

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA PARTICIPACIÓN  
EMPRESARIAL EN EL NEGOCIO DEL RECICLAJE DE COBRE EN LA  
REGIÓN METROPOLITANA**

**SINDY JASMINE CORREA HERRERA**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**Memoria de Título**

**IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA PARTICIPACIÓN  
EMPRESARIAL EN EL NEGOCIO DEL RECICLAJE DE COBRE EN LA  
REGIÓN METROPOLITANA**

**IDENTIFICATION REQUERIMENTS FOR PRIVATE COMPANIES  
PARTICIPATING IN THE BUSINESS OF COPPER RECYCLING IN THE  
METROPOLITAN REGION**

**SINDY JASMINE CORREA HERRERA**

Santiago, Chile

2015

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**  
**ESCUELA DE PREGRADO**

**IDENTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA PARTICIPACIÓN  
EMPRESARIAL EN EL NEGOCIO DEL RECICLAJE DE COBRE EN LA  
REGIÓN METROPOLITANA**

Memoria para optar al título profesional de:  
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables

**SINDY JASMINE CORREA HERRERA**

<b>Profesor Guía</b>	<b>Calificaciones</b>
Sr. Alejandro León S. Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	7,0
<b>Profesores Evaluadores</b>	
Sr. Roberto Hernández A. Prof. de Estado en Historia, Geogr., y Educ. Cívica, Mg. Sc.	6,0
Sr. Rodrigo Fuster G. Ingeniero Agrónomo, M. S. Dr.	6,0

Santiago, Chile

2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi papá y mamá por el apoyo incondicional que me dieron para poder realizar esta memoria, a la compañía minera Antofagasta Minerals S.A. que la financiaron, a los actores del reciclaje de cobre que accedieron a tener entrevistas conmigo, a mi profesor guía, Alejandro León, que siempre tuvo una buena disposición para ayudarme, y a toda mi familia, en especial a mis tías, tíos, primas, amigas y amigos que siempre me dieron ánimo para terminarla.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ACRÓNIMOS .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>8</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>MÉTODO .....</b>	<b>12</b>
1. CARACTERIZACIÓN DEL RECICLAJE DE COBRE EN CHILE.....	12
2. CARACTERIZACIÓN DE RECICLAJE DE COBRE EN OTROS PAÍSES .....	12
3. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA LA PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL EN EL NEGOCIO DEL RECICLAJE DE COBRE ..	12
4. ALTERNATIVA DE INICIAR UNA EMPRESA COMO UMICORE EN CHILE.....	13
5. ALTERNATIVA DE INICIAR UN NEGOCIO DE RECICLAJE DE COBRE EN LA RM .....	13
<b>RESULTADO Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
1. RECICLAJE DE COBRE EN CHILE .....	16
1.1. <i>Proceso de reciclaje</i> .....	17
1.2. <i>Tráfico de cobre</i> .....	20
1.3. <i>Antecedentes del reciclaje de cobre en Chile</i> .....	21
1.3.1. Antecedentes institucionales.....	21
1.3.2. Antecedentes Económicos.....	24
1.3.3. Antecedentes Sociales.....	26
1.3.4. Antecedentes Ambientales.....	28
2. MODELOS DE RECICLAJE DE COBRE A NIVEL INTERNACIONAL.....	30
2.1. <i>Modelo de éxito ambiental: Umicore</i> .....	30
2.1.1. Proceso de Reciclaje de Cobre .....	30
2.1.2. Contexto Histórico del éxito ambiental.....	34
2.1.2.1. Antecedentes Institucionales .....	34
2.1.2.2. Antecedentes Económicos .....	36
2.1.2.3. Antecedentes Sociales.....	38
2.1.2.4. Antecedentes Ambientales .....	38
2.2. <i>Modelo de fracaso ambiental: Guiyu</i> .....	40
2.2.1. Proceso de Reciclaje.....	41
2.2.2. Contexto Histórico del fracaso ambiental .....	44
2.2.2.1. Antecedentes Institucionales .....	44
2.2.2.2. Antecedentes Económicos .....	45
2.2.2.3. Antecedentes Sociales.....	46
2.2.2.4. Antecedentes Ambientales .....	47
2.3. <i>Comparación de Casos: Umicore, Guiyú y Chile.</i> .....	48
3. REQUERIMIENTOS PARA LA PARTICIPACIÓN EMPRESARIAL EN EL NEGOCIO DEL RECICLAJE DE COBRE.....	50
4. ALTERNATIVA DE INICIAR UNA EMPRESA COMO UMICORE EN LA RM .....	52
4.1. <i>Requerimientos institucionales</i> .....	52

4.2. <i>Requerimientos Económicos</i> .....	52
4.3. <i>Requerimientos Sociales</i> .....	53
4.4. <i>Requerimientos Ambientales</i> .....	53
4.5. <i>Discusión</i> .....	54
5. ALTERNATIVA DE INICIAR UN NEGOCIO DE RECICLAJE DE COBRE EN LA RM .....	56
5.1. <i>Competencia</i> .....	56
5.2. <i>Requerimientos Legales</i> .....	56
5.3. <i>Requerimientos Ambientales</i> .....	58
5.4. <i>Requerimientos Sociales</i> .....	59
5.5. <i>Requisitos de instalación y equipamiento</i> .....	60
5.6. <i>Disponibilidad de recursos (residuos de cobre y RAEE)</i> .....	61
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>69</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>82</b>
<b>ANEXO 2</b> .....	<b>83</b>
GLOSARIO .....	83

## ACRÓNIMOS

AEE	: Aparatos eléctricos y electrónicos
CLP	: Dinero en peso chileno
MINSAL	: Ministerio de Salud
MINSEGPRES	: Ministerio Secretaria General de la Presidencia
MMA	: Ministerio del Medio Ambiente
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PDI	: Policía de Investigaciones de Chile
RAEE	: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
REP	: Responsabilidad extendida del productor
RM	: Región Metropolitana
SII	: Servicio de Impuestos Internos

## RESUMEN

El cobre es un metal no renovable, que ha sido reciclado desde la antigüedad, ya que no sufre pérdidas de rendimiento ni tiene limitaciones para ser reutilizado. Según el MMA en Chile, del 100% de residuos de cobre generados, solo un 3% se recicla. El objetivo general de esta memoria es identificar los requerimientos institucionales, económicos, sociales y ambientales para aumentar la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre. Para ello se caracterizó el reciclaje de cobre de Chile, con el fin de determinar cómo funciona este modelo. Posteriormente se caracterizaron dos modelos internacionales, Umicore y Guiyú, y mediante un análisis comparativo se identificó cuáles fueron los factores del éxito y de fracaso respectivamente.

Los resultados indican que requerimientos tales como normativas sobre RAEE, inversiones en conocimientos y tecnología, educación ambiental, disponibilidad de residuos, necesidad de obtener cobre desde fuentes secundarias, etc., son necesarios para el éxito ambiental de una empresa de reciclaje. Mientras que, el incumplimiento de normativas de AEE, el fraude, la corrupción y la falta de conciencia ambiental son los principales factores del fracaso. Al 2015 Chile no cumple con muchos de ellos, sin embargo, existe la alternativa de iniciar una empresa como Umicore en la RM o una empresa de reciclaje de cobre en la misma Región, ya que muchas empresas de reciclaje de otros residuos, se han desarrollado exitosamente en el país sin cumplir con los requerimientos identificados. No obstante, se debe considerar que la falta de información disponible, impidió el desarrollo de cálculos reales sobre volumen de cobre potencialmente reciclable para futuros proyectos. Debido a ello, es importante que entre en vigor la Ley sobre gestión de residuos sólidos y responsabilidad extendida del productor, con el fin acceder a información oficial sobre residuos de cobre, fondos, educación ambiental, entre otros.

*Palabras claves: reciclaje de cobre, RAEE, residuos de cobre, responsabilidad extendida del productor.*

## ABSTRACT

Copper is a non-renewable metal, which keeps its main characteristics after recycling, while having some limitations for its reuse. According to the MMA, in Chile, only 3% the copper waste, is recycled. The main objective of this investigation was to identify the institutional, economic, social and environmental requirements to increase the participation of private companies in the copper recycling business. Thus, the Chilean copper recycling process was analyzed. Subsequently, two international models, Umicore and Guiyu were also analyzed and then compared, to identify which factors explain their successes and failures.

My findings show that electrical waste and electronic equipments (WEEE) regulations; investments in courses, training and in technology, environmental dissemination education, availability of waste, need to obtain copper from secondary sources, etc., are necessary to the environmental successful in the recycling business. Whereas breach of WEEE regulations, fraud, corruption and lack of environmental awareness are the factors of failure. To 2015 Chile does not meet many of them. Nevertheless, the alternative exists of initiating a company as Umicore in the Región Metropolitana or a company of recycling copper in the same region, since many companies of recycling of other residues; they have developed successfully in the country without expiring with the identified requirements. However, it considers that the lack of information available prevented the development of reliable estimates of the volume of potentially recyclable copper for future projects. Due to it, it is important that between in effect the Law on management solid waste and extended producer responsibility, with the end to accede to official information about residues of copper, funds, environmental education, between, others.

*Keywords: copper recycling, WEEE, copper residues, extended producer responsibility.*

## INTRODUCCIÓN

El cobre es uno de los recursos naturales más útiles del mundo. Este metal y sus aleaciones son usados en una gran variedad de ambientes y aplicaciones que son necesarias para la vida moderna, tales como productos de alta tecnología, motores, sistemas de energía solar o edificios inteligentes (Codelco, 2008). Ello debido a su excelente resistencia a la corrosión, alta conductividad eléctrica y térmica, ductilidad, maleabilidad, fácil fabricación y unión (Marín, 2013).

Según la “Copper Development Association” los recursos del cobre cuantificados en el mundo se estiman en  $15,26 \times 10^{15}$  t, de los cuales un 12% ya ha sido explotado a lo largo de la historia (Codelco, 2008) de este porcentaje, se estima que un 80% se encuentra aún en uso (Codelco, 2008 y Marín, 2013).

El reciclaje es un proceso que implica recuperar la materia prima de la cual está elaborado un producto, para fabricar un producto nuevo, igual o distinto al original (SINIA, s.f.). El en caso del reciclaje de cobre, este proceso genera un menor impacto ambiental, en comparación a la extracción minera, permitiendo la reducción de un 86% de las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), cuatro veces las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la reducción de un 99% de residuos sólidos, un consumo de energía cinco veces menor y la reducción en un 98% en el consumo de agua (Marín, 2013).

Si bien el cobre difícilmente se agotará en el corto plazo, hay que tener presente que es un recurso no renovable (Marín, 2013), cuya explotación requiere grandes cantidades de capital y energía, y que genera un importante volumen de residuos (Codelco, 2008). Por ejemplo cada año se utilizan  $25 \times 10^6$  t de cobre, de las cuales  $16 \times 10^6$  t son extraídas de minas y  $9 \times 10^6$  t proceden de cobre reciclado o secundario (Marín, 2013).

Debido a ello, cada día son más las empresa que ven en el reciclaje una buena opción para recuperar parte del cobre que circula (Parra, 2011), ya que es un metal que puede ser totalmente reciclado y reutilizado una y otra vez sin que pierda ninguna de sus propiedades (Copper Alliance, 2013).

Las tasas anuales de uso de cobre reciclado más significativas parecen estar en Europa, con un 45,7% (International Copper Study Group, citado por Codelco, 2008), y en Estados Unidos, con un 33,3% (United States Geological Survey, citado por Codelco, 2008). Chile por su parte, es considerado el mayor productor de cobre primario en el mundo (36% de la producción mundial en un año) (Marín, 2013 y Copper Investing News, 2013). Sin embargo, sus tasas de valorización (ver definición en Anexo 2) aún son incipientes. Se estima que de 64.000 t de residuos de cobre generados durante el 2009, solo el 3% fue valorizado (MMA, 2012). Esto indica que la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre es baja.

El objetivo general de ésta memoria es identificar los requerimientos para la participación empresarial en el reciclaje de cobre a través de modelos internacionales y a la vez identificar la alternativa de iniciar un negocio relacionado al reciclaje de cobre en la RM. Para ello trata el caso particular de aquel cobre proveniente de chatarra, tal como los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y residuos metálicos no ferrosos que contienen cobre.

Se caracterizó el modelo de reciclaje que existe en Chile y se caracterizaron dos casos de reciclaje de cobre implementados en otros países: un modelo exitoso (Umicore, considerado por la revista *Corporate Knight* (2013) como la empresa de reciclaje más sustentable del mundo) y un modelo de fracaso ambiental (Guiyu, considerada la industria del reciclaje más contaminante a nivel mundial), con el fin de identificar qué antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales inciden en este resultado. Por último, en virtud a los antecedentes recopilados, se propone cual es la opción óptima para iniciar una empresa en la industria del reciclaje en Chile.

Esta memoria se realizó por encargo de la compañía minera Antofagasta Minerals S.A.

## **MÉTODO**

Esta memoria corresponde a una monografía, complementada con entrevistas y cálculos.

### **1. Caracterización del reciclaje de cobre en Chile**

Para la caracterización del reciclaje de cobre en Chile se revisó y analizó información secundaria sobre aspectos tales como tecnología, canales de comercialización, volumen de residuos tratados, volumen de cobre obtenido y antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales que rigen el modelo del reciclaje de cobre en el país. Desde fuentes de información tales como el MMA, informes técnicos sobre el reciclaje de AEE, tesis, entre otros; y entrevistas a actores claves del reciclaje de cobre, tales como: i) 20 recicladores de base (ver definición en Anexo 2), de los cuales solo Pedro Herrera accedió a brindar su identidad y representar al resto de los recicladores de base, ii) 20 intermediarios primarios (ver definición en Anexo 2), quienes pidieron mantener su identidad anónima, iii) Intermediarios secundarios y sistemas de recuperación: contactados vía correo electrónico, de ellos solo el ex encargado de la planta de reciclaje de Ñuñoa accedió a brindar información, iv) Joost Meier – actual encargado del área de residuos del Ministerio del Medio Ambiente de Chile y el anterior encargado Leonel Sierralta, v) Paulina Castro, encargados del área de reciclaje de la empresa Antofagasta Minerals.

### **2. Caracterización de reciclaje de cobre en otros países**

Para la caracterización de los modelos de reciclaje en otros países se analizó información secundaria sobre aspectos tales como tecnología, canales de comercialización, volumen de residuos tratados, volumen de cobre obtenido, requerimientos de instalación y equipamiento, y antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales que rigen el modelo del reciclaje de cobre. Desde fuentes de información tales como: páginas web, libros, informes técnicos y noticias.

### **3. Identificación de requerimientos para la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre**

Se realizó un análisis comparativo entre los principales antecedentes descritos en el punto 1 y 2 de éste método. El análisis comparativo, que se basó en identificar aquellos antecedentes que influyeron en el éxito o en el fracaso en cada modelo, permitió distinguir

aquellos requerimientos que son necesarios para el éxito ambiental en la participación empresarial en el negocio de reciclaje de cobre.

#### **4. Alternativa de iniciar una empresa como Umicore en Chile**

Para evaluar la posibilidad de iniciar en Chile una empresa de reciclaje de cobre similar al caso individualizado como exitoso, se analizó si los elementos identificados en los ejemplos internacionales están implementados en el país. Si dichos elementos están implementados en su totalidad, la alternativa de iniciar una empresa como Umicore en la RM sería factible. De lo contrario, se discutirán los elementos ausentes y si es factible la implementación de una empresa como Umicore pese a la ausencia de éstos.

#### **5. Alternativa de iniciar un negocio de reciclaje de cobre en la RM**

Se realizó un análisis a fuentes de información secundarias en la RM sobre: competencia en el mercado del reciclaje de cobre, requisitos de instalación y equipamiento de un negocio de reciclaje de cobre, requerimientos legales, requerimientos ambientales y requerimientos sociales. Además estimó la disponibilidad de recursos, es decir, residuos de cobre y RAEE (ver definición en Anexo 2) de la siguiente forma:

- **Estimación del volumen de cobre reciclado en la actualidad**

El volumen de cobre reciclado en la RM corresponde al volumen de cobre contenido en residuos de equipos de aparatos eléctricos y electrónicos, y residuos metálicos no ferrosos contenidos en productos de grifería, construcción, etc. que han sido recuperados (mediante desmantelamiento, clasificación, separación, etc.) principalmente por recicladores de base en la Región Metropolitana. La estimación se realizó a partir de la siguiente fórmula:

$$CR = \frac{RB * (Cu RB)}{1000}$$

#### **Ecuación 1.**

En donde,

- CR : Volumen de cobre reciclado en la RM anualmente (t/año)  
RB : Número de recicladores de base presentes en la RM (unidad)  
Cu RB : Volumen de cobre recuperado por recicladores de base en un año (kg/año)

Los cálculos se consideran válidos bajo las siguientes condiciones:

- i) *“Los recicladores de base son los que rescatan el cobre contenido en diferentes residuos, debido a su alto valor. Las plantas de clasificación solo reciben chatarra que prácticamente no contiene cobre, por lo que no se mide”* (Agurto, 2014).

- ii) El volumen de cobre recolectado por cada reciclador de base es la media de las cantidades declaradas por los recicladores de base entrevistados.
- iii) No se considera el cobre robado

Para determinar la cantidad de recicladores de base que recolectan cobre en la Región Metropolitana, se realizó la siguiente relación:

$$N^{\circ}RB_{Cu} RM = \left( \frac{\% de res RM * RB Chile}{\% de res Chile} \right) * \%RB de Cu$$

**Ecuación 2.**

En donde,

- N° RB<sub>Cu</sub> RM : N° de recicladores de base que recolectan cobre en la RM (unidad)
- % res RM : Porcentaje de residuos generados en la RM (%)
- RB Chile : N° de recicladores de base que recolectan cobre en Chile (unidad)
- % res Chile : Porcentaje total de residuos generados en Chile (%)
- %RB de Cu : Porcentaje de recicladores que recolectan cobre (80%)

El resultado de éste cálculo se considera válido bajo el supuesto de que el existe un porcentaje de recicladores (20%) que no recolecta cobre<sup>1</sup>.

Dado que existen variaciones importantes entre datos aportados por el MMA y profesionales del área, el valor obtenido mediante éste cálculo será utilizado para realizar las estimaciones de cobre potencialmente reciclable en la RM e ingresos.

- **Estimación de volumen de cobre potencialmente reciclable**

El volumen de cobre potencialmente reciclable corresponde al volumen de cobre contenido en residuos de equipos de aparatos eléctricos y electrónicos, y residuos metálicos no ferrosos contenido en productos de grifería, construcción, etc. que se encuentran circulando en la ciudad, en este caso, en la RM.

Para la estimación del volumen de cobre potencialmente reciclable se utilizó la siguiente fórmula, creada sobre la base de los datos disponibles:

$$Vol Cu PR = \left( \frac{[(RmNF * \%Cu_{RmNF}) + (RAEE * \%Cu_{RAEE}) - CR] * \%RSU RM}{100} \right)$$

**Ecuación 3.**

En donde,

---

<sup>1</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

Vol Cu PR : Volumen de cobre potencialmente reciclable en la RM en un año (t/año)  
 RmNF : Volumen de residuos metálicos no ferrosos generados por año (t/año)  
 %Cu<sub>RMNF</sub> : Porcentaje de cobre proveniente de residuos metálicos no ferrosos (%)  
 RAEE : Volumen de residuos eléctricos y electrónicos generados en un año (t/año)  
 %Cu<sub>RAEE</sub> : Porcentaje de cobre proveniente de residuos eléctricos y electrónicos (%)  
 CR : Volumen de cobre reciclado en la actualidad por año (t/año)  
 % RSU RM : Porcentaje de residuos sólidos urbanos de la Región Metropolitana (%)

Los cálculos se consideraron válidos bajo las siguientes condiciones:

- i) Sólo se utilizaron datos aportados por el MMA.
- ii) No se considera la cantidad de cobre robado.
- iii) El porcentaje de cobre proveniente de residuos metálicos no ferrosos, porcentaje de cobre proveniente de residuos eléctricos y electrónicos y la eficiencia de reciclado son estimaciones en base fuentes bibliográficas generales.

- **Estimación de ingresos**

La estimación de ingresos corresponde a los ingresos generados por la venta de cobre reciclado.

Para la estimación de ingresos se utilizó la siguiente fórmula, creada en base a los datos disponibles:

$$Ingresos VCu = \frac{(Vol Cu PR * 1000) * (PV de Cu - (PC Cu))}{valor del dolar en pesos chilenos}$$

**Ecuación 4.**

En donde,

Ingresos VCu : Ingresos venta de cobre (US\$)  
 Vol Cu PR : Volumen de cobre potencialmente reciclable en la RM por año (Kg/año).  
 PV de Cu : Media de precio de cobre fijado en Bolsa de Londres durante el 2014 en 1kg (CLP/kg)  
 PC Cu : Precio de compra de cobre reciclado a intermediarios primarios promedio durante el 2014 (CLP)

Esta ecuación se considera válida bajo el supuesto de que los intermediarios secundarios compran el cobre a intermediarios primarios y éstos a recicladores de base.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### 1. Reciclaje de cobre en Chile

Hasta 1995 la totalidad de los residuos domiciliarios generados en Chile se disponían en vertederos y basurales. No obstante, a partir del 2012, más del 60% de ellos llega a rellenos sanitarios, que se diferencian de los anteriores, porque cumplen una serie de exigencias técnicas, sanitarias y ambientales (MMA, 2012) tales como contar con un proyecto de ingeniería aprobado por la autoridad sanitaria que incluya planes de operación, contingencia, cierre, monitoreo y control, entre otros (Decreto 189, 2008). Sin embargo, el progresivo aumento en la generación de residuos, ha hecho que varios de estos rellenos colapsen por la falta de espacio (La Tercera, 2013). Ello, sumado a la necesidad de reducir los impactos ambientales, ha impulsado al país a replantear la gestión de sus residuos (MMA, 2012). En este sentido, el MMA ha propuesto la Ley marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida del productor, cuyo objetivo es disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, fijando metas de recolección y valorización a los fabricantes e importadores de nueve productos prioritarios, entre los que se encuentran residuos que contienen cobre como los aparatos eléctricos y electrónicos (MMA, 2015).

La gestión de residuos es regulada y fiscalizada por el Estado (MMA, 2012). No obstante, la gestión de los residuos domiciliarios, entendida como recolección, transporte y disposición, es un servicio a cargo de los municipios (Ley 18.695, 1988).

Los municipios limitan su gestión de residuos solo a su disposición final en vertederos, rellenos sanitarios (ver definición en Anexo 2), basurales o rellenos municipales, subcontratando, en algunos casos, el transporte con empresas privadas (MMA, 2012). Enviar los residuos a un relleno sanitario es mucho más barato que recuperarlos para darles un nuevo uso (CONAMA, 2005a y MMA et al., 2013), no obstante, existen algunos municipios que han formalizado el reciclaje a través de contratos para la recolección diferenciada o mediante asociaciones con recicladores de base (MMA, 2012 y MMA et al., 2013).

La tasa de valorización de residuos es aún incipiente, bordeando el orden del 10% (CONAMA (2010) citado por MMA, 2012; y MMA et al., 2013). De éste porcentaje, el principal residuo reciclado a nivel nacional es la chatarra (residuos de metal ferroso), con una tasa de valorización del 82% para el 2009. Es decir del 100% de chatarra generada, un 82% es recuperada; siguiéndole el papel y cartón con un 41%, aluminio 40% y vidrio 29%. El resto de los residuos reciclables, tales como metales no ferrosos (incluyendo cobre), residuos orgánicos, plásticos y tetra pack presentan tasas de valorización menores al 10%. De éste porcentaje, el sector formal contribuye en menos del 2% a las tasas de valorización

de residuos a nivel nacional, representando un aporte bajo en comparación al 8,6% que contribuye el sector informal (MMA et al., 2013) (Ver punto 1.1.).

En cuanto al sector privado, existen algunos tipos de residuos para los que la industria del reciclaje está consolidada, como en el caso del acero, aluminio y hierro, y el papel, más no para el cobre (Sierralta, 2014).

De acuerdo a los datos aportados por el MMA, el reciclaje de cobre en Chile es bajo. Durante el 2010 y el 2011 se reciclaron 411 y 539 t de cobre respectivamente. Sin embargo, de acuerdo a lo señalado por el Jefe de Sección de Residuos Sólidos de División de Políticas y Regulación Ambiental del MMA, debido a la informalidad del rubro, estas estimaciones no son sólidas<sup>2</sup>. Emprendo Verde (2012) en tanto, señala que en relación al mercado del reciclaje de cobre en Chile no hay mediciones formales más que la información de crecimiento que entregan las pocas empresas que hacen pública su gestión, estimando que un 10% de las 380 empresas y 3000 emprendedores que participan activamente en el programa se dedican al reciclaje.

