAEE) para Chile; ambos usan como metodología el Análisis de Flujo de Materiales (AFM). Describen el proceso que siguen los PC desde su ingreso al mercado hasta su disposición final a nivel país y de Santiago. Sin embargo estos estudios carecen de criterios explícitos que justifiquen los componentes presentes ni los flujos de PC entre ellos. No se conoce con certeza la situación a nivel de zonas urbanas en regiones.

En este seminario de título se propone criterios para la justificación de componentes y flujos para el estudio de flujo de RAEE en zonas urbanas, usando el AFM como metodología y a los PC como indicador de RAEE. Con los criterios propuestos y los modelos encontrados, se estructuró un modelo genérico de flujo de RAEE que muestra el posible panorama a encontrar en ciudades del país. Para ver si el modelo genérico, también llamado estándar, aplica a zonas urbanas de Chile, se puso a prueba en Curicó; primero se contrastó los componentes presentes en el modelo estándar con los del listado de patentes comerciales de la municipalidad, aplicando los criterios propuestos para

contextualizar a la realidad local; de esta comparación se generó un modelo inicial, cuya validez se estudió en terreno mediante encuestas dirigidas a los componentes, como método para el levantamiento de datos.

Con la información obtenida de las encuestas y en base al modelo inicial, se generó un modelo final que da cuenta del panorama de flujo de RAEE en Curicó. Los resultados muestran que los modelos estándar, inicial y final son similares en componentes y estructura por lo que la metodología propuesta en este seminario de título se considera válida. Además, se encontró que los componentes que participan en el flujo de PC en Curicó, presentan ciertas diferencias con aquellos encontrados a nivel nacional y en Santiago, lo que puede explicarse por el menor tamaño poblacional de la ciudad. Sin embargo, el comportamiento de los usuarios y el sistema es similar a lo detectado en los estudios a nivel nacional y en Santiago.

El modelo final permite visualizar en forma simplificada los flujos de RAEE en Curicó; esta información es útil para detectar oportunidades de mejora en la gestión de RAEE del sistema en estudio y complementa la información de manejo de RAEE que se tiene en el país, lo cual puede contribuir al momento de decidir las políticas públicas sobre la materia.

## **Abstract**

Chile has one of the highest Personal Computer (PC) penetration rates in Latin America, with a replacement of equipment ranging from four to six years, depending on the user. As a result a large number of PC waste is generated. PCs contain valuable and toxic elements; the valuable fraction accommodates an informal market, as well as other "Hidden Flows" and the toxic involves damage to the health of those who handle it as well as to environment.

Two studies of flow Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) for Chile were found; both use the Material Flow Analysis (MFA) as methodology. They describe the process followed by the PC since its entry into the market until its final disposal at a country and Santiago level. However, these studies lack explicit criteria to justify either the components present or the flows of PC among them. The situation in urban regions is not known with certainty.

In this Degree Seminar criteria for the justification of components and flows for the study of WEEE flow in urban areas are proposed, using the AFM as a methodology and the PC as an indicator of WEEE. With the proposed criteria and models found, a WEEE generic flow model showing the possible scenario to find in cities was structured. The generic model, also called standard, was tested in Curico to see if it applies to urban areas of Chile; first

the components present in the standard model were compared with the list of commercial licenses from the municipality, applying the criteria proposed to contextualize the local reality. Of this comparison an initial model, whose validity was studied through field surveys targeting components as a method for the collection of data was generated.

With the information obtained from surveys and based on the initial model, a final model that accounts for the WEEE flow panorama in Curico was generated. The results show that the standard, initial and final models are similar in components and structure so that the methodology proposed in this Degree Seminar is considered valid. In addition, we found that the components involved in the PC flow in Curico, present certain differences with those found at a country level and in Santiago, which can be explained by the smaller population size of the city. However, the behavior of users and the system is similar to that detected in national studies and in Santiago.

The final model illustrates the WEEE flows in Curico in a simplified form; this information is useful to identify opportunities for improvement in the management of WEEE of the system under study and complements the management information of WEEE the country has, which can help in deciding public policy on the matter.

## 1 Introducción

### 1.1 Avance tecnológico: sus residuos y efectos

Los rápidos avances tecnológicos asociados al aumento en el número de aparatos electrónicos y eléctricos como los *"computadores personales"* (PC, del inglés *Personal Computer*), ha provocado un aumento en la tasa de producción de residuos (Silva, 2008); los denominados *"Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos"* (RAEE) o *"Residuos Electrónicos"* (RE), los que no siempre encuentran una disposición final adecuada (OCDE, 2001).

Para enmarcar el concepto de RAEE, se entregará dos definiciones:

- La Red de Acción de Basilea: indica que *"Los Residuos Electrónicos incluyen una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, acondicionadores de aire, teléfonos celulares, equipos de sonido y aparatos electrónicos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios"* (Silva, 2007).
- La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en el año 2001 define: *"Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil"* (Silva, 2007).

Se estima que a nivel mundial se generan anualmente entre 20 y 50 millones de toneladas de desechos de RAEE (PNUD, 2006; Greenpeace, 2011). En el 2008 se estimó que países de la Unión Europea generan unas 8,7 millones de toneladas anuales de RAEE, y sólo un 25% de estos (2,1 millones toneladas) son reciclados o reaprovechados,

del resto se desconoce con exactitud su destino, pero se sabe que pueden almacenarse, llegar a una disposición inadecuada, ser exportados a países en vías de desarrollo, etc.; a esta fracción se le denomina como "flujos escondidos" (hidden flows) y representan el principal problema con los RAEE (Cobbing, 2008). Esto sucede a pesar de que muchos países han ratificado la Convención de Basilea (1989) sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (Basel Action Network y col., 2002).

Los RAEE poseen una composición mixta, se estima que de una tonelada de RAEE se puede recuperar USD 796 en cobre, USD 7600 en oro, USD 1792 en paladio y USD 1527 en platino, entre otros (Fernández, 2007), además partes y piezas que se pueden extraer y vender (Wolfensberger, 2009); a la vez, 500 millones de PC contienen aproximadamente 2.872.000 toneladas de plástico, 718.000 toneladas de plomo, 1.363 toneladas de cadmio y 287 de mercurio (Puckett y col., 2002), y otros que pueden provocar daño a la salud y al medio ambiente (Tabla 1).

Uno de los factores importantes del por qué estudiar los RAEE deriva de que su mal manejo, ya sea para la extracción de la fracción valiosa o para su disposición final, conlleva riesgos para quienes los manipulan y para el medio (Silva, 2008; Wolfensberger, 2009; EMPA, 2009). En Colombia, se encontró que personas del sector informal usan ácidos en condiciones precarias para la obtención de metales preciosos desde los PC (Ott, 2008); en Santiago de Chile, una práctica usual es romper los monitores de "Tubos de Rayos Catódicos" (TRC), para obtener la bobina de cobre, liberando plomo y otros (Wolfensberger, 2009). El valor que tienen los componentes de los RAEE genera un

mercado informal que explica parte de los flujos escondidos de estos residuos (Fernández, 2007; Cobing, 2008; Wolfensberger, 2009).

**Tabla 1 Elementos tóxicos presentes en los PC: Se muestra algunos de los elementos tóxicos presentes en los PC, su ubicación en el equipo y los efectos sobre salud y medio ambiente. Fuente: Baudran (2005), EMPA (2009).**

<b>Elemento</b>	<b>Ubicación en PC</b>	<b>Efecto en salud humana</b>	<b>Efecto en medio ambiente</b>
<b>Berilio</b>	Cajas de alimentación, rectificadores, controladores y lentes de rayos "X".	Cáncer del pulmón, enfermedad crónica del berilio y enfermedades a la piel.	Permanece en superficie del suelo, sedimenta en cuerpos de agua y se bioacumula.
<b>Cromo VI</b>	Carcasas	Lesiones al ADN, irritación en ojos, piel y membranas; la exposición prolongada puede causar daños hepáticos, renales, al sistema nervioso y circulatorio.	Se acumula en cuerpos de agua y se bioacumula en peces.
<b>Cadmio</b>	Baterías de NiCd y monitores de tubos de rayos catódicos (TRC).	Por exposición prolongada puede causar disfunción renal, enfermedades pulmonares como enfisema; relacionado con el cáncer de pulmón y puede generar osteoporosis y osteomalacia.	Persiste en el medio ambiente.
<b>Mercurio</b>	Baterías, interruptores, termostatos y lámparas fluorescentes de "Pantallas de Cristal Líquido" (LCD).	Puede bioacumularse en el cerebro, causar daño hepático, provocar temblores, gingivitis, alteraciones psicológicas y abortos espontáneos.	Se bioacumula especialmente en peces.
<b>Níquel</b>	Baterías de Níquel Cadmio o Níquel Hidruro Metálico y cañón de electrones de TRC.	En el largo plazo produce disminución de peso corporal, irritación de piel y problemas cardíacos y hepáticos.	Puede acumularse en cuerpos de agua, pero no se bioamplifica.
<b>Plomo</b>	En TRC y soldaduras.	Altos niveles de exposición puede afectar la síntesis de hemoglobina, función renal, tracto gastrointestinal, articulaciones y sistema nervioso.	Efectos tóxicos sobre flora y fauna.
<b>Bario</b>	En tubo de vacío y TRC.	La exposición a corto plazo puede causar inflamación cerebral, debilidad muscular, daño al corazón, hígado y bazo.	Puede acumularse en sedimentos del agua, superficie de suelo y es bioacumulable.

Dada la composición de los RAEE, es necesario políticas públicas que consideren la fracción valiosa y la peligrosa (Silva, 2008); en países desarrollados se ha adoptado la "Responsabilidad Extendida del Productor" (REP), donde es éste quien al final de la vida útil del aparato electrónico se encarga de su reciclaje o disposición final adecuada (Silva, 2007). En países en vías de desarrollo como los de "Latinoamérica y el Caribe" (LAC), se les trata como "Residuos Sólidos Domiciliarios" (RSD) o residuos peligrosos (Silva, 2008; Boeni, 2009), salvo en Costa Rica, Brasil y Perú (Silva, 2013).

## **1.2 Aparatos electrónicos en Chile: ingreso al mercado, usuarios y manejo de sus residuos**

La tasa de penetración de PC a Chile se incrementó aproximadamente de un 9% en el año 2001 a un 15% el 2006, superando a otros países de la región en el mismo período (Silva, 2008); las ventas fueron altas entre los años 1994 y 2006 y las proyecciones de crecimiento se estiman en un 10% anual, se espera que para el año 2020 las ventas superarán los 3.000.000 de unidades (Steubing, 2007). En el país, se encontró que la tasa de recambio de PC de escritorio o desktop va de 3,5 años para oficinas estatales a 6 años para los hogares, siendo una de las mayores tasas de renovación de PC en LAC (Steubing, 2007).

El incremento de RAEE en Chile varía entre un 16% y un 28% cada cinco años, es decir, tres veces más rápido que los RSD (Fundación Casa la Paz y col., 2007). El manejo de RAEE en el país es mayoritariamente informal debido a la falta de normativas específicas y de procedimientos institucionales, sumado a lo incipiente del mercado local de RE (Wolfensberger, 2009). Los "Recicladores Informales de Materiales Reciclables" (RIMR) o

Recicladores de Base son uno de los primeros eslabones en la cadena de reciclaje; se dedican a la recolección selectiva de residuos, entre ellos RSD y RAEE, suelen usar triciclos como medio de transporte para trabajar, por lo que deben priorizar lo que recolectan; los RAEE pueden ser llevados completos, por piezas, partes o materiales reciclables, dependiendo de la masa, volumen y valor en el mercado; el principal destino de estos RAEE son las empresas compradoras de fracciones, encargadas del acopio de materiales reciclables para su posterior venta, por ejemplo a fundiciones (Wolfensberger, 2009).

El manejo de RAEE por parte de los RIMR chilenos puede, a veces por desconocimiento, no ser el más adecuado; rompiendo monitores de TRC o quemando cables, ambas con el fin de extraer cobre (Wolfensberger, 2009); además muchos desarman y almacenan equipos en su hogar en condiciones precarias, en espera de acopiar mayores cantidades para la venta; la suma de factores puede tener efectos perjudiciales sobre su salud y la de los que habitan en su hogar (Wolfensberger, 2009). A pesar de ello, gran parte de los RIMR desconoce el valor de los RAEE y los venden a los compradores de fracciones como chatarra (Wolfensberger, 2009). Los RIMR desvían hasta un 60% del total de residuos reciclables tratados industrialmente en el Chile y los RAEE constituyen hasta un 25% de sus ingresos (Wolfensberger, 2009).

La industria dedicada a la separación de RAEE es incipiente en Chile; reciben sus insumos directo del usuario o a través de intermediarios, luego desmantelan los RAEE para vender las piezas valiosas a refinerías en el extranjero, donde extraen los metales preciosos; la fracción peligrosa, como los monitores de TRC, se envía a rellenos de

seguridad que cobran por recibirlos (Wolfensberger, 2009); estas empresas se clasifican como relleno de seguridad (D. S. 148 del Ministerio de Salud) y no como relleno sanitario.

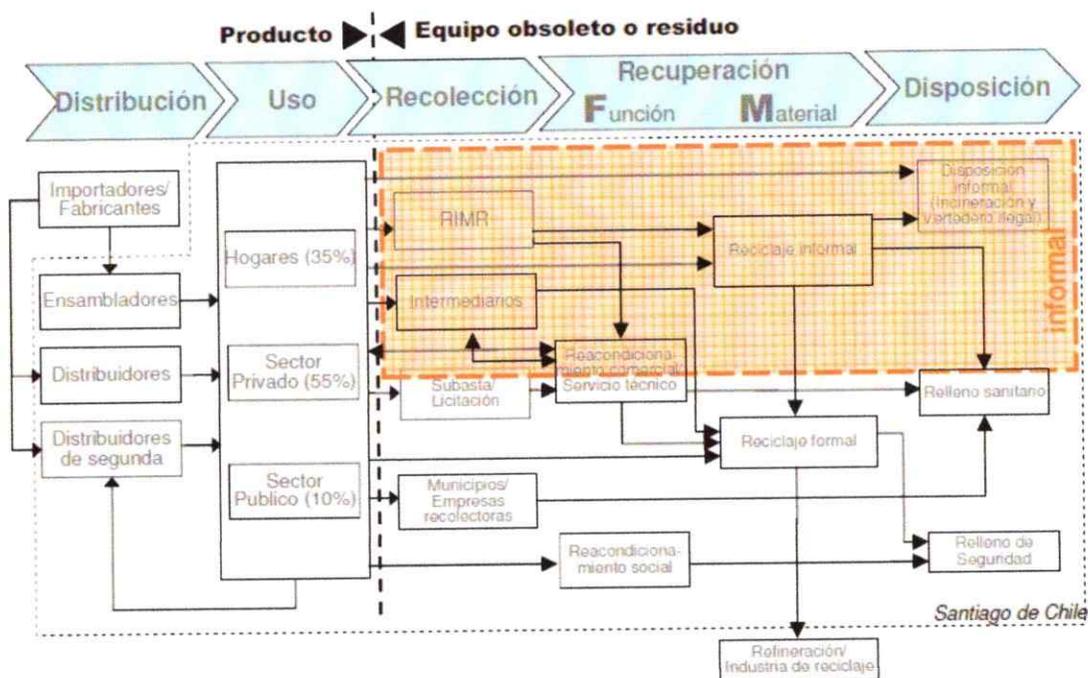
Chile no cuenta con una legislación específica para RAEE, la legislación aplicable tiene bases tanto en la Normativa Nacional como Internacional, por los acuerdos suscritos (Silva, 2008); dentro de la Normativa Nacional (Anexo 2) se cuenta la Ley N° 19.300 de Bases del Medio Ambiente, que en su artículo 1° destaca “el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación...”; el segundo cuerpo legal es el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, Decreto Supremo N° 148 del Ministerio de Salud, que establece las condiciones sanitarias y de seguridad mínimas a las que debe someterse los residuos peligrosos. De la Normativa Internacional, aplica el Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (Anexo 2); en su artículo 4.2 establece que las partes (países), tomarán medidas para reducir al mínimo los residuos peligrosos, además de establecer instalaciones adecuadas para su eliminación ambientalmente racional.

