

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

Memoria de Título

**CATASTRO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL ETIQUETADO
AUTOADHESIVO EN CHILE**

DOMINIQUE VÁSQUEZ CANCINO

**Santiago, Chile
2012**

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

Memoria de Título

**CATASTRO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL ETIQUETADO
AUTOADHESIVO EN CHILE**

**REGISTRY OF WASTE OF THE SELF ADHESIVE LABELS INDUSTRY IN
CHILE**

DOMINIQUE VÁSQUEZ CANCINO

**Santiago, Chile
2012**

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

CATASTRO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL ETIQUETADO
AUTOADHESIVO EN CHILE

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

DOMINIQUE VÁSQUEZ CANCINO

	Calificaciones
Profesor Guía Manuel Paneque C. Dr. Bioquímica y Biología Molecular	7,0
Profesores Evaluadores Hugo Núñez K. Ingeniero Agrónomo Mg. Cs.	6,5
Víctor García de Cortázar G. de C Ingeniero Agrónomo Dr. Ing.	6,7
Colaborador Jorge Eichholz Ingeniero Agrónomo Dr. Sc.	

Santiago, Chile
2012

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a las dos personas más importantes de mi vida, que me han guiado y moldeado como persona, mis padres: Pamela y Mario, quienes me han enseñado a ser como soy y a ver el mundo de la forma en que lo veo. Gracias por enseñarme lo que es el amor, la valentía, la perseverancia y a siempre luchar por llegar a mis metas.

Agradecer a Romina por ser mi compañera, por estar en las buenas y las malas y por cuidarme a pesar de ser la hermana menor.

A mi sobrino Agustín, el sol en mis días nublados, el pequeño saltamontes que me enseñó lo que es el amor de tía y lo infinito que puede llegar a ser.

A mis amigos de la Universidad, del Colegio y de la Vida, por estar apoyándome en cada etapa de mi vida. Siempre se dice que a los amigos es la familia que se elige y yo siento que escogí a los mejores.

Celiáncito gracias por tu apoyo invaluable en la creación de esta memoria. Gracias por estar hasta el último día ayudándome hasta en los detalles más pequeños.

A mi profesor guía, el profesor Manuel Paneque, por guiarme y acompañarme en esta larga aventura, por exigirme más y ayudar a darme cuenta que siempre una memoria puede ser mejor.

Al Sr. Jorge Eichholz, Carlos Eichholz y Emilio Ready de la empresa DEMARKA S.A. por su paciencia y ayuda durante el desarrollo de esta memoria.

Y a todos quienes al pasar por mi vida han dejado alguna enseñanza...

*La más larga caminata comienza con un paso.
(Proverbio hindú)*

TABLA DE CONTENIDOS

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
Keywords.	4
1. INTRODUCCIÓN.....	5
Objetivo general	7
Objetivos específicos.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1 Materiales.....	7
2.1.1 Fuentes de información.....	7
2.1.1.1 Fuentes de información primaria	7
2.1.1.2 Fuentes de información secundaria	8
2.2. Método.....	8
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
3.1 Etiquetas autoadhesivas: Proceso de fabricación y conversión.....	10
3.2 Partes que componen la etiqueta autoadhesiva	11
3.2.1 Cara de la etiqueta	12
3.2.2 Adhesivos usados en etiquetas autoadhesivas	12
3.2.3 Soporte de liberación o capa protectora	15
3.2.3.1 Soporte de etiquetas autoadhesivas	16
3.2.3.2 Silicona	17
3.2.3.3 Recubrimientos de etiquetas autoadhesivas	20
3.3 Residuos de la Industria del etiquetado autoadhesivo	22
3.3.1 Degradación de los residuos del etiquetado autoadhesivo	28
3.4 Legislación	31
3.5 Alternativas de uso de los desechos.....	34
3.5.1 Adhesivo sensible a la presión compatible con el reciclaje	35

3.5.2 Desiliconizadora.....	37
3.5.3 Generación de energía	38
3.5.4 Compresión térmica	41
4. CONCLUSIÓN.....	44
BIBLIOGRAFÍA	45
ANEXOS.....	55

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACR	: Adhesivos Compatibles con el Reciclaje
CEPAL	: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONAMA	: Comisión Nacional de Medio Ambiente
COV	: Compuesto Orgánico Volátil
COVDM	: Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano
D.S. N°	: Decreto Supremo N°
EB	: Haz de electrones, “Electron Beam” en inglés
EPA	: Environmental Protection Agency (United States)
FINAT	: Fédération INternationale des fabricants et transformateurs d'Adhésifs et Thermocollants sur papiers et autres supports
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
IR	: Energía Radiante Infrarroja
ISI	: Institute for Scientific Information
Norma ISO	: Normas de Estandarización Internacional
MMA	: Ministerio de Medio Ambiente
OCDE	: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ONU	: Organización de las Naciones Unidas
PDMS	: Polidimetilsiloxano
PVC	: Policloruro de Vinilo
RSD	: Residuos Sólidos Domiciliarios
REP	: Responsabilidad Extendida del Proveedor

SEREMI	: Secretaría Regional Ministerial
TLMI	: Tag and Label Manufacturer's Institute
T _c	: Temperatura de cristalización
T _g	: Temperatura de transición vítrea “glass (transition) temperature” en inglés
T _m	: Temperatura de fusión, “melting temperature” en inglés
USPS	: United States Post Service
UV	: Ultravioleta
WTE	: Residuos a energía, “Waste to Energy” en inglés
°C	: Grado Celsius
g	: Gramo
mg	: Miligramo
kg	: Kilogramo
m ²	: Metro cuadrado
MJ	: Mega Joule
μm	: Micrómetros
ton	: Tonelada

RESUMEN

Las etiquetas autoadhesivas están formadas por la unión de diversos materiales: papel o película, adhesivo, silicona, tintas y recubrimientos con distintos elementos de acuerdo al acabado o terminaciones que se desee conseguir. No es posible reciclar los residuos de las etiquetas autoadhesivas debido a los elementos que estas poseen, los que durante el proceso se mezclan, formando un aglomerado que se adhiere al papel y que disminuye la calidad del papel reciclado y lo mancha.

En Chile durante el año 2009 la industria del etiquetado autoadhesivo generó 7.567,18 toneladas de residuos, los cuales fueron desechados sin recibir ningún tipo de tratamiento, siendo depositados en rellenos sanitarios debido a la falta de lugares apropiados para su disposición final, perdiéndose una importante cantidad de material con potencial para otras actividades comerciales.

La legislación chilena entrega la responsabilidad del manejo de los residuos en general, desde la perspectiva ambiental, sanitaria y económica, a un amplio número de organismos públicos sectoriales e instituciones, tales como el Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Salud, Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Gobiernos Regionales y Municipios, impidiendo la aplicación de proyectos integrales que busquen mejorar la gestión de todo tipo de residuos.

El objetivo de esta memoria fue el desarrollo de un catastro de los residuos generados en la industria del etiquetado autoadhesivo en Chile, mediante un diagnóstico de los residuos producidos: composición, impactos ambientales asociados, legislación vigente y alternativas para nuevos usos.