Lo cierto es que, pese a la escasa información oficial disponible, el reciclaje de cobre es un negocio que mueve millones de dólares anualmente y que se proyecta como una muy buena fuente de ingresos (Sierralta, 2014). A continuación se describirá el proceso del reciclaje de cobre en Chile y además los antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales que lo caracterizan.

### **1.1. Proceso de reciclaje**

El reciclaje de cobre en Chile se compone de dos sectores: un sector formal y un sector informal (MMA, 2012). El sector formal se caracteriza por contar con todas las autorizaciones y permisos ambientales y sanitarios establecidos en la legislación vigente. Mientras que el sector informal en general no cuenta con autorizaciones de ningún tipo. No obstante, este último es un importante eslabón en la cadena del reciclaje (Wolfensberger, 2009).

El sector formal del reciclaje se ha desarrollado principalmente a través de programas municipales, campañas de beneficencia (MMA, 2012 y MMA et al., 2013).y empresas que realizan procesos de desmontaje y reciclaje de RAEE (Wolfensberger, 2009). Entre las empresas de éste sector se encuentran Degraf, Recycla, Comec y Midas Chile, y entre los municipios están la Municipalidad de La Reina y Vitacura (MMA et al., 2013).

Entre las empresas destaca Midas Chile, ya que cuenta con un molino capaz de separar la fracción plástica del cable eléctrico aislado (de cobre). Además de contar con un horno de fundición autorizado para funcionar los 365 días del año, fundiendo además de cobre, latón y aluminio (Midas Chile, 2015).

---

<sup>2</sup> Sierralta, L. 2014, julio. Reciclaje de cobre en Chile. [Entrevista Personal]. Alcántara 200, oficina 11 (Oficina Área de Proyectos). Antofagasta Minerals.

En la Municipalidad de la Reina, a través de la Cooperativa Creacoop, un centro de compra, acopio y venta de la Municipalidad; se compran residuos a particulares y recicladores de base, para luego ser vendidos en cantidades mayores a empresas recicladoras (MMA et al., 2013). La municipalidad de Vitacura, por su parte, cuenta con un centro de acopio de residuos desde el 2008, donde se reciben residuos electrónicos de los habitantes de la comuna y/u otras aledañas (CONAMA, 2009).

El sector informal está constituido por una amplia gama de actores, entre ellos recicladores de base (o recolectores informales), intermediarios primarios, intermediarios secundarios y empresas de reciclaje informales que cuentan con una red de recolección y sistemas de recuperación que funcionan habitualmente, y empresas exportadoras (Wolfensberger, 2009) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Actores del sector informal del reciclaje de cobre, según categoría y función.**

<b>Actor</b>	<b>Categoría</b>	<b>Función</b>
Reciclador de Base	Trabajador independiente	Recolección, clasificación y separación de todo residuo que contenga o no cobre, para posterior venta a intermediarios o en ferias libres (Wolfensberger, 2009), en volúmenes entre los 100g hasta 5000kg. <sup>3</sup>
Intermediario primario	Pequeña empresa	Compra de todo tipo de metales reciclables (cobre, aluminio, hierro, etc.), tanto a recicladores de base como a grandes empresas generadoras de RAEE, para su posterior comercialización en volúmenes superiores a 100 kg a intermediarios secundarios <sup>4</sup> .
Intermediario secundario	Medianas empresa	Compra de grandes volúmenes (>300 kg) de residuos de cobre. Para su posterior venta a sistemas de recuperación y/o empresas exportadoras en toneladas (Wolfensberger, 2009).
Empresas exportadoras	Empresa grande	Transformación de un residuo en un producto útil, mediante un proceso productivo (Wolfensberger, 2009).

Fuente: Elaboración propia (2015).

El sector informal del mercado del reciclaje de cobre funciona de la siguiente manera: los recicladores de base compran, intercambian o reciben gratuitamente diferentes tipos de residuos que potencialmente contienen cobre (RAEE, residuos de cañería o grifería, etc.) en casas particulares<sup>3</sup>, y/o mediante la recolección en vertederos (MMA et al., 2013). A través de carretillas, triciclos o camiones (Revista Educación Ambiental, 2011) ellos llevan los residuos recolectados a sus hogares para desmantelarlos y clasificarlos. El

<sup>3</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

<sup>4</sup> Intermediarios primarios. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Barrio Franklin.

desmantelamiento solo se realiza a residuos de gran tamaño (motores industriales, lavadoras, etc.), debido a que los de menor tamaño requieren más tiempo en su desmantelamiento y un menor beneficio económico<sup>3</sup>. Los recicladores de base realizan una “recuperación económica”, enfocada en extraer los componentes que producen ganancia inmediata (Wolfensberger, 2009). Una vez desmantelados y clasificados los residuos, los recicladores de base los acopian en sus casas, pero al tener poco espacio, deben vender inmediatamente los residuos a los intermediarios en cantidades pequeñas, reportando pérdidas en el precio de venta, ya que al no tener espacio para desmantelar todos los residuos, deben venderlos como chatarra (40 pesos kg<sup>5y6</sup>.) (MMA et al., 2013).

Existen algunos recicladores de base que han logrado organizarse, obteniendo centros de acopio para almacenar los residuos que anteriormente acopiaban en sus casas. Estas organizaciones comercializan sus residuos como sindicato, pero siempre respetando lo que cada quien junta. O bien, comercializan individualmente sus residuos, pero fijando el precio como organización (MMA et al., 2013).

Luego de la clasificación y separación de los residuos los recicladores de base venden los metales obtenidos a los intermediarios primarios. Estos últimos, además de comprar a recicladores de base, tienen la capacidad técnica (transporte) y financiera para gestionar el tratamiento de residuos directamente con grandes empresas, las que por lo general juntan un volumen de residuos superior a 100 kg<sup>5y6</sup>. La Figura 1, muestra dos diagramas de flujo que representan los procesos de comercialización de los intermediarios primarios.

Una vez que los intermediarios primarios reúnen un volumen igual o superior a los 300 kg, venden el cobre reciclado a los intermediarios secundarios. Los intermediarios secundarios finalmente reúnen volúmenes de residuos de cobre en toneladas, los que posteriormente son exportados o vendidos a los sistemas de recuperación, entre los que se encuentran empresas recicladoras y/o fundidoras, ubicadas en países de Europa y China (Rodríguez, 2013). El cobre reciclado en Chile es exportado principalmente a China (Aduanas Chile, 2013), quienes presentan una capacidad de fundición superior a los concentrados de cobre que adquieren (Revista Business Chile de la Cámara Norteamericana de Comercio, 2011), debiendo recurrir al fundido de cobre reciclado obtenido tanto nacional como internacionalmente (Minter, 2013).

Otro tipo de comercialización de cobre se realiza mediante las PYMES del reciclaje de cobre, las que corresponden a pequeñas y medianas empresas que funcionan a través de avisos publicitarios o páginas sociales en el Internet, en búsqueda de equipos electrónicos y eléctricos obsoletos que retiran gratis con vehículos de carga. Generalmente estos presentan escasa información (e-mail y número de celular) por ser un negocio informal y evadir impuestos. Al parecer su negocio se mueve entre el reacondicionamiento y el reciclaje de RAEEs (Wolfensberger, 2009).

---

<sup>5</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

<sup>6</sup> Rojas, M. 2014, julio. Intermediarios primarios. [Entrevista Personal]. Buin, RM.

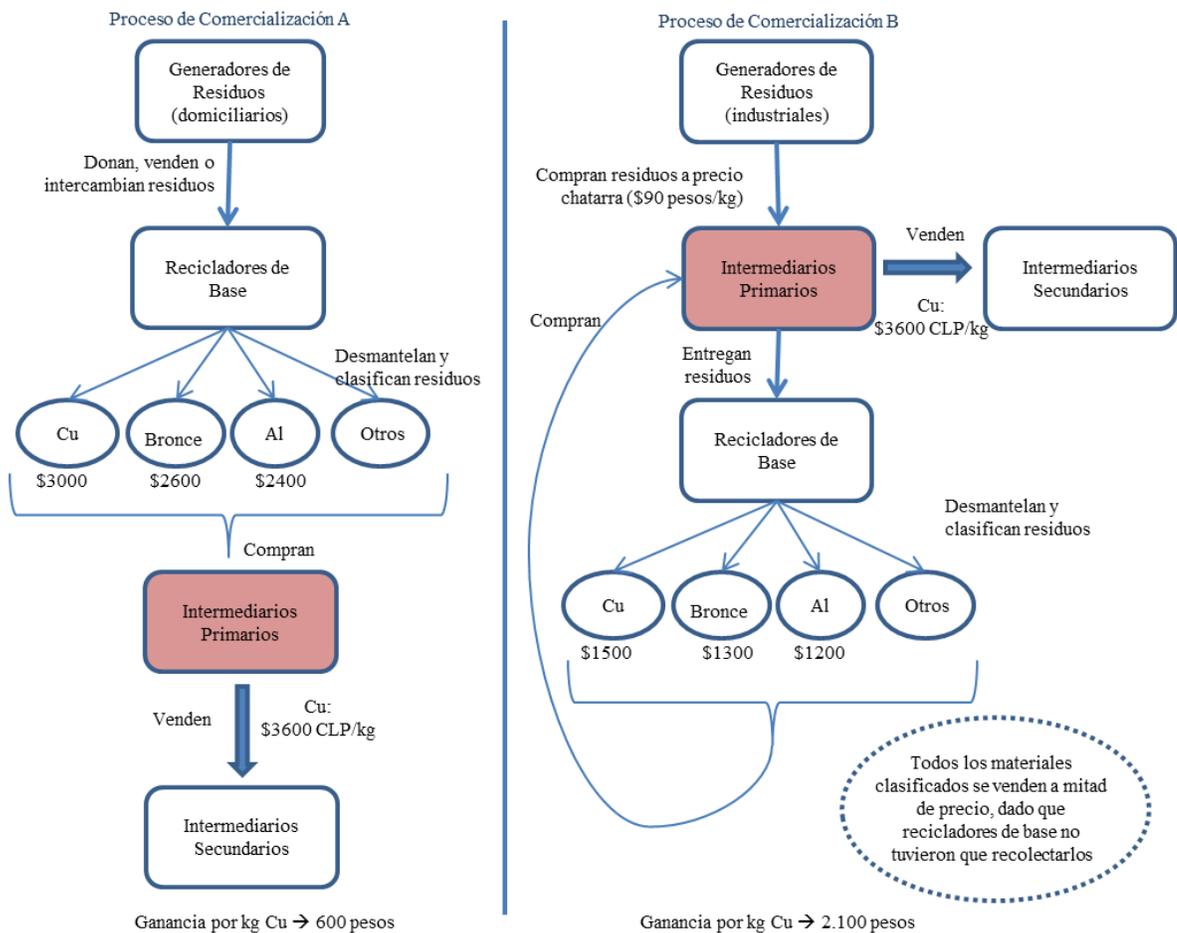


Figura 1. Proceso de comercialización de metales para el reciclaje. El proceso A corresponde a la compra-venta a recicladores de base. El proceso B corresponde a la compra-venta a empresas generadoras de residuos (Elaboración propia, 2015).

Si bien el sector informal del reciclaje ha favorecido el reciclaje en general, el no contar con autorizaciones sanitarias ni permisos ambientales vigentes, repercute en los riesgos a la salud y el medio ambiente que puede ocasionar la indebida gestión de residuos que este sector lleva a cabo (CONAMA, 2009).

### 1.2. Tráfico de cobre

Uno de los principales problemas asociados al reciclaje de cobre es el robo de cable del tendido eléctrico de compañías telefónicas y energía<sup>7</sup>. De acuerdo a la Fiscalía de Chile (2011) sólo en Chile, desde el 2006 hasta el 2011, el conglomerado eléctrico perdió más de 8 mil millones de pesos, por el robo de 1.134 t de tendido eléctrico (considerando gastos de

<sup>7</sup> Sierralta, L. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Alcántara 200, oficina 11 (Oficina de Área de Proyectos). Antofagasta Minerals S.A.

instalación). Aparte de la receptación de especies hurtadas o robadas, el tráfico de cobre incurre en varios delitos, principalmente de índole aduanero y tributario (Leal, 2011).

La compra-venta de cobre presente en cables de tendido eléctrico está prohibida<sup>8 y 9</sup>. Esto de acuerdo a lo estipulado en la Ley N° 20.273 (2008) que Modifica el Código Penal en lo referente a delitos relacionados con el robo y receptación de cables electrónicos y tapas de cauces, en donde se estipulan las sanciones para el robo de cosas que se encuentran en bienes nacionales de uso público, o causas que produzcan la irrupción o interferencia del suministro de un servicio público o domiciliario, tales como electricidad, gas, agua, alcantarillado, colectores de agua lluvia o telefonía. Arriesgando penas que van desde multas hasta la reclusión, agravándose aún más en casos de reincidencia.

Desde 2007, la Fiscalía de Chile (2011) ordenó que este delito se investigue de forma exhaustiva, creándose la Estrategia de persecución para contrarrestar el tráfico de cobre. La investigación se dirigió a Aduanas, quienes pudieron constatar que los cargamentos de chatarra, en vez de chatarra cargaban toneladas de cobre reciclado de diversas empresas. Posteriormente se solicitó información al SII sobre comercializadores, a la autoridad sanitaria sobre permisos de almacenamiento en bodegas, a los municipios sobre las patentes de chatarrerías y al Departamento de Asesoría Técnica de la PDI, sobre los libros de procedencia de la compra y venta de metales. Esta acción permitió que el delito disminuyera casi en un 90%.

El tráfico de cobre no solo repercute en las pérdidas significativas de dinero, sino que también influye directamente en la escasez de información, ya que impide mantener un registro del reciclaje de cobre que se realiza en Chile. Cabe destacar que algunos intermediarios entrevistados no accedieron a dar información sobre el proceso de reciclaje que realizan, porque según ellos, se trata de “un tema confidencial” y los únicos que pueden entregar información es PDI<sup>10</sup>, quienes tampoco accedieron a dar información.

### **1.3. Antecedentes del reciclaje de cobre en Chile**

A continuación se describen antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales que describen el reciclaje de cobre en Chile.

#### **1.3.1. Antecedentes institucionales**

Chile cuenta con un marco normativo para el tratamiento de residuos (Cuadro 2). Sin embargo, aún no ha sido promulgada una reglamentación específica sobre el reciclaje en general, ni mucho menos sobre el reciclaje de residuos que contienen cobre (Sierralta, 2014). No obstante, durante el 2013 se envió al Parlamento el Proyecto de Ley sobre Gestión de Residuos Sólidos y Responsabilidad Extendida del Productor, que busca regular el reciclaje.

---

<sup>8</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

<sup>9</sup> Rojas, M. 2014, julio. Intermediarios primarios. [Entrevista Personal]. Buin, RM.

Cuadro 2. Principales normativas relacionadas al tratamiento de residuos en Chile, y su respectivo año de promulgación.

<b>Año de Promulgación</b>	<b>Leyes y decretos</b>
<b>1967</b>	DFL N° 725, del MINSAL, Código Sanitario. Establece la obligación de las municipalidades de recolectar, transportar y eliminar por métodos adecuados las basuras, residuos y desperdicios que se depositen o produzcan en la vía pública.
<b>1979</b>	DFL N° 3069/1979 sobre Ley de Rentas Municipales. Se refiere al cobro del servicio municipal de extracción de residuos sólidos domiciliarios.
<b>1992</b>	DS 685/1992 en que Chile ratifica el Convenio de Basilea. Regula el movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y estipula obligaciones a las Partes para asegurar el manejo ambientalmente racional de los mismos, particularmente su disposición.
<b>1994</b>	Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Incorpora el tema de los residuos en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental art. 10 letra i) y o)
<b>1996</b>	DS 2385 Ley de Rentas Municipales
<b>2000</b>	DS 594/2000 del MINSAL sobre condiciones sanitarias ambientales básicas en los lugares de trabajo
<b>2004</b>	DS 148/2004 del MINSAL, que establece el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.
<b>2005</b>	Política Pública la inclusión de los recicladores de base al sistema de gestión de residuos municipales en Chile
<b>2005</b>	Política de Gestión Integral de Residuos.
<b>2006</b>	DFL N° 1 Fija el texto refundido, coordinado y sistematizado de la Ley N° 18695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, en donde se establece como función privativa de las municipalidades el aseo y ornato de la comuna y atribuye a la unidad de medio ambiente, el servicio de extracción de la basura.
<b>2007</b>	DS 45/2007 de MINSEGPRES, el cual establece la norma de emisión para la incineración y co-incineración
<b>2009</b>	DS 6/2009 del MINSAL, sobre manejo de residuos generados en establecimientos de atención de salud.
<b>2009</b>	DS 4/2009 de MINSEGPRES, para el manejo de lodos generados en establecimientos de atención de salud.
<b>2010</b>	Ley 20.417 que modifica Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Establece como función del MMA proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos.

Fuente: MMA, 2012.

La gestión de residuos domiciliarios está a cargo de las municipalidades. Sin embargo, éstas tienen dificultades económicas y técnicas para realizar una adecuada gestión de residuos a largo plazo. Además, carecen de mecanismos de comunicación y promoción para incentivar en la comunidad una conducta responsable y comprometida con los sistemas de reciclaje (CONAMA, 2005a). Debido a esta razón, son pocos los municipios que han formalizado el reciclaje como una opción para la gestión de residuos (MMA et al., 2013).

Desde 1995 la Ley de Rentas Municipales, faculta a las municipalidades a cobrar sobre la base de la cantidad de residuos generados (Decreto 2385, 1996), es decir el que contamina paga; Sin embargo, ello nunca se ha hecho efectivo, ya que *“la tarifa de cobro de los servicios de aseo es plana e igual para todos los usuarios, independiente de la cantidad de residuos generados y se calcula dividiendo el costo total del servicio por el número total de usuarios”*, siendo cobrada a los usuarios a través del pago de impuesto territorial (contribuciones), lo que hace que los usuarios perciban el servicio de recolección y disposición de residuos sólidos domiciliarios como algo gratuito, desincentivando la reducción en la generación de éstos y/o el aumento del reciclaje, recuperación y reutilización previo a la recolección municipal (Parra, 2011).

Dentro de la normativa relacionada al tratamiento de los residuos, la primera vez que se abordó el tema de los residuos de manera integral y coordinada fue en enero de 2005, mediante la implementación de la Política de Gestión Integral de Residuos, desarrollada por un equipo interministerial coordinado por el MINSEGPRES e integrada por los ministerios de Salud y Economía (Revista Educación Ambiental, 2011 y MMA et al., 2013), estipulando la necesidad de reducir la cantidad de residuos que se depositan en los recintos de disposición final. Si bien esto se puede lograr recuperando materiales y aprovechando la materia prima y energía latente de los residuos potencialmente reutilizables y/o reciclables, el reciclaje no queda debidamente definido, ni tampoco normado dentro de ésta Política (Ministerio de Desarrollo Social, 2013).

Durante el 2013, el MMA envió al Congreso un Proyecto de Ley para fomentar el reciclaje, denominado Ley Marco para la Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida del Productor (MMA y Ministerio de Hacienda, 2013). Esta Ley tiene como objetivo incorporar la valorización de los residuos y generar mecanismos que permitan aumentar los niveles de reciclaje que actualmente existen en el país, a través del traspaso de la responsabilidad sobre la organización y financiamiento de la gestión de residuos desde la municipalidad a los productores, quienes deberán cumplir metas de recolección y valorización de los mismos, y además formalizar el mercado del reciclaje existente en el país (MMA y Ministerio de Hacienda, 2013). Dado que el productor es quien se encarga de sus productos una vez convertidos en residuos, está obligado a considerar mejoras en el diseño de sus productos, ya sea en relación a su vida útil, la presencia de sustancias peligrosas, y su desmantelamiento para facilitar su valorización (LyD, 2014).

Este proyecto de Ley contempla mecanismos de apoyo a la REP, para que implementen el sistema a través de programas de educación ambiental, la creación de convenios e incorporación de las municipalidades y establecimiento de un fondo concursable. Se

instaura también un registro que permite conocer aquellos sistemas de gestión y gestores autorizados (ver definición en Anexo 2). Quienes no estén registrados, arriesgan sanciones que van desde amonestaciones hasta multas por 10.000 UTA, e incluso la prohibición de vender el producto. El cumplimiento de éste registro estaría a cargo de la Superintendencia del Medio Ambiente (LyD, 2014).

Si bien el proyecto de ley que establece marco para la gestión de residuos y REP ingresó a la Cámara de Diputados en septiembre del 2013, a junio de 2015 aún no ha sido promulgado, ya que se encuentra en Segundo trámite constitucional (ver definición en Anexo 2) (Cámara de Diputados de Chile, 2015). No obstante, Chile está obligado a cumplir en plazos establecidos, una serie de requerimientos estipulados por la OCDE en relación a definiciones, normativa, movimientos transfronterizo de residuos, entre otros, debido a compromisos asumidos con este organismo (MMA, 2012).

Pese a la ausencia de normativas sobre el reciclaje, Chile está intentando formalizar éste negocio a través del desarrollo del Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER), con el objetivo de integrar en una sola plataforma la declaración de los residuos, el cual se implementará a través del Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (MMA, 2012), y la creación de la Política de inclusión de recicladores de base, cuyo objetivo es formalizar el trabajo de éstos trabajadores (recicladores de base) para que puedan acceder a beneficios de salud, vivienda y condiciones laborales adecuadas, como cualquier trabajador (Revista Educación Ambiental, 2011).

Cabe destacar que muchas empresas se encargan de la gestión integral de sus residuos, formando alianzas con empresas recicladoras, pese a no ser una exigencia de la legislación nacional. Tal es el caso de la Compañía Minera Antofagasta Minerals S.A., quienes tienen como visión “generar valor ambiental, yendo más allá de lo que establece la legislación”<sup>10</sup>.

### **1.3.2. Antecedentes Económicos**

El reciclaje de cobre en Chile es una actividad que se encuentra muy reducida en comparación con el mercado primario. Durante el 2014 Chile exportó 5.945.900 t de cobre fino (SONAMI, 2015), de las cuales solo un 0,1% correspondió a cobre reciclado (Revista Minería Chilena, 2014).

El precio del cobre reciclado en Chile, se regula a partir del precio fijado en Bolsas de Metales, donde la más grande es la Bolsa de Metales de Londres, además de la de Nueva York y Shangai (CODELCO, 2012). Este precio asignado por las Bolsas de Metales se utiliza en el mercado del cobre reciclado como el precio base para fijar el resto de los precios según actor<sup>12 y 13</sup> (Cuadro 3)

---

<sup>10</sup> Castro, P. 2014, julio. Reciclaje en Antofagasta Minerals S.A. [Entrevista personal]. Oficina de trabajo, Alcántara 401. Antofagasta Minerals. S.A.

Cuadro 3. Precios promedio (en CLP) por kilogramo de cobre según tipo de cobre y según actor durante el 2014.

Tipos de cobre	Precio fijado en Bolsa de Londres 2014	Precio venta intermediarios secundarios	Precio venta intermediarios primarios	Precio venta recicladores de base
	CLP/kg			
Cobre puro (99,9% pureza)	4238(1)	4238(2)	3600	3000
Cobre 3a (cobre estañado o cobre sucio)	-		3300	2800
Cobre quemado(3)	-		3000	2500

Fuente: Elaboración propia (2015).

(<sup>1</sup>): Precio obtenido a través del producto entre el precio promedio diario del cobre durante el 2014 (COCHILCO, 2014) y el precio promedio del dólar durante el mismo año (SII, 2015).

(<sup>2</sup>): Dado que los intermediarios secundarios no accedieron a dar información se infiere que el precio pagado por el cobre puro es el mismo que el precio asignado según la Bolsa de Londres; considerando además que China paga más por el cobre reciclado que por el cobre primario (Minería Chilena, 2014).

(3): El cobre quemado es el cobre contenido en diferentes residuos plásticos que para ser extraído debe pasar por un proceso de incineración<sup>9</sup>.

En general, el cable no se quema para recuperar el cobre, sino que se desprende el plástico manualmente<sup>10</sup>, ya que el cobre quemado se castiga en el precio de compra-venta al estar asociado al cable robado (al estar el cable quemado, el comprador no puede comprobar la procedencia del cobre). La reducción del precio es una medida que fue tomada debido al reiterado robo de cables del tendido eléctrico (CONAMA, 2009).