### **1.3 Estudio de RAEE en Chile**

En Chile y otros países de LAC existen pocos estudios en materia de RAEE en comparación a países desarrollados; una de las falencias de dichos estudios es la falta de criterios claros para la identificación de los componentes que participan en la generación y manipulación de RAEE, así como de los procesos que describen el movimiento de materiales entre componentes. Se encontró dos estudios de RAEE para Chile, uno a escala país (Steubing, 2007) y el otro para la ciudad de Santiago (Wolfensberger, 2009), por lo que no está claro su manejo en regiones.

Los estudios citados usan como metodología el “Análisis de Flujo de Materiales” (AFM) propuesto por Baccini y Bader (1996); es un método que ayuda a describir, investigar y evaluar los componentes, procesos y flujos de sistemas humanos, permitiendo describir y cuantificar el flujo de materiales a través de un sistema definido; su objetivo es ayudar a la comprensión del sistema estudiado, permitiendo a la vez mejorar los procesos de control y análisis del mismo (Baccini y Bader, 1996). El AFM comprende cuatro etapas: a) Análisis del sistema, de procesos y materiales involucrados, b) Medición de los flujos de materiales o masa, c) Cálculo del flujo de materiales o masa y d) Interpretación de los resultados.

A continuación se presenta en la Figura 1 el modelo propuesto para Santiago de Chile por Wolfensberger (2009), los otros modelos se presentan en el Anexo 3.



**Figura 1 “Ilustración de los flujos y procesos de la gestión actual de residuos de PC en Santiago de Chile”.** Fuente: Wolfensberger (2009)

En consideración a los antecedentes presentados, este Seminario de Título propone ampliar el conocimiento al respecto del manejo de RAEE en zonas urbanas en otras regiones, para lo cual se escogió a la ciudad de Curicó como localidad de estudio. Esta ciudad se localiza en la Séptima Región del Maule y tiene una población de 119.585 habitantes, de los cuales 100.506 vive en zona urbana (INE, 2002).

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

- Aplicar un modelo de análisis del flujo materiales en un área urbana de Chile para mejorar el manejo de los residuos de aparatos electrónicos y eléctricos.

### **2.2 Objetivos Específicos**

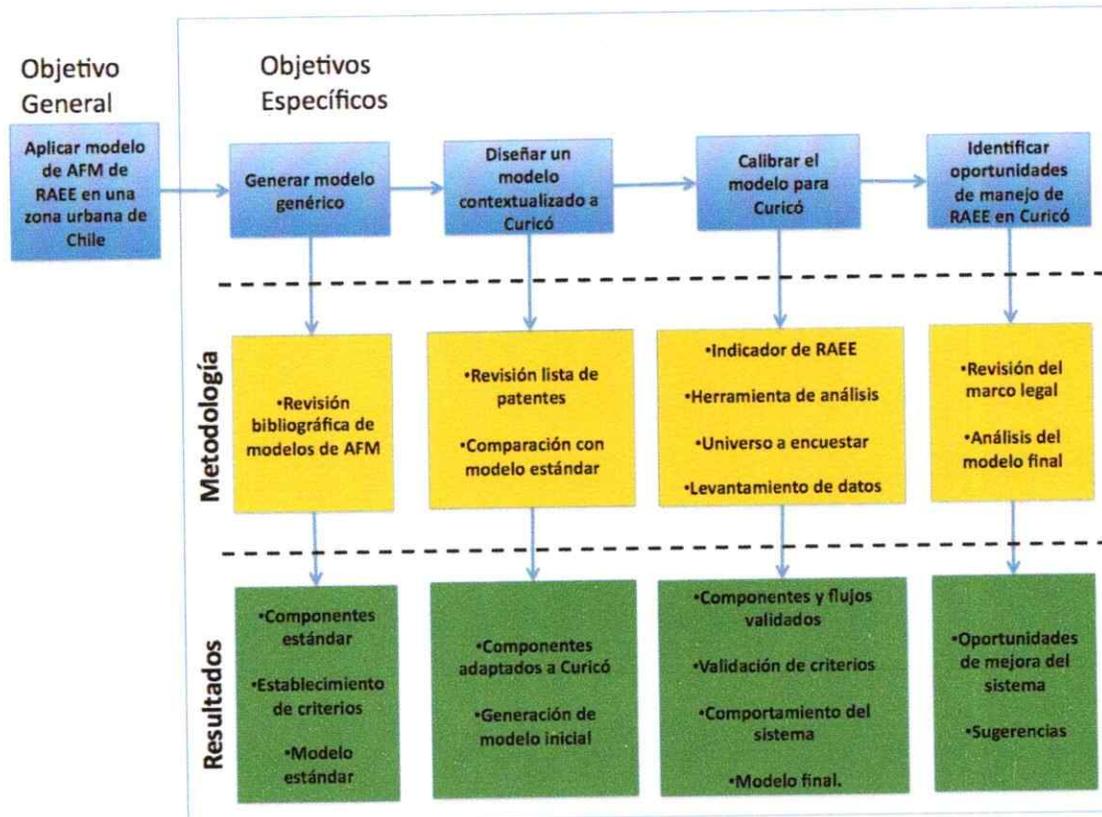
- Analizar modelos de Análisis de Flujo de Materiales de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos, para el desarrollo de un modelo genérico.
- Diseñar un modelo contextualizado a la realidad de Curicó.
- Calibrar el modelo para el caso de Curicó.
- Identificar oportunidades de manejo de Residuos de Aparatos Electrónicos y Eléctricos, en ciudades de Chile.

### 3 Metodología

Para aplicar un modelo de AFM de RAEE en Curicó, en este Seminario de Título se decidió usar como metodología el AFM, el cual fue utilizado en los modelos que se usan como base para este estudio, y así tener un marco de comparación. El AFM consta de cuatro etapas, de las cuales sólo se usó la primera: análisis del sistema y de los procesos y materiales involucrados, y para hacerlo es necesario definir el sistema a estudiar, identificar los procesos y el material que será usado como indicador (Baccini & Bader, 1996).

Para el estudio en terreno, se utilizó a los residuos de PC como indicador de RAEE por ser fáciles de identificar entre otros residuos, ya que su tamaño y masa no implican un gran esfuerzo para transportarlos, a diferencia de aparatos de línea blanca como refrigeradores, facilitando la identificación de los posibles flujos escondidos. Una segunda razón es que los estudios usados como base (Steubing, 2007; Espinoza y col., 2008; Ott, 2008; Wolfensberger, 2009) usan en común a los PC como indicador de flujo de RAEE.

Para el cumplimiento de los objetivos de este Seminario de Título, el desarrollo del trabajo se hizo en función del siguiente "*Flujograma Metodológico*" (FM):



**Figura 2 Flujograma metodológico:** Muestra en forma esquematizada los objetivos del presente Seminario de Título, así como la metodología que se usó para su cumplimiento, y el resultado esperado para cada uno.

### 3.1 Generación de un modelo conceptual operativo

De acuerdo a lo expuesto en los antecedentes, no se encontró estudios en Chile para ciudades a escala menor que Santiago, por lo que para el desarrollo de un modelo conceptual operativo o estándar se consideró estudios efectuados para dicha ciudad (Wolfensberger, 2009), y a nivel país (Steubing, 2007), por representar la realidad nacional, y se complementó con estudios de Colombia y Perú (Ott, 2008; Espinoza y col., 2008).

Del análisis de los modelos mencionados, se identificó a los componentes que participan de manera transversal en ellos, a éstos se les denominó componentes “estándar” por explicar en alguna medida a todos los modelos de donde fueron obtenidos (Steubing, 2007; Espinoza y col., 2008; Ott, 2008; Wolfensberger, 2009). La nómina de componentes estándar, a pesar de ser un resultado, se muestra a continuación, ya que es necesario identificar si están presentes en Curicó para definir la metodología de contextualización del modelo:

- **Componentes estándar:** Fabricante, Ensamblador, Distribuidor de Primera, Distribuidor de Segunda, Sector Público, Sector Privado, Hogar, Servicio Técnico, Empresa Sanitaria, “Organizaciones No Gubernamentales” (ONG), RIMR, Comprador de Fracciones, Relleno Sanitario, Reciclaje y Vertedero Ilegal.
- **Procesos estándar:** Almacenamiento, Disposición, Donación y Venta.

La ausencia de criterios que justifiquen adecuadamente la participación de los componentes en los modelos usados de base, hace que sea necesario establecerlos previamente para contextualizar a Curicó. En base a los componentes y procesos derivados de los estudios analizados, se puede establecer criterios que permiten argumentar su presencia y participación; bajo este contexto se propone los siguientes criterios, considerando a los residuos de PC como indicador de flujo de RAEE:

• **Criterios para definir actores o entidades “usuarias” de PC:**

- **Tamaño:** corresponde a la cantidad potencial de PC que cualquier actor socioeconómico pueda poseer en su lugar de trabajo o su hogar, para su uso regular, etc. Puede tomarse también el número de usuarios de PC como indicador de número equipos presentes en cada lugar.

- **Tasa de Recambio:** corresponde a la frecuencia de renovación de PC por parte del usuario, el cual responde a la naturaleza de sus servicios o necesidades.

- **Criterios para definir actores y entidades relacionadas con “reacondicionamiento, reciclaje y disposición final”:**

- **Reacondicionamiento y reciclaje de PC:** Por reacondicionamiento de PC se entenderá, al igual que en el estudio de Wolfensberger (2009), como la reparación del equipo, incluido el cambio de partes o piezas, para prolongar la vida útil del PC. El reciclaje de PC, se produce cuando algunos de sus componentes se reincorpora a otros procesos productivos como materia prima

- **Disposición final:** Este criterio hace referencia a un lugar determinado, donde se acumulan los RAEE y se termina con su ciclo útil, sin retorno al proceso productivo. En esto se ven involucrados lugares específicos y actores socioeconómicos, tanto en la disposición en sí, como en su transporte a los lugares de acumulación definitiva de PC.

- **Criterios para definir flujos entre actores y entidades participantes.**

- **Procesos:** El AFM por definición incluye el flujo de componentes desde un sector a otro en un sistema. Para los fines de este Seminario de Título, dice relación con procesos económicos o técnicos que llevan a los PC desde el fabricante o distribuidor, al reciclaje o disposición final. Este criterio, define los flujos de PC que ocurren entre los componentes, a la vez que los procesos internos para el usuario.

El modelo estándar se hizo en base a los componentes y flujos seleccionados como estándar; la estructuración propia del modelo se basó en las etapas de manejo que describen los criterios, a la vez que las relaciones entre los componentes y direccionalidad de los flujos, se presentan en una matriz de doble entrada derivada de las interacciones descritas en los modelos de base. Así, el modelo estándar representa una síntesis de información, que permite visualizar con mayor facilidad los procesos que llevan a los PC desde su entrada a un sistema hasta su destino final.

### **3.2 Contextualización del modelo estándar al estudio de caso**

Los componentes y flujos estándar y los criterios propuestos fueron aplicados para estudiar el flujo de RAEE en la zona urbana de Curicó, la que se seleccionó por motivos logísticos y por representar lo que se sucede en ciudades de menor escala que Santiago.

Una manera de contextualizar los componentes y procesos estándar y los criterios propuestos, es comprobar si están presentes dentro de los actores comerciales de la ciudad; para ello se revisó el listado de patentes comerciales de la I. Municipalidad de Curicó. Al hacerlo, se comprobó su presencia en el sistema, a la vez que la utilización de los criterios permitió identificar otros componentes que podrían tener relevancia al considerar la escala de estudio.

Considerando que el objetivo del estudio es la aplicación de un modelo de AFM de RAEE en una zona urbana (Curicó), es necesario nombrar en esta sección los componentes obtenidos de la contextualización realizada en función del listado de patentes comerciales de la ciudad, ya que sobre éstos que se dirigió la metodología de trabajo en terreno, sin

embargo sus definiciones operacionales serán entregadas en los resultados. Los componentes contextualizados a Curicó son:

**Usuarios:** hogares, sector privado, sector público (municipio), instituciones de educación y empresas de servicio e Internet (cyber café).

**Reacondicionamiento y reciclaje:** servicios técnicos, ONG, RIMR, compradores de fracciones y empresa de reciclaje.

**Disposición final:** empresa sanitaria, relleno sanitario y vertedero ilegal.

**Procesos:** almacenamiento, disposición, donación y venta.

\*El ingreso de PC al sistema se hace por medio de los distribuidores de primera.

Para la estructuración del modelo inicial se procederá de igual manera que con el modelo estándar.

### **3.3 Calibración del modelo**

Para calibrar el modelo inicial, se estudió en terreno tanto la presencia como el comportamiento de los componentes derivados de la contextualización al caso de Curicó, lo que a la vez permitió conocer si los criterios propuestos aplican al caso en estudio.

Para el levantamiento de datos en terreno se debió definir en primera instancia el tamaño de la muestra, así como el procedimiento para la obtención de la información.

**a.- Tamaño de la muestra.** Para definir el número de muestras para cada componente, se revisó el listado de patentes comerciales de la I. Municipalidad de Curicó y se determinó la cantidad de actores presentes para los siguientes componentes: sector

privado, cyber café, servicios técnicos, instituciones de educación, ONG y compradores de fracciones; a continuación se hizo un listado al azar que consideró aproximadamente el 20% del total de actores de cada uno de los componentes, excepto de los compradores de fracciones, de los cuales sólo se encontró tres en el listado de patentes, por lo que se incluyó a todos. Cabe mencionar que no se encontró ONG en el listado de patentes, por lo que se decidió encuestar a dos ONG que no se encuentran físicamente en Curicó con el fin de indagar si tienen participación en la zona; las ONG encuestadas fueron Traperos de Emaús y Fundación Chilenter. El número de muestra seleccionado para cada componente se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2 Número de componentes seleccionados para encuestar:** Se muestra el número de componentes elegidos a partir del listado de patentes comerciales de Curicó, más el número de muestra que se pudo obtener para el componente hogar.

Nº	Componentes del Modelo	Tamaño de la Muestra por Componente
1	Cyber Café	10
2	Compradores de Fracciones	3
3	Empresa de Reciclaje de RAEE	0
4	Empresa Sanitaria	1
5	Hogares	145
6	Instituciones de Educación	20
7	ONG	2
8	RIMR	14
9	Relleno Sanitario	1
10	Sector Privado	20
11	Sector Público/ Municipio	1
12	Servicios Técnicos/ Distribuidores de Segunda	10
<b>Total</b>		<b>227</b>

En los estudios de base, la forma de levantar datos en terreno fue la aplicación de encuestas dirigidas a cada componente; por esta razón en este Seminario de Título se decidió utilizar el mismo método de obtención de información.

**b.- Formulación de encuestas:** Se generó un formato de encuesta para cada componente, cuya estructura y tipo de preguntas se hizo en base a las encuestas aplicadas por Wolfensberger (2009); se diseñó 12 formatos similares de encuesta, pero con preguntas específicas para cada componente. Estos formatos de encuesta fueron validados por Daniel Ott del Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales y Tecnologías (EMPA, del alemán Eidgenössische Materialprüfungs - und Forschungsanstalt), y pueden solicitarse al autor vía correo electrónico. La estructura general de estas encuestas se muestra a continuación:

- a) Antecedentes personales o de la empresa, según sea el caso.
- b) Número de PC que se posee, separado en Desktop, Laptop y Netbook.
- c) Tasa de renovación del o los PC (vida media de los equipos), separado en Desktop, Laptop y Netbook.
- d) Procedimiento con el PC en caso de fallas de software o hardware.
- e) Destino del equipo cuando es desechado.
- f) Dirección o referencia de centros de reciclaje de PC o vertederos ilegales en la comuna de Curicó.
- g) Dirección o referencia de centros de reciclaje o compra y venta de metales, plásticos, vidrios u otros materiales reciclables, que conozca en Curicó.
- h) Indique el nombre de ONGs dedicadas al reciclaje o re-uso de PC, u organizaciones sociales de la misma temática presentes en la comuna.