Las soluciones identificadas para el problema de la generación de residuos de la fabricación de etiquetas autoadhesivas corresponden a cuatro alternativas: uso de adhesivo compatible con el reciclaje del papel, la utilización de maquinaria de desiliconado para el posterior reciclaje del papel, la generación de energía térmica y eléctrica mediante la incineración de los residuos y la compresión térmica para la fabricación de paneles para construcción. En Chile aún no se ha implementado alguna de las alternativas actuales existentes en el mercado mundial, sin embargo, existen empresas interesadas en desarrollar herramientas que permitan convertir estos residuos en un subproducto.

Palabras clave: etiqueta autoadhesiva, residuo, Chile.

ABSTRACT

Self-adhesive labels are formed by the joining of different materials: paper or film, adhesive, silicone, inks and coatings with different elements according to the finishing that is wished to be achieved. The recycling of this product is not possible because the adhesives, with inks and coatings stick together, forming a conglomerate that adheres to the paper and reduces the quality of recycled paper and stains it.

Chilean self-adhesive labelling industry in 2009 generated 7.567,18 tons. of waste, which were dismissed without any treatment, being dumped in landfills due to lack of appropriate places for disposal, losing an important amount of material with potential for other business activities.

Chilean law for waste does not have an institution responsible or with specific skills from the environmental, health and economic perspective to waste management, delegating these responsibilities in a wide range of public sector agencies and institutions like the Ministry of Environment, Ministry of Health, SEREMI of Housing and Urban, Regional Governments and Municipalities, preventing the implementation of integrated projects towards improving the management of all types of waste.

The purpose of this memory is the development of a survey of the waste generated by Chilean self-adhesive label industry, through an analysis of the waste produced: composition, associated environmental impacts, legislation and options for new uses.

In the world today there are solutions for the problem of waste from the manufacture of self-adhesive labels, which correspond to the use of an adhesive compatible with paper recycling, the use of machinery for desiliconizer with the subsequent recycling of paper, generating electric and thermal energy for waste incineration and thermal compression to manufacture panels for construction. Although Chile has not implemented yet any of the market alternatives, there are companies interested in developing tools to convert this waste into a subproduct.

Keywords: self-adhesive label, residue, Chile.

1. INTRODUCCIÓN

La etiqueta autoadhesiva se introdujo por primera vez en el año 1935 en Los Ángeles, Estados Unidos, por Ray Stanton Avery, quien además desarrolló la primera máquina productora de etiquetas (Avery Dennison Corporation, 2011). Desde ese momento las etiquetas autoadhesivas han evolucionado hasta convertirse en el principal tipo de etiquetado del mundo en la actualidad (FINAT, 1996).

Las etiquetas están formadas por la unión de diferentes materiales: papel o película, adhesivo, silicona, tintas y recubrimientos con distintos elementos, de acuerdo al acabado o terminación que se desee conseguir (FINAT, 1996). En el año 2009 en el mundo se consumieron aproximadamente 39,5 miles de millones de metros cuadrados de papel autoadhesivo (Fredonia Group, 2009), siendo Europa el mayor consumidor mundial con 5,35 miles de millones de metros cuadrados (FINAT, 2009). En Chile el consumo total de papel autoadhesivo durante el año 2009 correspondió a 7.567,18 toneladas, aproximadamente 42 millones de metros cuadrados (Datasur, 2010).

Los residuos generados por la fabricación y uso de etiquetas autoadhesivas, corresponden a aproximadamente al 35-40% de la producción, los que actualmente son desechados sin ningún proceso de reciclaje o tratamiento antes de la disposición final. Los principales residuos corresponden al 100% de los soportes o “liners” de las etiquetas y al 10-20% de los bordes desechados del proceso de corte o troquelado que contienen la lámina de la etiqueta y el adhesivo, además también se considera residuo a los ejes centrales en los que van los rollos de papel autoadhesivo¹.

En los residuos se encuentran materiales como siliconas, adhesivos y papeles recubiertos con elementos que brindan las diferentes características de un papel: brillo, suavidad, opacidad, etc. (FINAT, 1996). Para la correcta disposición de estos materiales es necesario realizar algún tipo de tratamiento a estos residuos, ya que por las características físicas y químicas de estos residuos no es posible reciclarlos junto con el papel blanco, ya que este papel reciclado pierde propiedades, disminuyendo la densidad, porosidad y suavidad de la superficie, viéndose reducido el rendimiento de impresión (Venditti *et al.*, 2000). Estos desechos actualmente son derivados a rellenos sanitarios, perdiéndose material con potencial para otras actividades comerciales.

En Estados Unidos y la Unión Europea se han realizado estudios para disminuir los impactos generados por los residuos provenientes de la actividad del etiquetado autoadhesivo. El primer cambio realizado gracias a estas investigaciones fue la sustitución de adhesivos de caucho con disolventes por adhesivos acrílicos acuosos en combinación

¹ Eichholz, C. 2010. Entrevista. Ingeniero Civil de Industrias, 30 años trabajando con etiquetas autoadhesivas en Empresa DEMARKA.

con siliconas sin disolventes (UPM Raflatac, 2006), generando beneficios tanto para las empresas como para el medio ambiente, ya que permite mejorar las propiedades de los adhesivos y eliminar el uso de solventes contaminantes y peligrosos durante el proceso de fabricación.

Existen numerosas investigaciones y proyectos que han estudiado los elementos que componen las etiquetas, buscando compatibilizarlos con el reciclaje o la posibilidad de utilizar los residuos generados por la industria como subproducto (Hess *et al.*, 2001; Severtson *et al.*, 2003; Houtman *et al.*, 2004; Sarja, 2007). Empresas extranjeras han encontrado en los residuos de esta industria una oportunidad comercial y han recurrido a distintas formas de reutilización, tales como la generación de energía y el reciclaje (FINAT, 2010).

En Chile, aunque la legislación no es clara en la responsabilidad del generador de residuos, algunas empresas han comenzado a investigar sobre la Responsabilidad Extendida del Proveedor (REP), ya que es un concepto que deben tener presente en su actividad productiva. Este término indica que el proveedor o productor de un determinado producto, debe responder por el manejo del mismo una vez que este se ha convertido en residuo (CONAMA, 2005). El productor recupera los residuos en forma directa, a través de la creación de una empresa sin fines de lucro, o a través de un apoyo financiero a municipios. Actualmente el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), está en etapa de redacción de la ley que obligará a las empresas a manejar ambientalmente los productos cuando llegan al final de su vida útil (CONAMA, 2011).

El cálculo de la huella de carbono ha generado interés en los últimos años, especialmente en la comunidad europea (Comisión de las Comunidades Europeas, 2008). Según Schneider y Samaniego (2009) en su informe “La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios” para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la huella de carbono corresponde a la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera derivado de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios de los seres humanos. Esta se mide en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero, equivalentes a CO₂ (Wiedmann y Minx, 2007). Además refieren que cada vez más se observan iniciativas enfocadas a introducir el tema del cambio climático en las agendas del comercio internacional, las que podrían generar restricciones al comercio basadas en los procesos de producción y al contenido de emisiones de carbono.