Si bien no se tiene registro sobre la cantidad exacta de dinero que éste tipo de negocio puede generar (debido a la informalidad del rubro) si se considera un negocio “*bastante lucrativo*” por quienes participan en él <sup>11 y 12</sup> (Cuadro 4).

Cuadro 4. Ingresos por venta, según actor, por kilogramo de cobre reciclado (en CLP)

Actor	Cu reciclado
	CLP/kg
Reciclador de Base	3000
Intermediario Primario	600
Intermediario Secundario	638

Fuente: Elaboración propia (2015)

De acuerdo al Cuadro 4 los recicladores de base son quienes reciben un ingreso mayor. No obstante, hay que considerar que los recicladores de base venden volúmenes de cobre pequeños, y que utilizan horas de trabajo en recolección, desmantelamiento, clasificación y

<sup>11</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

<sup>12</sup> Rojas, M. 2014, julio. Intermediarios primarios. [Entrevista Personal]. Buin, RM.

separación de residuos, obteniendo menos de 20.000 pesos diarios. Por esta razón, los negocios más rentables corresponden a la compra-venta y exportación del cobre reciclado<sup>13</sup>.

En Chile, a nivel gubernamental no existen incentivos económicos para potenciar el reciclaje de cobre. Esto se agrava aún más, si se considera que los contratos de disposición final de los municipios disminuyen costos mientras mayor es la cantidad de residuos dispuestos (MMA, 2012 y Parra, 2011). Debido a éstas razones, los municipios manifiestan que la disposición de residuos es mucho más económico que la opción del reciclaje. Es así como lo “ambientalmente adecuado” no va de la mano con lo “económicamente conveniente” (CONAMA, 2005b).

### **1.3.3. Antecedentes Sociales**

Según el Instituto Nacional de Estadística, el Censo Nacional de Población del 2012 indicó que un 16,9% de los chilenos recicla. No obstante, la mayoría de las personas que dice reciclar, solo reciclan cartones, botellas o plásticos, siendo muy pocos los que reciclan artículos electrónicos o residuos de cobre por cuenta propia (Gutiérrez, 2013).

La Región de Valparaíso, con un 48% de reciclaje, es la región que presenta un porcentaje mayor de personas que indica reciclar, siguiéndole la Región del Biobío con un 37% y la Región Metropolitana con un 29% (Gutiérrez, 2013). Sin embargo, hay que considerar que la RM concentra casi el 50% de la población nacional y genera la mayor cantidad de residuos municipales con una participación del 43% (MMA, 2012).

De las personas que no reciclan, las principales razones son que no tienen el hábito (41%), no saben dónde hacerlo (29%) o simplemente consideran que es complicado (20%). Esto se intensifica aún más, si se considera que existen varios prejuicios asociados al reciclaje, tales como el mito urbano de que los residuos recolectados en puntos limpios se juntan con la basura domiciliaria y terminan en rellenos sanitarios (Gutiérrez, 2013).

Las municipalidades, quienes son responsables de la gestión de los residuos, no se han encargado (en su mayoría) de sensibilizar a su población para lograr mayores tasas de reciclaje, debido a la ausencia de fondos (Labarca, 2013).

A nivel nacional se han impulsado pocas iniciativas para promover la participación ciudadana en temas de reciclaje; entre ellas destacan pequeños programas municipales y campañas organizacionales sin fines de lucro, tales como i) el ‘Taller de diálogo para un sistema de reciclaje municipal sostenible e inclusivo’ ejecutado por Fundación Casa de la Paz y el Movimiento Nacional de Recicladores de Chile A.G., cuyo objetivo fue identificar desafíos y aunar esfuerzos para trabajar en torno a una agenda de interés común en el reciclaje (AVINA, 2013); y ii) el Plan de Acción Santiago Recicla (Labarca, 2013), cuyo objetivo general es aumentar de un 14,4 % a un 25 % el reciclaje de residuos sólidos en la

---

<sup>13</sup> Intermediarios primarios. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Barrio Franklin.

RM para el 2020, de acuerdo a tres líneas de acción: cadena de reciclaje, difusión y educación, e institucionalidad y normativa (CONAMA et al., 2009).

La población chilena participa en campañas de reciclaje motivadas, en general, por la beneficencia. Debido a ello, las campañas de reciclaje con fines benéficos son percibidas como acciones caritativas y no como acciones de reciclaje (Parra, 2011).

Con respecto temas educacionales, existen varios establecimientos que participan del Sistema de Certificación Ambiental, enfocando su interés en el manejo de sus residuos y en campañas de reciclaje. Sin embargo, existen problemas técnicos asociados, como la falta de sistemas coordinados de retiro, lo que provoca un desincentivo en la comunidad educativa, generando niveles de frustración que inciden en que dichos establecimientos prefieran mantener el enfoque sanitario del manejo de residuos en desmedro de campañas de valorización (CONAMA et al., 2009).

El proyecto de Ley Marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida del productor considera mecanismos de apoyo a nivel social (Cuadro 5), entre los que destacan educación ambiental en el manejo de residuos y la cooperación e involucramiento de las municipalidades (MMA, 2013).

Cuadro 5. Mecanismos de Apoyo de la Responsabilidad Extendida del Productor

Artículo	Tipo	Mecanismo de apoyo
26	Educación Ambiental	El MMA diseñará e implementará programas de educación ambiental destinados a transmitir conocimientos y crear conciencia en la comunidad sobre la gestión ambientalmente racional de los residuos.
27	Municipalidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Podrán celebrar convenios con sistemas de gestión;</li> <li>b) Procurarán destinar suficientes áreas bajo su administración para la instalación y/u operación de instalaciones de almacenamiento, a través de la celebración con los sistemas de gestión;</li> <li>c) Incorporarán en sus ordenanzas municipales, cuando así lo estimen necesario, la obligación de recolectar los residuos de manera separada.</li> </ul>
29	Recicladores de base	Los recicladores de base podrán participar en la gestión de residuos para el cumplimiento de metas, siempre y cuando estén debidamente certificados en el marco del Sistema Nacional de Certificación de Competencias Laborales establecido en la Ley N° 20.267.

Fuente: MMA, 2013.

#### **1.3.4. Antecedentes Ambientales**

El cobre en forma metálica no contamina. De acuerdo a estudios realizados por Codelco (2009) se ha respaldado la seguridad del uso del cobre metálico, indicando que el cobre de alta pureza es un producto de muy bajo riesgo para el medio ambiente y las personas. Si bien el ion (átomo con carga) de cobre disuelto en agua puede tener efectos nocivos bajo ciertas condiciones, esta característica es de escasa relevancia para las formas metálicas masivas del metal (que son las que derivan del cátodo de cobre) debido a que la tasa de liberación de iones de cobre desde estas formas al medio ambiente es muy baja. Por lo tanto, el potencial de exposición humana o ambiental a iones de cobre asociado a formas metálicas de cobre es prácticamente cero (CODELCO, 2009).

No obstante, el cobre reciclado puede estar contenido en residuos que presentan otros elementos (RAEE) y que su indebida gestión puede generar impactos tales como afectación de la calidad del agua y alteración de las características hidráulicas (tanto superficiales como subterráneas), alteración de la cantidad de biomasa (vegetación y fauna), alteración de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos, emisiones atmosféricas de dioxinas y furanos, sulfuros de hidrógeno, entre otros; emisión de gases de efecto invernadero, enfermedades provocadas por vectores sanitarios, impactos paisajísticos, riesgos de accidentes como explosiones o derrumbes, mal olor, contaminación acústica derivada de transporte de residuos, etc. Además, incide en la reducción del espacio en vertederos y rellenos sanitarios y en la pérdida de recursos potencialmente reciclables (MMA, 2012).

Con respecto al proceso de fundición, Chile no cuenta con fundiciones acondicionadas para el tratamiento de cobre proveniente de RAEE, pero si para el tratamiento de cobre primario. No obstante, al ser las fundiciones un tema ambientalmente complejo, muchas empresas declaran querer alejarse de estas, no solo por la emisión de contaminantes tóxicos como de dióxido de sulfuro y arsénico, sino porque son cada vez menos rentables, debido a la alta oferta que ofrecen países como China, al contar con un exceso en la capacidad de fundición (Revista Business Chile de la Cámara Norteamericana de Comercio, 2011).

La Fundición Alto Norte en Chile, ha estado evaluando reciclar RAEE a través de su horno de fundición. Durante el 2002 fue presentada la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) “Proyecto Fundición Chips de Electrónicos Reciclables”, la cual fue rechazada, ya que la magnitud de los impactos ambientales que puede provocar este tipo de proceso, no puede ser justificada mediante una simple DIA. Actualmente se siguen realizando investigaciones para poder reciclar RAEE en Alto Norte. Sin embargo, aún es importante invertir en I+D, ya que la tecnología que se requiere es sumamente necesaria para realizar un proceso adecuado<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Alegría, M. Septiembre, 2014. Reciclaje del cobre. [entrevista personal]. Apoquindo 4001. Codelco.

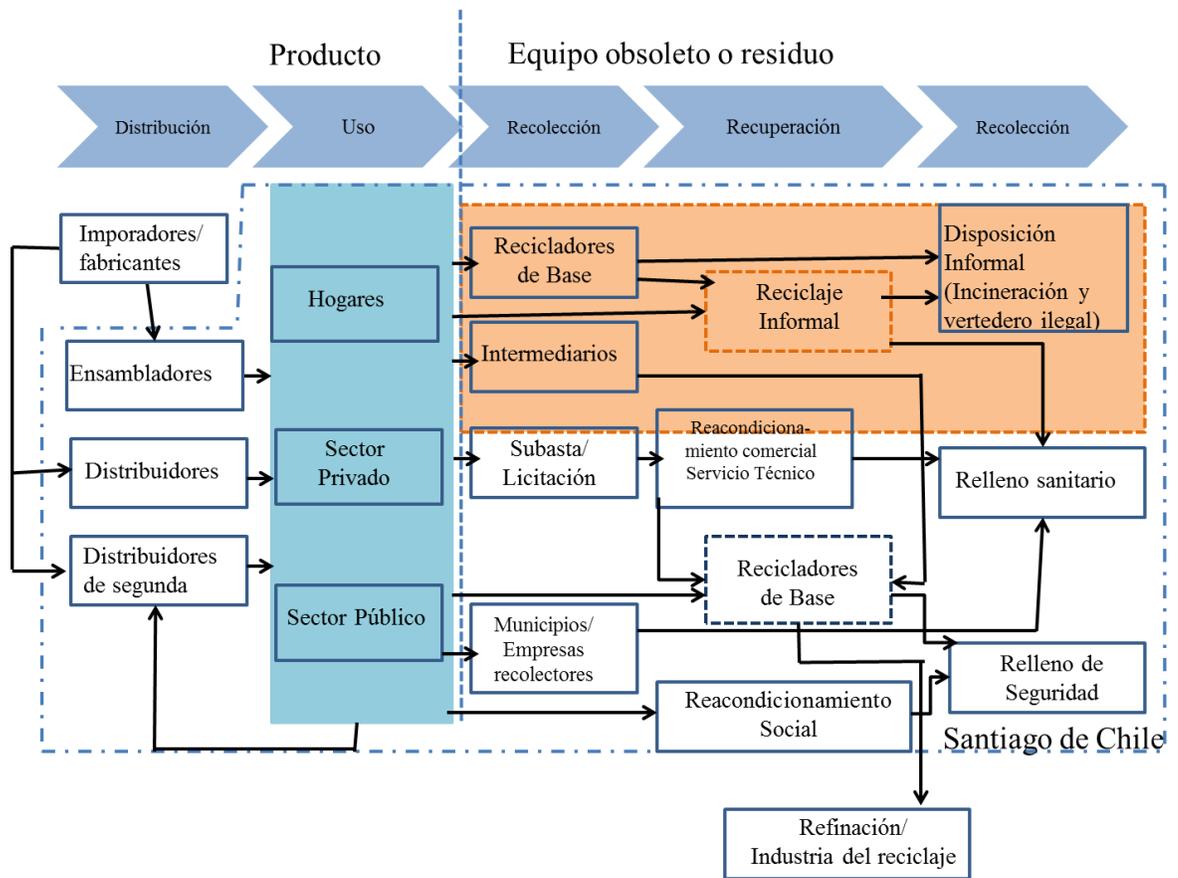


Figura 2. Modelo de manejo de residuos electrónicos en Santiago de Chile (Wolfensberger, 2009).

## **2. Modelos de reciclaje de cobre a nivel internacional**

### **2.1. Modelo de éxito ambiental: Umicore**

Umicore es una empresa que representa un modelo de reciclaje de cobre de éxito ambiental. Debido a que transformó su proceso productivo desde la refinación de concentrados, al reciclaje y la producción de materiales de alta tecnología, con el fin de abordar el tema de la contaminación que durante décadas provocó a la comunidad local, siendo su principal enfoque la mejora de su desempeño ambiental (Umicore, 2013).

Esta empresa destaca, ya que mantiene un modelo de negocio de ciclo cerrado que le permite generar grandes ganancias y pocos residuos, centrando sus actividades en cuatro áreas de negocio: Catálisis, Materiales de Energía, Materiales de Rendimiento y Reciclaje (Umicore, 2014a).

El área de reciclaje opera a través de la unidad de negocio de Refinación de Metales Preciosos de Umicore (RMPU) ubicada en Hoboken cerca de Antwerp, Bélgica. Esta unidad comenzó sus operaciones en 1887 con un proceso de tratamiento de plata y más tarde tratamiento de plomo contenido en materias primas. Durante un periodo de cien años, la unidad fue ampliada continuamente y a finales de la década de 1980 las instalaciones y procesos se centraron principalmente en la refinación de materias primas. Desde 1990 en adelante Umicore tomó la decisión estratégica de centrarse en el tratamiento de complejos de metales preciosos y especiales contenidos en subproductos. Entre 1995 – 2001 la unidad de negocio de RMPU comenzó a buscar maneras de alejarse de la refinación de concentrados y enfocar su negocio al reciclaje. El departamento de gestión de la RMPU junto a la colaboración del equipo de Investigación y Desarrollo (I+D) de Umicore, iniciaron un intenso periodo de pruebas, cuyo resultado se pudo apreciar a principios del 2000 con la implementación de nuevos equipos y procesos de flujo que se ejecutaban de manera exitosa. Desde entonces, la planta ha optimizado continuamente sus operaciones, tal que durante el 2003 se puso en marcha una nueva instalación de Lixiviación y Electro-Obtención, y en el 2008 se reemplazó parte de la etapa de refinación con un nuevo desarrollo de flujo de proceso metalúrgico que aumentó significativamente la velocidad del proceso (Hagelülen, 2006).

El área de reciclaje de Umicore es actualmente la planta de reciclaje de metales preciosos más grande del mundo, cuya inversión bordea los 250 millones de euros (Umicore, 2014b). Durante el 2013 fue considerada la empresa más sustentable del mundo según la revista *Corporate Knight*.

#### **2.1.1. Proceso de Reciclaje de Cobre**

El proceso de reciclaje se divide en tres etapas: 1) Etapa de pre-procesamiento; 2) Etapa de operaciones de metales preciosos; y 3) Etapa de Base de Operaciones de Metales.

## **1) Etapa de Pre-Procesamiento**

La primera etapa comienza con el desmantelamiento de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en instalaciones ubicadas en Estados Unidos (Maxton), Alemania (Hanau) (Hagelülen, 2006) y África (Umicore, 2014c).

Los residuos desmantelados son exportados a la planta de Umicore ubicada en Hoboken, Bélgica (Umicore, 2014c). En este lugar se realiza la toma de muestras a los materiales que ingresan, con el fin de determinar el contenido exacto de todos los metales presentes en los AEE desmantelados (Umicore, 2014c). Toda la gama de subproductos industriales y materiales reciclables se muestrean en el sitio. La determinación precisa de la composición exacta y el contenido de metal precioso de los materiales recibidos es fundamental para permitir una relación correcta con los clientes y dirigir el óptimo procesamiento del material a través de la planta (Hagelülen, 2006).

Luego de la toma de muestra los dispositivos que contienen distintos metales son triturados, para pasar a un proceso de clasificación, en el cual se utiliza separación magnética para piezas ferrosas, separación de corrientes de Foucault (conductividad eléctrica) para el aluminio, y la separación por gravedad para el resto de los materiales. Los flujos de salida finales se componen de una fracción magnética (que va a un tratamiento en una planta de acero), una fracción de aluminio (fundición de aluminio), una fracción de Cobre (fundición de cobre), fracción de plástico y los residuos, que se componen generalmente de vidrio, madera, caucho, etc. (Hagelülen, s.f). Una vez clasificados, los materiales pasan a la siguiente etapa.

## **2) Etapa de Operaciones de Metales Preciosos**

Las principales etapas de procesamiento de las Operaciones de Metales Preciosos (OMP) son la fundición, lixiviación y electro-obtención de cobre y la refinación de metales preciosos (Hagelülen, 2006).

La etapa de fundición se realiza en un horno de acero de 15 metros de altura y 3,5 metros de ancho, revestido con ladrillos refractarios de alta calidad (Isasmelt, s.f.), capaz de fundir aproximadamente 1000 toneladas de materiales en un día, a través de una tecnología de fusión por lanza sumergida (Simposio Internacional John Floyd sobre el desarrollo sustentable en el procesamiento de metales, 2005). El producto intermedio es un lingote de cobre que contiene metales preciosos, los que se tratan en la etapa de Lixiviación y Electro – Obtención, mientras que el resto de los metales se concentran en una escoria de plomo que se tratan en la Base de Operaciones de Metales (Hagelülen, 2006).

La lixiviación es el proceso de extracción de un componente soluble a partir de un sólido por medio de un disolvente (Luda, 2011). El disolvente utilizado en Umicore es el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), el cual se obtiene en la planta de ácido sulfúrico de la empresa, a través del proceso de contacto que convierte el  $SO_2$  (gas generado en el horno de fundición de cobre) en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) (Hagelülen, 2006). Este ácido es capaz de disolver cobre y parte de plata (Luda, 2011). El resto de los metales preciosos no se disuelven con este

ácido, por lo que se extraen en un residuo que se refina en la refinera de metales preciosos (Hagelülen, 2006).

La solución de cobre lixiviada es enviada a la etapa de Electro – Obtención. En esta etapa la solución de cobre pasa a una serie de celdas dispuestas en forma de cascada, aplicándose una corriente continua, en donde el cobre puro se deposita en el cátodo, mientras que los metales preciosos caen al fondo de la célula, recogándose en forma de lodos (Xstrata copper, 2008).

Posteriormente el lodo que contiene metales preciosos va a la refinación de metales preciosos, en donde pasa por dos procesos: i) la copelación, que consiste en la disposición de tortas o botones de plomo en recipientes porosos llamados copelas, ubicadas dentro de un horno, que absorben el plomo cuando éste se oxida (PbO), dando como resultado un grano que contiene plata, oro y el mismo de los metales del grupo de platino; y ii) el refinado, en el cual se separa el oro y la plata mediante el tratamiento con diferentes medios ácidos. Los metales del grupo del platino pueden recuperarse con ácido nítrico (Quesada, 2006), mientras que para recuperar metales preciosos, el concentrado se disuelve en ácido clorhídrico hirviendo con introducción de gas de cloro. Más tarde se realizan etapas de purificación más complejas necesarias para obtener un producto vendible, que presente un grado de pureza entre los 99,5% a 99,95% (Saurat, M. 2006).

### **3) Etapa de Base de Operaciones de Metales**

La Base de Operaciones de Metales (BMO) procesa los subproductos de la etapa de OMP. Sus principales pasos de procesamiento son los altos hornos de plomo, la refinera de plomo y la planta de metales especiales (Hagelülen, 2006):

El alto horno de plomo reduce la escoria de plomo oxidado proveniente del horno de fundición de cobre (IsaSmenlt) junto a la materia prima terciaria de alto contenido en plomo, transformándolos en lingotes de plomo impuro con níquel, cobre y escoria agotada. El lingote de plomo impuro se trata en la refinera de plomo para producir plomo metálico puramente comercial y separar los metales valiosos de impurezas. Entre los subproductos se encuentra la mata de cobre que es devuelta al fundidor de cobre, y la escoria agotada que se vende para ser utilizada en la industria del cemento o como material de construcción (Hagelülen, 2006).

En la planta de metales especiales se recupera y refina el indio, selenio y telurio (Umicore, 2013), proveniente del residuo de metales especiales generado en la refinera de plomo (Hagelülen, 2006).

Finalmente, en la planta de Olen se lixivia el níquel proveniente del speiss níquel (proveniente de los altos hornos de plomo), convirtiéndose en sulfato de níquel (Hagelülen, 2006).

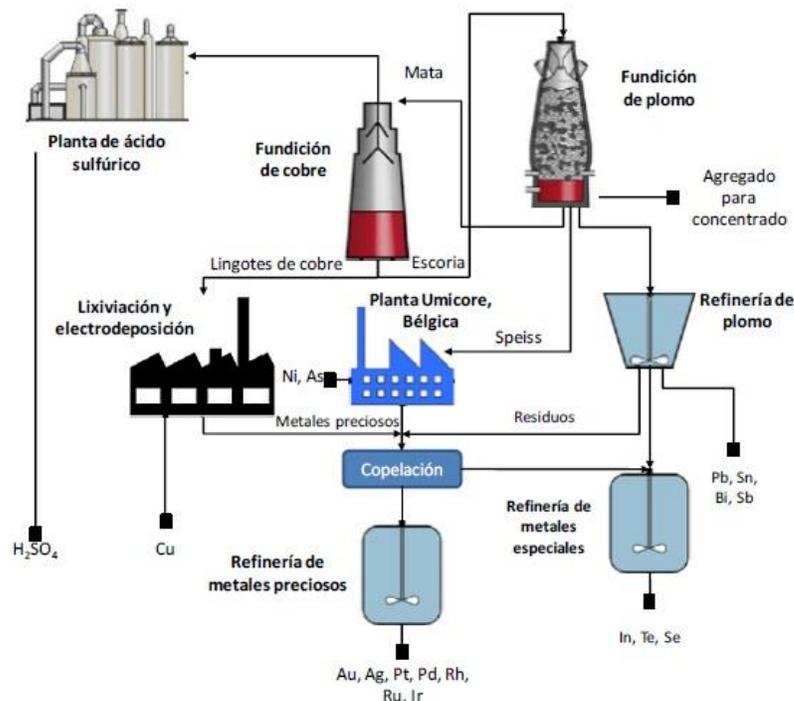


Figura 3. Diagrama de flujo de procesos realizados en planta de Umicore ubicada en Hoboken, Bélgica (Olivera, 2013).

Umicore ha destacado por implementar la eco – eficiencia en todas sus inversiones, es por ello, que la mayoría de sus procesos son sumamente eficientes, de bajo consumo de energía, reducción de emisiones de ruido, reducción de emisiones de gases y por consiguiente un menor impacto en el medio ambiente. Además de poseer instalaciones de limpieza de aguas residuales y de gas a partir de tratamiento biológico, lo que ha permitido reducir aún más las emisiones de metales en las aguas residuales de la planta y el aire (Umicore, 2013).

- **Residuos**

En Umicore se tratan más de 200 materiales diferentes, que se obtienen de equipos al final de su vida útil, entre los que destacan: catalizadores industriales gastados, basura electrónica, catalizadores gastados de automóviles, metales preciosos contenidos en materias primas y productos no féreos, reciclando aproximadamente 350.000 toneladas de residuos por año, incluyendo 40.000 toneladas de electrónicos rechazados por las mismas empresas productoras (Umicore, 2013).

Los residuos provienen de todas partes del mundo (Umicore, 2013). Sin embargo, los proveedores de residuos desmantelados son seleccionados a partir de tres elementos clave: tiempo de retorno, tasa de retorno de metales preciosos y los cargos de sus servicios (transporte, desmantelamiento, etc.) (Commission of the European Communities, 2003).

Los resultados indican que con 50.000 celulares viejos, la compañía es capaz de extraer una barra de 1 kg de oro puro, 350 kg de cobre, entre otros metales (Hoffmann y Sempels, 2013). Además, el reciclaje ofrece recursos significativos con una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que según Umicore (s.f.) extraer 1 kg de oro de una mina bajo tierra requiere la eliminación de 200 toneladas de roca, mientras que con el procesamiento de 3-4 toneladas de chatarra se puede recuperar la misma cantidad del metal precioso.

- **Materiales Recuperados**

Umicore tiene la capacidad de producir 70.000 toneladas de 17 metales diferentes, entre los que destacan 1000 toneladas de metales preciosos. Los metales recuperados se utilizan principalmente en las empresas de productos de Umicore, mientras que el resto de los metales producidos se venden en el mercado. El cobre obtenido a través del proceso de reciclaje se vende en forma de cátodos de cobre (Raskin, 2012).