Adicionalmente se preguntó:

- i) Nombre sectores de la comuna en que se agrupe mayor cantidad de comercio de PC (establecido o no), por ejemplo en el caso de Santiago: el barrio Franklin o San Diego.
- j) Información relacionada a persona, empresa u organización dedicada a la extracción artesanal de metales desde las piezas de PC. \*Situación detectada en estudios en otros países como Colombia según el estudio de Ott (2008).
- k) Mejor alternativa que tienen en este momento los usuarios de PC en la comuna de Curicó para deshacerse de sus PC malos u obsoletos.
- l) Conocimientos sobre problemas o daño a la salud o al medio ambiente que causen los residuos de PC u otros residuos de artículos electrónicos y eléctricos por parte de los distintos actores.

Del listado de preguntas, sólo aquellas desde la e) a la k) fueron incluidas en las encuestas a RIMR y a los compradores de fracciones. Con la pregunta h) se espera localizar zonas con alta de generación de residuos de PC, los cuales podrían ser de fácil acceso para los RIMR. La pregunta i) no se realizó al municipio, así como la pregunta k), ya que el manejo de los equipos está restringido por el Ministerio de Bienes Nacionales.

Para la aplicación en terreno de las encuestas, se procedió según se describe a continuación:

- **Contacto Telefónico o Vía e-mail:** Por uno o ambos medios se contactó al destinatario de la encuesta para fijar una visita; esto se usó para sector privado e

instituciones de educación. En caso de no obtenerse respuesta o que no fuera clara, se continuó con la visita en terreno.

- **Visita en Terreno:** Utilizado para cyber café, servicios técnicos, municipio y compradores de fracciones; al contacto con el destinatario de la encuesta, se solicitó acordar una fecha para su aplicación, o de ser posible la realización inmediata. Se utilizó principalmente con pequeñas empresas, cuando la información de contacto telefónico o e-mail no estaba vigente y cuando no hubo una respuesta clara en el procedimiento anterior.

- **Para el componente hogar,** dado la dificultad de ir casa a casa realizando encuestas, se optó por solicitar autorización en el "*Instituto Profesional La Araucana*" (IPLA) sede Curicó, quien autorizó a encuestar a sus alumnos de las carreras de ingeniería en computación, psicopedagogía y trabajo social, durante el horario de clases. Se aplica en ellos bajo el supuesto de que por ser estudiantes de educación superior son mayores de edad, y por lo tanto tienen su propio hogar o al menos conocen el manejo que se tiene con los PC en su domicilio. En adelante se hablará de "Hogares de Estudiantes Técnico-Superiores" en reemplazo al componente hogar.

- **Para encuestar a los RIMR,** se solicitó en la Dirección de Aseo y Ornato de Curicó los días, horarios aproximados y recorridos que realiza la empresa sanitaria con que la tenían contrato a la fecha, ya que se espera que sea la instancia aprovechada por los RIMR para acceder a los residuos.

Para la estructuración del modelo final del sistema de manejo de RAEE de Curicó, se utilizó como base el modelo inicial, repitiendo la metodología para la estructuración del modelo estándar.

### **3.4 Identificación de oportunidades en el manejo de RAEE**

Para identificar las oportunidades en el manejo y gestión de RAEE que presenta Curicó, se analizó los flujos y componentes que se obtuvo a partir de la calibración del modelo, por lo que el modelo final es una herramienta útil para comprender el sistema. Con él se analizó si es que el sistema de Curicó cumple con la normativa vigente, a la vez que se complementó con sugerencias derivadas de la experiencia internacional respecto al manejo de RAEE.

## 4 Resultados

### 4.1 Modelo conceptual operativo o estándar

Del análisis de los modelos propuestos por Steubing (2007), Espinoza y col. (2008), Ott (2008) y Wolfensberger (2009), se identificó componentes en común a todos ellos y que en cierta manera logran sintetizar dichos modelos, por lo que se les denominó como estándar. Los componentes y procesos estándar se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3 Componentes y procesos estándar:** Muestra los componentes y procesos derivados del análisis de los estudios usados como base (Steubing, 2007; Ott, 2008; Espinoza y col., 2008, Wolfensberger, 2009)

Función en los modelos	Componente / Proceso
<b>Actores socioeconómicos o entidades estándar</b>	Fabricante
	Ensamblador
	Distribuidor de Primera
	Distribuidor de Segunda
	Sector Público
	Sector Privado
	Hogar
	Servicio Técnico
	Empresa Sanitaria
	ONG
	RIMR
	Comprador de Fracciones
	Relleno Sanitario
	Reciclaje
Vertedero Ilegal.	
<b>Procesos estándar</b>	Almacenamiento
	Disposición
	Donación
	Venta

Los componentes estándar cumplen un rol dentro de los modelos de donde se obtuvieron; al entender la función que cumple cada uno fue posible hacer asociaciones que permiten entregar criterios que justifiquen su participación, además permiten incluir o descartar componentes y procesos en función del sistema que se analiza. Los criterios entregados para este Seminario de Título se nombran a continuación en la Tabla 4, sin embargo sus descripciones fueron entregadas en el punto 3.1 de Metodología, por los motivos ahí expuestos.

**Tabla 4 Criterios:** Lista los criterios entregados en este Seminario de Título.

<b>Criterio Principal</b>	<b>Criterio Derivado</b>
Criterios para definir actores o entidades "usuarias" de PC	Tamaño
	Tasa de recambio
Criterios para definir actores y entidades relacionadas con "reacondicionamiento, reciclaje y disposición final"	Reacondicionamiento y reciclaje de PC
	Disposición final
Criterios para definir flujos entre actores y entidades participantes	Procesos

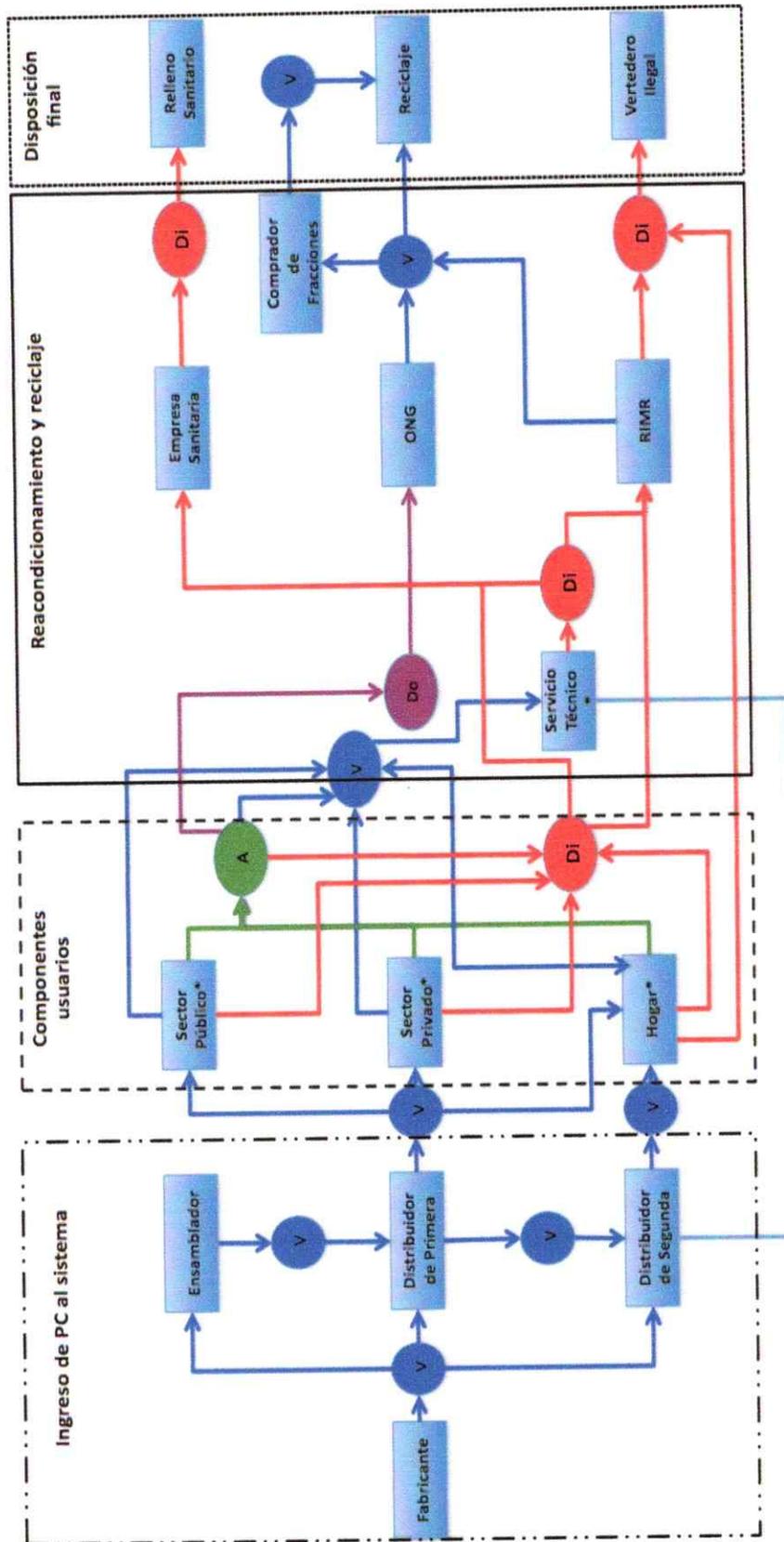
Previo a la presentación del modelo estándar, se muestra a continuación una matriz de doble entrada que permite comprender las relaciones entre los componentes, a la vez que la direccionalidad de los flujos de PC (Tabla 5).

**Tabla 5 Matriz de doble entrada para el modelo estándar:** Muestra la relación entre los componentes estándar y los procesos que intervienen en el flujo de PC entre tales componentes. Los datos sobre la diagonal indican flujo desde los componentes del eje "Y" a los del eje "X", los datos de la diagonal muestran procesos internos del componente y los datos bajo la diagonal implican flujo de los componentes del eje "X" al "Y". "0" significa que no hay flujo de PC entre los componentes, "1" indica flujo de PC, "-" indica que existe relación entre los componentes pero no flujo.

Colores: azul (-), proceso de venta; verde, almacenamiento (-); rojo, disposición(-); púrpura, donación(--); negro, reacondicionamiento (-). Se destaca la diagonal para facilitar su visualización.

Componentes	Fabricante	Ensamblador	Distribuidores de primera	Distribuidor de segunda	Sector público	Sector privado	Hogar	Servicio Técnico	Empresa sanitaria	ONG's	RIMR	Compradores de fracciones	Relleno Sanitario	Reciclaje	Vertedero ilegal
Fabricante	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ensamblador	1	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Distribuidor de primera	1	1	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Distribuidor de segunda	1	1	1	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	0
Sector público	0	0	1	0	1	0	0	-	0	--	0	0	0	0	0
Sector privado	0	0	1	0	0	1	0	-	-	--	-	0	0	0	0
Hogar	0	0	1	1	0	0	1	-	-	--	-	0	0	0	-
Servicio técnico	0	0	1	1	1	1	1	0	-	0	-	0	0	0	0
Empresa sanitaria	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	-	0	0
ONG's	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-	0
RIMR	0	0	0	0	0	1	1	1	-	0	0	-	0	0	-
Comprador de fracciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-	0
Relleno Sanitario	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Reciclaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Vertedero ilegal	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0

El modelo estándar (Figura 3) se realizó en base a los componentes y procesos estándar, los criterios y a la matriz de doble entrada presentada en la Tabla 5.



**Figura 3 Modelo estándar:** Muestra en forma sintetizada el flujo de PC entre los componentes estándar, desde su ingreso al sistema hasta su destino final. Los componentes se muestran en rectángulos celestes, los procesos se muestran en formas circulares. Colores y abreviaciones: azul (-), proceso de venta (V); verde (-), almacenamiento (A); rojo (-), disposición (Di); púrpura (-), donación (Do). El reacondicionamiento se muestra como " \* ", para facilitar la visualización de los otros procesos. Las etapas marcadas por los criterios se presentan en rectángulos de línea continua o discontinua para distinguirlos entre sí.

#### **4.2 Contextualización a Curicó**

De acuerdo a la metodología propuesta, se comparó los componentes estándar con el listado de patentes comerciales del municipio de Curicó; de esta manera, se pudo comprobar si es que los componentes seleccionados como estándar están presentes en Curicó; cabe recordar que los modelos usados de base representan el flujo de PC a escala de la ciudad de Santiago y de países. Junto con la comparación de los componentes se utilizó los criterios para identificar componentes no considerados dentro de los estándar, y que aplicaran a Curicó. La nómina de componentes y procesos contextualizados a la ciudad de Curicó y los criterios que los justifican se presentan a continuación en la Tabla 6 y sus definiciones operacionales se presentan en la Tabla 7.

En el listado de patentes comerciales no se encontró a fabricantes, ensambladores, ONG y empresas de reciclaje de PC; de ellos se descartó los dos primero, sin embargo se mantuvo a ONG y empresas de reciclaje de RAEE, las ONG dado que pueden haber algunas de acción regional, sin tener necesariamente sede en Curicó, pero sí actividades; las empresas de reciclaje de PC se mantienen ya que puede haber empresas que ejerzan esta actividad, pero sin estar formalizadas.

**Tabla 6 Uso de criterios para la contextualización de componentes:** Establece la relación entre los criterios entregados y los componentes contextualizados a Curicó. El criterio principal se muestra en color Azul y el secundario, si corresponde, en color Celeste.

Componente	Criterios asociados a actores o entidades usuarias de PC		Criterios para definir actores y entidades relacionadas con "reacondicionamiento, reciclaje y disposición final"	
	Tamaño	Tasa de Recambio	Reciclaje y reacondicionamiento de PC	Disposición de residuos
Cyber Café				
Distribuidores de primera				
Hogares de estudiantes téc.-sup.				
Instituciones de educación				
Sector privado				
Sector público				
Compradores de fracciones				
Empresas Sanitarias				
Empresas de reciclaje				
ONG				
Relleno Sanitario				
RIMR				
Servicios Técnicos				
Vertedero Ilegal				

**Tabla 7 Definiciones operacionales de componentes y procesos:** Se entrega las definiciones operacionales para cada componente y proceso a usar en el modelo inicial.

<b>Componente / Proceso</b>	<b>Definición Operacional</b>
<b>Cyber Café</b>	Empresas dedicadas a prestar servicios de Internet; tiene un bajo número de personal y mantienen gran número de PC.
<b>Distribuidor de Primera</b>	Empresas de retail y otros de comercio establecido que venden sólo PC nuevos. Si bien el sector público y grandes empresas compran directamente a importadores (Steubing, 2007), éstos se descartan del modelo inicial porque no se encuentran físicamente en Curicó. Los distribuidores de primera se consideran como entrada de PC al sistema.
<b>Hogares de estudiantes técnico-superiores</b>	Hogares hace referencia al domicilio o casa donde se encuentran PC, generalmente de uso familiar; suelen tener un bajo número de equipos, pero tienen importancia por el número total de actores socioeconómicos. Se incluye a micro y pequeñas empresas y comercio minorista, dado que el uso que dan a los PC es similar al de los hogares, según información personal entregada por dueños de estas empresas. Se usa el término "Hogares de estudiantes técnico-superiores" ya que las encuestas al componente hogar se realizaron a estudiantes secundarios del IPLA, sede Curicó.
<b>Instituciones de educación</b>	Unidades educativas cuyo objetivo es formar alumnos de enseñanza básica, media y superior según las clasificaciones del Ministerio de Educación de Chile y en cuyos procesos administrativos y pedagógicos usan PC.
<b>Sector privado</b>	Instituciones ajenas al control directo del Estado y cuyas operaciones tienen fines de lucro; incluye empresas medianas y grandes, así como locales comerciales de gran tamaño propios de Curicó; se espera que sus operaciones involucren un gran número de PC. Se considera a empresas con diez o más empleados, según la información presente en el listado de patentes comerciales del municipio. No se considera a retail, instituciones financieras, bancarias, etc. de escala nacional, ya que su manejo de RAEE se hace a nivel central (generalmente en Santiago), esto conforme a información entregada por funcionarios de las mismas instituciones. Los términos Sector Privado y Empresas se utilizarán en adelante como sinónimos.
<b>Sector público</b>	Instituciones gubernamentales, municipales, etc. Se eligió la Municipalidad de Curicó, ya que los municipios actúan como organismos con mayor grado de autonomía que otras instituciones públicas como las SEREMIS, etc., quienes manejan sus residuos a nivel central y de acuerdo a las políticas dictadas por el Ministerio de Bienes Nacionales. En adelante Municipalidad y Sector Público se entenderán como sinónimos.
<b>Compradores de fracciones</b>	Empresas dedicadas a la compra y venta de materiales reciclables tales como: metales, vidrio, plásticos, cartón, papel, etc. (Wolfensberger, 2009).
<b>Empresa sanitaria</b>	Empresas contratada por el municipio para la recolección y transporte de RSD y otros desechos, a los rellenos sanitarios.
<b>Empresa de reciclaje</b>	Empresas dedicadas a la transformación de productos reciclables a materias primas que se reincorporan al proceso productivo, incluido los RAEE.