Considerando a Chile como un país exportador y conociendo la tendencia mundial actual hacia economías más sostenibles, donde el aspecto económico es importante, pero donde también se están posicionando con fuerza los aspectos social y ambiental, se está introduciendo a la economía conceptos como la huella de carbono o la REP, lo que hace necesaria la búsqueda de soluciones integrales referentes a los procesos industriales y al impacto ambiental que generan.

La realización de un catastro de los residuos provenientes de la fabricación de etiquetas autoadhesivas permitirá conocer los tipos y cantidades de desechos que actualmente se depositan en vertederos, así como los principales elementos que los componen y cuál es el impacto que estos provocan en el medio ambiente. Con esta información se investigarán las posibles soluciones al problema de la generación de residuos y su disposición.

Objetivo general

Desarrollo de un catastro de los residuos generados en la industria de las etiquetas autoadhesivas en Chile.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar los residuos producidos por la industria del etiquetado autoadhesivo.
2. Identificar los impactos ambientales que se pueden generar y la legislación asociada.
3. Investigar posibles alternativas de uso de los residuos de la industria del etiquetado autoadhesivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Fuentes de información

Se analizarán diferentes fuentes de información primarias (2.1.2.1) y secundarias (2.1.2.2). Se contó con la información de la base de datos del portal digital DATASUR (Datasur, 2010), así como información disponible en diferentes revistas electrónicas especializadas sobre etiquetado autoadhesivo y entrevistas con especialistas del tema.

2.1.1.1 Fuentes de información primaria

Las fuentes primarias de información corresponden a una entrevista semiestructurada de carácter exploratorio y comunicación vía correo electrónico con un especialista en etiquetado autoadhesivo (Hernández *et al.*, 1998).

La entrevista se realizó al Sr. Carlos Eichholz Piza, Ingeniero Civil de Industrias y que posee la experiencia de 30 años trabajando con etiquetas autoadhesivas en la empresa DEMARKA S.A.

La comunicación vía correo electrónico se realizó con el Sr. Calvin Frost, quien es escritor de una columna en la revista Label and Narrow Web y Director Ejecutivo de Channeled Resource Group, empresa estadounidense que trabaja con residuos del etiquetado autoadhesivo.

2.1.1.2 Fuentes de información secundaria

Las fuentes secundarias de información utilizadas durante la investigación se dividieron en cuatro ejes temáticos: etiquetas autoadhesivas y su composición, etiquetas autoadhesivas en Chile, legislación chilena referente a residuos y alternativas de uso de los desechos.

Las etiquetas autoadhesivas y su composición requirieron la revisión de documentos científicos de la totalidad de la etiqueta y de cada uno de sus componentes en revistas científicas principalmente de la base de datos multidisciplinaria producida por el ISI (Institute for Scientific Information) con aplicaciones bibliométricas y cuantitativas.

Los datos de importación de rollos para la fabricación de etiquetas autoadhesivas en Chile fueron extraídos de DATASUR, propiedad de la Consultora Macroscope Chile Limitada, el cual es un servicio privado de información aduanera que posee bases de datos de importaciones y exportaciones de Chile y América latina. La cantidad de residuos generados fue extrapolada de esta información en base a los porcentajes de residuos generados al fabricar etiquetas autoadhesivas. El acceso a esta página web es a través del portal <http://www.datasur.com/>.

La revisión de la legislación requirió la lectura de toda la normativa existente relacionada con los residuos en Chile. Se apeló a la Ley de Transparencia solicitando documentos al Ministerio de Medio Ambiente referentes a los residuos en el país, los cuales fueron enviados vía correo electrónico.

Las alternativas de uso de los residuos de las etiquetas autoadhesivas fueron extraídas de la revisión de revistas electrónicas especializadas, principalmente de la revista Label and Narrow Web.

2.2. Método

La investigación se inició con la revisión bibliográfica de la información referente a la fabricación y los componentes de las etiquetas autoadhesivas, la cual permitió comprender a cabalidad el proceso productivo de elaboración de estas.

Las dudas generadas por la lectura de los documentos científicos derivaron en la consulta a expertos, los cuales permitieron un conocimiento más acabado de la industria del etiquetado autoadhesivo, tanto en Chile como a nivel internacional.

A partir de la información proveniente de la revisión bibliográfica y las consultas a expertos se identificaron los residuos generados y las cantidades.

Posteriormente se revisó la información legal referente a los residuos en Chile y la aplicación de esta.

Una vez recopilada toda la información se realizó la búsqueda de las alternativas existentes en el mercado para la reutilización de los residuos de las etiquetas. La información acerca de los distintos métodos y tecnologías existentes para el manejo de los residuos se buscó en documentos científicos y revistas internacionales del rubro.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Etiquetas autoadhesivas: Proceso de fabricación y conversión

Las etiquetas autoadhesivas son generadas en un proceso que consta de dos etapas: fabricación del papel autoadhesivo y conversión de este a etiquetas autoadhesivas (FINAT, 1996).

La fabricación de papel autoadhesivo es el proceso en el que se genera el papel adhesivo en rollos (FINAT, 1996). Se comienza por la selección de las materias primas de acuerdo a los requerimientos de los clientes. Una vez escogidos los materiales se procede a la unión de estos: en primer lugar al papel soporte se le adhiere una capa de silicona, la cual es curada mediante uno de dos tipos: curado térmico a alta temperatura o curado de radiación (haz de electrones o curado ultravioleta), siendo ambos procesos libres de solventes (Määttänen, 2008).

La aplicación de silicona le otorga al papel una capa antiadherente que evita que la lámina y el soporte queden pegados entre sí al desprender la etiqueta. Este proceso es fundamental, ya que de este elemento depende la liberación del soporte de la etiqueta, permitiendo un mejor manejo y menores entorpecimientos en el proceso de conversión del papel a la etiqueta. Posteriormente se le agrega el adhesivo, que corresponde a adhesivos sensibles a la presión, cuya formulación en el mercado actual cubre prácticamente todos los requerimientos (UPM Raflatac, 2006).

En términos generales el adhesivo se adhiere a la superficie designada de la etiqueta temporal o permanentemente. Luego de la aplicación del adhesivo se procede al secado de este para eliminar el agua o disolvente, según corresponda de acuerdo al tipo de adhesivo. Por las características antiadherentes de la silicona, el adhesivo quedará pegado únicamente a la lámina. Finalmente se procede a la unión del complejo mencionado con el papel de la lámina o cara, haciendo pasar el soporte con adhesivo junto a la lámina por dos rodillos en contacto, quedando ambas capas unidas (FINAT, 1996).

Luego de la fabricación de los rollos de papel autoadhesivo, continúa el proceso de conversión, que significa transformar los rollos de papel en etiquetas de acuerdo a las necesidades requeridas. Estas etiquetas pueden ser impresas o blancas y con acabados o terminaciones especiales. Si es necesario imprimir la etiqueta, esta se estampa y posteriormente se seca la capa de impresión.