El volumen de producción es determinado por el suministro de materiales disponibles al final de su vida útil, no por la demanda de los mercados de metales (Raskin, 2012). No obstante, la capacidad de reciclado de cobre de Umicore corresponde a 30.000 toneladas por año (Anexo 1)

## **2.1.2. Contexto Histórico del éxito ambiental**

Para entender cuáles fueron las razones por las que la empresa Umicore ha tenido un desarrollo exitoso, es necesario reseñar los antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales. A continuación se describen los antecedentes mencionados:

### **2.1.2.1. Antecedentes Institucionales**

Durante 1991 la UE comenzó a tratar el tema de los residuos, debido a que el crecimiento económico y los cambios en los patrones de consumo en los estados miembros aumentaron la generación de éstos (Capus et al., 2008). En ese año, se creó la Directiva Marco 91/156/CEE, que define los residuos, una escala jerárquica en las formas de gestión, presenta la obligación de establecer planes de gestión de residuos, y dispone que el costo de la gestión de los residuos recaiga sobre el productor de los mismos. Posteriormente se crea la Directiva 91/689/CEE relativa a los residuos peligrosos, que abarca temas tales como, la prevención y reducción de la producción de los residuos y su nocividad, el uso de tecnologías limpias y productos menos contaminantes, la valorización de los residuos mediante reciclado, reutilización o recuperación, la creación de una red integrada y adecuada de instalaciones de eliminación y la obligatoriedad de establecer uno o varios planes de gestión de residuos peligrosos (Ecosmep, s.f.).

En el 2003 entró en vigor la Directiva sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, que estableció medidas destinadas a prevenir la formación de residuos eléctricos y electrónicos y a fomentar su reutilización, reciclado y otras formas de valorización (Unión Europea, 2003); junto a desarrollos similares en Norte América y otras partes del mundo,

aumentó significativamente la cantidad de equipos electrónicos al final de su vida útil que estaban disponibles para su tratamiento, situación que Umicore convirtió en una oportunidad (Hagelülen, 2006 y Comisión Europea, 2010).

Los objetivos de la Directiva sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos son principalmente para evitar el envío de RAEE a vertederos o incineradores, promoviendo la reutilización y reciclado de los mismos. En base a estos objetivos se fijaron medidas tales como responsabilizar de la organización de la recolección de RAEE y el financiamiento de su reciclaje a los productores de AEE (Unión Europea, 2003), exigir a los productores a proporcionar información de la reutilización y el reciclaje de sus AEE, establecer la retirada gratuita para los RAEE provenientes de hogares particulares, mientras que en hogares no particulares los usuarios deben asumir la totalidad o parte de los costos. Y para el caso de las plantas de tratamiento de los RAEE, se estableció que se deben mantener registros de la cantidad de RAEE que entran y salen de las instalaciones de tratamiento (Hagelülen, 2006).

La Directiva sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos también normaliza la situación de los consumidores, quienes deben poder devolver sus equipos sin coste alguno, considerando que las empresas deben garantizar la oportuna recogida de éstos (Comisión Europea, 2013).

Desde la entrada en vigor de la Directiva de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos se han estipulado una serie de modificaciones. La última modificación se creó en el 2012 y estableció como objetivo principal contribuir a la sostenibilidad en la producción y consumo por medio de la prevención de la generación de RAEE (Unión Europea, 2003).

La normativa sobre residuos en la UE es avanzada (Comisión Europea, 2010). No obstante, aún persisten problemas relacionados al traslado ilegal de residuos a países de Asia y África (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2008), ya que el traslado de residuos a estos países es mucho más económico que el tratamiento de los mismos en la UE, debido a la escasa o nula legislación de residuos con la que cuentan (Blázquez, 2011). Para evitar este problema, la UE estableció un sistema de vigilancia y control de residuos dentro de sus fronteras y con los países de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC) y de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), así como con los terceros países que son parte del Convenio de Basilea<sup>15</sup> (Unión Europea, 1993).

Según Marc Grynberg, Consejero Delegado de Umicore desde noviembre de 2008, la UE cuenta con un marco regulatorio y legislativo avanzado, de modo que probablemente no sean necesarias más leyes; pero si es necesario centrarse en su cumplimiento (Comisión Europea, 2010). Normas de residuos tales como la Directiva sobre residuos electrónicos, la Directiva marco de residuos, la Directiva relativa a los vehículos al final de su vida útil o la Directiva sobre pilas y acumuladores, han contribuido a mejorar las cifras de reciclado (Hernández, 2011).

---

<sup>15</sup> Convenio sobre control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (Unión Europea, 1994).

Los controles de emisión cada vez más estrictos, también son normativas que obligaron a Umicore a mejorar su proceso productivo, ya que existía la fama de que eran grandes contaminadores (Antwerp Headquarters, 2009).

### **2.1.2.2. Antecedentes Económicos**

En 1887 la planta de Refinación de Metales Preciosos Umicore basaba su modelo de negocio principalmente en “extraer-fabricar-usar-eliminar” (Holemans, s.f). Desde 1968 Umicore dejó de recibir materia prima para la refinación, dado que las operaciones de extracción de metales centradas en cobre, estaño, cobalto y metales preciosos llegaron a su fin, luego que el gobierno de Zaire (actualmente rebautizado como Congo) nacionalizara los activos de la minera (Umicore, 2014d y Wandiga, 2014a). Desde ese periodo Umicore invirtió sus activos para adquirir conocimientos sobre el reciclaje y de esa forma cambiar la imagen de empresa contaminadora que tenía (Comisión Europea, 2010). Se creó de esta forma un “Plan Industrial” para transformar la planta de Hoboken en un sistema de extracción de metales preciosos a partir de fuentes secundarias, reduciendo de ésta forma la contaminación al limitar la cantidad de recursos enviados a vertederos y reduciendo sustancialmente las emisiones de CO<sub>2</sub> (Comisión Europea, 2010), todo ello enfocado a su vez en un aumento en el rendimiento económico. De acuerdo a Bruvé (2011) la obtención de metales a partir del reciclaje es considerablemente más barato que la extracción de metales a través de la minería.

Para 1995 Umicore contaba con una pequeña capacidad de reciclado. El cambio en el negocio, de modelo lineal (extraer-fabricar-usar-eliminar) a modelo circular (reciclar-fabricar-usar-reciclar) permitió superar el desafío que significa asegurar la disponibilidad de materia prima (metales), ya que ésta es relativamente escasa, o si es abundante, no está distribuidos uniformemente desde una perspectiva geográfica (Comisión Europea, 2010) y además permitió dar respuesta al problema de los residuos (Holemans, s.f.). Según Wandiga (2014b) el modelo de negocio no sólo rescato a la empresa de pérdidas sustanciales, sino que también diversificó su oferta de productos trayendo con ello beneficios económicos significativos.

Desde 1995 la empresa ha invertido un total aproximado de 500 millones de euros en el sitio de Hoboken. Las inversiones más recientes incluyen instalación para el reciclaje de baterías recargables y otros flujos de residuos, una planta de tratamiento de aguas residuales y las nuevas instalaciones de muestreo. Estas inversiones han permitido posicionar a Umicore como el líder mundial de reciclaje de metales (Umicore, 2014e).

El modelo de negocio de ciclo cerrado de Umicore (Figura 4) posee una sólida rentabilidad, ya que los materiales que se reciclan, son utilizados en su mayoría para suplir las necesidades de suministro de metales del resto de las operaciones, es decir, Catálisis, Materiales de Energía y Materiales de Alto Rendimiento (Umicore, 2013). Sin embargo, uno de los riesgos a los que se enfrenta la empresa es la capacidad de vender los metales

obtenidos a partir del reciclaje, que no son utilizados para cubrir las necesidades del resto de las operaciones (Wood, 2014).

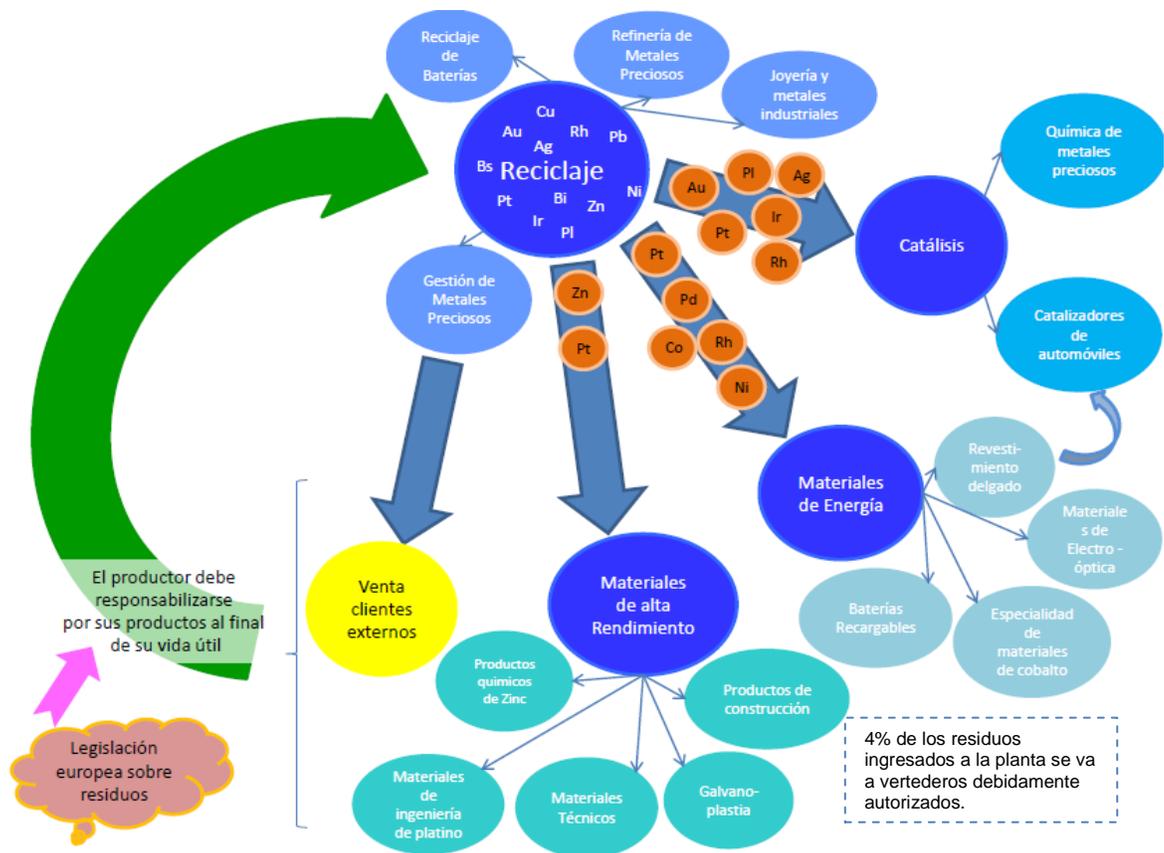


Figura 4. Modelo de negocio de ciclo cerrado de Umicore (Elaboración propia, 2014).

En términos generales, las ganancias en Umicore se ven vinculadas principalmente al uso de los metales reciclados en sus otras áreas de negocio (Umicore, 2014f). De acuerdo a Wood (2014) el negocio del reciclaje se considera el más fuerte en Umicore, es decir, el que presenta mayor estabilidad, pese a que solo representa el 25% de sus ingresos (el 75% de los ingresos corresponden a las otras áreas de la empresa).

Umicore ha realizado inversiones en I+D con un costo aproximado de 135 millones de euros, con una cantidad de 14.500 empleados en todo el mundo (Antwerp Headquarters, 2009), una facturación total en reciclaje en 2013 de 6.663,3 millones de euros y un total de ingresos (excluyendo los metales) de 590,2 millones de euros (Umicore, 2014g).

En la línea con la estrategia de crecimiento de sus actividades de reciclaje, Umicore ha anunciado su intención de ampliar la capacidad de tratamiento en la planta de Hoboken a 500.000 toneladas al año, un aumento alrededor del 40% (Umicore, 2014h).

El cambio de modelo en Umicore se vio favorecido gracias a que UE cuenta con instrumentos de apoyo para impulsar el reciclaje, tales como programas nacionales de adhesión voluntaria para todas aquellas empresas que puedan unirse (evitando de esta forma trámites administrativos y el estrés asociado a estos trámites), múltiples posibilidades de financiación a nivel de la UE, nacional o regional para ayudar a reducir el impacto de los residuos generados por las empresas, etc. (Comisión Europea, 2013). La Comisión Europea (2011a) declaró que entre 2005 y 2006, se proporcionaron alrededor de 4100 millones de euros para facilitar el cierre o la rehabilitación de vertederos ilegales, establecer infraestructuras de gestión de residuos y fomentar sistemas de recogida selectiva de reciclado.

### **2.1.2.3. Antecedentes Sociales**

Los ciudadanos son parte fundamental del tratamiento de los residuos (Comisión Europea, 2005). En 2005 la Comisión Europea publicó la Estrategia temática para la prevención y el reciclaje de residuos (Comisión Europea, 2014), la cual establece como objetivo convertir a la UE en una “sociedad del reciclado” (Comisión Europea, 2011b). Si bien una “sociedad de reciclado” favorecería las tasas de reciclaje en la UE, cabe destacar que Umicore recibe residuos de diferentes partes del mundo, por lo que no depende solamente del reciclaje que se realice en su país (Hagelülen, 2006).

Grynberg señala que el modelo económico que rige en la UE, se ha convertido en una oportunidad para las empresas recicladoras como Umicore, sobre todo en los casos en que los consumidores estén dispuestos a pagar más por los productos que cuiden mejor el medio ambiente o que se fabriquen de forma diferente (Comisión Europea, 2010).

Cabe destacar que existen grandes diferencias en los índices de reciclado entre los estados miembros de la UE (Unión Europea, 2011). Bulgaria por ejemplo, es el país menos ecológico al no reciclar y depositar toda su basura en vertederos (Fernández, 2011). Esto debido a que la legislación europea deja a elección de cada estado fomentar la gestión de sus residuos (Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2008).

### **2.1.2.4. Antecedentes Ambientales**

Umicore posee una larga trayectoria de contaminación producida por las actividades refinación de metales que se realizaban desde 1887 en las instalaciones de Hoboken (Meynen, 2013).

El inicio de estos antecedentes se remonta a 1920, cuando los trabajadores de la planta de Hoboken comenzaron a pedir reconocimiento de la intoxicación por plomo como enfermedad profesional (CEECEC, 2010).

A principios de 1970 se produjeron varias extinciones masivas de abejas en los municipios que se encontraban a favor del viento de la fábrica, resultando en grandes pérdidas de cosechas de miel. En 1973 muchas personas comenzaron a notar que la ropa secada en el

jardín presentaba agujeros cuando el viento soplaba desde la fábrica de Umicore. Sin embargo, solo cuando decenas de vacas y caballos comenzaron a morir después de pastar cerca de la planta, se midieron las concentraciones de plomo, arsénico y otros contaminantes potencialmente peligrosos en el suelo. Según Gijssels (1979, citado por CEECEC, 2010) los niveles de plomo eran setenta veces superior a lo normal y estaban más de 20 veces por encima del límite legal, mientras que los niveles de arsénico fueron superados incluso hasta en 225 veces. La empresa en este caso admitió que eran los responsables de la contaminación, y en posteriores conversaciones los agricultores reconocieron que se les pagaba en secreto una indemnización por cada vaca muerta. En el mismo año el Ministerio de Salud escribió una carta a la municipalidad para desalentar el cultivo de frutas y verduras de cosecha propia en Hoboken, actividad que había sido ampliamente practicada en la comunidad (CEECEC, 2010).

En 1981 la compañía dio a conocer información sobre la verdadera magnitud de los daños, admitiendo que se recetaba a los trabajadores de manera ilegal píldoras abortivas de plomo, con el fin de disminuir de manera temporal el plomo contenido en la sangre. Esta confesión no fue menor, ya que si las normas hubiesen regido desde ese entonces, dos mil trabajadores, es decir, dos tercios de la fuerza de trabajo hubiesen podido cobrar en este momento un monto aproximado de 7,7 millones de euros<sup>16</sup> (CEECEC, 2010).

Durante 1997 Umicore firmó un acuerdo voluntario con el gobierno flamenco para limpiar la contaminación histórica, el que se convirtió en un pacto formal el 2004, incluyendo la participación del Ministro Flamenco de Medio Ambiente, Jef Tavernier<sup>17</sup> y OVAM<sup>18</sup> (Meynen, 2013). En ese pacto Umicore acordó gastar 77.000.000 de euros en la remediación de suelos y aguas subterráneas en los alrededores de sus plantas de Hoboken (hasta 9 km radio) durante un periodo de 15 años (Umicore, 2008).

Al 2015 la contaminación histórica del suelo en la planta de Hoboken está siendo controlada, a través del cubrimiento del suelo con escombros de ladrillo para evitar la generación de polvo. Mientras que para evitar la contaminación del agua subterránea, Umicore posee una planta de tratamiento de aguas residuales, en donde los ácidos son neutralizados, y los metales, sulfatos y flúor son eliminados por procesos físico - químico. Dos tercios del agua depurada se reutilizan internamente, mientras que el resto se descarga en el río Escalada (Hagelülen, 2006).

En relación al aire, los gases emanados por los hornos de fundición son recuperados a través de filtros de manga, electrofiltros y depuradores. El SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> son controlados continuamente en las salas de control con una indicación directa de los valores medidos. Las emisiones difusas de corrales y caminos son controladas a partir de dispersión

---

<sup>16</sup> Monto estimado a partir del pago por el fondo de enfermedades profesionales entre 2000 y 2007, a los pacientes del sector de los metales preciosos y metales no ferrosos. En este caso el pago era de 3.861 euros al año por trabajador (CEECEC, 2010).

<sup>17</sup> Político holandés, uno de los fundadores del partido Agalev, el precursor de verde (Umicore, 2008).

<sup>18</sup> Agencia pública de residuos de Flandes, Bélgica (Umicore, 2008).

intensiva. Éstas y otra serie de medidas tales como: envío de polvo en bidones o bolsas grandes vaciadas, procedimiento de muestreo libre de polvo, almacenamiento de materiales críticos en recipientes dentro de un almacén, vaciado de los contenedores bajo la aspiración, han permitido bajar las emisiones de polvo, metales, gases y dioxinas en la empresa (Hagelülen, 2006). Umicore ha logrado reducir los impactos en las emisiones de metales en el aire y agua en un 37% y un 44% respectivamente (Balch, 2013).

Con respecto a los residuos generados en la fábrica, Umicore ha intentado encontrar aplicaciones útiles para todas las salidas de la planta. Sin embargo, los residuos que ya no se pueden reciclar son enviados a vertederos debidamente autorizados, representando aproximadamente el 4% del total del material ingresado a la empresa (Hagelülen, 2006).

## **2.2. Modelo de fracaso ambiental: Guiyu**

Guiyu corresponde a un conjunto de aldeas ubicadas en la provincia de Guangdong, en el sureste de China, que se caracteriza por participar intensamente en el reciclaje de desechos electrónicos y ser considerada una de las zonas más contaminadas del planeta, por esta razón representa un modelo de reciclaje de fracaso ambiental.

La historia de reciclaje de Guiyu comienza a partir de 1990 (Minter, 2013 y Adeola, 2011), cuando los gobiernos locales en una acción por cuidar a Guangzhou y Shenzhen (ciudades que estaban emergiendo como grandes metrópolis) de la contaminación asociada al procesamiento de residuos electrónicos, decidieron realizar una reubicación masiva de las fábricas de reciclaje de éstas ciudades, trasladándolas a un conjunto de aldeas agrícolas caracterizadas por su inaccesibilidad al estar situadas entre montañas (Minter, 2013). A partir de 1995 la comunidad tradicional de arroz de Guiyu comenzó a recibir y a tratar desechos electrónicos provenientes de todo el mundo (Puckett et al., 2002 y Leung et al., 2006). El cambio se produjo con rapidez, convirtiendo a Guiyu en el mayor centro de procesamiento electrónico en el sur de China (Minter, 2013).

Conocida como la “ciudad veneno”, en Guiyu son recuperados una serie de materiales a partir de desechos electrónicos sin ninguna medida de protección, ya sea personal o ambiental, esparciéndose componentes tóxicos provenientes del proceso de obtención de metales por la atmósfera, llenando de contaminantes los pulmones de cientos de niños y adultos (Sevillano, 2011).

Este conjunto de aldeas recibe cada año más de un millón de toneladas de desechos electrónicos provenientes de todo el mundo, liderando a las ciudades con mayor caudal de recepción de desechos electrónicos a nivel mundial (Minter, 2013). A continuación se describe el proceso de reciclaje que se lleva a cabo en éste lugar y los antecedentes que incidieron en que sea un modelo de fracaso ambiental.

### **2.2.1. Proceso de Reciclaje**

El proceso de reciclaje de cobre comienza con la recepción ilegal de residuos (en China está prohibido importar RAEE). Éstos residuos ingresan a China, generalmente desde Hong Kong o Taiwán (Guangzhou, 2010 y Minter, 2013), donde se entregan a una compañía comercial con experiencia, que tiene facilidad para ingresarlos al país, ya sea transigiendo ciertas normativas o a través de influencias en aduanas (Guangzhou, 2010). Una vez superadas las barreras de exportación, los barcos arriban en los puertos de Shenzhen, Guangzhou u otros puertos del mar del sur de China, en donde descargan los contenedores marítimos, que posteriormente son comprados por agentes especiales, quienes los transportan a Guiyu (Minter, 2013).

En Guiyu los RAEE son separados según tipo de residuos y tipo de procesamiento. A menudo esta separación se asigna según barrios. Por ejemplo, los que participan en el desmantelamiento de las impresoras van a un barrio, mientras que los que recuperan plásticos van a otro, etc. El desmantelamiento de los residuos implica desmontaje físico con el uso de martillo, cincel, destornillador y mano desnuda. Una de las piezas más tecnológicas utilizadas en este lugar es un taladro eléctrico (Puckett et al., 2002). En ésta operación se realiza la rápida separación de los materiales primarios para su posterior reciclaje. Los diferentes componentes se separan en función de su valor y el potencial para la re-venta (Watson, 2013). Entre ellos se encuentra (Puckett et al., 2002): a) Acero; b) Procesadores y Chips reutilizables; c) Chips y conectores que contienen oro; d) Soldadura; e) Plástico; f) Aluminio; g) Cartuchos de impresora; h) Placas de circuito.

Dentro de las aldeas existen diferentes procesos para recuperar distintos metales contenidos en los RAEE, para recuperar el cobre destacan:

#### **a. Quema de Cables**

Los cables son quemados por los trabajadores en la orilla del río, lugar en donde se realizan la mayoría de las operaciones. La quema se realiza siempre en medio de la noche, lo que evita que las autoridades locales vean fácilmente las columnas de humo negro (Puckett et al., 2002).

Los cables que contienen cobre, generalmente están aislados con materiales de PVC y retardantes de llama bromados, por lo que su quema genera emisiones y cenizas que probablemente contendrán altos niveles de bromados, dioxinas cloradas y furanos - dos de los contaminantes orgánicos más persistentes y mortales (Puckett et al., 2002).

#### **b. Extracción de yugos de cobre a TRC**

Los tubos de rayos catódicos (TRC) de los monitores de ordenador y televisores se venden a China para la renovación de éstos en nuevos televisores y computadoras. Sin embargo, la realidad en Guiyu es otra. Los TRC llegan rotos, por lo que los trabajadores solo se limitan a extraer los yugos de cobre, desechando el resto del material en el proceso. Los yugos posteriormente son vendidos a operaciones de recuperación de cobre (Puckett et al., 2002).

### **c. Reciclaje de Tarjeta de Circuito**

La operación de reciclaje de tarjeta de circuito se realiza de diferentes formas, sin embargo, el enfoque general para el reciclaje de una placa de circuito implica primero un proceso de de-soldadura (Puckett et al., 2002), que consiste en colocar las placas de circuitos en soldadura de plomo-estaño fundida (en un wok sobre una lata encendida a base de carbón) hasta que las virutas puedan ser extraídas. Las virutas se arrancan con alicates y se disponen rápidamente en recipientes (Greenpeace, 2012a y Puckett et al., 2002). Posteriormente, los tableros se extraen y se golpean contra algo, generalmente rocas, para poder extraer la soldadura que se acumula en ellos (Puckett et al., 2002).