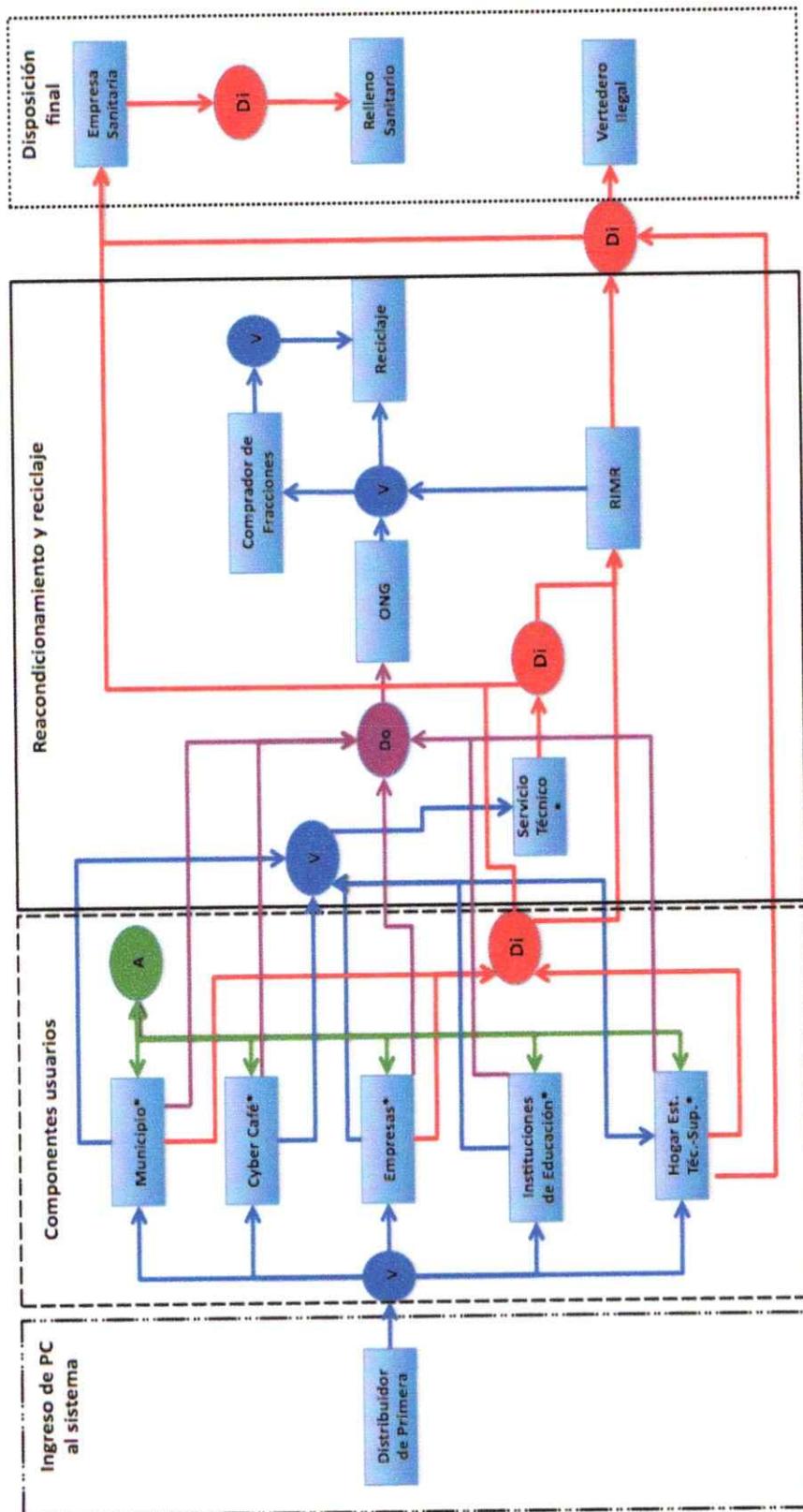
<b>ONG</b>	Instituciones con fines variados, cuyo propósito es aportar a la sociedad sin lucrar con ello. Algunas tienen como objetivo el reacondicionamiento de PC, con fines de la alfabetización digital; otras ven los residuos, incluido los RAEE, como una forma de financiar sus actividades y propósitos (Wolfensberger, 2009).
<b>Relleno sanitario</b>	Empresas contratadas por los municipios, se encargan de la disposición final adecuada de los RSD y otros. Estas empresas están reguladas y normadas por la Ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente y su modificación en la Ley 20.417, el Código Sanitario y el Decreto Supremo 189 de Rellenos Sanitarios. No pueden recibir RAEE ni otros residuos peligrosos.
<b>RIMR</b>	Comúnmente llamados "cartoneros", se dedican a la recolección selectiva de materiales desechados, entre ellos RAEE; acceden a ellos generalmente junto a los RSD. Dentro de este concepto se incluirá a las empresas intermediarias, por cumplir un rol similar y ser poco frecuentes (Wolfensberger, 2009).
<b>Servicio técnico</b>	Empresas dedicadas a la reparación y reacondicionamiento de PC y otros aparatos electrónicos; complementan sus ingresos con la venta de equipos, partes y piezas, nuevos y usadas. Estos actores también cumplen la función de distribuidor de segunda, por lo que se tratarán como un solo componente. Los servicios técnicos compran grandes cantidades de PC en desuso de los que obtienen piezas para reparar los equipos de sus clientes, además reacondicionan los equipos aún operativos para luego venderlos; los equipos, partes y piezas que no les son útiles se constituyen en RAEE, generando residuos a una alta tasa y volumen (Wolfensberger, 2009).
<b>Vertedero ilegal</b>	Zona donde se acumulan desechos de todo tipo en forma indiscriminada; generalmente sitios eriazos o espacios que sus dueños disponen para tal fin, recibiendo dinero por ello; no cuentan con autorización, ni medidas sanitarias para la acumulación y manejo de residuos, constituyéndose en un foco potencial de riesgo para la salud y el medio ambiente.
<b>Almacenamiento</b>	Proceso de acumulación de equipos en un lugar determinado, exterior o interior; no implica que sea un lugar apropiado para ello. Este proceso ocurre porque el usuario frecuentemente no sabe qué hacer con el aparato o PC en desuso, y lo almacena.
<b>Disposición</b>	Proceso de deshacerse del equipo al finalizar su vida útil para el usuario; no implica dinero o gratificación de por medio; muchos usuarios, especialmente de hogar, disponen sus PC y otros RAEE junto a sus RSD para que sean llevados por las empresas sanitarias. Debido a la falta de sistemas de disposición para RAEE, su destino suele ser un relleno sanitario o vertedero ilegal; (Wolfensberger, 2009).
<b>Donación</b>	Proceso de regalar del equipo a otro actor social, sin dinero de por medio, se hace generalmente con fines benéficos o de apoyo. Usualmente los receptores de las donaciones son las ONG.
<b>Venta</b>	Proceso de entregar del equipo, sus partes o piezas a otro actor social por medio de una transacción económica, incluido los remates.

Para la estructuración del modelo contextualizado a Curicó o inicial, se procederá de igual manera que con el modelo estándar, es decir, con una matriz de doble entrada (Tabla 8) que establece las relaciones entre componentes y direccionalidad de los flujos, para luego presentar el modelo (Figura 4); el modelo considera los componentes y procesos definidos en la Tabla 7, así como los criterios entregados en este seminario de título.

**Tabla 8 Matriz de doble entrada para el modelo inicial:** Muestra la relación entre los componentes contextualizados a Curicó y los procesos que se espera intervengan en el flujo de PC entre ellos. Los datos sobre la diagonal indican flujo desde los componentes del eje "Y" a los del eje "X", los datos de la diagonal muestran procesos internos del componente y los datos bajo la diagonal implican flujo de los componentes del eje "X" al "Y". "0" Significa que no hay flujo de PC entre los componentes, "1" indica flujo de PC, "-" indica que existe relación entre los componentes pero no flujo. Colores: azul (-), proceso de venta; verde, almacenamiento (-); rojo, disposición(-); púrpura, donación(--); negro, reacondicionamiento (-). Se destaca la diagonal para facilitar su visualización.

Componente	Distribuidor de primera	Sector público	Sector privado	Hogares de est. téc.-sup.	Institución de educación	Cyber Café	Servicio técnico	ONG	Empresa sanitaria	RIMR	Comprador de fracciones	Empresa de reciclaje	Relleno Sanitario	Vertedero ilegal
Distribuidor de primera	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Sector público	1	1	0	0	0	0	-	--	0	0	0	0	0	0
Sector privado	1	0	1	0	0	0	-	--	-	-	0	0	0	0
Hogares de est. Téc.-sup.	1	0	0	1	0	0	-	--	-	-	0	0	0	-
Institución de educación	1	0	0	0	1	0	-	--	-	-	0	0	0	0
Cyber Café	1	0	0	0	0	1	-	--	-	-	0	0	0	0
Servicio Técnico	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
ONG	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	-	0	0
Empresa Sanitaria	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	-	0
RIMR	0	0	1	1	1	1	0	0	-	0	-	0	0	-
Comprador de fracciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	0
Empresa de reciclaje	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Relleno Sanitario	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Vertedero Ilegal	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

El modelo estándar se realizó en base a los componentes y procesos estándar, los criterios y a la matriz de doble entrada presentada en la Tabla 8.



**Figura 4 Modelo inicial:** Muestra en forma sintetizada el flujo de PC entre los componentes contextualizados a Curicó, desde su ingreso al sistema hasta su destino final. Los componentes se muestran en rectángulos celestes, los procesos se muestran en formas circulares. Colores y abreviaciones: azul (-), proceso de venta (V); verde (-), almacenamiento (A); rojo (-), disposición (Di); púrpura (-), donación (Do). El reacondicionamiento se muestra como " \* ", para facilitar la visualización de los otros procesos. Las etapas marcadas por los criterios se presentan en rectángulos de línea continua o discontinua para distinguirlos entre sí.

### 4.3 Calibración del modelo

La muestra obtenida para la ciudad de Curicó se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9 Número de actores y entidades contactadas y número total de encuestas obtenidas. \*Se incluye a las ONG encuestadas (Chilenter y Traperos de Emaús).**

Nº	Componentes del Modelo	Número de Contactados	Encuestas Obtenidas (n = tamaño de la muestra)
1	Cyber Café	10	5
2	Compradores de Fracciones	3	3
3	Empresa de Reciclaje de RAEE	0	0
4	Empresa Sanitaria	1	0
5	Hogares Est. Téc.-Sup.	145	145
6	Instituciones de Educación	20	15
7	ONG*	2*	2*
8	RIMR	14	12
9	Relleno Sanitario	1	0
10	Sector Privado	20	6
11	Sector Público/ Municipio	1	1
12	Servicios Técnicos/ Distribuidores de Segunda	10	6
Total Encuestas		227	195

El modelo inicial fue dividido en etapas que responden a los criterios propuestos, por esto la calibración del modelo se presentará en función de estas etapas. Dado que el criterio "procesos" explica los flujos de PC entre los componentes, éste será analizado en relación al manejo que tiene cada componente.

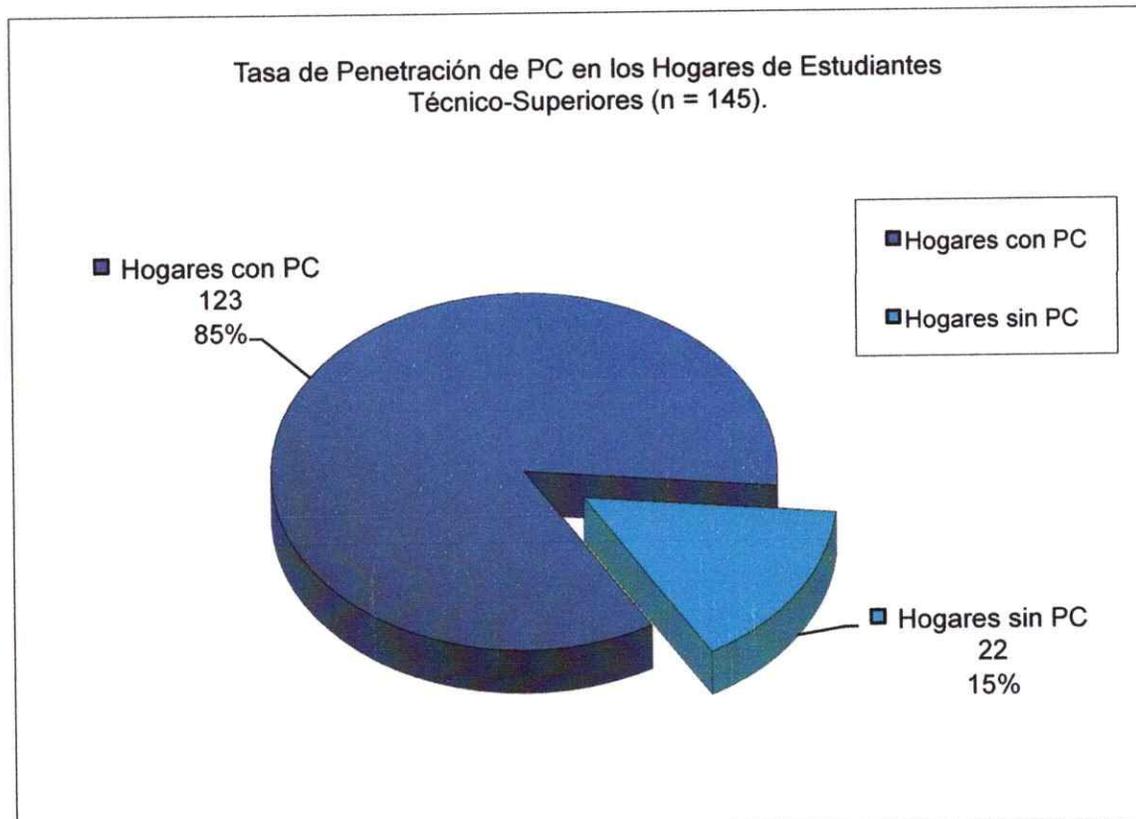
#### a.- Usuarios de PC

De acuerdo a los criterios, los usuarios de PC responden a tamaño y tasa de recambio. El tamaño se puede determinar de acuerdo al número de PC que posee en promedio cada componte; las cantidades encontradas en promedio para los usuarios se muestran en la Tabla 10.

**Tabla 10 Número promedio de equipos por componente y por tipo de equipo: Se muestra los valores obtenidos para cada componente, junto a su desviación estándar (SD, de su sigla en inglés), para el Municipio se muestran valores individuales y no el promedio dado que su n=1.**

Componente	N	Número Promedio de Desktop	SD Desktop	Número Promedio de Laptop	SD Laptop	Número Promedio de Netbook	SD Netbook
Cyber Café	5	27,20	16,20	0,60	0,71	0,30	0,00
I. de Educación	15	87,70	46,08	6,60	6,63	0,13	0,00
Empresas	6	25,80	18,21	0,70	1,03	0,00	0,00
Serv. Técnico	6	3,17	2,99	0,67	1,03	0,17	0,41
Hogar Est. Téc.- Sup.	145	0,70	0,56	0,47	0,64	0,16	0,40
Municipio	1	240	-	10	-	2	-

Si bien los usuarios del componente hogar de estudiantes técnico-superiores tienen el menor número promedio de PC, son importantes ya que los usuarios de hogar son los mayoritarios; esto se puede visualizar al estimar la tasa de penetración de PC en el componente (Figura 5).