En algunos casos, dependiendo de las características requeridas, antes del corte o troquelado se aplica una capa protectora a fin de proteger la impresión. El proceso de troquelado consiste en darle la forma requerida a la etiqueta, mediante el corte de la cara frontal y la capa de adhesivo, siendo cortada en una troqueladora de rotación para la

formación de las etiquetas individuales (Määttänen, 2008). A continuación, se dividen las distintas tiras continuas con un cortador de rodillos y se someten a un examen de defectos en un control final para ver si faltan etiquetas.

En el proceso o fase de etiquetado se desprenden las etiquetas o se separan individualmente la etiqueta del soporte y se disponen sobre los elementos que se etiquetarán (FINAT, 1996).

Las características físicas principales de las etiquetas son: flexibilidad (para la adaptación a distintas superficies), rigidez (relacionado con el desprendimiento del soporte), estabilidad (asegura buena calidad y resistencia a cambios de humedad), dirección de la fibra (para la suavidad), fuerza de desgarro y tensión, opacidad (propiedad óptica que no permite pasar la luz, es una cualidad de no transparencia), resistencia a distintas condiciones climáticas y de almacenamiento, toxicidad y características de reciclabilidad. La adecuada manipulación de estas características de acuerdo a los requerimientos asegura una etiqueta de calidad (FINAT, 1996).

3.2 Partes que componen la etiqueta autoadhesiva

Las láminas autoadhesivas están compuestas por cinco elementos: papel cara o “face”, adhesivo, soporte o línea de liberación, silicona y recubrimientos, como se representa en la Figura 1.

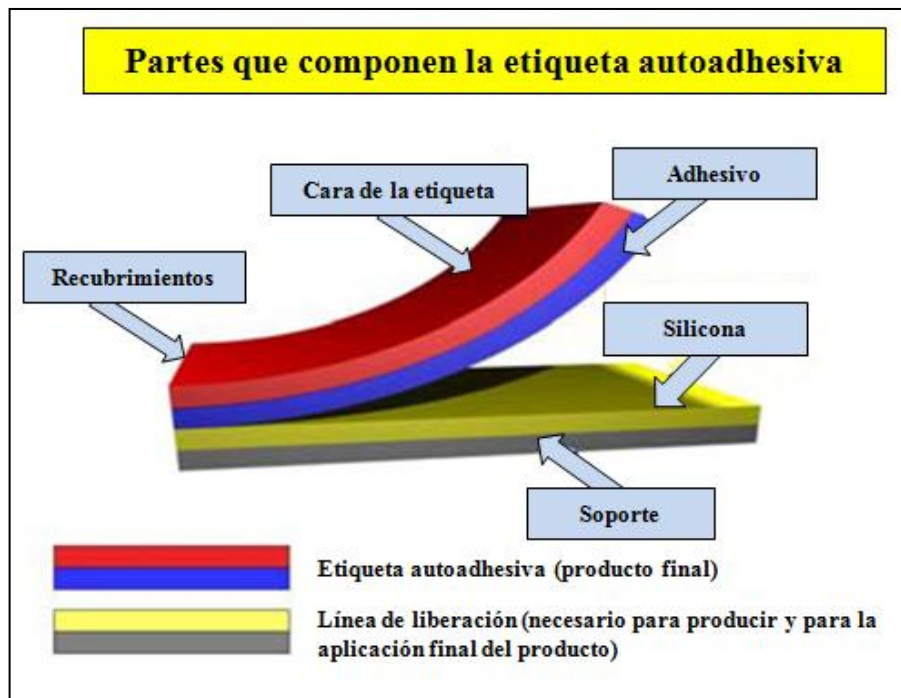


Figura 1: Partes que componen la etiqueta autoadhesiva. (Fuente: Elaboración propia en base a FINAT, 1996).

3.2.1 Cara de la etiqueta

La cara o “face” es la capa que el usuario ve y usa de una etiqueta. Por lo general está impresa, cortada en cierta forma y lleva información relacionada con el producto o servicio al que está adherido (Määttänen, 2008).

La cara puede estar fabricada de diversos materiales como papel (que es el más utilizado) o película, que corresponden a plásticos como poliéster o polipropileno. La fabricación del papel consiste en una combinación de fibras, agua y químicos, la que le brinda las propiedades requeridas por el consumidor (Papernet, 2011). Existe papel con y sin recubrimiento, satinado, mate, revestido, con color, resistente a la humedad, térmicos y ecológicos (FINAT, 1996).

El papel de la etiqueta, por lo general, consiste en pasta química blanqueada de fibras cortas y largas, sometidas a un proceso en que las fibras son extremadamente agitadas, en secuencias de lavado y limpiado (FINAT, 1996). Esto establece un compuesto acuoso o “stuff”, con fibras en todas las direcciones y entrelazadas. El compuesto acuoso es gradualmente comprimido, siendo continuamente removida el agua, forzando a las fibras a un estrecho contacto. La fuerza del papel viene de de la proximidad de las fibras mientras que los otros ingredientes dan color y propiedades de trabajo (FINAT, 1996). Los pesos base usados varían entre 60-115 g/m², pero los más comunes son entre el 65 y 90 g/m², con un espesor de alrededor de 70 micrómetros (µm) (Määttänen, 2008).

La superficie de la etiqueta debe ser compatible con el proceso de impresión que se usará, siendo necesario considerar el grado de absorción y suavidad, pudiendo esto realizarse incluso después de que la etiqueta ha sido aplicada. La suavidad y textura lisa de la superficie permiten una mejor calidad de impresión, para esto existen dos métodos que dan mayor suavidad al papel: recubrimientos y calandrado. Muchos papeles tiene una cubierta en una o ambas superficies que dan acabados brillantes o mates, mientras que el calandrado consiste en hacer pasar el papel a través de cilindros de hierro calientes que entregan suavidad y brillo al papel (FINAT, 1996).

La porosidad del papel no puede ser demasiado alta para evitar que el adhesivo penetre en la estructura de la cara de la etiqueta o incluso a través de ella. La introducción de adhesivo en los poros perturbaría el proceso de conversión y la apariencia visual de la etiqueta, viéndose como pequeñas manchas oscuras que crecen y se expanden en la superficie del papel (Määttänen, 2008).

3.2.2 Adhesivos usados en etiquetas autoadhesivas

La etiqueta autoadhesiva está compuesta por papel o film cubierto con una capa aproximada de 20 µm de espesor de adhesivo sensible a la presión (FINAT, 1996). El principio de adhesión de este pegamento no es químico ni mecánico, sino de atracción polar con el sustrato, el que siempre requerirá presión para proporcionar una adherencia adecuada

(Varanese, 1998).

Los adhesivos están compuestos por mezclas de materiales complejos que pueden ser orgánicos, inorgánicos o híbridos. El componente básico es la sustancia enlazadora que provee de adhesión y cohesión al enlace (FINAT, 1996). La función del adhesivo es formar una adherencia suficiente entre el sustrato, que puede ser papel o film, y el soporte (UPM Raflatac, 2006). El rendimiento de un adhesivo requiere del equilibrio entre el adhesivo y la fuerza cohesiva, es decir, debe ser lo suficientemente suave para mojar la superficie en un flujo adherente a bajas presiones, pero lo suficientemente fuerte como para soportar una carga sin fallar ni romperse (Severtson *et al.*, 2008).