Después del proceso de de-soldadura, las placas de circuito despojadas van a otro trabajador menos cualificado, que elimina pequeños condensadores y otros componentes de menor valor. Por último, las tarjetas van a la etapa de quema o a las operaciones de recuperación con ácido, donde se recuperan los últimos metales restantes (Puckett et al., 2002).

Este tipo de reciclaje se considera el más destructivo para el medio ambiente (Puckett et al., 2002), ya que libera grandes cantidades de gases tóxicos en el aire (Greenpeace, 2012a).

Las piezas de plástico, desechos electrónicos y en particular, las carcasas de ordenadores, monitores y partes de teclado plástico son enviadas a un pueblo de Guiyu que se encarga de la transformación de plásticos (Puckett et al., 2002). Este material se transforma en partículas más pequeñas y luego se separa según colores (Greenpeace, 2012a). A continuación, los cúmulos de plástico son empaquetados y enviados a la fusión y extrusión<sup>19</sup> de operaciones. El derretimiento de los plásticos se hace en habitaciones con poca ventilación y sin protección respiratoria frente a los hidrocarburos liberados, especialmente dioxinas y furanos (Leung et al., 2006).

Existe un gran porcentaje de plástico de la corriente de desechos electrónicos que no se pueden reciclar debido a las impurezas o a la dificultad de separarlos por colores, por lo que muchas toneladas de plástico se disponen cerca de las vías fluviales, en pilas que posteriormente son objeto de descarga (Puckett et al., 2002).

En cuanto a los desechos no deseados, una enorme cantidad de material de desechos electrónicos importados y desechos de procesos no son reciclados, sino que se vierten en campos abiertos, a lo largo de riberas de los ríos, estanques, pantanos y en los canales de riego. Estos materiales incluyen vidrio plomado de CRT, placas de circuito reducidos con ácido (lodo), los plásticos mezclados y sucios incluyendo botellas plásticas, cintas de video, cartuchos de tóner y los materiales que se consideran demasiado difíciles de separar.

---

<sup>19</sup> Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta (RAE, 2001).

También se encuentran residuos provenientes de las operaciones de reciclaje, incluyendo cenizas de numerosas operaciones de quema a cielo abierto (Puckett et al., 2002).

La incineración en chimeneas abiertas es otra forma muy común de eliminar los desechos que ya no se reciclaran, como combustibles restantes del desmembramiento exhaustivo de los aparatos electrónicos, lo que genera grandes nubes con dioxinas extremadamente cancerígenas (Leung et al., 2006).

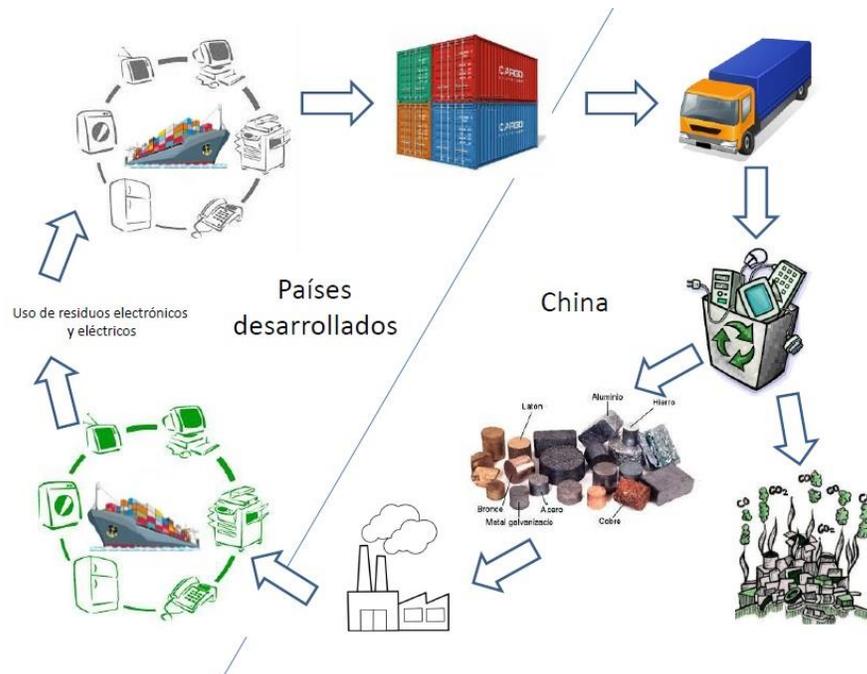


Figura 5. Diagrama de flujo de proceso de reciclaje en Guiyu (Elaboración propia, 2014)

- **Residuos**

Guiyu realiza el tratamiento de 1.55 millones de toneladas de RAEE (Minter, 2013), que se componen de aparatos al final de su vida útil como impresoras, juguetes, televisores, refrigeradores, aparatos de aire acondicionado, autos, computadores, teléfonos fijos y móviles, entre otros. Provenientes desde países de Norteamérica, Japón y en un grado menor desde países de Europa, entre ellos Alemania, Reino Unido, Francia y Noruega (Guangzhou, 2010).

Históricamente los desechos electrónicos que se tratan en Guiyu han provenido de países desarrollados, que cuentan con un sistema de recogida de residuos y reciclaje organizado (Guangzhou, 2010). No obstante, en la actualidad esta situación está dando un giro, ya que China está generando rápidamente su propio suministro de RAEE (ONU citado por Watson, 2013), creando su propia cadena de distribución de residuos, la que se compone de recolectores, intermediarios minoristas, intermediarios mayoristas, y las fábricas de reciclado (Guangzhou, 2010).

- **Materiales Recuperados**

De un total de 1,55 millones de toneladas de RAEE, se obtienen: 138.000 toneladas de plástico, 258.000 toneladas que incluyen hierro, cobre, aluminio y otros metales, y 6,7 toneladas de metales preciosos, de las cuales 5 toneladas corresponden a oro, 1 tonelada de plata y 0.7 toneladas de paladio (Zhang, 2007).

## **2.2.2. Contexto Histórico del fracaso ambiental**

Para entender cuáles fueron las razones por las que Guiyu ha tenido un desarrollo de fracaso ambiental, es necesario reseñar los antecedentes institucionales, económicos, sociales y ambientales. A continuación se describen los antecedentes mencionados:

### **2.2.2.1. Antecedentes Institucionales**

China cuenta con una serie de normativas que establecen regulaciones sobre la importación, tratamiento y gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (Guangzhou, 2010), entre las que destacan:

- Método de gestión del control de polución para productos de información electrónica.
- Medidas administrativas para la prevención y control de la polución ambiental por residuos electrónicos.
- Políticas técnicas de prevención de polución y control de desechos electrodomésticos y productos electrónicos
- Norma de Regulación para la administración de reciclaje y tratamiento de residuos eléctricos y equipamientos electrónicos.
- Adhesión al Convenio de Basilea

Sin embargo, estas normativas en general no se cumplen, ya que China sigue importando residuos, pese a que hay una prohibición específica estipulada en el Convenio de Basilea que no permite la exportación de residuos electrónicos provenientes de países desarrollados como son Estados Unidos a países como China y Vietnam (Watson, 2013).

En 2002 el gobierno de China logró reducir el flujo de basura electrónica que recibían (Watson, 2013) mediante el Reglamento Comunitario CE 1013/2006 de autorización de importación, exportación y traslado de residuos, que prohibía las importaciones de basura electrónica, con el fin de controlar el impacto ambiental (Tobón, 2012). No obstante, las exportaciones que se realizaban a China con residuos electrónicos, iban con la etiqueta de ser equipos en buen estado de funcionamiento y no de residuos, por lo que los contenedores ni siquiera eran revisados (Minter, 2013).

En 2009 entró en vigor la Ley de Promoción de la Economía Circular en China, que estableció medidas para llevar a la economía china hacia métodos económicos más eficientes, enfocándose en la reducción en el consumo, reutilización y reciclaje de recursos. Esto permitiría un aumento en el sector del reciclaje y probablemente también en medidas

importantes del gobierno tendentes a mejorar el sistema de recogida de residuos y a modernizar las industrias del reciclaje, reduciendo de ésta forma el número de empresas del sector, pero aumentando el tamaño y la eficiencia de cada una de ellas con una tecnología más adecuada y menos contaminante (Guangzhou, 2010).

Pese al esfuerzo del gobierno, no ha sido fácil terminar definitivamente con las ilegalidades asociadas a la importación de residuos electrónicos, ya que la economía en China depende en exceso de lo que hace Guiyu (Minter, 2013), no solo por un tema laboral (si los reguladores cerraran definitivamente las operaciones, por todos los impactos que ello provoca, más de 150.000 personas quedarían sin empleo), sino que también por la imperante necesidad de obtener materias primas que permitan alimentar la gran industria China. Los funcionarios en China no hacen mucho para interponerse a las importaciones, ya que los aranceles e impuestos de los desechos electrónicos para reciclaje producen casi el 90 % de los ingresos del gobierno regional (Anónimo A, 2011). El negocio de reciclaje en Guiyu, por lo tanto sigue funcionando, debido a la corrupción y el fraude (Krikkle, 2008).

#### **2.2.2.2. Antecedentes Económicos**

China comenzó a importar productos electrónicos a partir de 1980. La razón de ello: la mano de obra barata y una economía en crecimiento, exigieron todo lo que podía ser extraído de un teléfono o un computador (Minter, 2013). China posee el mercado que recibe mayor parte de las exportaciones de residuos a nivel mundial, en donde su principal proveedor es Estados Unidos (Figura 6), éste último exporta el 40% de sus residuos, de los cuales el 30% se dirige a la provincia de Guangdong, el núcleo más importante de la industria del reciclaje en China y donde se sitúa Guiyu (Guangzhou, 2010).

La industria del reciclaje en China es dispersa y fragmentada. Datos otorgados por la Asociación de Recursos de Reciclaje en Guiyu establecen que los veintiún pueblos que constituyen Guiyu son el hogar de más de 300 empresas privadas y 5.500 talleres familiares (Minter, 2013). Cada negocio en Guiyu opera a una escala bastante pequeña, lo que acarrea una falta de eficiencia, pues el pequeño tamaño de las empresas no permite invertir en maquinaria moderna, debiendo utilizar equipamientos viejos, poco eficientes y muy contaminantes, implicando además la utilización extensiva de mano de obra (Guangzhou, 2010).

El reciclaje de residuos electrónicos en Guiyu es un negocio informal y poco eficiente. Sin embargo, se estima que este negocio permite generar más de 75 millones de dólares al año en ganancias (Cheng, 2011).

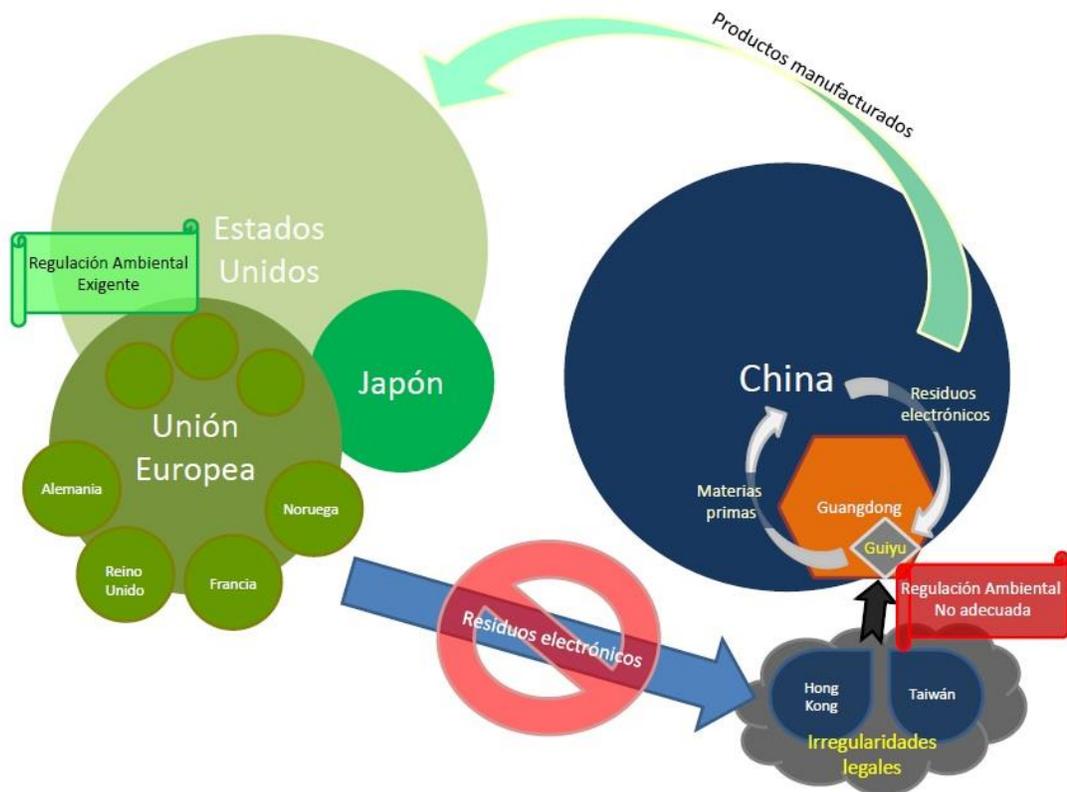


Figura 6. Modelo de reciclaje de residuos electrónicos en Guiyu (Elaboración propia, 2014).

### 2.2.2.3. Antecedentes Sociales

En Guiyu el 80% de la población (150.000 habitantes) trabaja en reciclaje. La mayoría de estos trabajadores son emigrantes pobres y sin educación, provenientes de distintas regiones de China, quienes llegan con sus familias a trabajar en condiciones de suciedad contaminados por metales pesados y emisiones tóxicas (Minter, 2013 y Greenpeace, 2012a). Los trabajadores laboran 16 horas al día recortando cables, fundiendo placas de circuito para extraer metales, triturando cajas de ordenadores de plástico en partículas más finas, sumergiendo tableros de circuito en baños ácidos para disolver el plomo, el cadmio y otros metales tóxicos (Anónimo A, 2011), todo ello sin utilizar ningún tipo de protección (Puckett et al., 2002). Esto ha provocado graves problemas en la salud de los pobladores. Un informe separado del Hospital de la Universidad Médica de Shantou, en noviembre de 2003, menciona que existía una alta incidencia de daños en la piel, dolores de cabeza, vértigo, náuseas, gastritis crónica y úlceras gástricas y duodenales entre los migrantes que trabajan en el reciclaje (Greenpeace, 2012a).

Los trabajadores a pesar de reconocer que no es un trabajo saludable, manifiestan su voluntad de seguir en el rubro del reciclaje (Puckett et al., 2002), ya que consideran que hay familias que han vivido durante generaciones y han tenido poco impacto en la salud (Watson, 2013). Además, declaran que las condiciones han mejorado dramáticamente en

los últimos años. Es por ello que más de una década después, Guiyu no solo persiste, sino que crece abiertamente sin ser molestados por los gobiernos chinos locales o nacionales. China no quiere que los contaminantes generados por el proceso de reciclaje estén surgiendo de todas partes, ellos solo lo quieren en un lugar, en Guiyu (Minter, 2013).

#### **2.2.2.4. Antecedentes Ambientales**

En ninguna parte del mundo el impacto ambiental producto del tratamiento de desechos electrónicos es tan evidente como en Guiyu. En este lugar el agua es de color negro y de pH ácido, los niños presentan intoxicación por plomo y las emanaciones de sustancias químicas se perciben en el aire (Greenpeace, 2012b).

Guiyú entró en la conciencia popular en 2002, después de que Jim Puckett, un activista del medio ambiente, visitara la ciudad y publicara sus hallazgos en un informe denominado “Exporting Harm: The Hight-Tech trashing of Asia” (Exportación de los Daños: el ensuciar de alta tecnología de Asia, en sus siglas en español) (Minter, 2013).

En 2004, representantes de la Comisión de Desarrollo y Reforma Nacional China (CNDR), una de las agencias más poderosas del gobierno del país, fueron a Guiyu para evaluar el desastre ambiental por sí mismos y aunque no informaron abiertamente lo que vieron, en 2005 junto a seis agencias del gobierno chino de alto nivel anunciaron que Guiyu recibiría una importante financiación para mejorar sus instalaciones de acuerdo con el nuevo énfasis de China sobre desarrollo sostenible. Sin embargo, el negocio ha seguido funcionando de la misma manera que antes del anuncio del gobierno (Minter, 2013).

Las operaciones de reciclaje que se realizan en Guiyu están lejos de ser organizadas; en lugar de tener los AEE prolijamente ordenados en algún sitio específicamente destinado a ello, éstos se encuentran esparcidos por las calles y riberas de los ríos. Enormes marañas de alambres y cables se encuentran en las esquinas (Anónimo A, 2011). Gran parte de la contaminación tóxica proviene de la quema de placa de circuitos, cables de plástico de cobre, o de recuperación de metales valiosos a partir de baños ácidos, contaminando el medio ambiente con metales pesados tóxicos como el plomo, berilio y cadmio (Watson, 2013).

La contaminación de las aguas subterráneas ha traído como consecuencia directa el deterioro en el suministro de agua potable local (Li et al., 2008 y Greenpeace, 2012a). El agua tiene que ser transportada desde la ciudad de Nanjing a 30 kilómetros de distancia, generándose un nuevo negocio de camiones que transportan grandes tanques de plástico con agua dulce (Puckett et al., 2002). Se calcula que el 70 % de las reservas acuíferas no son seguras para el consumo humano (Tobón, 2012). Wu Yuping, de la Administración Estatal de Medio Ambiente (SEPA) señala que “*no se puede encontrar agua potable en 50 km a la redonda*”, debido a que las sustancias tóxicas se amontonan en las riberas del río y se filtran de forma subterránea (CONAII, s.f.).

Si bien es cierto, Guiyu está completamente contaminado, cabe destacar que China como país, gracias a éste negocio envía pocos residuos reciclables a incineradoras o vertederos (Minter, 2013).

### 2.3. Comparación de Casos: Umicore, Guiyú y Chile.

A continuación se presenta un análisis comparativo con base en los principales antecedentes recopilados en el ítem anterior entre Umicore, Guiyu y Chile (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de factores del éxito del proceso de reciclaje de cobre en Umicore, Guiyu y Chile.

	Antecedente	Umicore	Guiyú	Chile
Institucional	Creación de nuevas políticas en materia medio ambiental	•	•	•
	Normativa de residuos	•	-	-
	Normativa de residuos peligrosos	•	-	•
	Normativa sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	•	•	-
	Sistema de vigilancia y control de residuos dentro de sus fronteras (evitar traslado ilegal de residuos)	•	-	-
	Participación en Convenio de Basilea	•	•	•
	Instrumentos de apoyo para impulsar el reciclaje	•	-	-
	Normativa relativa a vehículos al final de su vida útil	•	-	-
	Normativa sobre pilas y acumuladores	•	-	-
	Normativas sobre control de emisión estrictos	•	-	-
	Estrategia temática para la prevención y el reciclaje de residuos	•	-	-
	Alto nivel de fiscalización	•	-	-
	Ley de Promoción de la Economía Circular	-	•	-
	Económico	Inversión para adquirir conocimientos del reciclaje	•	-
Necesidad de obtener materias primas de fuentes secundarias para alimentar gran industria		•	•	-
Extracción de cobre mediante reciclaje es más barato que mediante minería convencional		•	•	-

Continúa

Cuadro 6 (Continuación). Comparación de factores del éxito del proceso de reciclaje de cobre en Umicore, Guiyu y Chile.

	Antecedente	Umicore	Guiyu	Chile
Económico	Oportunidades de mercado: aumento en la cantidad de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos disponibles y la necesidad de su tratamiento.	••	••	••
	Tener compradores de materia prima obtenida	••	••	-
	Inversión en I+D	••	-	-
	Formalidad del negocio de reciclaje de cobre	••	-	-
Social	Sociedad de alto consumo tecnológico	••	••	••
	Sociedad es parte activa del reciclaje	••	••	-
	Sociedad conciente con el medio ambiente	••	-	-
	Trabajadores del reciclaje informados sobre riesgos de su trabajo	••	-	-
	Difusión de educación ambiental	••	-	-
Ambiental	Disponibilidad de recursos naturales explotables de cobre	-	-	••
	Necesidad de obtener energía a partir de fuentes renovables	••	-	••
	Reducción de la contaminación	••	-	-
	Transporte de modo electrificado	••	-	-
	Enfermedades provocadas por tratamiento de RAEE	-	••	-
	Descontaminación de aguas	••	-	-
	Descontaminación del aire	••	-	-
Descontaminación del suelo	••	-	-	
Instalación y Equipamiento	Instalaciones de Desmantelamiento debidamente equipadas	••	-	-
	Instalaciones de muestreo	••	-	-
	Proceso de trituración y clasificación mecanizado	••	-	-
	Planta de fundición	••	-	-
	Lixiviación y electro-obtención de cobre	••	-	-
	Planta Refinación de metales preciosos	••	-	-
	Planta de ácido sulfúrico	••	-	-
	Planta de tratamiento de aguas residuales	••	-	-
	Mejores técnicas disponibles para recuperar gases emanados por hornos de fundición	••	-	-
	Salas de control de SO <sub>2</sub> y SO <sub>x</sub>	••	-	-
	Uso de herramientas adecuadas para tratamiento de residuos	••	-	-
Uso de medidas de seguridad de trabajadores	••	-	-	

Fuente: Elaboración propia, 2014

### 3. Requerimientos para la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre

Con base en la comparación de casos en el ítem anterior, los requerimientos identificados para el éxito en la participación empresarial en el reciclaje de cobre se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Requerimientos para el éxito en la participación empresarial en el reciclaje de cobre.

<b>Requerimiento</b>	
<b>Institucional</b>	Implementación de marco legislativo que promueva recolección y reciclaje de RAEE
	Implementación de normativa sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
	Implementación sistema de vigilancia y control de residuos dentro de sus fronteras
	Restringir niveles de emisión de gases
	Implementar estrategia temática para la prevención y el reciclaje de residuos y de ésta forma involucrar a la sociedad en el proceso.
	Aumentar fiscalización
<b>Económico</b>	Contar con capital para invertir en investigación y desarrollo del reciclaje de cobre
	Necesidad de obtener materia prima (cobre) de fuentes secundarias
	Obtener mayor volumen de cobre desde fuentes secundarias que de minería convencional
	Contar con proveedores de residuos dispuestos a pagar el costo del proceso de reciclaje
	Contar con compradores de materia prima obtenida a partir del reciclaje o de los residuos clasificados.
	Fomentar el mercado del reciclaje de cobre
<b>Social</b>	Inclusión activa de la sociedad en proceso de reciclaje
	Sociedad más consiente del medio ambiente
	Capacitar e informar a los trabajadores sobre el proceso de reciclaje, los riesgos y las oportunidades de su realización
	Difusión masiva de educación ambiental, ya sea en instituciones educacionales, así como también en empresas.

Continúa

Cuadro 7 (continuación). Requerimientos para el éxito en la participación empresarial en el reciclaje de cobre

<b>Requerimiento</b>	
Ambiental	<p>Reducir la contaminación por el tratamiento inadecuado de los residuos que contienen cobre y otros.</p> <p>Fomentar el uso de transporte electrificado</p> <p>Acondicionamiento de fundiciones para tratamiento de RAEE</p> <p>Implementar medidas para descontaminar aquellos sitios donde se haya realizado reciclaje sin las medidas de protección adecuadas.</p>
Instalación y Equipamiento	<p>Contar con instalaciones de desmantelamiento debidamente equipadas</p> <p>Contar con instalaciones de muestreo para determinar el contenido exacto de metales y componentes peligrosos de cada residuo.</p> <p>Contar con plantas de trituración y clasificación con proceso mecanizado</p> <p>Contar con planta de fundición para residuos</p> <p>Contar con planta de lixiviación y eletro-obtención de cobre</p> <p>Contar con planta de refinación de metales preciosos</p> <p>Contar con planta de ácido sulfúrico para tratar gases de fundición</p> <p>Contar con planta de tratamiento de aguas residuales</p> <p>Utilizar mejores técnicas disponibles para recuperar gases emanados por hornos de fundición (dioxinas y furanos)</p> <p>Salas de control de SO<sub>2</sub> y SO<sub>x</sub></p> <p>Fomentar el uso de herramientas adecuadas para el tratamiento de residuos</p> <p>Uso de medidas de seguridad adecuada para trabajadores (en toda la cadena del reciclaje)</p>

#### **4. Alternativa de iniciar una empresa como Umicore en la RM**

Con base en los datos obtenidos en la sección anterior, los resultados son los siguientes:

##### **4.1. Requerimientos institucionales**

Al 2015 Chile no cuenta con ningún requerimiento institucional para el éxito en la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre. Sin embargo, en la actualidad existen empresas de reciclaje de metales que han logrado establecerse exitosamente en el mercado, pese a la ausencia de normativas vigentes. Tal es el caso de Gerdau, empresa recicladora de metales ferrosos, quienes reciclan más de 450.000 t de acero, contribuyendo al 22% del volumen producido a nivel nacional (1.800.000 t) y a un 14% del volumen consumido en el país (2.800.000 t). Ahora bien, hay que considerar que el volumen de acero producido a nivel nacional no alcanza a suplir la demanda del material (acero) en el país, es por eso que Chile desde 2008 debe importar 1.000.000 t de acero anualmente, debiendo pagar entre 100 y 150 dólares más en comparación al precio del acero reciclado en el país (Revista EMB Construcción, 2008). El reciclaje de acero por lo tanto, ha permitido generar ahorros de aproximadamente US 60.000.000 correspondientes al precio extra que Chile no debe pagar por concepto de importación (150 dólares \* 400.000 t de acero).