**Figura 5:** Muestra que el 85% de los encuestados posee al menos un PC.

La tasa de recambio de PC es un indicador de la vida útil que el usuario da al equipo, y por lo tanto es un indicador indirecto de la generación de RAEE que tiene cada componente. La vida media promedio que dan los componentes usuarios encuestados a sus equipos se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11 Vida media de los PC por componente y tipo de equipo: La vida media de los equipos se muestra por componente y junto a su desviación estándar (SD).**

Componente	N	Vida Media de Desktop (años)	SD Vida Media Desktop	Vida Media de Laptop (años)	SD Vida Media Laptop	Vida Media de Netbook (años)	SD Vida Media Netbook
Municipio	1	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Empresas	6	5,80	2,56	4,50	0,71	0,00	0,00
I. de Educación	15	5,40	2,60	4,30	2,46	4,00	0,00
Cyber Café	5	2,60	1,64	2,50	0,71	3,00	0,00
Serv. Técnico	6	2,20	0,84	2,00	0,00	2,00	0,00
Hogar Est. Téc.- Sup.	145	3,70	2,24	1,60	0,99	1,20	0,54

#### **b.- Reacondicionamiento y reciclaje**

Una práctica habitual para prolongar la vida útil de los PC es el reacondicionamiento, el cual se efectúa generalmente en servicios técnicos; el porcentaje de usuarios que envía sus PC a reacondicionar es de 100% en todos los componentes usuarios en Curicó, con excepción de un pequeño segmento de los hogares de estudiantes técnico-superiores, cuyos PC eran nuevos y aún no presentaban fallas, siendo además el primer PC en el hogar, por lo que no sabían a la fecha de la encuesta que harían con el equipo en caso de falla. Otro pequeño segmento del mismo componente dijo que en caso de falla lo desecha, ver Figura 6.

Frecuencia de Manejo de PC en Caso de Falia por Componente y por Tipo de Equipo

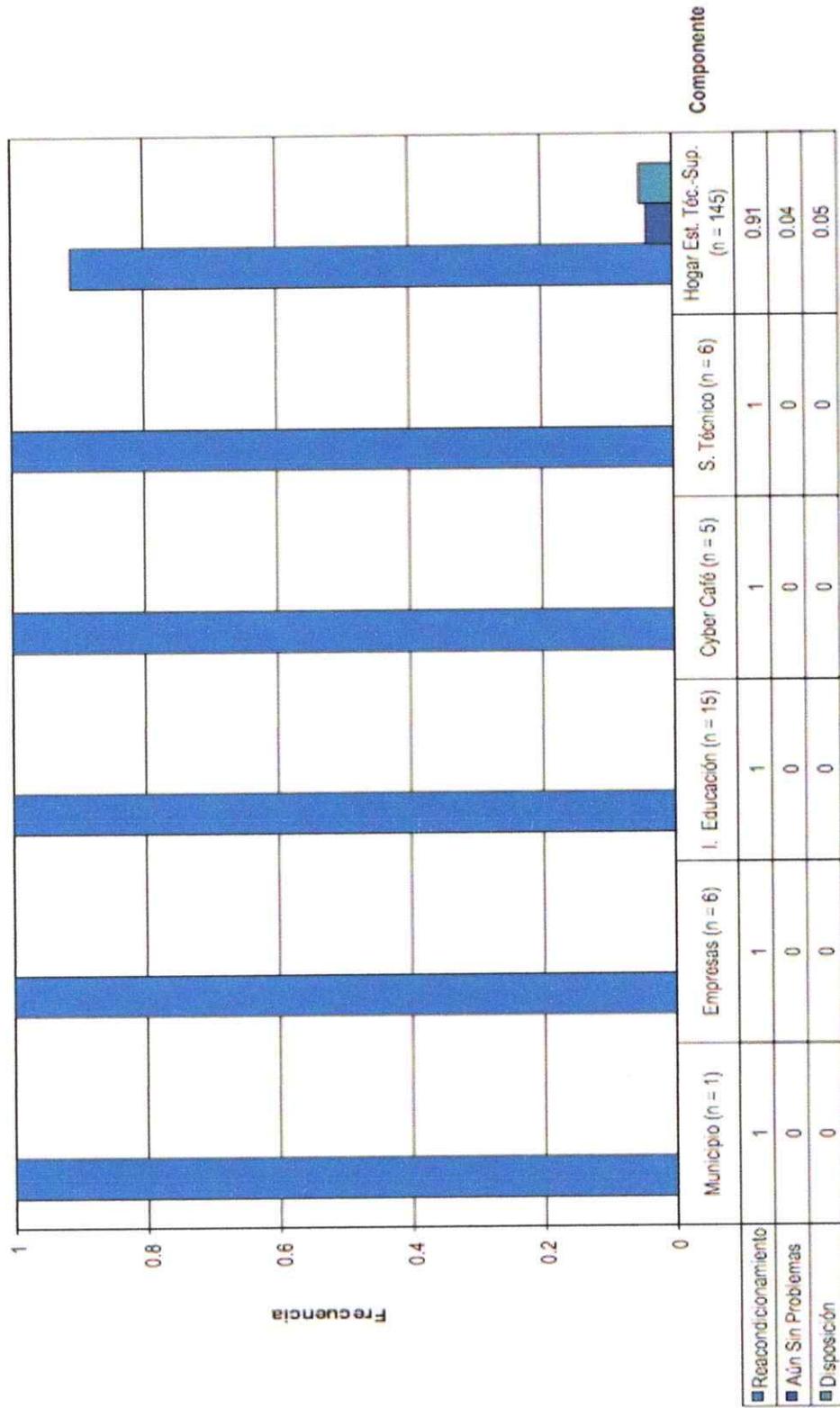
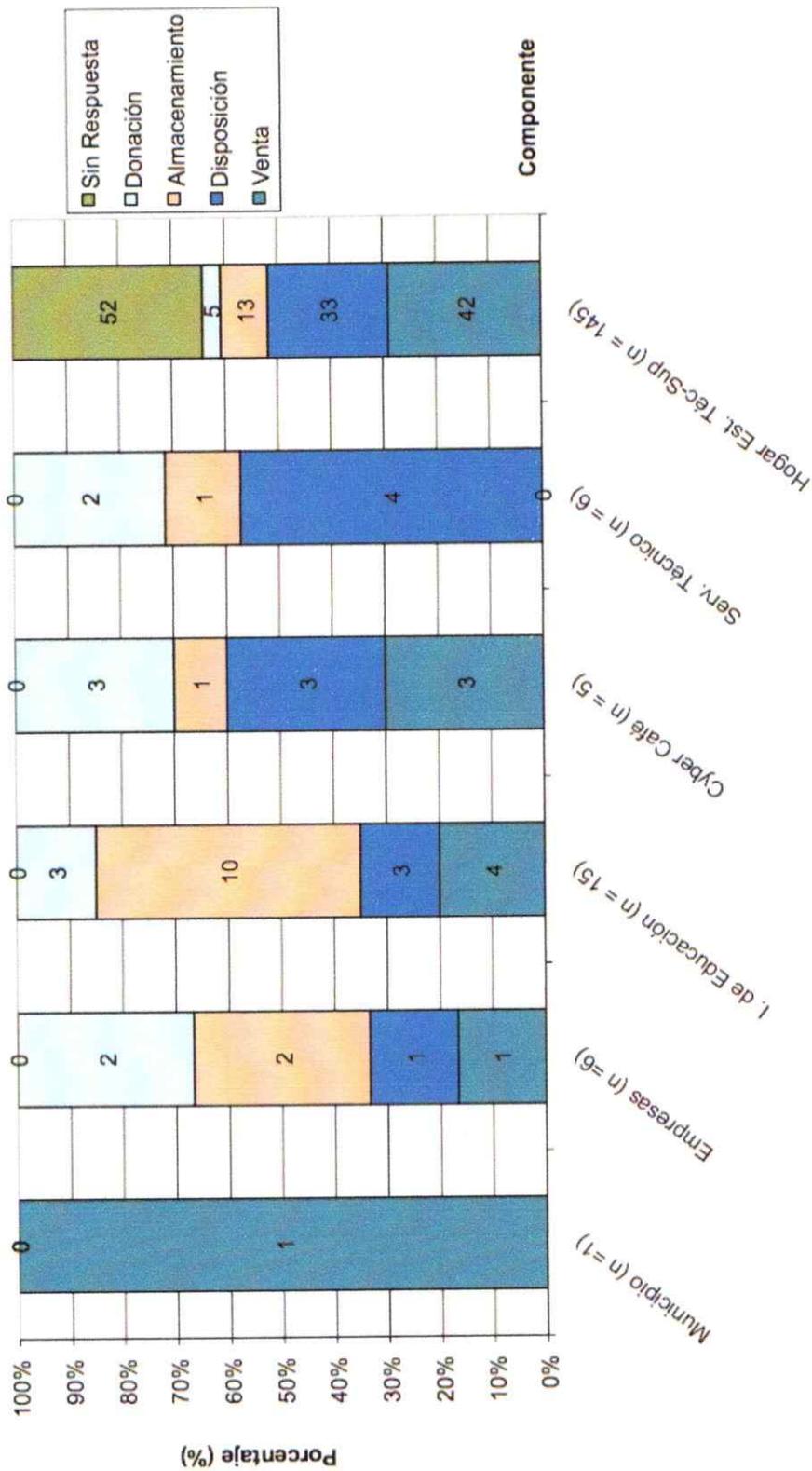


Figura 6: Se puede observar que la mayor parte de los usuarios repara sus equipos al fallar, con excepción de un pequeño segmento del componente hogar de estudiantes técnico-superiores.

Cuando el equipo ya no es reparable o está obsoleto para las necesidades del usuario, pasa a convertirse en RAEE. El comportamiento que tienen con sus residuos los usuarios de PC en Curicó se puede ver en la Figura 7.

Se encontró diferencias en el manejo de RAEE entre las instituciones de educación; las privadas lo hacen en forma similar a al sector privado, y las públicas de acuerdo a lo dictado por la *"Dirección de Administración de Educación Municipal"* (DAEM), quienes deben autorizar la baja de los equipos; al respecto los funcionarios de las instituciones publicas señalaron que es un trámite administrativo lento, por lo que suelen almacenar el 100% de los equipos.



**Figura 7 Manejo de PC post vida útil al usuario, por componente y en porcentaje:** Muestra las distintas alternativas de manejo que emplean los usuarios con sus residuos de PC. Los "n" no se corresponde 1:1 con el número de respuestas, dado que un mismo componente puede tener más de un vía para eliminar sus PC, los cero indican que el componente no opta por esa alternativa. 52 entrevistados del componente hogar de estudiantes superiores dice que el ingreso de PC a su hogar es reciente por lo que no se han planteado aún que harán con él.

El proceso de almacenamiento se suele dar porque los usuarios no saben qué hacer o cómo deshacerse de sus RAEE (Figura 8). Según los encuestados, los RAEE suelen mantenerse en esta condición mientras que el lugar destinado a su almacenamiento no sea necesario para otro fin o que la cantidad de equipos almacenados llegue a ser grande y por ende un problema para el propietario.



**Figura 8** Proceso de almacenamiento en colegios y empresas de Curicó. Fuente propia.

De acuerdo a las encuestas, los usuarios de Curicó suelen disponer sus RAEE junto a sus RSD para que sean llevados por la empresa sanitaria. En este punto pueden ser

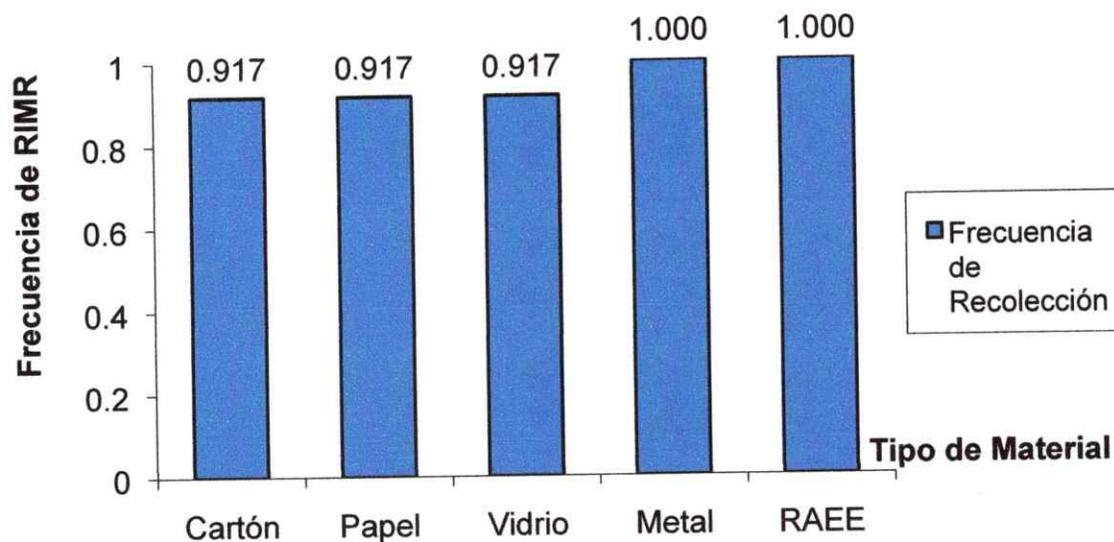
llevados por la empresa sanitaria, o bien ser recolectados por los RIMR. El manejo que hacen los RIMR se expone a continuación.



**Figura 9 RIMR Junto a su triciclo transportando algunos RAEE:** Se muestra el medio de transporte más común utilizado por los RIMR, su triciclo y en éste algunos RAEE. Fuente propia.

Los RIMR encuestados recolectan todo tipo de materiales reciclables (Figura 10), su selección varía según el precio que se pague en el momento por cada material. Cabe mencionar que del total de 14 RIMR contactados, dos se negaron a responder la encuesta.

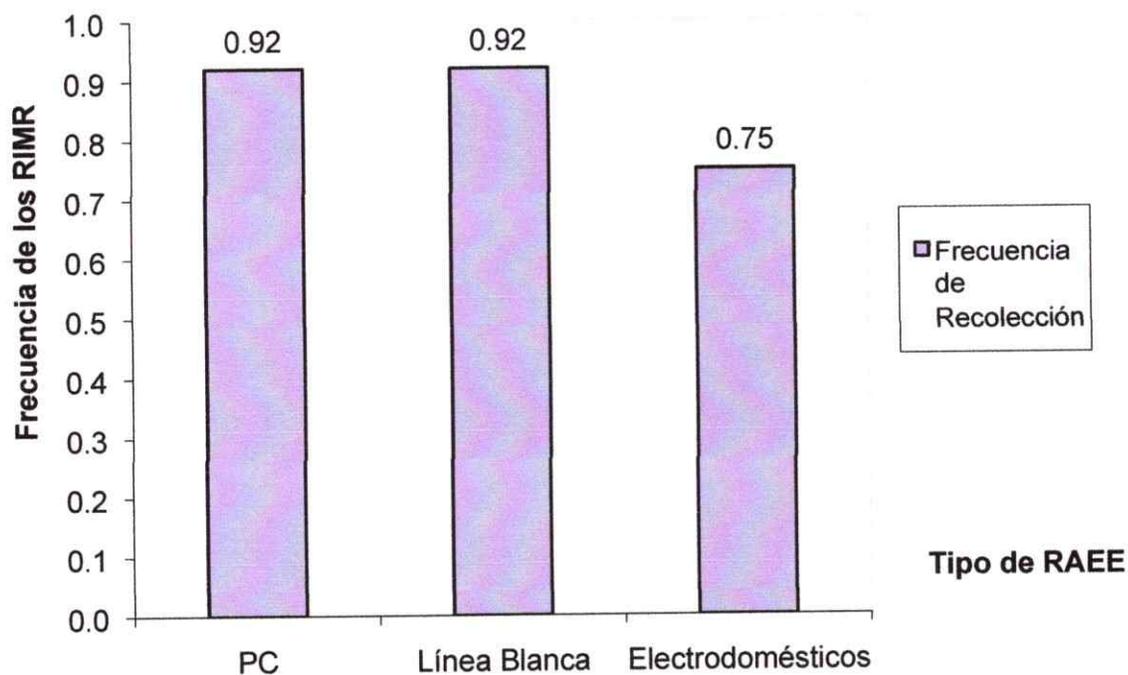
### Frecuencia de Recolección de Materiales (n = 12)



**Figura 10:** Muestra la frecuencia de recolección de los materiales más colectados por los RIMR. Se ve que la recolección de todo tipo de materiales tiene una frecuencia de 0,917 , pero la frecuencia para metal y RAEE es de 1.