Se pueden agregar otros elementos a la mezcla que forma el adhesivo, pero no están relacionados con las propiedades adhesivas, sino con la durabilidad, flexibilidad, resistencia a condiciones específicas, etc. (FINAT, 1996). Por razones de maquinabilidad, se utilizan aditivos en los adhesivos: agentes antiespumantes, surfactantes, espesantes, conservantes, humectantes, etc., los cuales son utilizados para mejorar las propiedades del adhesivo y para mejorar el proceso de conversión de la laminados autoadhesivos (Määttänen, 2008).

Los autoadhesivos pueden clasificarse según la composición química, el soporte químico y su uso final (UPM Raflatac, 2006). Según la composición química los adhesivos se pueden dividir en: adhesivos en base caucho, adhesivos acrílicos y siliconas. El tipo predominante de adhesivos sensibles a la presión utilizados para producir etiquetas son los acrílicos a base de agua, con más de 80% del mercado (Petrie, 2007).

Los adhesivos en base caucho pueden estar hechos de caucho natural o de caucho sintético (UPM Raflatac, 2006). Los adhesivos en base caucho necesitan resinas tackificantes o modificadoras, ya que el caucho no es fundamentalmente adherente y estas resinas le otorgan propiedades como revestimiento, grosor, fuerza cohesiva y adhesión específica para condiciones atmosféricas extremas (UPM Raflatac, 2006). Entre los principales modificadores tackificantes se encuentran la resina de colofonia y sus derivados, la resinas de hidrocarburo alifática y aromática, la resina fénilica y resinas de polímeros termoplásticos (Barrueso, 1997).

El caucho tiene un amplio rango de aplicaciones en el campo de las etiquetas, esto incluye resistencia a la humedad, adhesión con poliolefinas, resistencia a solventes e idoneidad para aplicaciones que requieran adhesiones a bajas temperaturas (FINAT, 1996). Estos adhesivos no demuestran buena resistencia a altas temperatura, disolventes, productos químicos o rayos UV (Varanese, 1998). Los adhesivos en base caucho normalmente tienen una buena adhesión a los sustratos no polares como el polietileno y el polipropileno no tratados (UPM Raflatac, 2006).

Los adhesivos acrílicos están formados por mezclas de resinas termoplásticas basadas en acrílicos o derivados de amidas y ésteres, estando disponibles como emulsiones, soluciones solventes y mezclas de monómeros y polímeros (1 o 2 componentes), con catalizadores líquidos o en polvo (UPM Raflatac, 2006).

Las consideraciones ambientales han motivado el desarrollo de adhesivos menos contaminantes, razón por la cual los adhesivos acrílicos han reemplazado en mayor medida las fórmulas basadas en caucho, ya que son resistentes a la degradación, manteniendo la fuerza a elevadas temperaturas, adhiriéndose a metales, minerales y plásticos, teniendo resistencia al traspaso plastificado y a los fluidos de hidrocarbano. Adicionalmente, los adhesivos acrílicos son claros y de color estable, lo que les permite ser usados en el ensamblaje de unidades ópticas (FINAT, 1996).

Los adhesivos acrílicos tienen buenas propiedades de envejecimiento y resistencia a los rayos (UV), son polares por naturaleza y por tanto confieren una buena adhesión a los sustratos polares como el cristal y el nylon (UPM Raflatac, 2006).

Los adhesivos de silicona son compuestos a partir de polímeros de silicona, son adhesivos caros en comparación con los anteriores, lo que significa que no son usados de forma masiva en la fabricación de etiquetas autoadhesivas. En general tienen excelente rendimiento a altas temperatura y resistencia a productos químicos (Varanese, 1998).

La clasificación según el soporte químico de los adhesivos está relacionada con la sustancia en la que se encuentra el adhesivo antes de ser utilizado. El soporte puede ser agua o disolvente, o puede no haber ningún soporte como los “Hotmelts” o el Reticulado UV (UPM Raflatac, 2006).

El término a base de agua deriva de que el adhesivo está formulado y procesado con dispersión acuosa. Las etiquetas son comúnmente fabricadas con adhesivo de base agua en un proceso denominado revestimiento de transferencia, en el que el látex adhesivo formulado se aplica a la base de protección de la etiqueta y se seca. Durante el proceso de secado, las partículas de látex se someten a un mecanismo formador de película donde la eliminación de partículas de agua se basa en la proximidad y luego se deforma en una capa conjunta. Este adhesivo se produce a través de la adición de diferentes tipos y concentraciones de dispersiones pegajosas y aditivos que facilitan las operaciones de recubrimiento, incluyendo agentes humectantes y antiespumantes (Severtson *et al.*, 2009).

En los sistemas de base disolvente el soporte es un disolvente que se evapora durante el secado y que recircula al proceso (UPM Raflatac, 2006). Los adhesivos que no requieren disolventes son los “hotmelts”, que son 100% sólidos de material termoplástico. El adhesivo “hotmelt” se derrite a temperaturas entre 65 y 180 °C y posteriormente, en estado fluido, se aplica el adhesivo.

Los adhesivos “hotmelt” ofrecen una excelente adhesión a sustratos húmedos, sin embargo, no se pueden utilizar a altas temperaturas, ya que se volverían a fundir (FINAT, 1996). El sistema reticulado UV también es 100% sólido, los acrílicos UV son fundidos y bombeados al sustrato, en este estado son reticulados con radiación UV. Los beneficios del reticulado incluyen una mayor resistencia química, cohesión y resistencia al calor. Los acrílicos reticulados UV combinan las mejores propiedades de las dispersiones acrílicas y

“hotmelts”: resistencia al agua, a los productos químicos, al calor y rayos UV, sin embargo, este sistema es un desarrollo tecnológico nuevo en los autoadhesivos, por lo que aún tiene un elevado costo (UPM Raflatac, 2006).

Los adhesivos según su uso final pueden ser divididos en permanentes y removibles, dependiendo de los polímeros que lo constituyan, los cuales dan dureza al adhesivo y tienen un efecto en los valores de adherencia en frío y el corte del adhesivo en la fase de troquelado (UPM Raflatac, 2006). Los adhesivos permanentes están diseñados para permanecer definitivamente en el sustrato de etiquetado, mientras que algunas aplicaciones requieren que el adhesivo sea removible, siendo las propiedades de desprendimiento dependientes del sustrato y de las condiciones de almacenamiento (UPM Raflatac, 2006).

3.2.3 Soporte de liberación o capa protectora

La capa protectora o de liberación tiene un rol esencial en la producción de materiales autoadhesivos y de etiquetas, constituyéndose en la herramienta que permite la liberación de las etiquetas autoadhesivas (Reardon, 2007). La fabricación de materiales autoadhesivos se inicia con la aplicación de siliconas selectivamente escogidas que se adhieren al papel o “film” y que posteriormente se secan. A esto se le denomina capa protectora, soporte de liberación o “release liner”. Sigue la aplicación del adhesivo sobre la capa protectora. El revestimiento antiadherente queda junto a la cara de la etiqueta. Al laminar la capa protectora y el material de la cara de la etiqueta juntos, el adhesivo se transfiere desde la capa de silicona a la cara de la etiqueta (FINAT, 1996).