Para el caso del cobre y su reciclaje no ocurre la misma situación que para el acero, ya que la producción primaria del metal rojo en Chile supera en magnitudes considerables la cantidad de cobre que se requieren a nivel nacional (Revista Business Chile de la Cámara Norteamericana de Comercio, 2011). Debido a ello, el reciclaje de cobre pasa a un segundo plano, siendo pocas las empresas que lo reciclan, y las que lo hacen producen un bajo volumen del metal (Agurto, 2014). Debido a ésta razón, se vuelven totalmente necesarias las normativas relacionadas al reciclaje de RAEE y residuos que contienen cobre (motores de auto, etc.), ya que se requiere de un incentivo a nivel gubernamental para aumentar el reciclaje de un material que no es considerado escaso, pero que si puede generar grandes beneficios ambientales y económicos.

Por lo tanto, a nivel institucional si es factible implementar una empresa como Umicore en la RM, pero no se asegura la disponibilidad de residuos ni mucho menos el volumen requerido para igualar los ingresos que perciben en Umicore.

##### **4.2. Requerimientos Económicos**

Entre los requerimientos económicos se considera principalmente: inversiones, necesidad de obtener cobre a partir de fuentes secundarias y contar con un mercado al cual poder dirigir la materia prima obtenida mediante reciclaje.

En Chile existen empresas mineras que han realizado inversiones para adquirir conocimientos sobre el reciclaje de cobre. Sin embargo, el equipamiento necesario para el tratamiento de RAEE y residuos que contienen cobre es extremadamente costoso (Umicore ha realizado una inversión de más de 500 millones de dólares), por lo que al 2015 ninguna empresa ha desarrollado proyectos que se dirijan a este mercado, y las que han presentado proyectos no han sido aprobadas por el Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental.

La economía en Chile depende en exceso de la minería convencional. Es por ello que el reciclaje de cobre no se aprecia como una fuente de recursos importantes para alimentar la gran industria. Además, el reciclaje de cobre no es atractivo económicamente en una sociedad en donde el consumo de AEE es bajo comparado con países desarrollados.

Si bien en Chile no se cumplen los requerimientos económicos necesarios para el éxito en la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre, esto no quiere decir que el reciclaje de cobre sea inviable económicamente (así lo demuestran las empresas que reciclan cobre en la actualidad), solo revela la dificultad que tendría una empresa de reciclaje de cobre para adquirir un volumen residuos parecido al que se trata en Umicore y por ende, generar los mismos ingresos.

#### **4.3. Requerimientos Sociales**

Para el éxito en la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre, lo más importante es la educación ambiental. En Chile existe educación ambiental asociada al reciclaje y al tratamiento adecuado de los residuos, sin embargo, ésta no ha sido suficiente para aumentar considerablemente la tasa de reciclaje del cobre o RAEE en el país, ya que existen muchos prejuicios asociados, como el que los residuos finalmente van a parar a un vertedero o relleno sanitario igual que toda la basura. Debido a ello, es necesario que se potencie la educación ambiental en tema de residuos, y a la vez que las empresas recicladoras sean capaces de demostrar que sus procesos productivos se realizan adecuadamente, con el fin de recuperar la confianza de la gente.

En general, el porcentaje de reciclaje de todo tipo de residuos en la sociedad chilena es bajo. No obstante, existen empresas que por iniciativa propia educan a sus trabajadores con respecto a la importancia del reciclaje y el cuidado del medio ambiente, favoreciendo las tasas de reciclaje.

Por lo tanto, los requerimientos sociales no se cumplen en su totalidad. Esto revela nuevamente la dificultad a nivel social, que tendría una empresa de reciclaje de cobre para suplir la demanda de residuos que generaría una empresa de la magnitud de Umicore, más no su impedimento.

#### **4.4. Requerimientos Ambientales**

Los requerimientos ambientales necesarios para el éxito en la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre se basan principalmente en el cumplimiento del resto de

los requerimientos. Por ejemplo, es necesario reducir la contaminación por el tratamiento inadecuado de los residuos que contienen cobre, pero para ello se requiere equipamiento e infraestructura adecuada, conciencia ambiental, así como también una normativa que establezca los límites de contaminantes que puede generar una empresa de reciclaje o los permisos ambientales y autorizaciones sanitarias que son requeridos.

El uso del transporte electrificado para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, no está dentro de los planes del país para descontaminar la ciudad. Al 2015, aún no hay medidas que favorezcan este requerimiento.

Con respecto al acondicionamiento de fundiciones de cobre primario para fundir cobre reciclado, es un requerimiento difícil de realizar, ya que en Chile las fundiciones de por sí, exceden su capacidad de fundición. Por lo tanto, si un proponente desea implementar una industria como Umicore en Chile, deberá crear una nueva planta de fundición acondicionada para el tratamiento de RAEE, o en su defecto, acondicionar alguna instalación que haya sido puesta en venta, considerando que en Chile las empresas quieren alejarse del proceso de fundición de refinados, ya que no genera tantos ingresos como la extracción y exportación del metal en forma mineral.

Por lo tanto, al 2015 los requerimientos ambientales no se cumplen. Sin embargo, existen otras oportunidades que permitirían iniciar una empresa como Umicore en la RM.

- **Requerimientos de Instalación y equipamiento**

En Chile existen plantas de reciclaje de residuos de cobre debidamente equipadas y que corresponden al sector formal del reciclaje. Estas plantas cuentan con capacidad de fundición. Sin embargo no están acondicionadas para el tratamiento de RAEE (controlar la emisión de dioxinas y furanos), por lo que solo pueden reciclar cable de cobre que ha sido separado de la aislación plástica y otros residuos de cobre puro (sin otros elementos), viéndose limitadas para realizar el tratamiento completo de los residuos que contienen cobre, a diferencia de Umicore.

Por lo tanto, en Chile no se cumplen los requerimientos de instalación y equipamiento para el éxito en la participación empresarial en el negocio del reciclaje de cobre. Sin embargo, éstos son de fácil cumplimiento, ya que solo requieren una inversión inicial que permita adquirir los elementos necesarios para implementar una empresa como Umicore en la RM.

#### **4.5. Discusión**

En definitiva, la alternativa de iniciar una industria como Umicore en la Región Metropolitana es factible, ya que no hay restricciones de peso que lo impidan (Por ejemplo, que exista una normativa que prohíba el tratamiento de RAEE en la RM, que no exista terreno para instalar una empresa de la magnitud de Umicore, entre otras) Así lo respaldan el resto de las empresas de reciclaje que actualmente producen materia prima en el país a partir de residuos (acero, papel, vidrio, aluminio, etc.), quienes a pesar de no contar con los requerimientos para el éxito en la participación empresarial aquí identificados, han logrado

establecerse y desarrollarse de manera exitosa. No obstante hay que tener presente que el caso del cobre es diferente al resto de los materiales, principalmente porque Chile produce cobre y no necesita reciclarlo para suplir la demanda nacional. A diferencia de Umicore, quienes abastecen su demanda de materia prima mediante el reciclaje, ya que no cuentan con mineral natural para ser explotado. Por lo que la necesidad de obtener materia prima, marca una gran diferencia entre ambos modelos.

En la RM existen empresas de la magnitud de Umicore, como Gerdau que recicla 450.000 t de residuos (Umicore recicla 350.000 t anualmente), por lo que se demuestra que en Chile se puede implementar una planta de la magnitud de Umicore. El gran desafío en este caso sería determinar exactamente cuál es el volumen de residuos disponibles a tratar mediante una base de datos confiable y a su vez conseguir el volumen requerido de residuos mediante diferentes medidas que incentiven al consumidor a devolver sus residuos una vez que han terminado su vida útil.

Entonces, ¿es conveniente invertir en fundiciones de cobre reciclado en Chile si en China hay un exceso de oferta? Considerando además que la principal empresa de cobre refinado en China, *Jiangxi Copper Company Ltd.*, cerró durante el 2013 una planta con una capacidad de 100.000 toneladas por año, debido a la escases del metal para reciclar (Chicago Tribune, 2013). La respuesta a esta pregunta deberá darla el proponente del proyecto de acuerdo a sus intereses, ya sean económicos, ambientales, sociales, etc. Lo cierto es existe la alternativa de iniciar una empresa como Umicore en la RM, la que con una adecuada gestión y enfoque puede desarrollarse de manera exitosa.

## **5. Alternativa de iniciar un negocio de reciclaje de cobre en la RM**

Para identificar la alternativa de iniciar un negocio de reciclaje de cobre en la RM, se analizaron los principales factores que inciden en su implementación, tales como demanda del servicio, competencia, requerimientos legales, requerimientos ambientales, requerimientos sociales, requisitos técnicos, y disponibilidad del recurso (RAEE), los que se presentan a continuación.

### **5.1. Competencia**

En Chile son pocas las empresas que reciclan residuos que contienen cobre. Entre ellas destacan: Midas Chile, Recycla Chile, Comec y Degraf. Otras empresas, tales como Comercial de Metales Cerrillos, tienen autorización para el almacenamiento y selección de chatarra electrónica (MMA et al., 2013). De acuerdo al MMA (2012) estas reciclan solo el 3% del total de los residuos que contienen cobre.

### **5.2. Requerimientos Legales**

De acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, las instalaciones de eliminación de los residuos peligrosos en Chile (empresas de reciclaje y disposición final) deben contar con las siguientes autorizaciones (CONAMA, 2009):

- Calificación Ambiental (a través de DIA o EIA, en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental)
- Autorización sanitaria del proceso: almacenamiento, tratamiento y condición de destinatario de residuos electrónicos.
- Autorización sanitaria para transporte y destino (residuos peligrosos, no peligrosos).

También deben contar con los siguientes permisos para instalaciones de acopio temporal (CONAMA, 2009):

- Empresas que reciben y almacenan equipos fuera de uso
  - Deben solicitar autorización de bodega de residuo
- Empresas de acopio que reciben equipos de diferente origen:
  - Autorización de almacenamiento y destino

Los proyectos de reciclaje deben ingresar al Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y cumplir a la vez con permisos que se presentan en el Cuadro 8 y las normas de emisión y calidad descritas Cuadro 9 (Sierralta, 2014).

Cabe destacar que una vez que entre en vigor la nueva Ley Marco para la Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida del Productor (proceso de aprobación), las empresas que tratan residuos (gestores) deberán declarar a través del Registro de Emisiones y

Transferencia de Contaminantes, al menos, la naturaleza, volumen o cantidad, costos, origen, tratamiento y destino de los residuos, de acuerdo a lo dispuesto en el reglamento a que se refiere el artículo 70 letra p) de la ley N° 19.300. Además de contar con las autorizaciones correspondientes y manejar los residuos en conformidad con la normativa vigente.

Cuadro 8. Permisos relacionados a proyectos de reciclaje, de acuerdo al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de 2013.

<b>Artículo</b>	<b>Permiso</b>
<b>138</b>	Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de desagües, aguas servidas de cualquier naturaleza.
<b>139</b>	Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier obra pública o particular destinada a la evacuación, tratamiento o disposición final de residuos industriales o mineros.
<b>140</b>	Permiso para la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase para la instalación de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.
<b>145</b>	Permiso para el sitio de reciclaje de residuos peligrosos.

Fuente: Decreto 40, 2013.

Cuadro 9. Normativa ambiental según componente.

<b>Componente</b>	<b>Normativa</b>	<b>Función</b>
<b>Aire</b>	Decreto Supremo N° 146/98 MINSEGPRES	Establece Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas.
<b>Residuos Líquidos</b>	Decreto Supremo N° 594 de 1999. Modificado por D.S. N° 201 del 2001, MINSAL	Establece Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas para todo Lugar de Trabajo.
<b>Residuos Sólidos</b>	Decreto con Fuerza de Ley N° 725/68, MINSAL Resolución 5.081/1993	Código Sanitario.  Establece Sistema de Declaración y Seguimiento de Desechos Sólidos Industriales en la Región Metropolitana.

Continúa

Cuadro 9 (Continuación). Normativa ambiental según componente.

<b>Componente</b>	<b>Normativa</b>	<b>Función</b>
<b>Residuos Sólidos</b>	Decreto Supremo N° 59/00. Modificado por Dto 57/03, MINSAL	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
	Decreto Supremo N° 148/04 MINSAL	Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos.
<b>Ordenamiento Territorial</b>	Decreto Supremo N° 47 de 1992, MINVU	Ordenanza General de Urbanismo y Construcción.
	Resolución N° 20 de 1994, MINSEGPRES	Plan Regulador Metropolitano del Santiago
<b>Seguridad y Previsión de Riesgos</b>	Decreto Supremo N° 594/1999. Modificado por D.S. N° 201 de 2001, MINSAL.	Establece Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas para todo Lugar de Trabajo.

Fuente: Recycla, 2008

### 5.3. Requerimientos Ambientales

La instalación de una nueva planta de tratamiento de residuos eléctricos y electrónicos, siempre trae asociados una serie de impactos ambientales, ya sean positivos o negativos.

Entre los impactos ambientales positivos se considera la disminución en la extracción de materias primas, prolongando la existencia de los recursos naturales y la reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> (Codelco, 2008), ya que las operaciones de reciclado requieren menos energía y producen menos polución que los procesos que parten de materiales vírgenes, y a la vez, reducen el volumen de residuos dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios (CONAMA, s.f.).

Los impactos ambientales negativos, por su parte, son mínimos, siendo el principal impacto ambiental el aumento en el tráfico de camiones, lo que afecta auditiva y visualmente a los habitantes de los sectores aledaños a la planta. El resto de los impactos negativos que pudiesen ocasionar el tratamiento de RAEE, por ejemplo, la exposición a contaminantes tóxicos, serán debidamente controlados mediante diferentes mecanismos previa calificación del Servicio de Evaluación Ambiental (Sierralta, 2014).

De no tratarse adecuadamente los RAEE, los potenciales daños que pueden provocar sus compuestos, tanto para el medio ambiente, como para la salud humana son los siguientes (Cuadro 10):

Cuadro 10. Potenciales daños a la salud humana y ambientales, provocados por algunos compuestos presentes en los RAEE.

<b>Elemento</b>	<b>Salud Humana</b>	<b>Medio Ambiente</b>
<b>Bario (Ba)</b>	Edema cerebral, debilidad muscular, aumento de la presión sanguínea y daño hepático.	El Bario permanece en la superficie del suelo o en los sedimentos de agua. Si organismos acuáticos lo absorben puede acumularse en sus cuerpos.
<b>Berilio (Be)</b>	Las sales del Berilio son tóxicas y la exposición prolongada podría generar cáncer. La Beriliosis ataca los pulmones.	Algunos compuestos del Berilio se disuelven en el agua, pero la mayor parte se adhiere al suelo.
<b>Cadmio (Ca)</b>	Daños irreversibles en los riñones y en los huesos.	Bioacumulativos, persistentes y tóxico para el medio ambiente.
<b>Cromo (VI)</b>	Reacciones, bronquitis asmática y alteración en el ADN.	Las células lo absorben muy fácilmente. Tiene efectos tóxicos.
<b>Materiales ignífugos bromados retardantes</b>	Cancerígenos y neurotóxicos. También pueden interferir con la función reproductora.	En los vertederos son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incinerarlos se generan dioxinas y furanos.
<b>Mercurio (Hg)</b>	Posibles daños cerebrales y tiene impactos acumulativos.	Disuelta en el agua, se va acumulando en los organismos vivos.
<b>Níquel (Ni)</b>	Puede afectar a los sistemas endocrinos, inmunológicos y respiratorios.	Puede dañar los microorganismos si éstos exceden la cantidad tolerable.
<b>Plomo (Pb)</b>	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular, también en los riñones.	Acumulación en el ecosistema. Efectos tóxicos en la flora y los microorganismos.

Fuente: Recycla Chile y Fundación Casa de la Paz, citados por Alarcón, 2012.

Cabe mencionar que como en todo proyecto, pueden existir impactos ambientales no previstos, pero éstos solo podrán ser evaluados una vez que han sido generados.

#### **5.4.Requerimientos Sociales**

Para la implementación de una nueva planta de reciclaje de cobre en la RM se requiere la participación social de los consumidores (que generan residuos). En la RM esta participación es baja, ya que son pocas las personas que declaran reciclar sus residuos llevándolos a puntos limpios, container de beneficencia, etc. No obstante, si se considera

que son los recicladores de base quienes van a los hogares particulares en busca de residuos, la participación ciudadana aumenta considerablemente. Tal que, al 2015 muchos hogares juntan sus RAEE o residuos que contienen cobre para donarlos o venderlos a recicladores de base<sup>20</sup>. Debido a ello, la empresa de reciclaje deberá privilegiar la labor de recicladores de base y en el mejor de los casos formalizar dicho trabajo mediante contratos para tener buenos resultados a nivel social, porque de lo contrario (si se espera la participación voluntaria de los ciudadanos) la recolección será más complicada.

Los impactos sociales que pueden generar la implementación de una nueva planta de reciclaje de cobre se encuentran los impactos positivos y/o negativos. Entre los impactos positivos se considera: i) el fortalecimiento y estabilización de recicladores de base e intermediarios que formen alianzas con la nueva empresa de reciclaje<sup>21 y 22</sup>, ii) la creación de nuevas fuentes de trabajo<sup>21 y 21</sup>, iii) la integración laboral y social de ex reos, personas con ciertas discapacidades, etc., para la realización de labores determinadas dentro de la planta (Midia, 2010), etc.; y entre los impactos negativos se encuentra i) la disminución de trabajo para recicladores de base e intermediarios en caso de que la empresa recicladora decida recolectar los residuos por sus propios medios (campañas de recolección, camiones de recolección en hogares particulares, etc.)<sup>21 y 22</sup> y el aumento en la competencia para empresas de reciclaje de RAEE ya establecidas (Agurto, 2014).

### **5.5.Requisitos de instalación y equipamiento**

Requisitos según actividad a realizar (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, 2010):

#### **a) Requisitos técnicos del punto de retoma y recolección**

Para un punto de retoma y recolección se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones: i) Lugar techado, ii) Contenedores para acopiar temporalmente residuos, ii) Mano de obra capacitada para realizar la clasificación de residuos, iv) Los RAEE no deben ser desensamblados en los puntos de recolección, v) Área de toma de muestras.

#### **b) Requisitos técnicos para instalaciones de almacenamiento**

Para las instalaciones de almacenamiento de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos los requerimientos técnicos son los siguientes: i) Zonas adecuadas dotadas de superficies impermeables, con instalaciones para la recogida de derrames y, si procede, decantadores y limpiadores-desengrasadores, ii) Zona que proceda cubiertas para protección contra la intemperie, iii) Acceso adecuado para camiones, iv) Cercamiento mediante vallado, drenaje superficial y sistemas para evitar la dispersión de los residuos por la acción de la lluvia o el viento, v) Caseta u oficina de servicios en la que se debe registrar todas las entradas y salidas al recinto, vi) Personal capacitado para cada labor dentro de la instalación, vii) Registro (Báscula para pesar residuos)

---

<sup>20</sup> Herrera, P. 2014, junio. Recicladores de base. [Entrevista Personal]. Santiago, RM.

<sup>21</sup> Intermediarios primarios. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Barrio Franklin.

c) Requisitos técnicos para el transporte de RAEE

El transporte se debe realizar teniendo en cuenta las siguientes condiciones generales: i) Garantizar protección contra intemperie, ii) Evitar contacto de personas no autorizadas con la carga, iii) La carga debidamente empacada, acomodada, estibada, apilada, sujeta y cubierta de tal forma que no presente peligro para la vida de las personas y el medio ambiente, iv) Se recomienda hacer el transporte en cajas de madera.

d) Requisitos técnicos para desensamblaje manual de residuos

Las instalaciones de desensamblaje manual requieren: i) Personal capacitado, ii) Instalación techada, iii) Extractores, para evacuación de emisiones, iv) Piso de concreto o piso industrial, v) Rampas de acceso para cargue y descargue de residuos, vi) Detectores de humo y extintores, vii) Lugar para identificar, manejar y almacenar correctamente los componentes peligrosos que se extraen de algunos residuos de AEE, viii) Rutas de evacuación y señalización de espacios, ix) Almacenamiento apropiado para las piezas desmontadas y recipientes apropiados para el almacenamiento de pilas y acumuladores, condensadores que contengan PBC o PCT y otros residuos peligrosos, x) Protección adecuada para todo el personal.

e) Requisitos técnicos para desensamblaje mecánico

El desensamblaje mecánico se realiza solo en países que cuentan con la tecnología necesaria para ello, este proceso requiere lo siguiente: i) Trituradora de cadena para destruir RAEEs, ii) Mecanismos de separación para separar fragmentos de materiales (por ejemplo, la clasificación de aire, criba, ciclón, separación magnética, etc.).

Cabe destacar que éste proceso solo puede ser realizado para los residuos que no requieran un tratamiento especial, debido a la composición de componentes tóxicos.

f) Instalación de distribución y compactación

Una vez que los residuos han sido clasificados, separados y desmantelados, se separarán según tipo de residuo (plástico, cobre, aluminio, hierro, vidrio, etc.), se requerirá lo siguiente: i) Máquina compactadora, y ii) Contenedor adecuado para el acopio de los residuos antes de ser transportados a las plantas de procesamiento.

## **5.6. Disponibilidad de recursos (residuos de cobre y RAEE)**

Según el estudio “Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional Sobre Residuos Sólidos de Chile” para el 2009 se generaron 16,9 millones de toneladas de residuos, de los cuales 6,5 millones de toneladas correspondían a residuos sólidos urbanos (RSU) y 10,4 millones de toneladas a residuos industriales (sin considerar residuos mineros masivos) (Revista Educación Ambiental, 2011, y MMA, 2012).

Se escogió la RM para investigar la factibilidad de iniciar la industria del reciclaje de cobre, porque ésta concentra casi el 50% de la población nacional y genera la mayor cantidad de residuos municipales con una participación del 43% (Cuadro 12). Además, se encuentran la

mayoría de plantas especializadas y encargadas del procesamiento de los principales materiales reciclables (acero, plástico, etc.), así como también sus centros de acopio.

Cuadro 12. Generación de residuos municipales por región en toneladas con su respectivo porcentaje.

<b>Región</b>	<b>Residuos (ton)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Arica y Parinacota</b>	114.489	1,8
<b>Tarapacá</b>	189.806	2,9
<b>Antofagasta</b>	196.289	3,0
<b>Atacama</b>	103.433	1,6
<b>Coquimbo</b>	220.860	3,4
<b>Valparaíso</b>	483.739	7,4
<b>Región Metropolitana</b>	2.807.247	43,1
<b>Libertador Gral. B. O'Higgins</b>	343.694	5,3
<b>Maule</b>	359.862	5,5
<b>Biobío</b>	645.875	9,9
<b>Araucanía</b>	425.234	6,5
<b>Los Ríos</b>	147.563	2,3
<b>Los Lagos</b>	369.925	5,7
<b>Aysén de Gral. Carlos Ibáñez</b>	44.918	0,7
<b>Magallanes y la Antártica Chilena</b>	64.669	1,0
<b>Total</b>	6.517.603	

Fuente: MMA (2011b).

Según el MMA (2011b) en Chile son generadas 64.000 toneladas de residuos de metales no ferrosos al año, de los cuales un 40% corresponde a residuos de cobre (Revista Capital, 2007). Del porcentaje de residuos de metales no ferrosos solo un 3% es valorizado. Esto indica que la tasa de valorización de este tipo de residuos es muy baja, considerando el alto potencial de reciclabilidad que poseen metales no ferrosos como el cobre (Codelco y Antofagasta Minerals, 2014).

En cuanto a los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, el MMA (2013) declara que la generación de este tipo de residuos corresponde a 26.000 toneladas aproximadamente (Cuadro 13).