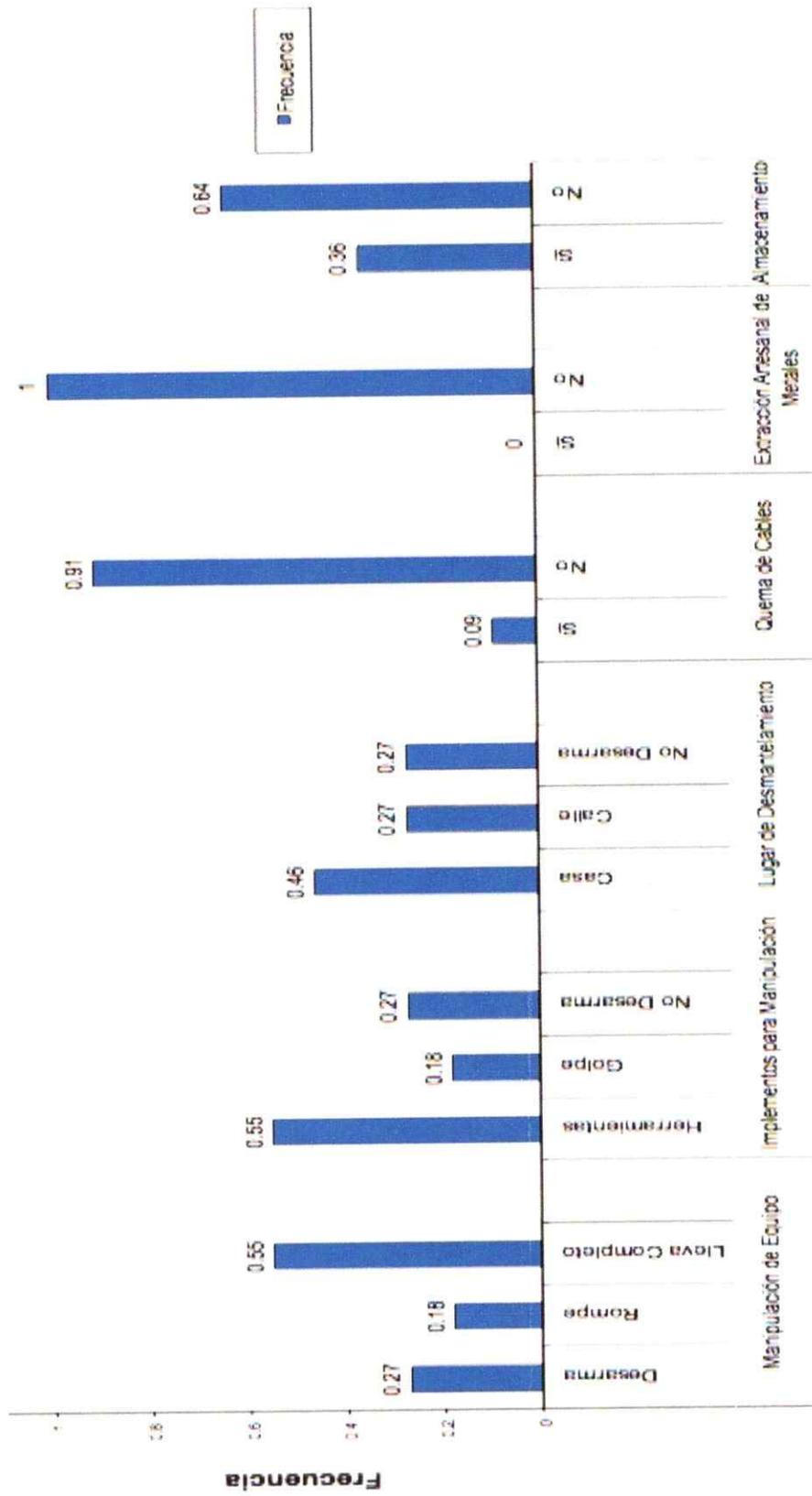
Respecto al tipo de RAEE que prefieren coleccionar los RIMR, destacan los PC y otros aparatos poco voluminosos, en comparación a refrigeradores y otros; la razón es que deben optimizar el espacio ya que los triciclos tienen poca capacidad, sin embargo señalan que si encuentran algún aparato en buen estado, lo llevan para su hogar. La preferencia que tienen por los diversos RAEE se muestra en la Figura 11.

### Frecuencia de Recolección de Tipo de RAEE (n = 12)



**Figura 11:** Muestra la frecuencia con que los RIMR recolectan determinado tipo de RAEE.

El objetivo de los RIMR es acceder a los materiales reciclables que puedan vender en el mercado local, siendo pocos los que venden sus piezas, partes o completos; la venta de estos últimos suele hacerse en la feria de las pulgas de Curicó. El manejo que tienen los RIMR de Curicó al manipular los RAEE carece de medidas de protección. La manipulación que tienen con los PC y otros RAEE se presenta en la Figura 12.



### Manejo de Residuos de PC

**Figura 12 Frecuencia de manejo de residuos de PC por los RIMR:** Muestra las formas en que los RIMR manejan los residuos de PC para su posterior venta por partes, piezas o materiales reciclables. El tamaño de la muestra es de  $n = 12$ .

Los RIMR luego de recoger materiales reciclables por diversas zonas de la ciudad los llevan a empresas compradoras de fracciones. Se encuestó a tres empresas de este rubro, de ellas sólo Recypar trabaja con metales, excluyendo otros materiales; los otros dos compran materiales como plásticos, cartones y papeles, pero sólo la Recuperadora Ortiz compra vidrio. Las tres empresas sólo reciben materiales puros, es decir no mezclado con otros materiales, para evitar la separación de los mismos, por lo que no reciben PC completos.

El dueño de Recipar indicó que los metales provenientes de los RIMR corresponden a aproximadamente el 50% de los materiales que reciben. El precio de compra de los metales varía de acuerdo al mercado, así el precio al 1/12/2009 por kilogramo fue de: 2000 pesos para el cobre, 350 pesos para el aluminio, 350 pesos el acero inoxidable y 1300 pesos el bronce. Sin embargo el valor pagado por chatarra es de sólo 60 a 80 pesos por kilogramo; la chatarra es separada para obtener mejor precio por los metales que la componen. Los metales son acumulados a la intemperie (Figura 13) en espera que una maquina compactadora haga "fardos" que se envían a fundiciones en Santiago.

No se encontró ONG relacionadas con la alfabetización digital (donación de PC para segundo uso), ni dedicadas a la venta de RAEE para financiar sus actividades; de las dos ONG encuestadas, Fundación Chilenter y Traperos de Emaús, ninguna tiene actividades continuas en la zona. Tampoco se encontró empresas dedicadas al reciclaje de RAEE en Curicó.



**Figura 13 Disposición de chatarra y metales por compradores de fracciones:** En la imagen se puede ver el almacenamiento de chatarra y metales de un comprador de fracciones en la ciudad de Curicó; los materiales se encuentran a la intemperie. Se aprecia gran cantidad de RAEE. Fuente Propia.

### **c.- Disposición Final**

Una parte de los PC dispuestos por los usuarios junto a sus RSD es transportado por las empresas sanitarias hasta el relleno sanitario. Esta información fue confirmada por funcionarios de las empresa sanitaria local, quienes expresaron además que previo al deposito del material el relleno sanitario no realiza separación de residuos.

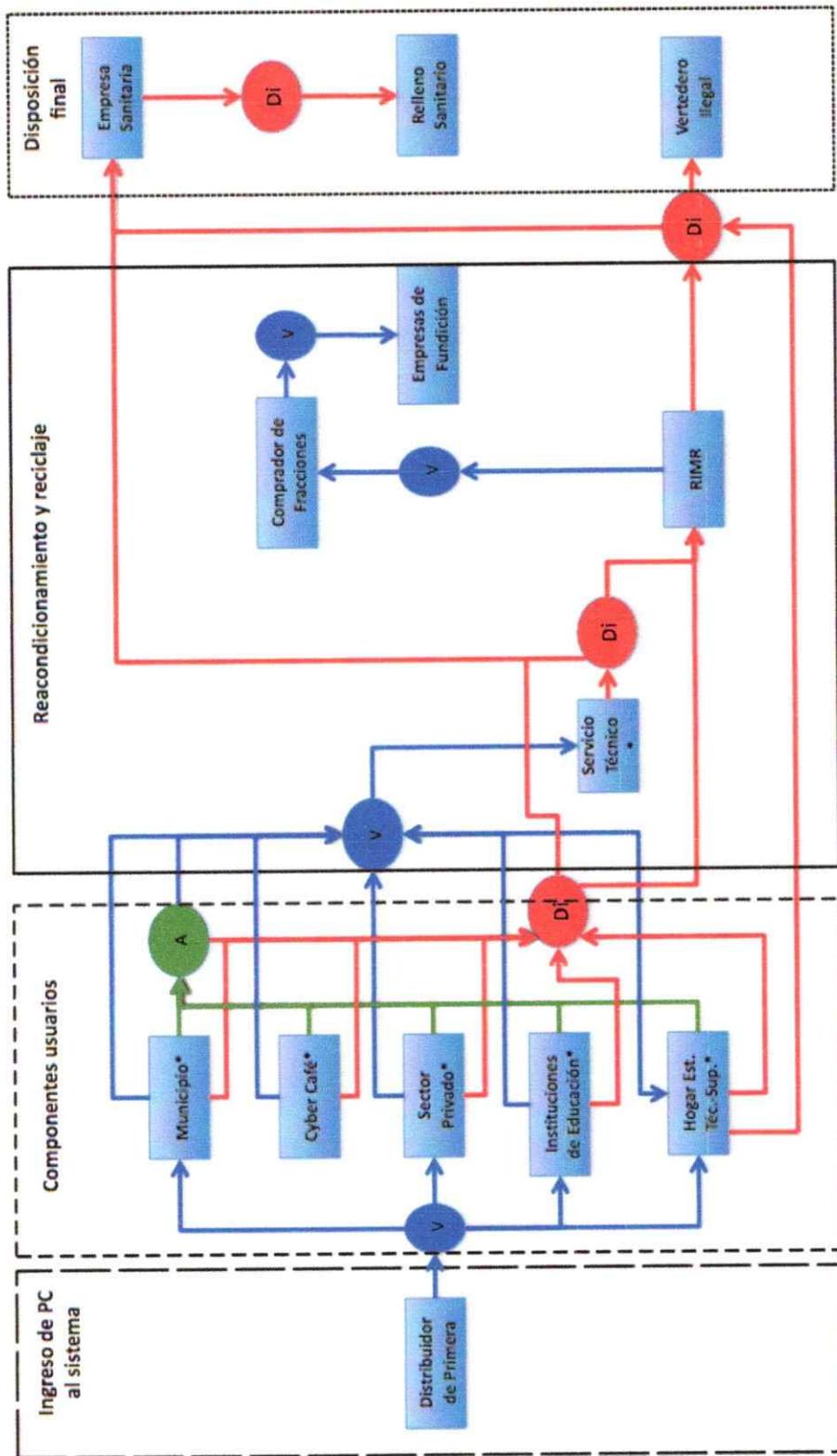
Sobre vertederos ilegales en Curicó sólo cinco personas indicaron conocer la ubicación de alguno dentro de la comuna, haciendo referencia a las riveras de los ríos Mataquito y

Huaiquillo. En la visita al lugar se detectó la presencia de RAEE; no se tomó documentación fotográfica.

Para la estructuración del modelo calibrado a la realidad de Curicó o modelo final, se procederá de igual manera que con los modelos anteriores; en primer lugar se presentara una matriz de doble entrada que establezca las relaciones encontradas entre componentes, así como la direccionalidad de los flujos de PC (Tabla 12). Luego se presentará el modelo final calibrado a la realidad de Curicó, cuya estructura se hizo en base al modelo inicial, pero mostrando las diferencia encontradas en terreno (Figura 14).

**Tabla 12 Matriz de doble entrada para el modelo final:** Muestra la relación entre los componentes encontrados en terreno en Curicó y los procesos que intervienen en el flujo de PC entre ellos. Los datos sobre la diagonal indican flujo desde los componentes del eje "Y" a los del eje "X", los datos de la diagonal muestran procesos internos del componente y los datos bajo la diagonal implican flujo de los componentes del eje "X" al "Y". "0" implica que no hay flujo de PC entre los componentes, "1" indica flujo de PC, "-" indica que existe relación entre los componentes pero no flujo. Colores: azul (-), proceso de venta; verde, almacenamiento (-); rojo, disposición(-); negro, reacondicionamiento (-). La ausencia de simbolismo indica que el componente se descarta del sistema. Se destaca la diagonal para facilitar su visualización.

Componente	Distribuidor de primera	Sector público	Sector privado	Hogares de est. tec.-sup.	Institución de educación	Cyber Café	Servicio técnico	ONG	Empresa sanitaria	RIMR	Comprador de fracciones	Empresa de reciclaje	Fundición	Relleno Sanitario	Vertedero ilegal
Distribuidor de primera	0	-	-	-	-	-	0		0	0	0		0	0	0
Sector público	1	1	0	0	0	0	-		0	0	0		0	0	0
Sector privado	1	0	1	0	0	0	-		-	-	0		0	0	0
Hogares de est. tec.-sup.	1	0	0	1	0	0	-		-	-	0		0	0	-
Institución de educación	1	0	0	0	1	0	-		-	-	0		0	0	0
Cyber Café	1	0	0	0	0	1	-		-	-	0		0	0	0
Serv. Técnico	0	1	1	1	1	1	0		0	-	0		0	0	0
ONG													0		
Empresa sanitaria	0	0	1	1	1	1	0		0	1	0		0	-	0
RIMR	0	0	1	1	1	1	1		-	0	-		0	0	-
Comprador fracciones	0	0	0	0	0	0	0		0	1	0		-	0	0
Empresa reciclaje															
Fundición	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0
Relleno Sanitario	0	0	0	0	0	0	0		1	0	0		0	0	0
Vertedero ilegal	0	0	0	1	0	0	0		0	1	0		0	0	0



**Figura 14 Modelo final:** Muestra en forma sintetizada el flujo de PC entre los componentes encontrados en terreno en Curicó, desde su ingreso al sistema hasta su destino final. Los componentes se muestran en rectángulos celestes, los procesos se muestran en formas circulares. Colores y abreviaciones: azul (-), proceso de venta (V); verde (-), almacenamiento (A); rojo (-), disposición (Di). El reacondicionamiento se muestra como “\*”, para facilitar la visualización de los otros procesos. Las etapas marcadas por los criterios se presentan en rectángulos de línea continua o discontinua para distinguirlos entre sí.

#### 4.4 Oportunidades en el manejo de RAEE en Curicó

Ya con los resultados sobre cómo es el sistema de flujo de RAEE en Curicó, es posible identificar los puntos que pueden ser mejorados de acuerdo a lo que establece la legislación vigente y a las iniciativas desarrolladas en otros países (Tabla 13).

**Tabla 13 Oportunidades de manejo de RAEE:** Muestra las oportunidades de mejora del sistema de gestión de RAEE detectadas para Curicó, en relación con la normativa vigente y la experiencia internacional, y que fueron deducidas a partir del modelo final.