El recubrimiento de silicona en la capa protectora evita que el adhesivo se pegue al respaldo, también llamado soporte desprendible, el cual es el encargado de proteger el autoadhesivo durante la fabricación, conversión, impresión y hasta el punto final de la aplicación (Fairley, 2010). Este soporte se desprende del adhesivo inmediatamente antes de su aplicación a un envase, producto o superficie (Kinning y Schneider, 2002).

La facilidad con que la etiqueta puede ser removida del soporte es conocida como factor o característica de desprendimiento, valor que puede variar de acuerdo a los requerimientos del usuario, incluyendo el espesor de la silicona o el adhesivo usado. Frente a cualquier variación en el desprendimiento, existen distintos factores que pueden afectar adversamente estas características (FINAT, 1996).

Los requisitos de un recubrimiento de liberación según Kinning y Schneider (2002) son:

- Proporcionar una fuerza de liberación deseada para el uso previsto. La fuerza de liberación a menudo es clasificada como de alta calidad entre 1 y 10 g/cm, modificada entre 10 y 50 g/cm o apretada entre 20 y 500 g/cm.
- La fuerza de liberación debe ser estable bajo cualquier condición ambiental, por ejemplo temperatura y humedad.
- El material de liberación debe estar anclado en el soporte, de manera que no se transfiera

al adhesivo.

3.2.3.1 Soporte de etiquetas autoadhesivas

Un soporte es una parte de la línea de liberación de papel o “film” que está recubierto en una o dos de sus caras con un agente de liberación que proporciona un efecto de desprendimiento en cualquier tipo de material pegajoso como un adhesivo. El rango de peso basándose en los documentos utilizados en la liberación varía entre 51 y 100 g/m² y la gama de espesores varía entre 53 y 130 µm (Määttänen, 2008). Existe gran variedad de materiales usados como soporte, tales como el papel cristal o “glassine”, “kraft”, papel recubierto con arcilla, polietileno recubierto, “film” y otros papeles (FINAT, 1996).

Los materiales que constituyen los soportes de las etiquetas se dividen en tres categorías: “film”, “kraft” y “glassine”. En la fabricación de etiquetas autoadhesivas, los soportes en base a papel (“kraft” calandrado, “glassine”, con recubrimiento de arcilla, polietileno y otros) son los más usados por la industria, con un 85% del mercado (Reardon, 2007). Los “films” son soportes transparentes de poliéster, polipropileno o polietileno diseñados especialmente para su uso con frontales fílmicos transparentes para aplicaciones que requieren de una gran transparencia, además poseen fuerte resistencia para aplicaciones difíciles a alta velocidad (FINAT, 1996).

El “Glassine” o papel traslúcido se crea en una etapa temprana de fabricación del papel, cuando la pulpa es procesada, en un punto donde la fibra está excesivamente batida y saturada con agua, lo que asegura que al final la masa pueda estar estrechamente comprimida, para el posterior supercalandrado, de manera que las fibras se aplanen en la misma dirección para maximizar la porosidad, densidad, suavidad y delgadez del papel, permitiendo que la terminación del papel sea más traslúcida (TLMI, 1992). Estas características hacen de este tipo de papel más susceptible a cambios de humedad de la atmósfera en cualquier punto del ciclo de producción o aplicación, ya que puede perder o retener humedad del aire más rápidamente que el papel “kraft”, y por lo tanto, tiene más probabilidad de enrollarse. La fuerza de tensión del “glassine” es alta y posee gran capacidad de translucencia (calidades transmitidas por la luz) lo que la hace la mejor elección para aplicaciones automáticas (FINAT, 1996).

El “kraft” tiene a la estabilidad como la característica más importante del soporte, está hecho de largas fibras de material crudo y son ideales para cortar en etiquetas de hoja plana, para usos en copadoras o para usos de perforación dentada exacta. El conjunto de grosor y fuerza del “kraft” genera un troquelado de alta velocidad, mientras el espesor adicional deja espacio para error en la profundidad del corte y hace más fácil la remoción manual de las etiquetas.

La aspereza relativa del lado reverso del soporte del kraft se puede usar para favorecer la pinza y los rodillos impulsores de control de la lámina de etiqueta a medida que pasa a través de la copadora o unidad de impresión (FINAT, 1996). La densidad del papel kraft se puede aumentar mediante la adición de relleno y revestimientos, y el calandrado del papel (Määttänen, 2008). El kraft blanqueado es más opaco que el “glassine”. Los soportes de

“kraft” pueden recubrirse con arcilla o polietileno para proporcionar una superficie menos absorbente para recubrimientos de silicona más costosa. El “kraft” blanqueado es la mejor opción en aplicaciones donde la etiqueta será guardada para un uso posterior (FINAT, 1996).

Los soportes de “Kraft” son los más usados, abarcando cerca del 45% del total de “liners” usados en todo tipo de etiquetas (Reardon, 2007). Los soportes de Kraft se pueden blanquear en caso de que los usuarios finales lo requieran. El blanqueado se realiza con el objeto de eliminar la lignina residual en la pasta, utilizando compuestos químicos. En este proceso ocurre una degradación de las fibras de celulosa, producto de la acción de los agentes utilizados, eliminando gran parte de la lignina residual. Esto trae como consecuencia una disminución de 5 a 9% de la pasta café, ya que una parte de las fibras de celulosa se degradan debido a los agentes químicos que intervienen en el proceso, generando una pérdida de rendimiento de alrededor de 2,5%, para lograr blancura de 89-91% según la Norma ISO- 2470 (Papernet, 2010).

El “kraft” blanqueado utilizado en los soportes puede provenir de dos tipos de procesos alternativos: blanqueado libre de cloro elemental, donde los agentes blanqueadores que utilizan son dióxido de cloro, peróxido o hipoclorito, y el blanqueado totalmente libre de cloro, donde los agentes de blanqueo son oxígeno u ozono. En ambos procesos los contaminantes se han reducido y no se ha detectado la emisión de dioxinas ni furanos, generando efluentes que no contienen organoclorados, elementos altamente contaminantes (IPPC, 2001).

3.2.3.2 Silicona

Las siliconas describen a los componentes de la fórmula genérica R_2SiO (McGregor, 1954). Este elemento fue identificado como polímero y actualmente corresponde a los polidimetilsiloxanos. El nombre silicona fue adoptado por la industria y generalmente se refiere a los polímeros donde $R = Me$ (metilsiloxano). Los metilos a lo largo de la cadena pueden ser sustituidos por muchos otros grupos, por ejemplo fenil, vinil o trifluoropropil (Colas, 2005).

La presencia simultánea de grupos orgánicos unidos a una columna vertebral inorgánica, genera una combinación de propiedades únicas en la silicona, permitiendo su uso en campos tan diversos como el aeroespacial (flexibilidad a la temperatura), electrónico (alta resistencia eléctrica), médico (excelente biocompatibilidad) y construcción (resistencia a la intemperie) (Colas, 1990). La silicona más común es el polidimetilsiloxano terminado con grupos trimetilsiloxi (Colas, 2005).