Cuadro 13. Volumen de residuos eléctricos y electrónicos (ton) generados durante el 2010 en Chile.

<b>Producto</b>	<b>Generación (ton/año)</b>
<b>Aparatos electrónicos</b>	7.674
<b>Aparatos eléctricos</b>	18.666
<b>Total</b>	26.340

Fuente: MMA (2013).

De acuerdo a la CONAMA (2009), el volumen de residuos tales como a computadores, monitores, impresoras, celulares, corresponde a 7614 toneladas, de las cuales 819 son recicladas (Cuadro 14), es decir aproximadamente un 11% de residuos electrónicos es reciclado.

Cuadro 14. Principales residuos generados con volumen recuperado, volumen reciclado y volumen a disposición final.

<b>Residuo</b>	<b>Generado (ton)</b>	<b>Recuperado (ton)</b>	<b>Reciclado (ton)</b>	<b>Disposición final (ton)</b>
<b>Computadores</b>	1775	150	266	1359
<b>Monitores</b>	4514	250	497	3767
<b>Impresoras</b>	640		38	602
<b>Celulares</b>	565	14	11	540
<b>Otros</b>	180		6	174
<b>Total</b>	7614	414	819	6441

Fuente: CONAMA (2009).

En líneas generales se estima que un 25% de los equipos fuera de uso sería recuperable (como partes y piezas), un 72% se podría reciclar (plásticos, metales ferrosos, aluminio, cobre, oro, níquel, estaño de las placas, etc.) y sólo un 3% correspondería a material peligroso que requiere una disposición especial (CONAMA, 2009).

En la actualidad existen miles de AEE diferentes, ya sean en forma, composición, tamaño, etc. lo que hace difícil establecer una composición material generalizada para todo el flujo de residuos. No obstante, se han realizado estudios que examinan cinco categorías de materiales, las que se presentan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Composición material generalizada de los residuos eléctricos y electrónicos (en porcentaje).

<b>Materiales</b>	<b>Composición (%)</b>
<b>Hierro y Acero</b>	47,9
<b>Plásticos de combustión no retardada</b>	15,3
<b>Cobre</b>	7,0
<b>Vidrio</b>	5,4
<b>Plásticos de combustión retardada</b>	5,3
<b>Aluminio</b>	4,7
<b>Placas de circuitos impresos</b>	3,2
<b>Otros</b>	4,6
<b>Madera y madera contrachapada</b>	2,6
<b>Concreto y cerámica</b>	2,0
<b>Otros materiales no ferrosos</b>	1,0
<b>Goma</b>	0,9

Fuente: European Topic Centre on Resource and Waste Management (sin fecha), citado por Silva (2009).

Por último, de acuerdo a lo señalado por el Jefe de Sección de Residuos Sólidos de División de Políticas y Regulación Ambiental, del Ministerio del Medio Ambiente, durante el 2011 se reciclaron 539 toneladas de cobre<sup>22</sup>. Mientras que datos aportados por Gustavo Lagos, profesor del Centro de Minería de la Pontificia Universidad católica de Chile, explica que el mercado interno comercializa unas 24 mil toneladas de chatarra de cobre, volumen que equivale al 0,4% de la producción total de cobre en el país (La Tercera, 2011). Madeco consumía (hasta que dejó de comprar) el 35% de este metal. El resto del cobre reciclado se exportaba. En la actualidad, la mayor parte del cobre reciclado es exportado (Revista Capital, 2007).

○ **Discusión**

Los siguientes datos muestran el resultado de la disponibilidad de recursos (de cobre y RAEE) obtenidos mediante las ecuaciones presentadas en el método.

**a) Estimación del volumen de cobre reciclado en la RM**

Para el cálculo del promedio de cobre reciclado por los recicladores de base se realizaron las siguientes estimaciones:

Primero se determinó la cantidad de recicladores de base que trabajan en la Región Metropolitana, mediante la ecuación 2:

$$N^{\circ}RB_{Cu} RM = \left( \frac{43,2\% * 60.000trabajadores}{100\%} \right) * 0,8$$

$$N^{\circ} RB_{Cu}RM = 20.736 trabajadores$$

Posteriormente, se determinó el volumen de cobre reciclado que recolecta cada reciclador de base (aproximadamente), con base en los datos aportados en las entrevistas (Cuadro 16).

Cabe destacar que todos los recicladores de base manifestaron que es muy difícil entregar un valor preciso sobre la cantidad de cobre que recolectan anualmente, ya que este volumen depende de “*la recolección diaria*”, la que puede variar sustancialmente dependiendo del tipo de residuo que sea recolectado. Además algunos recicladores de base manifestaron que: “*Nosotros acopiamos el cobre, hasta tener un volumen considerable y luego lo vendemos, cada 3 a 6 meses*”. Mientras que otros declararon vender el cobre cada vez que lo obtenían (sin acopiarlo). Lo cierto es que, el volumen de cobre reciclado rara vez supera

---

<sup>22</sup> Sierralta, L. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Oficina de Área de Proyectos. Antofagasta Minerals S.A.

los 1000 kg, debido a que los recicladores de base no cuentan con espacio disponible para mantenerlo en sus hogares<sup>23</sup>.

Cuadro 16. Cantidad mínima, máxima y media del volumen de cobre reciclado recolectado anualmente por recicladores de base (kg).

	Mínimo	Máximo	Media
		kg	
Reciclador 1	300	500	400
Reciclador 2	20	50	35
Reciclador 3	200	300	250
Reciclador 4	500	1000	750
Reciclador 5	150	300	225
Reciclador 6	50	100	75
Reciclador 7	50	100	75
Reciclador 8	100	200	150
Reciclador 9	100	200	150
Reciclador 10	1	10	5,5
Reciclador 11	100	200	150
Reciclador 12	50	200	125
Reciclador 13	20	50	35
Reciclador 14	1	50	25,5
Reciclador 15	20	70	45
Promedio Total			166,4

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

$$\text{Volumen de cobre recolectado por RB} = 166,4$$

Finalmente, se realizó el cálculo para estimar el volumen de cobre reciclado en la actualidad, a partir de la ecuación 1, en base al valor promedio del cobre recolectado por cada reciclador de base.

$$CR = \frac{20.736 \text{ trabajadores} * 166,4 \frac{\text{kg}}{\text{trabajador}} / \text{año}}{1000}$$

$$CR = 3450 \text{ ton/año}$$

<sup>23</sup> Herrera, Pedro. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Barrio Franklin. Comuna de Santiago.

**b) Estimación del volumen de cobre potencialmente reciclable en la RM**

Los datos utilizados para la estimación del volumen de cobre potencialmente reciclable en la RM se presentan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Valores estimados de residuos y reciclaje de cobre en la Región Metropolitana aportados por el sector público.

<b>Datos del Sector Público</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Volumen (ton)</b>
<b>Residuos sólidos urbanos en RM (RSU RM)</b>	43,1% de RSU	2.807.247
<b>Residuos metálicos no ferrosos (RMNF)</b>	0,9% de RSU	64.000
<b>Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)</b>	0,4% de RSU	26.340
<b>Cobre en RAEE</b>	7% de RAEE	1.843
<b>Cobre en RMNF</b>	40 % de RMNF	25.600
<b>Cobre reciclado al 2011</b>	----	539
<b>Eficiencia de reciclado de cobre</b>	0.9% de RAEE	

Según la Ecuación 3., utilizando los valores del Cuadro 17, la estimación del volumen de cobre potencialmente reciclable en el mercado actual corresponde a:

$$Vol Cu PR = \left( \frac{[(64.000 * 0,4) + (26.340 * 0,07) - 3450] * 43,1}{100} \right)$$

$$Vol cu PR = 10.341 ton/año$$

**c) Estimación de ingresos**

La estimación de ingresos generados por el mercado del reciclaje no considera las inversiones.

**- Estimación de ingresos generados por reciclaje de cobre en la RM**

En la actualidad el precio de venta de los residuos de cobre depende del nivel de pureza de éstos, tal como se mencionó en los antecedentes económicos del modelo de reciclaje de Chile. No obstante, el cálculo de los ingresos se estableció como precio del cobre reciclado, el precio promedio asignado en la Bolsa de Londres durante el 2014, correspondiente a 4.238 pesos el kilogramo.

Según la Ecuación 4, y el valor del precio de venta de residuos de cobre en el 2014, la estimación de los ingresos generados en la actualidad corresponde a:

$$Ingresos VCu = \frac{(10.341 * 1000) * (4238 - 3600)}{612,92}$$

*Ingresos VCu = 10.746.142,1 dólares/año*

De acuerdo a los antecedentes recopilados y los cálculos realizados existe la alternativa de iniciar una empresa de reciclaje de cobre, ya que:

2. La competencia en el sector es baja
3. Los requisitos de instalación y equipamiento son de fácil acceso
4. No existen restricciones legales para la implementación de una empresa de reciclaje de cobre
5. Los beneficios ambientales son enormes considerando la reducción en la contaminación y la disminución de material a disponer en rellenos sanitarios y/o vertederos.
6. En la RM se generan aproximadamente 80.000 toneladas de residuos que contienen cobre. De ésta cifra 10.341 toneladas de cobre están disponibles para ser recicladas, generando ingresos por sobre los 10 millones de dólares. Esto quiere decir, que existe material disponible para empresas que deseen incorporarse a la industria del reciclaje de Cobre. No obstante, hay que tener presente que dichos cálculos no consideran el volumen el cobre que se recicla en las principales empresas de reciclaje (dado que dichas empresas no accedieron a brindar información y la empresa que brindó información aseguró que el volumen de cobre es tan pequeño que no lo consideran en sus cifras) ni tampoco el volumen de cobre que se mueve mediante el mercado negro.

Por lo tanto, la incorporación de una empresa a la industria del reciclaje es factible técnica y económicamente, pero hay que considerar que lo más conveniente es recolectar, dismantelar, clasificar y separar los residuos y luego exportarlos para que empresas en otros países realicen el proceso de fundición, ya que existe una alta oferta en países asiáticos.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación muestran que la información con que se cuenta actualmente en Chile sobre cantidades recicladas de cobre es escasa. La informalidad del rubro (ausencia de permisos, inexistencia de autorizaciones pertinentes y evasión de impuestos) y la asociación de éste tipo de reciclaje a delitos como el tráfico de cobre, han influido directamente en esta escasez de información. No obstante, el reciclaje de cobre es una actividad que se realiza cotidianamente por recicladores de base, intermediarios, empresas recuperadoras e incluso por los ciudadanos que deciden donar sus AEE para el reciclaje. Para obtener información informal se requirió generar instancias de comunicación directa con sus participantes.

Con respecto a implementar una empresa de la magnitud de Umicore en Chile, es posible, ya que la experiencia ha demostrado que una empresa se puede desarrollar de manera exitosa en el país, pese a no cumplir con los requerimientos identificados en esta memoria, tales como la promulgación de normativas asociadas a AEE, inversiones en investigación y desarrollo, educación ambiental, etc. No obstante, es primordial contar con un volumen de residuos de cobre similar al tratado en Umicore (que se puede obtener de diferentes partes del mundo, ya que la oferta de residuos en Chile no es suficiente) y además que exista demanda del metal. Aun cuando, Chile es un país productor de cobre que no necesita reciclar los residuos de cobre para suplir la demanda, sí existe un mercado internacional que en la actualidad compra este tipo de metal.

Obviamente, también es factible crear empresas de reciclaje de cobre de menores escalas, ya que los cálculos indican que existen 10.341 t de cobre contenido en residuos que no están siendo reciclados, la competencia es baja y los requerimientos institucionales, ambientales y sociales se pueden cumplir fácilmente. No obstante, cabe destacar que sería conveniente esperar la entrada en vigor de la Ley Marco sobre Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida del Productor, ya que ésta favorecerá aún más a las empresas de reciclaje, permitiendo a los empresarios acceder de mejor manera a los residuos, así como también acceder a fondos de inversión. Ello no solo contribuirá a mejorar las tasas de reciclaje, sino que por sobre todo, permitirá reducir la presión ambiental que producen los residuos no reciclados.

## BIBLIOGRAFÍA

Adeola, F. 2011. Hazardous Wastes, Industrial Disasters and Environmental Health Risks: Local and Global Environmental Struggles. Estados Unidos: Palgrave Macmillan. 256 p.

Aduanas Chile. 2013. Comentarios recibidos a modificación de capítulo IV del compendio de normas aduaneras, en relación a la exportación de chatarra. [En línea] Recuperado en: <<http://www.aduana.cl/comentarios-recibidos/aduana/2013-05-03/110510.html>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Agencia Europea del Medio Ambiente. 2008. No en mi patio trasero – Los traslados internacionales de residuos y el medio ambiente. [En línea] Recuperado en: <<http://www.eea.europa.eu/es/articulos/no-en-mi-patio-trasero-2014-los-traslados-internacionales-de-residuos-y-el-medio-ambiente>> Consultado el: 21 de abril de 2014.

Agurto, C. 08 de septiembre de 2014. Reciclaje de cobre. [Correo electrónico]. Recuperado en: <[cagurto@nunoa.cl](mailto:cagurto@nunoa.cl)> Consultado el: 07 de septiembre de 2014.

Alarcón, K. 2012. Gestión y tratamiento jurídico de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, en el contexto de la regulación genérica de los residuos sólidos en Chile. [En línea]. Memoria Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Santiago, Chile: Facultad de Derecho, Universidad de Chile. 125h. Recuperado en: <<http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/112507>> Consultado el: 06 de octubre de 2014.

Anónimo A. 2011. Electronic waste dump of the world: Guiyu, China. [En línea]. Recuperado en: <<http://sometimes-interesting.com/2011/07/17/electronic-waste-dump-of-the-world/>> Consultado el: 08 de mayo de 2014.

Antwerp Headquarters. 2009. Umicore recycles for a cleaner world. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.antwerpheadquarters.be/bijlagen/20111011101003\\_clean-tech-in-antwerp.pdf](http://www.antwerpheadquarters.be/bijlagen/20111011101003_clean-tech-in-antwerp.pdf)> Consultado el: 23 de abril de 2014.

AVINA. 2013. Hacia una visión común por el reciclaje inclusivo en Chile. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.avina.net/esp/8481/hacia-una-vision-comun-por-el-reciclaje-inclusivo-en-chile/>> Consultado el: 07 de agosto de 2014.

Balch, O. 2013. The smelting company that became an urban mining pioneer. Recuperado en: <<http://www.theguardian.com/sustainable-business/blog/umicore-smelting-company-clean-tech>> Consultado el: 22 de abril de 2014.

BCN (Biblioteca Congreso Nacional). 2015. Glosario Legislativo. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.bcn.cl/ayuda\\_folder/glosario](http://www.bcn.cl/ayuda_folder/glosario)> Consultado el 26 de marzo de 2015.

Blázquez, P. 2011. Residuos 2.0: los basureros electrónicos de occidente. [En línea]. España: Ethic. Recuperado en: <<http://ethic.es/2011/12/residuos-2-0/>> Consultado el: 21 de abril de 2014.

Bruvé, L. 2011. From Moresnet to Mars: How Umicore deals with old mine concessions. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.iccl.ch/download/meeting\\_washington\\_11/mining\\_day/Session\\_C/11\\_Works\\_hop\\_SessionC6\\_Buve.pdf](http://www.iccl.ch/download/meeting_washington_11/mining_day/Session_C/11_Works_hop_SessionC6_Buve.pdf)> Consultado el: 22 de abril de 2014.

Cámara de Diputados de Chile. 2015. Proyectos de Ley. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.camara.cl/pley/pley\\_detalle.aspx?prmID=9501](http://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=9501)> Consultado el 26 de marzo de 2015.

CEECEC (Civil Society Engagement with Ecological Economics). 2010. The CEECEC handbook: Ecological economics from the bottom-up. [En línea]. Seventh framework programme. Comisión Europea, 533p. Recuperado en: <[http://www.ceecec.net/wp-content/uploads/2010/09/HANDBOOK\\_v2.pdf](http://www.ceecec.net/wp-content/uploads/2010/09/HANDBOOK_v2.pdf)> Consultado el: 10 de abril de 2014.

Cheng, I. 2011. E-waste trafficking: from your home to China. [En línea]. University of Texas at Austin. Texas, Estados Unidos. 14 p. Recuperado en: <<http://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/ETD-UT-2011-12-4745/CHENG-MASTERS-REPORT.pdf?sequence=1>> Consultado el: 15 de abril de 2014.

COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre). 2008. Proyección del precio de largo plazo del cobre. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/economico/Precio\\_de\\_Largo\\_Plazo.pdf](http://www.cochilco.cl/descargas/estudios/tematico/economico/Precio_de_Largo_Plazo.pdf)> Consultado el: 04 de agosto de 2014.

COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre). 2014. Informe de Tendencias del Mercado del cobre Abril-Junio de 2014. Recuperado en: <[http://www.cochilco.cl/archivos/presentaciones/Informe\\_de\\_Tendencias\\_del\\_Mercado-del\\_Cobre\\_%20Abril\\_junio-2014.pdf](http://www.cochilco.cl/archivos/presentaciones/Informe_de_Tendencias_del_Mercado-del_Cobre_%20Abril_junio-2014.pdf)> Consultado el 20 de abril de 2015.

CODELCO (Corporación Nacional del Cobre). 2008. Codelco y el medio ambiente. Recuperado en: <[http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/ficha\\_medioambiente3.pdf](http://www.tecnologiaslimpias.cl/chile/docs/ficha_medioambiente3.pdf)> Consultado el: 27 de mayo de 2014.

CODELCO (Corporación Nacional del Cobre). 2009. Cobre metálico vs cobre particulado. Recuperado en: <[http://www.ecosea.cl/pdfs/cobre\\_metalico\\_vs\\_cobre\\_particulado.pdf](http://www.ecosea.cl/pdfs/cobre_metalico_vs_cobre_particulado.pdf)> Consultado el 07 de agosto.

CODELCO (Corporación Nacional del Cobre). 2012. El cobre y la economía chilena. Recuperado en: <<https://www.codelcoeduca.cl/codelco/produccion.asp>> Consultado el 25 de marzo de 2015.

CODELCO (Corporación Nacional del Cobre) y Antofagasta Minerals. 2014. La Gran Minería en Chile. Primera Edición, Santiago, Chile: Ocho Libros Editores. 365p.

CONAII (Colegio Nacional de Ingenieros Industriales). Sin fecha. En China, cambian arroz por basura electrónica. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.conaii.org.mx/Documentos/BASURA\\_TECNOLOGICA\\_CHINA.pdf](http://www.conaii.org.mx/Documentos/BASURA_TECNOLOGICA_CHINA.pdf)> Consultado el: 09 de mayo de 2014.

Comisión Europea. 2005. The story behind the strategy. EU waste policy. [En línea]. Recuperado en: <[http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/story\\_book.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/story_book.pdf)> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Comisión Europea. 2010. La eficiencia de recursos impulsa a la innovación ecológica. [En línea]. Recuperado en: <[http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/596\\_es.htm](http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/596_es.htm)> Consultado el: 22 de abril de 2014.

Comisión Europea. 2011a. Informe de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de la Regiones sobre la Estrategia temática para la prevención y el reciclado de residuos SEC(2011) 70 final /\* COM/2011/0013\*/. [En línea]. Recuperado en: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0013:FIN:ES:HTML>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Comisión Europea. 2011b. Hacia una sociedad del reciclado. [En línea]. Recuperado en: <[http://ec.europa.eu/spain/actualidad-y-prensa/noticias/medio-ambiente/sociedad-reciclado-26-01-2011\\_es.htm](http://ec.europa.eu/spain/actualidad-y-prensa/noticias/medio-ambiente/sociedad-reciclado-26-01-2011_es.htm)> Consultado el: 25 de abril de 2014.

Comisión Europea. 2013. Residuos. [En línea]. Recuperado en: <[http://ec.europa.eu/environment/sme/legislation/waste\\_es.htm](http://ec.europa.eu/environment/sme/legislation/waste_es.htm)> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Comisión Europea. 2014. Waste. Review of the Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste. [En línea]. Recuperado en: <<http://ec.europa.eu/environment/waste/strategy.htm>> Consultado el: 25 de abril de 2014.

Commission of the European Communities. 2003. Regulation (EEC) No 4064/89 Merger procedure. [En papel]. Article 6(1)(b). Luxemburgo, Brussels. 17p.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Sin fecha. Guía de Reciclaje. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-31734\\_Guia\\_de\\_Reciclaje.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-31734_Guia_de_Reciclaje.pdf)> Consultado el: 03 de junio de 2014.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 2005a. Sistemas de reciclaje. Estudio de casos en la Región Metropolitana. [En línea]. Gobierno de Chile. Santiago, Chile. 69p. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-31679\\_Estudio\\_de\\_casos.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-31679_Estudio_de_casos.pdf)> Consultado en: 03 de junio de 2014.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 2005b. Política de gestión integral de residuos sólidos. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-26270\\_pol\\_rsd](http://www.sinia.cl/1292/articles-26270_pol_rsd) . Consultado el: 27 de julio de 2014> Consultado el 07 de junio de 2014.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 2009. Diagnóstico producción, importación y distribución de productos electrónicos y manejo de los equipos fuera de uso. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497\\_Diagnostico\\_de\\_equipos\\_de\\_informatica\\_celulares\\_2009.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55497_Diagnostico_de_equipos_de_informatica_celulares_2009.pdf)> Consultado el 06 de agosto de 2014.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente); Intendencia Región Metropolitana de Santiago; Fundación Casa de la Paz. 2009. Plan de Acción de Reciclaje Mesa Intersectorial “Santiago Recicla” Región Metropolitana, Versión 6.0. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-49815\\_PlanAccionStgoRecicla2009.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-49815_PlanAccionStgoRecicla2009.pdf)> Consultado el: 06 de agosto de 2014.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). 2010. Primer reporte del manejo de residuos sólidos en Chile. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.sinia.cl/1292/articles-49564\\_informe\\_final.pdf](http://www.sinia.cl/1292/articles-49564_informe_final.pdf)> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Copper Alliance. 2013. Reciclaje. [En línea]. Recuperado en:<<http://copperalliance.es/el-cobre/reciclaje>> Consultado el: 27 de mayo de 2014.

Copper Investing News. 2013. Top 10 Copper-producing countries of 2012. [En línea]. Recuperado en: <<http://copperinvestingnews.com/16023-top-10-copper-producing-countries-of-2012.html>> Consultado el: 14 de julio de 2014.

Corporate Knights. 2013. Global 100. Most sustainable coporations in the world. Recuperado en <[http://static.corporateknights.com/Media\\_release.pdf](http://static.corporateknights.com/Media_release.pdf)> Consultado el: 01 de abril de 2014.

Decreto 40. Aprueba Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. [En línea]. 30 de octubre de 2012. Santiago, Chile: 12 agosto de 2013. Recuperado en:

<<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1053563>> Consultado el: 07 de agosto de 2014.

Decreto 2385. Fija texto refundido y sistematizado del decreto ley num. 3.063, de 1979, sobre rentas municipales. [En línea]. 30 de mayo de 1996. Santiago, Chile. 20 de noviembre de 1996. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=18967>> Consultado el: 28 de julio de 2014.

Decreto 189. Reglamento sobre condiciones sanitarias y de seguridad básica en los rellenos sanitarios. [En línea]. 18 de agosto de 2005. Santiago, Chile: 05 de enero de 2008. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=268137>> Consultado el: 18 de mayo de 2015.

Ecosmep. Sin fecha. La normativa de la Unión Europea en materia de residuos peligrosos. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.ecosmep.com/Registrados/Residuos/La%20normativa%20de%20la%20Uni%20F3n%20Europea%20en%20materia%20de%20residuos.pdf>> Consultado el: 21 de abril de 2014.

Emprendo Verde. 2012. Feliz día del reciclaje... y en Chile como estamos?. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.emprendoverde.cl/el-mercado-del-reciclaje-en-chile/>> Consultado el: 07 de junio de 2014.

Fernández, A. 2011. Reciclaje en Europa: España suspende. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2011/03/27/199479.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2011/03/27/199479.php)> Consultado el: 28 de julio de 2014.

Fiscalía de Chile. 2011, octubre. [En papel]. Santiago, Chile, No 2: 32p.

Greenpeace. 2012a. Guiyu: An e-waste nightmare. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.greenpeace.org/eastasia/campaigns/toxics/problems/e-waste/guiyu/>> Consultado el: 07 de mayo de 2014.

Greenpeace. 2012b. Minería y basura electrónica. [En línea]. Recuperado en: <[https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Boletin\\_ECOS/25/greenpeace\\_mineria\\_basura\\_electronica.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Boletin_ECOS/25/greenpeace_mineria_basura_electronica.pdf)> Consultado el: 25 de agosto de 2014.