Oportunidad Identificada	Descripción	Involucrados	Sugerencias
Disposición final	En Chile los RAEE son catalogados como residuos peligrosos, por lo que no deben ser dispuestos en rellenos sanitarios.	- Municipio - Usuarios - Empresa sanitaria - Relleno sanitario	1) Establecer un lugar adecuado para la disposición de RAEE 2) Que las empresas sanitarias seleccionen los residuos previo a transportarlos
Incorporación de los RIMR	Los RAEE aportan el 50% de los metales en el comprador de fracciones en Curicó, pero lo venden como chatarra	- Gobierno - RIMR - Compradores de Fracciones	1) Capacitar a los RIMR para que puedan hacer una mejor separación y aprovechamiento de los RAEE; 2) Inclusión, oportunidad de negocio
Legislación específica	Los RAEE tiene composición mixta con compuestos valiosos y peligrosos y tienen una tasa de aumento entre un 16% un 28% cada cinco años	- Poder Ejecutivo - Poder Legislativo	1) Crear una legislación específica que considere la composición mixta de los RAEE; esto permitiría dar una disposición adecuada a la fracción peligrosa, además aprovechar la parte valiosa.
REP	En países como Suiza, la legislación establece que es el fabricante (en este caso el importador o distribuidor de primera) quién debe hacerse cargo de los residuos que se generan por sus productos	- Poder Ejecutivo - Poder Legislativo - Fabricante, Importador o Distribuidor de Primera	1) Establecer un impuesto verde a los aparatos electrónicos, donde se incluya el tratamiento adecuado del producto al final de su vida útil. 2) Incluir a los RIMR en el proceso

## 5 Discusión

Del análisis de los modelos de flujo de RAEE de Steubing (2007), Ott (2008), Espinoza y col. (2008) y Wolfensberger (2009) se detecta una falta de criterios claros para la identificación de componentes y procesos de los sistemas que estudian; en este estudio se hizo necesario una selección e identificación de los componentes presentes en dichos de modelos y su participación en el flujo de RAEE, con lo que se pudo entregar criterios que justifican su presencia. Se encontró un patrón en los componentes en los modelos de los estudios usados de base, de ahí derivan los componentes y procesos estándar; estos componentes logran reflejar y explicar los modelos que los originan (Steubing, 2007; Ott, 2008; Espinoza y col., 2008; Wolfensberger, 2009), sin embargo debe considerarse la escala que analizan antes de aplicarlos.

La generación de un modelo estándar previo a analizar una localidad particular, permitió tener una primera aproximación de los elementos que se debe identificar y estudiar en terreno, lo que es útil para acotar los esfuerzos de investigación. Al comparar los componentes estándar con el listado de patentes comerciales, se logró contextualizar el modelo a la localidad de estudio. Esto permitió el diseño de una metodología de trabajo en terreno acotada a los componentes existentes en el sistema, y que difieren de los componentes presentes en sistemas como Santiago (Wolfensberger, 2009). Los flujos del modelo inicial se basan en los del modelo estándar, pero adecuados a los componentes de la localidad de estudio en base a los criterios; el modelo inicial permitió previsualizar los flujos a seguir en terreno.

La calibración se hizo con la ayuda de encuestas dirigidas a los componentes del modelo inicial; la información que entregaron sirvió para comprender el manejo y participación de cada componente en el sistema de flujo de RAEE en Curicó y por tanto de los procesos. Esto muestra que la metodología de encuestas empleadas por Wolfensberger (2009) es útil para el levantamiento de datos.

Al seguir los procesos que llevan los PC desde el usuario hasta su destino final, es posible confirmar la presencia o ausencia de componentes en el sistema, así como la identificación componentes no previstos como las empresas de fundición, la que indica que parte de los materiales sale del sistema; las empresas de fundición en Santiago fueron detectadas también por Wolfensberger (2009) como destino de una fracción de los RAEE. La ausencia de empresas que fabriquen o importen PC en la zona, se puede explicar por la escala de la ciudad y porque es una zona principalmente silvoagropecuaria, de acuerdo a datos de la SEREMI de Agricultura del Maule (Ministerio de Agricultura, 2013); la ausencia de ONG también puede explicarse por el tamaño poblacional.

Los criterios para la identificación y justificación de componentes se consideran aplicables, ya que permitieron adaptar el modelo estándar a la localidad de estudio; los nuevos componentes encontrados como las empresas de fundición responde al criterio de reciclaje, a la vez que la salida de las ONG y el proceso de donación no afectan la estructura del sistema ni el planteamiento de los criterios.

El comportamiento del sistema de flujo de RAEE de Curicó puede resumirse en etapas basadas en los criterios, similares a las etapas mostradas en los modelos de Steubing (2007), Ott (2008) y Wolfensberger (2009).

Casi la totalidad de los usuarios de PC en Curicó tienden a reacondicionar los equipos que fallan, situación descrita ya para el sistema de Chile (Steubing, 2007) y para Santiago (Wolfensberger, 2009). La vida media de los PC en Curicó es equivalente a la detectada a nivel nacional (Steubing, 2007). Los usuarios de Curicó presentan comportamientos diversos al momento de manejar sus residuos de PC; el sector privado, hogar de estudiantes técnico-superiores, cyber café e instituciones de educación privadas suelen tener las mismas alternativas de manejo, ya que no tienen políticas internas que regulen o restrinjan la forma en que deben deshacerse de sus equipos, pudiendo almacenarlos, venderlos o disponerlos junto a sus residuos de tipo domiciliario, de manera similar al comportamiento descrito por Steubing (2007) y Wolfensberger (2009); el municipio y colegios públicos se ven restringidos por las políticas del Ministerio de Bienes Nacionales, pudiendo donarlos o venderlos, confirmando lo detectado en Santiago por Wolfensberger (2009) para instituciones públicas. Dada la falta de instancias formales apropiadas para deshacerse de los equipos dados de baja en Curicó, se espera que cerca del 100% termine siendo dispuesto junto a RSD para ser llevados por la empresa sanitaria; de ellos, una parte puede ser colectada por los RIMR y llevada a compradores de fracciones; el resto de los equipos tiene su disposición final en el relleno sanitario local o en un vertedero ilegal, tal como sucede en Santiago (Wolfensberger, 2009), Chile (Steubing, 2007) y otros países de LAC (Espinoza y col., 2008; Ott, 2008). A diferencia de sistemas a mayor escala como Santiago (Wolfensberger, 2009), en Curicó no se encontró empresas

de reciclaje de RAEE u ONG que trabajen con ellos, lo que limita las posibilidades de elección de los usuarios al momento de deshacerse de sus equipos dados de baja.

De lo detectado en los compradores de fracciones, se ve que las medidas de acopio de metales, incluido RAEE, no siempre son adecuadas; una disposición a la intemperie puede eventualmente tener efectos no deseados, en un estudio en Santiago sobre remoción de contaminantes por lluvias y rocíos, se encontró que los envases metálicos usados para las mediciones tuvieron pérdida de masa producto de la exposición al medio y los contaminantes atmosféricos (Rubio y col, 2001).

Al comparar la estructura y etapas de los modelos presentados (estándar, inicial y final), se observa similitud entre ellos a la vez que con los modelos de base (Steubing, 2007; Ott, 2008; Wolfensberger, 2009), por lo que la forma de aplicar el AFM que se presenta en este seminario de título se considera como válida. Las diferencias encontradas entre los modelos de base y el modelo final para Curicó pueden responder a la escala de los sistemas estudiados. Aún con diferencias, los modelos estándar, inicial, final y de base responden a los criterios propuestos.

El modelo final generado a partir del trabajo y observación en terreno, permite visualizar de forma sintética y ordenada el sistema de flujo de RAEE de Curicó y se puede usar como herramienta para mejorar el sistema; permite la identificación de los componentes, a la vez que los procesos en que participan, lo que es una cualidad de la metodología del AFM propuesta Baccini y Bader (2006). El modelo final generado se puede comparar con estudios previos en que se utilizó la misma metodología, permitiendo ver similitudes y

diferencias con otros sistemas urbanos como el de Santiago (Wolfensberger, 2009), o a escala de Chile (Steubing, 2007) y otros países de LAC (Espinoza y col., 2008; Ott, 2008).

El sistema de flujo de RAEE de Curicó presenta varios puntos que pueden ser mejorados, como la incorporación del sector informal propuesto por Wolfensberger (2009) o la instalación de estructura adecuada para la disposición de RAEE, sin embargo medidas como la implementación de una legislación específica para RAEE como propone Silva (2007) y Boeni y col. (2009), requieren de un esfuerzo a nivel de Gobierno, al igual que para la implementación de la REP.

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

- La metodología del AFM es una herramienta que permite estudiar sistemas de flujo de material a diversa escala.
- El modelo estándar permite tener una primera aproximación de sistemas de flujo de RAEE en sectores urbanos de Chile, y eventualmente puede aplicarse para el análisis de otros sistemas.
- Los criterios entregados son útiles para la comprensión y estructuración conceptual del sistema, a la vez que permiten identificar y justificar componentes de los modelos.
- Contextualizar el modelo estándar a la localidad de estudio permite enfocar y acotar esfuerzos de investigación, facilitando la toma de decisiones respecto a la metodología a utilizar en terreno.
- Los componentes del sistema de flujo de RAEE de Curicó difieren respecto a los identificados para Santiago y a nivel país, y las alternativas de manejo son menores; por lo que para lograr una adecuada gestión nacional y local debe ampliarse el conocimiento respecto a lo que acontece en regiones y localidades.
- La metodología propuesta para estudiar el manejo de RAEE en sistemas urbanos de Chile se considera válida, dada la similitud en estructura y componentes que presentan los modelos estándar, inicial y final, así como con los modelos de base; por lo que el modelo estándar y su contextualización (modelo inicial) son una herramienta que permite orientar el estudio en terreno del sistema.

- El incumplimiento de la normativa vigente puede explicarse por la falta de instancias formales para la disposición de RAEE; sin embargo no debe descartarse factores culturales.
- La cantidad de RAEE que se generan actualmente, así como las proyecciones de crecimiento que tienen, hacen necesario una política de manejo al respecto.

## **6.2 Recomendaciones**

Del análisis de oportunidades en el manejo de RAEE en Curicó se puede derivar sugerencias, entre ellas:

- Diseñar e implementar puntos de acopio o de lugares apropiados para desechar RAEE.
- Diseñar programas locales (municipales o regionales) que incluyan al sector informal (RIMR) en la gestión de RAEE.
- Establecer una legislación específica para RAEE.
- Incorporación de la REP en el país, aplicable también a otros residuos.
- Rediseñar las políticas de renovación y disposición final de RAEE para los servicios públicos, evitando así el almacenamiento de ellos.

## 7 Bibliografía

- Baccini, P. & H.-P. Bader (1996). "Gestión Regional de los Recursos: Recolección, Evaluación y Control" (*Regionaler Stoffhaushalt, Erfassung, Bewertung und Steuerung*) Heileberg; Berlin; Oxford: Spektrum Akademischer Verlag GMBa H.
- Basel Action Network, Byster, L., SVTC, Davis, S., MFF, Dutta, M., Toxics Link, Gutierrez, R., Hussain, A., SCOPE, Puckett, J., Westervelt, S. (2002). India Exporting Harm The High-Tech Trashing of Asia.  
Disponible en: <http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>
- Baudran, Y. (2005). Metales pesados, ambiente y salud. Disponible en:  
<http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=295>
- Boeni, H., Ott, D., Silva, U. (2009). Reciclaje de residuos electrónicos en América latina: panorama general, desafíos y potencial. Disponible en:  
[http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Reciclaje\\_de\\_residuos\\_electronicos\\_en\\_AmericaLatina\\_Boeni-Silva-Ott-FINAL.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Reciclaje_de_residuos_electronicos_en_AmericaLatina_Boeni-Silva-Ott-FINAL.pdf)
- Cobbing, M (2008), Toxic tech: Not in our backyard. Uncovering the hidden flows of e-waste. Greenpeace International, Amsterdam. Disponible en:  
<http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/2/e-waste-report-full.pdf>
- Código Sanitario (1968), con Decreto con Fuerza de Ley N° 725. Disponible en:  
<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5595&r=2>
- Convenio de Basilea (1989). Control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación Disponible en:  
[http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Convenio\\_basilea\\_spn.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Convenio_basilea_spn.pdf)
- Decreto Supremo N° 148, Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos (2003). Disponible en: [http://www.sinia.cl/1292/articles-45956\\_DS148.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-45956_DS148.pdf)
- Decreto Supremo N° 189, Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios (2005). Disponible en:  
[http://www.sinia.cl/1292/articles-47031\\_recurso\\_1.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-47031_recurso_1.pdf)
- Dirección de Aseo y Ornato de la Ilustre Municipalidad de Curicó.
- Eidgenössische Materialprüfungs - und Forschungsanstalt (EMPA), (2009). Hazardous Substances in e-Waste.  
Disponible en: [http://ewasteguide.info/hazardous\\_substances](http://ewasteguide.info/hazardous_substances)

- Espinoza, O., Villar, L., Postigo, T., Villaverde, H. (2008). Diagnóstico del Manejo de Residuos Electrónicos en el Perú. Disponible en:  
[http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas\\_base/LINEA\\_BASE\\_PERU\\_E SPINOZA\\_Y\\_OTROS.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas_base/LINEA_BASE_PERU_E SPINOZA_Y_OTROS.pdf)
- Fernández, G. (2007). La cadena de valor de los RAEE, Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Sudamérica. Disponible en:  
[http://crsbasilea.inti.gov.ar/pdf/Informe\\_raee\\_sudamerica.pdf](http://crsbasilea.inti.gov.ar/pdf/Informe_raee_sudamerica.pdf)
- Fundación Casa de la Paz, RECYCLA Chile S. A. (2007). Residuos Electrónicos La Nueva Basura del Siglo XXI, Una Amenaza, Una Oportunidad. Disponible en:  
[http://www.maydaynetwork.cl/wp-content/uploads/2010/05/Residuos\\_electronicos-la-nueva-basura-del-siglo-XXI.pdf](http://www.maydaynetwork.cl/wp-content/uploads/2010/05/Residuos_electronicos-la-nueva-basura-del-siglo-XXI.pdf)
- Greenpeace (2011). Basura Informática: la otra cara de la tecnología. Disponible en:  
[http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/contaminacion/basura\\_electronica\\_otra\\_cara\\_tecnologia.pdf](http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/contaminacion/basura_electronica_otra_cara_tecnologia.pdf)
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2002). Censo de Población y Vivienda Año 2002. Población Total, por Sexo e Índice de Masculinidad, Según División Política Administrativa y Área Urbana-Rural. Disponible en:  
[http://www.ine.cl/cd2002/cuadros/1/C1\\_00000.pdf](http://www.ine.cl/cd2002/cuadros/1/C1_00000.pdf)
- Ley 19.300 Sobre Bases Generales del Medio Ambiente Modificada por la ley 20.173 (2007). Disponible en:  
[http://www.sinia.cl/1292/articles-26087\\_ley\\_bases.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-26087_ley_bases.pdf)
- Ley 20.417 Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente (2010).  
Disponible en: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1010459>
- Ministerio de Agricultura, SEREMI Región del Maule. Visión de la Región. Disponible en: <http://maule.minagri.gob.cl/nuestra-region/vision-de-la-region/>  
Visitada el 28 de Noviembre del 2013.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), (2001). Responsabilidad Extendida del Productor. Un manual de orientación para los gobiernos (Extended Producer Responsibility. A guidance manual for governments).
- Ott, D. (2008). Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. Disponible en:  
[http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas\\_base/LINEA\\_BASE\\_COLOMBIA\\_OTT.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/lineas_base/LINEA_BASE_COLOMBIA_OTT.pdf)