La actividad superficial de las siliconas tiene características muy específicas: son capaces de impermeabilizar la mayoría de superficies, con los grupos metilo apuntando hacia el exterior, generando una película hidrofóbica y una superficie con buenas propiedades de liberación (Colas, 2005). Una pequeña capa de aproximadamente un micrómetro proporciona una excelente barrera protectora en las etiquetas autoadhesivas, permitiendo el

desprendimiento de la cara junto con el adhesivo de la línea de liberación (Fairley, 2010).

Las principales propiedades de la silicona según Kuo (2003) son:

- Temperatura de transición vítrea, T_g : -123°C .
- Alta permeabilidad a los gases: el mejor coeficiente de permeabilidad de N_2 y O_2 .
- Fluidez para formar una película y una excelente resistencia a bajas temperaturas:
 - Cristalización de polímero: $T_c = -90^{\circ}\text{C}$.
 - Punto de fusión: $T_m = -50^{\circ}\text{C}$.
- Excelente comportamiento de viscoelasticidad.
- Fase de transición única de polímeros y resinas.
- Lubricantes, antiespumantes, repelentes al agua y facilitadores de liberación.
- Porcentaje más bajo de superficie viscosa.
- Propiedades físicas constantes dentro de un amplio rango de temperaturas en el aire.
- Buena estabilidad térmica de la vinculación de Si-O-Si.
- Excelentes propiedades dieléctricas estables.
- Buena estabilidad UV y oxidativa.
- Baja absorción UV de los grupos de metilo.
- Inercia química a muchos sustrato.
- Transparencia de los polímeros y de goma.
- Biocompatibilidad.

Existen cuatro tipos de siliconas, estas son a base de solventes, disolventes, emulsión y siliconas de curado UV. Las siliconas constan de cinco componentes diferentes: base de polímeros, catalizador, inhibidor, polimerizador y modificador de la estructura de silicona (Kuo, 2003).

Las aplicaciones de silicona son diversas y esenciales para muchas industrias. La naturaleza inorgánica de la silicona viene de una forma semiorgánica de silicio conocida también como polímero organosiloxano. Las siliconas puede actuar como selladores, lubricantes, surfactantes, gomas, revestimientos y adhesivos. Además, las siliconas se han convertido en esencial e insustituible en diferentes procesos industriales, siendo ingredientes importantes en muchas aplicaciones (Gordon *et al.*, 1998).

Cuando se aplica silicona en la industria del etiquetado, los compuestos formulados con silicona pueden actuar como agentes de liberación para la mayoría de los adhesivos orgánicos y como adhesivos. El recubrimiento de liberación con una capa delgada de un polímero de silicona curado es una característica esencial de la etiqueta autoadhesiva. La capa de silicona ultrafina y uniforme (aproximadamente 0,4 a 1 micra) es esencial para la calidad del comportamiento de liberación. La función de recubrimiento de liberación es asegurar la adhesión específica entre la superficie de silicona y el pegamento para que el laminado se mantenga unido y se puede despegar con la mano o con la fuerza determinada de un equipo automático (Kuo, 2003).

Al estar curada correctamente la capa de silicona, se evita cualquier interacción que pueda

ocurrir entre las especies de silicona que no ha reaccionado y el adhesivo, y se minimiza la posibilidad de transferencia de silicona a la superficie adhesiva (Orlych, 2004).

Este polímero tiene una alta repelencia al polvo, suciedad, tintas y por supuesto adhesivos. Las siliconas son tolerantes al calor, químicamente estables, no tóxicas y dermatológicamente inactivas. Tienen una superficie activa resistente a los rayos UV que permite que sean usados por agentes liberadores, repelentes al agua y cubierta anti-incrustante. Adicionalmente pueden ser usadas como agentes humectantes, surfactantes (reduce la tensión superficial de un lado), detergente, proespumante, antiespumante, lubricante, emulsionante, desemulsionante, sellador y caucho (FINAT, 1996).

El siliconizado del papel soporte es una etapa crítica sobre las propiedades de uso final del laminado autoadhesivo. La capa de silicona, junto con el adhesivo definen principalmente el valor de la etiqueta, por lo tanto, deben estar en un nivel que el laminado pueda convertir los rollos de papel autoadhesivo en etiquetas autoadhesivas (Määttänen, 2008).

La fabricación de silicona está controlada, siendo las emisiones al medio ambiente de esta fase muy pequeñas. Posteriormente, el destino ambiental de las siliconas depende, en gran medida, de la forma física del material y el método de eliminación (Frye, 1988). Los polímeros polidimetilsiloxanos se utilizan como ingredientes en diferentes productos (cuidado personal y productos de cuidado del hogar) y en muchos procesos industriales (agentes de desmoldeo o lubricantes).

Las siliconas sólidas, por ejemplo elastómeros de silicona o sellantes, entran al medio ambiente como un componente más de los residuos sólidos domiciliarios y deben ser depositados en rellenos sanitarios o incinerados. En este último caso se convierten de nuevo en ingredientes inorgánicos: sílice amorfa (elemento de baja toxicidad), dióxido de carbono y vapor de agua (Colas, 2005). Las siliconas líquidas que se utilizan en productos de aclarado como shampoos, acondicionadores para el cabello o antiespumantes de silicona en los detergentes pasan a formar parte de las aguas residuales.

La mayoría de las siliconas son prácticamente insolubles en agua, en combinación con alta afinidad a la materia orgánica, son eliminadas de las aguas residuales en los lodos durante el tratamiento de aguas residuales. El destino posterior de siliconas depende el destino de los lodos. Si son incinerados, las siliconas se degradan como se indicó anteriormente, sin embargo, los tratamiento de aguas residuales eliminan la mayoría de las siliconas (Frye, 1988). El otro uso principal para los lodos se utilizan como acondicionador del suelo o modificador.

En estudios de campo a pequeña escala, la aplicación de silicona al suelo no causó efectos adversos observados en el crecimiento microorganismos ni alteró las propiedades de estos suelos (Smith *et al.*, 1998). Extensos estudios de laboratorio muestran que los lodos de depuradora con contenido de silicona se degradan en los suelos como resultado del contacto con minerales de la arcilla. La arcilla también actúa como un catalizador del polidimetilsiloxano demostrando que los factores del suelo tales como contenido y tipo de

arcilla son muy importantes para determinar la tasas de degradación de las siliconas en el suelo (Xu *et al.*, 1998).

Siliconas de bajo peso molecular, como los siloxanos lineales o cíclicos utilizados en aplicaciones de cuidado personal, muestran un diferente perfil en el medio ambiente, como consecuencia de su volatilidad alta que fácilmente se evapora en el aire, donde se degradan como resultado de la reacción con radicales hidroxilo en presencia de luz solar. Estudios han demostrado una gran tendencia a la biodegradación (Frye, 1988; Smith *et al.*, 1998; Colas, 2005), en contraste a las propiedades químicas que la hacen un producto sumamente apetecido: estabilidad a los cambios atmosféricos y resistencia a las temperaturas (Orlych, 2004).