Guangzhou, I. 2010, septiembre. (inf. Téc. N°1), Instituto Valenciano de la Exportación. [En papel]. Valencia, España: Generalitat Valenciana & IVEX. 57p. Consultado el: 07 de mayo de 2014.

Gutiérrez, D. 2013. 34% de las personas declara reciclar en Chile según la IV Encuesta UNAB de medioambiente. [En línea]. Recuperado en:

<<http://ambiental.unab.cl/2013/04/34-de-las-personas-declara-reciclar-en-chile/>>

Consultado el: 07 de agosto de 2014.

Hagelülen, C. 2006. Recycling of electronic scrap at Umicore's integrated metals smelter and refinery. [En línea]. Umicore Precious Metals Refining. Hoboken, Belgica: Acta Metallurgica Slovaca. 16p. Recuperado en: <<http://web.tuke.sk/hf-knkaso/content/veda/konferencie/waste/hageluken.pdf>> Consultado el 27 de mayo de 2014.

Hagelülen, C. Sin fecha Improving resource recovery from electronic scrap recycling – a holistic approach. [En línea]. Hanau, Germany: Rodenbacher Chaussee4. 10p. Recuperado en: <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=8524>> Consultado el: 05 de abril de 2014.

Hoffmann, J. y Sempels, C. 2013. Sustainable innovation strategy. In: Palgrave McMillan. Londres, England. 272p.

Holemans, Dirk. Sin fecha. Ciudades, las ecofábricas del futuro. [En línea]. Recuperado en:

<[http://www.iniciativa.cat//media/articles/9002/HOLEMAN\\_CIUDADES\\_ECOF\\_BRIC\\_AS.pdf](http://www.iniciativa.cat//media/articles/9002/HOLEMAN_CIUDADES_ECOF_BRIC_AS.pdf)> Consultado el: 22 de abril de 2014.

Isasmelt. Sin fecha. Descripción del proceso. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.isasmelt.com/ES/technology/Paginas/ProcessDescription.aspx>> Consultado el: 06 de abril de 2014.

Krikkle, J. 2008. Recycling e-waste: The sky os the limit. [En línea]. Recuperado en: <<http://cs.furman.edu/~chealy/fys1107/PAPERS/recycle.pdf>> Consultado el: 06 de mayo de 2014.

La Tercera. [En línea]. Santiago, Chile. 02 de abril de 2011. Chatarra de cobre transa unos US\$ 200 millones al año. Recuperado en: <<http://diario.latercera.com/2011/04/02/01/contenido/negocios/10-64413-9-chatarra-de-cobre-transa-unos-us-200-millones-al-ano.shtml>> Consultado el: 21 de septiembre de 2014.

La Tercera. [En línea]. Santiago, Chile. 04 de agosto de 2013. Recuperado en: <<http://diario.latercera.com/2013/08/04/01/contenido/pais/31-143284-9-gobierno-chile-debe-duplicar-rellenos-sanitarios-por-alta-generacion-de-basura.shtml>> Consultado el: 28 de julio de 2014.

Chicago Tribune. [En línea]. Chicago, Estados Unidos. 06 de mayo de 2013. Recuperado en: <<http://articles.chicagotribune.com/2013-05-06/news/sns-rt-metales-cobre->

[chinal2n0dn0bl-20130506\\_1\\_refinado-cobre-toneladas](#)> Consultado el 20 de junio de 2015.

Labarca, C. 2013. Instrumentos económicos para incentivar el reciclaje en los hogares de la Región Metropolitana. [En línea]. Seminario para optar al título de Ingeniero Comercial, mención Economía. Santiago, Chile: Facultad de Economía y Negocios, Universidad de Chile. 50h. Recuperado en: <<http://www.tesis.uchile.cl/handle/2250/114090>> Consultado el: 21 de agosto de 2014.

Leal, C. 2011. Investigarán a empresa de reciclaje Recmetal por supuesta comercialización de cobre robado. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.biobiochile.cl/2011/04/29/investigaran-a-empresa-de-reciclaje-recmetal-por-supuesta-comercializacion-de-cobre-robado.shtml>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Leung, A.; Wei Cai, Z. y Wong, Ming Hung. 2006. Environmental contamination from electronic waste recycling at Guiyu, southeast China. [En línea]. 8<sup>th</sup> ed. Springer-Verlag: 21-33p. Recuperado en: <<http://www.environmental-expert.com/Files%5C6063%5Carticles%5C9019%5C1.pdf>> Consultado el: 15 de julio de 2014.

Leung, A.; Duzgoren-Aydin, N.; Cheung, K. y Wong, M. 2008. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. [En línea] Vol. 42, NO 7. Hong Kong, China: Environmental Science & Technology. 7p. Recuperado en: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es071873x>> Consultado el 17 de junio de 2014.

Ley 18.695. Ley orgánica constitucional de municipalidades. [En línea]. 29 de marzo de 1988. Santiago, Chile: 31 de marzo de 1988. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=30077>> Consultado el: 07 de junio 2014.

Ley 20.273. Modifica el código penal en lo referente a delitos relacionados con el robo y receptación de cables eléctricos y tapas de cauces. [En línea]. 23 de junio de 2008. Santiago, Chile. 28 de junio de 2008. Recuperado en: <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=273006>> Consultado el 27 de julio de 2014.

Li, Y., Xu, X., Liu, J., Wu, K., Gu, C., Shao, G., Chen, S., Chen, G., Huo, X. 2008, septiembre. [En línea]. The hazard of chromium exposure to neonates in Guiyu of China. Science of the total environment 403: 99-104. Recuperado en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18603282#>> Consultado el: 16 de junio de 2014.

LyD (Libertad y Desarrollo). 2014. Nuevo proyecto de ley de reciclaje: hacia un país más limpio. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.lyd.com/centro-de-prensa/noticias/2014/01/nuevo-proyecto-de-ley-de-reciclaje-hacia-un-pais-mas-limpio/>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Luda, M. 2011, agosto. Integrated of printed circuit boards. Integrated waste management. [En línea]. Vol II. Torino, Italia: Dipartimento di Chimica IFM dell'Università di Torino. 286-298p. Recuperado en: <[http://cdn.intechopen.com/pdfs/18491/InTech-Recycling\\_of\\_printed\\_circuit\\_boards.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/18491/InTech-Recycling_of_printed_circuit_boards.pdf)> Consultado el 19 de abril de 2014.

Marín, C. 2013. Producción de cobre a partir de chatarra. Revista Metal Actual 30: 32-38. Revista Metal Actual. 2013

Meynen, N. 2013. Is Umicore really the most sustainable company in the world. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.ejolt.org/2013/01/is-umicore-really-the-most-sustainable-company-in-the-world/>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Midas Chile. 2015. Servicios. [En línea] Recuperado en: <<http://www.midaschile.cl/home/index-3.html>> Consultado el 26 de junio de 2015.

MIDIA creadores de contenido. 2010. Made in Chile. MIDIA creadores de contenido. Santiago, Chile. 111p.

Minería Chilena. 2014. Lupa al mercado del reciclaje de metales. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.mch.cl/reportajes/lupa-al-mercado-del-reciclaje-de-metales/>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. [En línea]. Bogotá, Colombia: Viceministerio de Ambiente. 100p. Recuperado en: <[http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia\\_RAEE\\_MADS\\_2011-reducida.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf)> Consultado el: 06 de octubre de 2014.

Ministerio de Desarrollo Social. 2013. Metodología de preparación y evaluación de proyectos de residuos sólidos domiciliarios y asimilables (inf. Tec. N°1). Ministerio de Desarrollo Social. [En línea]. Santiago, Chile: Gobierno de Chile. 57p. Disponible en: <<http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/Residuos%20Solidos%202013.pdf>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2012. Informe del Estado del Medio Ambiente. (inf. Tec. N°2) MMA [En línea]. Santiago, Chile. MMA. 512p. Recuperado en: <[http://www.mma.gob.cl/portal\\_2011/articles-52016\\_InformeEstadoMedioAmbiente\\_Completo\\_2011.pdf](http://www.mma.gob.cl/portal_2011/articles-52016_InformeEstadoMedioAmbiente_Completo_2011.pdf)> Consultado el: 15 de junio de 2014.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2013. Diseño proyecto de ley de marco para la gestión de residuos y la responsabilidad extendida del productor. [En línea]. Recuperado

en: <<http://www.mma.gob.cl/1304/w3-propertyvalue-16542.html>> Consultado el: 08 de agosto de 2014.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente); Ministerio de Vivienda; Ministerio de Trabajo; Ministerio de salud; Ministerio de Desarrollo Social; FOSIS; et al. 2013, enero. Políticas públicas para la inclusión de los recicladores de base al sistema de gestión de residuos municipales en Chile. (Doc. N°1). MMA. [En línea]. Santiago, Chile. 53p. Recuperado en: <[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/genericdocument/wcms\\_205403.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/genericdocument/wcms_205403.pdf)> Consultado el: 15 de junio de 2014.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente) y Ministerio de Hacienda. 2013, diciembre. Estrategia Nacional de Crecimiento Verde. (doc. Tec. N°1). MMA. [En línea]. Santiago, Chile. 96p. Recuperado en: <[http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55866\\_Estrategia\\_Nacional\\_Crecimiento\\_Verde.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-55866_Estrategia_Nacional_Crecimiento_Verde.pdf)> Consultado el: 27 de julio de 2014.

MMA (Ministerio del Medio Ambiente). 2015. Senado aprueba en general la Ley de Fomento al Reciclaje. [En línea]. Recuperado en: <<http://portal.mma.gob.cl/senado-aprueba-en-general-la-ley-de-fomento-al-reciclaje/>> Consultado el: 26 de junio de 2015.

Minter, A. 2013. Junkyard Planet: travels in the billion-dollar trash trade. Bloomsbury Press. Nueva York, Estados Unidos; Londres, Inglaterra; Nueva Delphi, India; Sydney, Australia. 284 p.

Olivera, J. 2013. Optimización del proceso de reciclado de tarjetas de circuitos impresos - PCB-. Ingeniero Industrial. Universidad Tecnológica de Mixteca. Oaxaca, México. 98p.

Parra, R. 2011. Reciclaje y responsabilidad social en Chile. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.ingenews.cl/web/download/publicaciones/132.pdf>> Consultado el 01 de junio de 2014.

Precious Metals Umicore, 2014. History. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.preciousmetals.umicore.com/PMR/AboutUs/history/>> Consultado el: 22 de abril de 2014.

Puckett, J., Byster, L., Westervelt, S., Gutierrez, R., Davis, S., Hussain, A., et al. 2002. Exporting Harm: The hight-tech trashing of Asia. (inf. Tec. N°1), The Basel Action Network (BAN) y Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC). [En línea]. 54p. Recuperado en: <<http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>> Consultado el: 06 de mayo de 2014.

Quesada, L. 2006. Propuesta para la gestión de motocicletas al fin de su vida útil y análisis de alternativas para el aumento de su tasa de reciclado. Ingeniería Metalúrgica, Universidad Técnica de Cataluña. Cataluña, Barcelona. 131p.

RAE (Real Academia Española). 2001. Extrudir. Recuperado en: <<http://lema.rae.es/drae/?val=extrudir>> Consultado el 07 de abril de 2014.

Raskin, G. 2012. Hoboken site visit. Recuperado en: <[http://www.umicore.com/investorrelations/en/newsPublications/presentations/2012/show\\_2012SeptHobokenSiteVisitEN.pdf](http://www.umicore.com/investorrelations/en/newsPublications/presentations/2012/show_2012SeptHobokenSiteVisitEN.pdf)> Consultado el 17 de mayo de 2014.

Real Decreto 208/2005. Directiva sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. [En línea]. 27 de enero de 2003. Unión Europea. 26 de febrero de 2005. Recuperado en: <[http://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-3242](http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-3242)> Consultado el 03 de julio de 2015.

Recycla. 2008. Declaración de Impacto Ambiental – Proyecto ampliación planta Recycla. Recuperado en: <[http://www.e-seia.cl/archivos/DIA\\_RECICLA.pdf](http://www.e-seia.cl/archivos/DIA_RECICLA.pdf)> Consultado el 06 de octubre de 2014.

Revista Business Chile de la Cámara Norteamericana de Comercio. 2011, noviembre. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.businesschile.cl/es/noticia/special-report/anadir-valor-al-cobre>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Revista Capital. 2007, julio. [En línea]. Santiago, Chile, N° 208: s.p. Recuperado en: <<http://www.capital.cl/poder/2007/07/13/050700-el-encanto-de-la-segunda-oportunidad>> Consultado el: 27 de julio de 2014.

Revista EMB Construcción. 2008, junio. [En línea]. Santiago, Chile. Recuperado en: <<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=860&edi=40&xit=escasez-de-chatarra-deficit-de-un-material-clave-para-aumentar-la-produccion-de-acero-en-chile>> Consultado el 20 de julio de 2015.

Revista Educación Ambiental. 2011, octubre. [En papel]. Santiago, Chile. Ed. N° 15: 32p. Recuperado en: <[http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/articles-52947\\_Revista\\_de\\_Educacion\\_Ambiental\\_n15.pdf](http://www.mma.gob.cl/educacionambiental/1319/articles-52947_Revista_de_Educacion_Ambiental_n15.pdf)> Consultado el: 17 de julio de 2014.

Revista Minería Chilena. 2014, Mayo. [En línea] Santiago, Chile. 1(395):246p. Consultado el: 17 de junio de 2015.

Rodríguez, A. 2013. El traspie de la chatarra. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.quepasamineria.cl/index.php/core-business/item/2284-el-traspi%C3%A9-de-la-chatarra>> Consultado el: 24 de julio de 2014.

Saurat, M. 2006. Material flow analysis and environmental impact assessment related to current and future use of PGM in Europe. Magister en Ecología Industrial. [En línea]. Gotemburgo, Suecia: Universidad Tecnológica de Chalmers, Departamento de Desarrollo y Energía. 229p. Recuperado en:

<<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/136460.pdf>> Consultado el: 20 de abril de 2014.

Sevillano, E. 2011. Responsabilizarse de la basura electrónica. [En línea]. Recuperado en: <[http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/11/16/actualidad/1321398006\\_850215.html](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2011/11/16/actualidad/1321398006_850215.html)> Consultado el: 06 de noviembre de 2014.

Sierralta, L. 2014, julio. Reciclaje de cobre [lsierraltaj@gmail.com]. Recuperado en: <s.correa@aminerals.cl > Consultado el: 04 de julio de 2014

SII (Servicio de Impuestos Internos). 2015. Dólar Observado. Recuperado en: <<http://www.sii.cl/pagina/valores/dolar/dolar2014.htm>> Consultado el 20 de abril de 2015.

Silva, U. 2009. Gestión de residuos electrónicos en América Latina. Ediciones SUR. Santiago, Chile. 299p.

Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. (1º, 23-24 de julio de 2008, Castellón, España). 2008. Tendencias en la gestión de residuos de envase en la Unión Europea. [En línea]. Ed. Capuz, S., Collado, D., Pacheco, B. y Paneque, A. Valencia, España: Redisa. 12p. Recuperado en: <<http://www.redisa.uji.es/artSim2008/gestion/A27.pdf>> Consultado el 15 de julio de 2014.

Simposio Internacional John Floyd sobre el desarrollo sustentable en el procesamiento de metales (1º, 3 -6 de julio de 2005, Melbourne, Australia). 2005. Isasmelt™- 25 años de evolución continua. [En línea]. Arthur, P. y Hunt, S. Brisbane, Australia: Xtrata Technology. 25p. Recuperado en: <<http://www.isasmelt.com/EN/Publications/Technical%20Papers/Isasmelt%20-%2025%20Years%20of%20Continuos%20Evolution%20-%20SPANISH.pdf>> Consultado el: 12 de abril de 2014.

SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental). Sin fecha. Reciclaje. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.sinia.cl/1292/w3-propertyvalue-15486.html>> Consultado el: 27 de mayo de 2014.

SONAMI (Sociedad Nacional de Minería). 2015. Producción minera nacional de cobre por principales empresas. Recuperado en: <[http://www.sonami.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=256&Itemid=122](http://www.sonami.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=256&Itemid=122)> Consultado el 17 de junio de 2015.

Tobón, N. 2012. China compra el 79% de la basura electrónica del mundo. [En línea]. Recuperado en: <<http://china-files.com/es/link/18432/china-compra-el-70-de-la-basura-electronica-del-mundo>> Consultado el: 08 de mayo de 2014.

Umicore. 2008. Addressing historical pollution in the Flemish Region of Belgium: The issue of cadmium. [En línea]. Recuperado en:

<[http://www.unicore.com/sustainability/environment/mainIssues/cadmium/show\\_Cadmium\\_update.pdf](http://www.unicore.com/sustainability/environment/mainIssues/cadmium/show_Cadmium_update.pdf)> Consultado el: 25 de abril de 2014.

Umicore. 2013. Press information. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/media/news/2013/2013Q3Update/HistoryHobokenEN.pdf>> Consultado el: 01 de abril de 2014.

Umicore. 2014a. Recycling. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/ourBusinesses/recycling/>> Consultado el: 23 de abril de 2014.

Umicore. 2014b. Recycling (Recovery of scarce metals). [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/cleanTechnologies/recyclage/>> Consultado el: 08 de abril de 2014.

Umicore. 2014c. Partnership between Umicore and WorldLoop finalist at Belgian Business Award for the Environment. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/media/news/2013/WorldLoopBelgianBusinessAward/WorldLoopBelgianBusinessAwardEN.htm>> Consultado el: 10 de abril de 2014.

Umicore. 2014d. Short History. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/aboutUs/history/>> Consultado el: 02 de abril de 2014.

Umicore. 2014e. 125 years of Umicore in Hoboken. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/en/media/news/2012/hoboken125/hoboken125EN.htm>> Consultado el: 22 de abril de 2014.

Umicore. 2014f. F3 Financial risk management. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/reporting2011/financial/financialNotes/F3.htm>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Umicore. 2014g. Recycling key figures. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/reporting/statements/financial/economic-key-figures/recycling-key-figures/>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Umicore. 2014h. Recycling. [En línea]. Recuperado en: <<http://www.unicore.com/reporting/management-review/segment-review/recycling/economic-performance/>> Consultado el: 17 de mayo de 2014.

Unión Europea. Decisión 93/98/CEE. 1993. Convenio de Basilea. [En línea]. Europa: DO L 39 de 16.2. 1993. Recuperado en: <[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/waste\\_management/128043\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/128043_es.htm)> Consultado el: 21 de abril de 2014.

Unión Europea. 2003. Directiva 2002/95/CE. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. [En línea]. Europa: DO L 37 de 13.2.2003. Recuperado en: <[http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/waste\\_management/121210\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/121210_es.htm)> Consultado el: 12 de abril de 2014.

Unión Europea. 2011. La UE avanza hacia una “sociedad del reciclado”, pero que queda camino por recorrer para mejorar. [En línea]. Recuperado en: <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-11-46\\_es.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-46_es.htm)> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Wandiga, C. 2014a. Disruptive and value innovation. An examination of Umicore’s sustainability transformation. [En línea]. Recuperado en: <<http://businessandpublicpolicy.files.wordpress.com/2014/02/cecilia-wandiga-sustainable-disruptive-and-value-innovation-umicore-case-study.pdf>> Consultado el 25 de abril de 2014.

Wandiga, C. 2014b. The Umicore awakening: How sustainability driven innovation rescued and transformed a failing mining company into leading materials technology market player. [En línea]. Recuperado en <<http://businessandpublicpolicy.wordpress.com/2014/02/02/the-umicore-awakening-how-sustainability-driven-innovation-rescued-and-transformed-a-failing-mining-company-into-a-leading-materials-technology-market-player/>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Watson, I. 2013. China: The electronic wastebasket of the world. [En línea]. Recuperado en: <<http://edition.cnn.com/2013/05/30/world/asia/china-electronic-waste-e-waste/>> Consultado el: 07 de mayo de 2014.

Wolfensberger, M. 2009. Manejo de residuos electrónicos a través del sector informal en Santiago de Chile. [En línea]. Recuperado en: <[http://ewasteguide.info/files/Wolfensberger\\_2009\\_RELAC-Empa.pdf](http://ewasteguide.info/files/Wolfensberger_2009_RELAC-Empa.pdf)> Consultado el: 14 de julio de 2014.

Wood, D. 2014. Strong barriers to entry protect Umicore’s recycling business. [En línea]. Recuperado en: <<http://analysisreport.morningstar.com/stock/research?t=UMI&culture=en-US&region=bel&cur=EUR&productcode=MLE>> Consultado el: 24 de abril de 2014.

Xstrata copper. 2008. Minería del Cobre. [En línea]. Recuperado en: <[http://www.yoquieroserminero.cl/descargas/presentacion\\_xstrata\\_stgo1.pdf](http://www.yoquieroserminero.cl/descargas/presentacion_xstrata_stgo1.pdf)> Consultado el: 07 de abril de 2014.

Zhang, K. 2007. Rought Times in Guiyu. [En línea]. Recuperado en: <[http://ban.org/library/Features/070500\\_rough\\_times\\_in\\_guiyu.html](http://ban.org/library/Features/070500_rough_times_in_guiyu.html)> Consultado el: 22 de mayo de 2014.

## ANEXO 1

Cuadro A. Capacidad de reciclaje de planta Umicore, ubicada en Hoboken, expresada en toneladas por año.

<b>Material</b>	<b>Capacidad</b>
<b>Plata</b>	2400
<b>Oro</b>	100
<b>Platino</b>	25
<b>Paladio</b>	25
<b>Rodio</b>	5
<b>Antimonio</b>	3000
<b>Estaño</b>	1000
<b>Bismuto</b>	400
<b>Indio</b>	50
<b>Selenio</b>	600
<b>Telurio</b>	150
<b>Plomo</b>	125000
<b>Cobre</b>	30000
<b>Níquel</b>	20000

Fuente: Raskin, 2012

## ANEXO 2

### Glosario

AEE: *“Aquellos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua, y a los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos”*(Real Decreto 208/2005, 2005).

Basural y vertedero municipal o urbano: *“Lugar destinado a la disposición final de residuos que no cumplen con la legislación vigente y tampoco cuentan con Autorización Sanitaria, de acuerdo a la Resolución N° 2.444”* (MMA, 2012).

Generadores de residuos: *“Grupo constituido por la ciudadanía distribuida a nivel residencial, comercial, institucional e industrial”* (MMA et al., 2013).

Gestor: *“Quien realiza toda acción operativa para el tratamiento del residuo, incluyendo, entre otras, su recolección, almacenamiento, transporte y pre tratamiento”* (MMA, 2013).

Intermediarios: *“Compra de materiales a recicladores primarios, encargados del acopio y separación para posterior venta a empresas recuperadoras”* (MMA et al., 2013).

Reciclador de base: *“Recolectores primarios que realizan un proceso de recolección y separación de los residuos reciclables”* (MMA et al., 2013).

Relleno sanitario: *“Lugar destinado a la disposición final de residuos que cumple con la legislación vigente (Autorización Sanitaria, de acuerdo al D.S. N° 189, más Resolución de Calificación Ambiental)”* (MMA, 2012).

Residuo de aparato eléctrico y electrónico (RAEE): *“aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen, procedente tanto de hogares particulares como de usos profesionales, a partir del momento en que pasan a ser residuos”* (Real Decreto 208/2005, 2005).

Residuo de cobre: *“Residuos que están elaborados y/o contienen cobre (que no están clasificados dentro de los aparatos eléctricos y electrónicos), tales como productos de grifería, cañerías, etc.”*<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Intermediarios primarios. 2014, julio. Reciclaje de cobre. [Entrevista Personal]. Barrio Franklin.

Residuo domiciliario: *“Residuos sólidos, basuras, desechos o desperdicios generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales y cárceles”* (Decreto 189, 2008).

Segundo trámite constitucional: *“Etapa de discusión dentro del proceso de formación de la ley del que es objeto un proyecto ya aprobado en la cámara de origen, y que se desarrolla en la cámara revisora, para que ésta lo conozca en general y en particular”* (BCN, 2015)

Sistema de Gestión: *“Mecanismo instrumental para que los productores, individual o colectivamente, den cumplimiento a las obligaciones establecidas en el marco de la responsabilidad extendida del productor, a través de la implementación de un plan de gestión”* (MMA, 2013).

Valorización: *“Acciones cuyo objetivo es recuperar residuos o alguno de sus componentes, con la finalidad de reincorporarlos a procesos productivos y/o generar nuevos materiales, productos o energía”* (MMA, 2012).