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (2006). Desarrollo Humano en Chile "Las Nuevas Tecnologías: ¿Un Salto al Futuro?. Disponible en: <http://www.pnud.cl/publicaciones/IDH-2006.pdf>
- Puckett, J., Smith, T., BAN, Silicon Valley Toxics Coalition, Toxics Link (Organization: India) (2002): Exporting harm: The high-tech trashing of Asia. The Basel Action Network. Seattle: Silicon Valley Toxics Coalition.
- Rubio, M.; Issi, E; Riveros, V. y Paez, M. (2001). Remoción de Contaminantes por Lluvias y Rocíos en la Region Metropolitana. *bol. soc. chil. quim.* [online]. 2001, vol.46, n.3 [citado 2009-09-27], pp. 353-361. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0366-16442001000300014&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0366-16442001000300014&lng=es&nrm=iso)
- Silva, U. (2007). Residuos Electrónicos y Responsabilidad Extendida del Productor. Disponible en: [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/plataforma/tall\\_stgo\\_1108/02\\_usilva\\_RELAC\\_ch\\_stgo\\_1108.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/plataforma/tall_stgo_1108/02_usilva_RELAC_ch_stgo_1108.pdf)
- Silva, U. (2008). Panorama General de los Residuos Electrónicos de PC en América Latina y el Caribe. Disponible en: [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/plataforma/tall\\_rewas\\_2008/ppt/01\\_Silva\\_RELAC\\_\\_REWAS\\_2008.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/plataforma/tall_rewas_2008/ppt/01_Silva_RELAC__REWAS_2008.pdf)
- Silva, U. (2013). Estado Actual de los RAEE en Latino América. Taller Centro Americano de Capacitación sobre Gestión Ambientalmente Responsable de RAEE, 19 de Marzo de 2013. Disponible en: [http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Uca\\_Silva\\_s2p1\\_S.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Uca_Silva_s2p1_S.pdf)
- Steubing, B. (2007). Generación de residuos electrónicos en Chile, Análisis de la situación actual y estimación presente y futura de los volúmenes de residuos de computadores, utilizando el modelo de flujo de materiales, disponible en: [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Steubing\\_Generacion\\_de\\_residuos-e\\_en\\_Chile.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Steubing_Generacion_de_residuos-e_en_Chile.pdf)
- Wolfensberger, M. (2009). Modelo de Inclusión del Sector Informal en una Gestión Sustentable de RAEE en Chile. Disponible en: [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Manejoresiduoselectronicos\\_sectorinformal\\_SantiagodeChile.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Manejoresiduoselectronicos_sectorinformal_SantiagodeChile.pdf)

## 8 Anexos

### Anexo 1 Glosario

- **Material:** Sustancias y bienes; las primeras se definen como elementos químicos y los segundos como ítems o artículos de la vida real, ej: PC, papel, vidrio, etc. (Baccini y col., 1996).
- **Proceso:** Es la transformación, transporte, almacenamiento, donación, venta y remate de materiales. Los procesos utilizados en el presente estudio son: almacenamiento, donación, disposición y venta (Baccini y col., 1996).
- **Flujo:** Se define como la razón entre materiales y tiempo, en otras palabras el tiempo que permanece un material en un lugar o función determinados (Baccini y col., 1996).
- **Personal Computer (PC):** En este estudio el término PC o computador, se usa de forma genérica para equipos de escritorio (Desktop) y portátiles (Laptop y Netbook).
- **Línea Blanca:** Para fines de este seminario de título, hace referencia a electrodomésticos de gran tamaño, esta definición se adoptó en función de lo expresado por los RIMR.
- **Electrodoméstico:** Para fines de este seminario de título, hace referencia a electrodomésticos de pequeño tamaño, esta definición se adoptó en función de lo expresado por los RIMR.

## **Anexo 2 Normativa nacional e internacional aplicable**

### **- Normativa nacional**

Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos, Decreto Supremo N° 148, Ministerio de Salud. En el Artículo 3 se establece que un Residuo Peligroso es: un residuo o mezcla de residuos que presenten riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente, ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar algunas de las características señaladas en el artículo 11.

En lo concerniente a la materia de residuos electrónicos en particular, son aplicables los siguientes artículos:

Artículo 10: "Un residuo o una mezcla de residuos es peligrosa si presenta riesgo para la salud pública y/o efectos adversos al medio ambiente ya sea directamente o debido a su manejo actual o previsto, como consecuencia de presentar alguna de las características que se definen en el artículo siguiente".

Artículo 11: "... las características de peligrosidad son las siguientes: a) toxicidad aguda, b) toxicidad crónica, c) toxicidad extrínseca, d) inflamabilidad, e) reactividad y f) corrosividad. Bastará la presencia de una de estas características en un residuo para que sea calificado como residuo peligroso".

Artículo 18: "Los residuos incluidos en los siguientes listados de categorías se considerarán peligrosos a menos que su generador pueda demostrar ante la Autoridad

Sanitaria que no presentan ninguna característica de peligrosidad. El generador podrá proponer a la Autoridad Sanitaria los análisis de caracterización de peligrosidad a realizar sobre la base del conocimiento de sus residuos y de los procesos que los generan, sin perjuicio de lo cual, la Autoridad Sanitaria podrá exigir análisis adicionales a los propuestos conforme a lo señalado en los artículos 12 al 17.

Lista I... "I.10 Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).

Lista II... "II.2 Berilio, compuestos de berilio, II.3 Compuestos de cromo hexavalente, II.4 Compuestos de cobre, II.6 Arsénico, compuestos de arsénico, II.8 Cadmio, compuestos de cadmio, II.11 Mercurio, compuestos de mercurio, II.13 Plomo, compuestos de plomo".

Artículo 19: "Los residuos incluidos en la Lista A del artículo 90 se considerarán igualmente peligrosos. No obstante el generador podrá demostrar ante la Autoridad Sanitaria, conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17 del presente reglamento, que tales residuos no son peligrosos.

A la inversa, se considerará que los residuos incluidos en la Lista B del artículo 90 no son peligrosos. La Autoridad Sanitaria tendrá siempre la facultad de comprobar que un residuo cualquiera es peligroso por presentar alguna característica de peligrosidad conforme a lo establecido en los artículos 12 al 17".

Artículo 90: "Los listados de residuos para la aplicación del artículo 19 son los siguientes":  
...entre ellos residuos de compuestos de la Lista A: A1010, A1020, A1030, A1040, A 1180 (Interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitares de PCB, o contaminados con constituyentes de la Lista II del artículo 18 en concentraciones tales que hagan que el residuo presente alguna característica de peligrosidad, A 2010, así como residuos de la Lista B de Residuos No Peligrosos.

#### **- Normativa internacional**

Convención de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, adoptada el 22 de Marzo de 1989 y es Ley de la República de Chile desde el año 1992. En lo concerniente a los residuos de computadores, su Artículo 4.2 se establece que: "Cada Parte (país), tomará las medidas apropiadas para:

- a) Reducir al mínimo la generación de desechos peligrosos y otros desechos en ella, teniendo en cuenta los aspectos sociales, tecnológicos y económicos;
- b) Establecer instalaciones adecuadas de eliminación para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos y otros desechos, cualquiera que sea el lugar donde se efectúa su eliminación que, en la medida de lo posible, estará situado dentro de ella;
- c) Velar por que las personas que participen en el manejo de los desechos peligrosos y otros desechos dentro de ella adopten las medidas necesarias para impedir que ese

manejo dé lugar a una contaminación y, en caso de que se produzca ésta, para reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el medio ambiente;

d) Velar por que el movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y otros desechos se reduzca al mínimo compatible con un manejo ambientalmente racional y eficiente de esos desechos, y que se lleve a cabo de forma que se protejan la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que puedan derivarse de ese movimiento;

e) No permitir la exportación de desechos peligrosos y otros desechos a un Estado o grupo de Estados pertenecientes a una organización de integración económica y/o política que sean Partes, particularmente a países en desarrollo, que hayan prohibido en su legislación todas las importaciones, o si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional, de conformidad con los criterios que adopten las Partes en su primera reunión.

f) Exigir que se proporcione información a los Estados interesados sobre el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y otros desechos propuesto, con arreglo a lo dispuesto en el Anexo V A, para que se declaren abiertamente los efectos del movimiento propuesto sobre la salud humana y el medio ambiente;

g) Impedir la importación de desechos peligrosos y otros desechos si tiene razones para creer que tales desechos no serán sometidos a un manejo ambientalmente racional;

h) Cooperar con otras Partes y organizaciones interesadas directamente y por conducto de la Secretaría en actividades como la difusión de información sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos, a fin de mejorar el manejo ambientalmente racional de esos desechos e impedir su tráfico ilícito;" (4).

### Anexo 3 Modelos usados de base

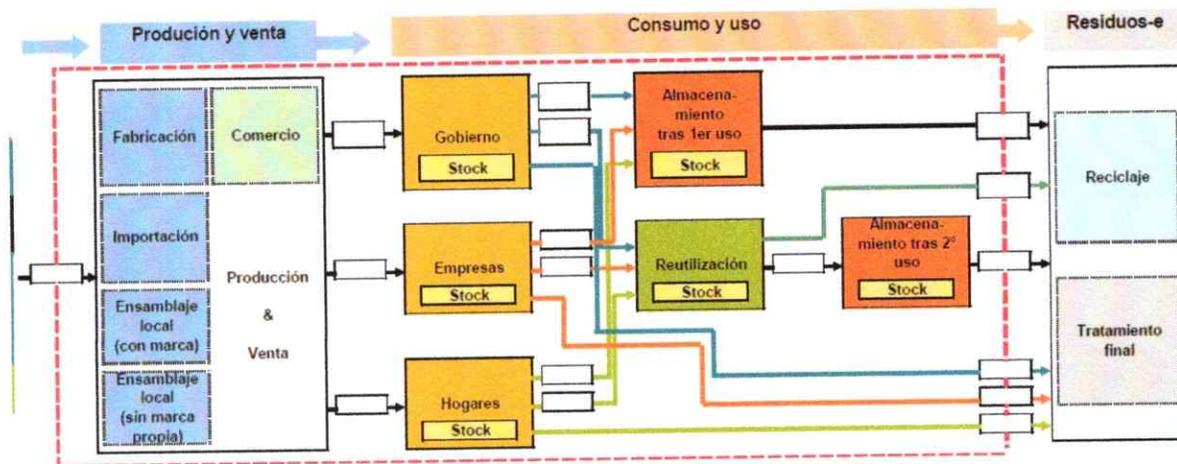


Figura 15 "Modelo usado para la simulación del mercado de computadores en Chile". Fuente: Steubing (2007).

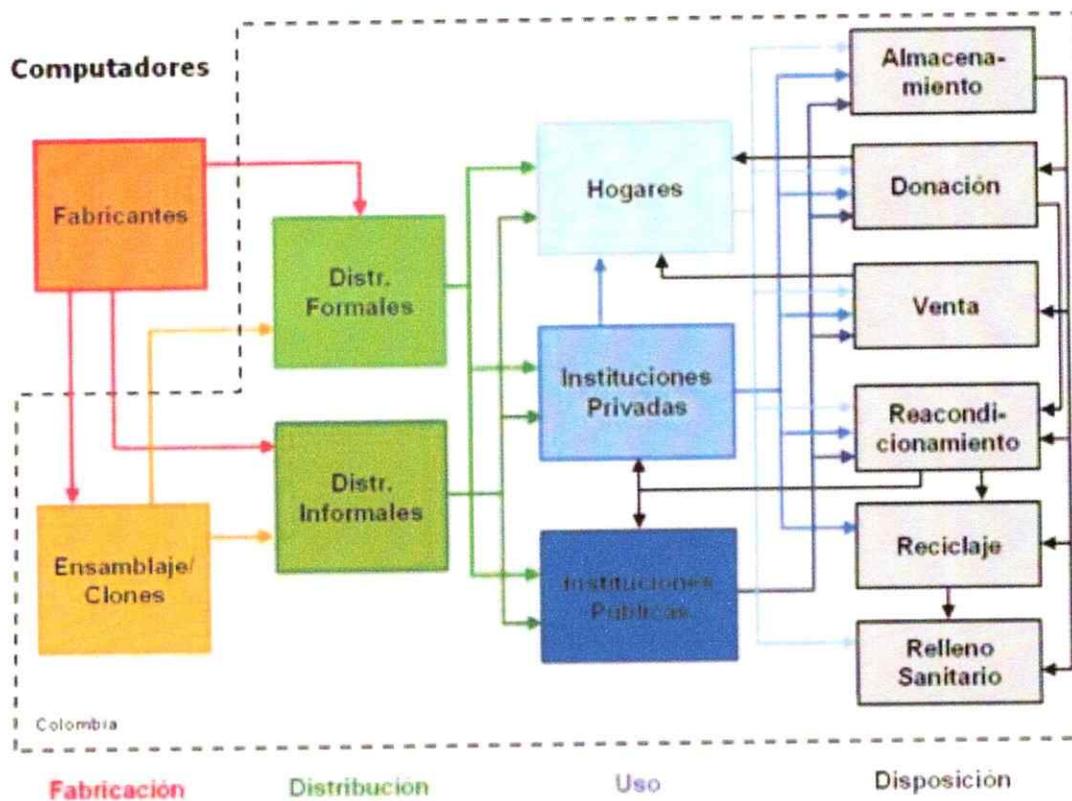
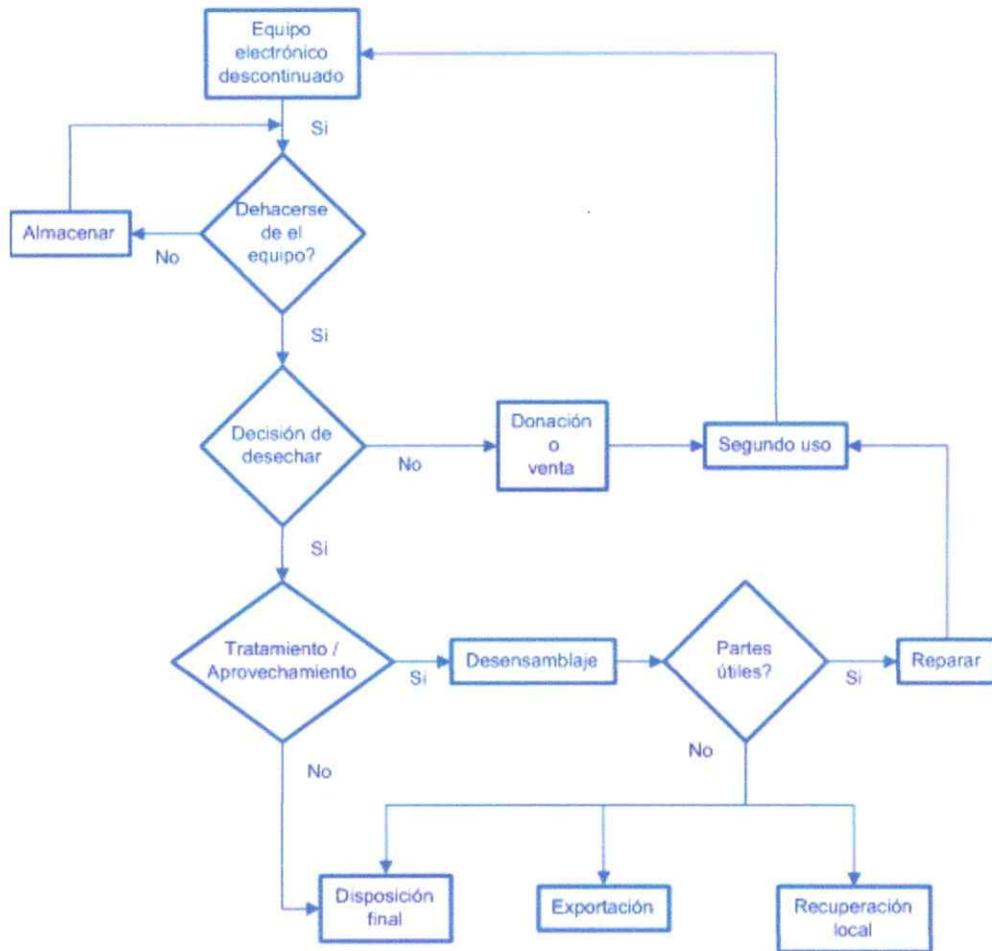


Figura 16 "Modelo de manejo de PC en Colombia". Fuente: Ott (2008).



**Figura 17 “Diagrama de generación y recorrido de los residuos electrónicos en el Perú”.** Fuente: Espinoza y Col. (2008).