3.2.3.3 Recubrimientos de etiquetas autoadhesivas

Los recubrimientos o revestimientos que se aplican en las etiquetas autoadhesivas permiten agregar cualidades requeridas por los convertidores y usuarios finales, tales como mejorar el desprendimiento de la etiqueta, mejorar la superficie para mayor brillo o mejor impresión, etc. (FINAT, 1996). Existe una gran variedad de elementos disponibles para mejorar estas características, pero en la actualidad los materiales que dominan el mercado de los recubrimientos son: acrílicos, uretanos, siliconas y polietilenos.

Las formulaciones orgánicas (acrílicos y poliuretanos) se usan para recubrimientos rígidos, inflexibles con resistencia a la abrasión y buena adherencia. Los recubrimientos de acrílico se aplican fácilmente en capas que secan al tacto a temperatura ambiente en pocos minutos. Tienen buenas propiedades eléctricas y físicas, normalmente son resistentes a los hongos, tienen excelente transparencia, brillo y resistencia a la intemperie (Fink, 2005).

Los revestimientos de uretano están disponibles como un componente, dos componentes, curado UV y formulación en base agua. Los recubrimientos de poliuretano pueden proporcionar propiedades estéticas deseadas como color y brillo, pero también proporcionan propiedades que son de vital importancia en la protección contra influencias del medio ambiente, tales como la humedad, la radiación, el deterioro biológico o daños mecánicos o químicos de origen (Chattopadhyay y Raju, 2007).

El polietileno como película es transparente, posee buena resistencia a la tracción y a los cambios de temperatura y humedad, posee estabilidad química y no es soluble en disolventes, la absorción de agua es pequeña, tiene excelentes propiedades de aislamiento eléctrico, además posee buena impresión y capacidad de procesamiento (Albertsson, 1980).

Las formulaciones de silicona no curan un revestimiento duro y rígido, sino que forman un soporte duradero conforme el elastómero mantiene su flexibilidad en un rango de temperatura de -50 a 200°C. Estos materiales se formulan sin disolventes ni otros gases nocivos y son sumamente importantes en el desprendimiento de la etiqueta del soporte que la contiene (Gordon *et al.*, 1998).

Los revestimientos convencionales mencionados anteriormente se denominan sistemas evaporativos y están basados en aceite o solventes y transportados por agua, utilizando monómeros apropiados parcialmente prepolimerizados (álquido, acrílico, epoxi, silicona, etc.) y pigmentos dispersos en un solvente (EPA, 1991). El solvente orgánico por lo general es un Compuesto Orgánico Volátil (COV) y con frecuencia es responsable de más de la mitad del volumen del revestimiento líquido. El agua es responsable de una fracción similar del volumen de los revestimientos en base de agua.

Cuando los materiales convencionales se aplican, el solvente orgánico y el agua se evaporan y las moléculas de resina prepolimerizada pueden entrar en contacto entre sí. La solidificación del revestimiento ocurre a medida que el prepolímero continúa su proceso de polimerización mediante una reacción química (EPA, 1991). Los materiales convencionales utilizan energía radiante infrarroja (IR), es decir, calor para curarse. Se utiliza calor para evaporar el solvente orgánico o el agua y para acelerar la polimerización.

La curación ultravioleta y de haces de electrones (EB, "Electron Beam") cambian de estado líquido a estado sólido mediante una reacción compuesta por procesos de polimerización y entrecruzamiento. Los materiales curados con UV necesitan la energía radiante UV para polimerizar los monómeros y oligómeros para formar un compuesto sólido. Los materiales curados con EB necesitan la energía radiante de haces de electrones para polimerizar los monómeros y oligómeros a fin de formar un compuesto sólido (EPA, 2001). La polimerización es en realidad una reacción en cadena en la cual se agregan monómeros u oligómeros a una columna vertebral de átomos de carbono. Cada molécula de monómero u oligómero se agrega como otro eslabón en la cadena o como otra vértebra en la columna vertebral de carbono. Una cadena de polímeros puede tener una longitud de miles de moléculas de monómeros u oligómeros.

Existen muchos mecanismos de polimerización, sin embargo, en la actualidad sólo se utilizan dos para curar los materiales UV/EB: la polimerización por radicales libres y la polimerización catiónica. Las ventajas de estos tipos de curación son el ahorro de energía del 75 al 90%, ahorro en el espacio del piso de un 50 a un 75% y tasas de producción más altas (EPA, 1991).

Todos los revestimientos, transportados por solvente, transportados por agua o curados con UV/EB, independiente del método de curado utilizan básicamente las mismas resinas. No obstante, las resinas usadas con los materiales curados con UV/EB han sido modificadas por la inclusión de grupos funcionales y fotoiniciadores que disparan la polimerización. Para los materiales UV/EB, se han obtenido diferentes propiedades de rendimiento al usar acrílicos, metacrilatos, epoxis, poliésteres, polioles, glicoles, siliconas, uretanos, éteres vinílicos, y combinaciones de éstos. Se pueden mezclar entre sí monómeros u oligómeros estructuralmente diferentes para ajustar las propiedades del polímero final (EPA, 2001).

3.3 Residuos de la Industria del etiquetado autoadhesivo

Los residuos generados del proceso de fabricación de etiquetas autoadhesivas corresponden a aproximadamente el 35 a 40% del total del rollo de papel autoadhesivo, y se dividen en dos tipos de materiales (Katz, 2008):

1.- Residuo 1: la cara de la etiqueta junto a la capa adhesiva del material que queda fuera de la zona de corte de la etiqueta, es decir, el espacio que queda entre las etiquetas, la zona que no se imprime ni usa, correspondiendo al 10 a 20% del total de la lámina autoadhesiva (Fig. N°2).

2.- Residuo 2: el total del soporte del material, mezcla de papel y silicona que sostiene la etiqueta, del cual el 100% se convierte en desperdicio una vez utilizada la etiqueta (Fig. N°3).

Una industria del etiquetado autoadhesivo también produce residuos no relacionado con las etiquetas, tales como las plataformas de madera y cartón.

Los residuos pueden ser removidos en una máquina de prensa o en una unidad de eliminación de residuos por la matriz. Para lograr buenos resultados al retirar los residuos de la matriz, el corte o troquelado se debe realizar de manera óptima y la calidad de las materias primas del material debe estar en un nivel adecuado para que finalmente los residuos se retiren después del cilindro de troquelado. Después de la estación de corte, en un cilindro independiente del rodillo de recogida se separa el residuo de la línea de las etiquetas (FINAT, 1996).



Figura 2: Proceso de fabricación de las etiquetas autoadhesivas, donde se separa parte del residuo. (Fuente: Määttänen, 2008).



Figura 3: Material sobrante posterior al uso de la etiqueta, correspondiente a la línea de liberación. (Fuente: Määtänen, 2008).

El estimado de generación de residuos en Chile, considerando una importación de 7.567,18 toneladas y que el 40% se convierte en residuos, entrega un total de 3026,87 toneladas de residuos en total.

En Chile, las importadoras de rollos de material autoadhesivo que presentan dirección en la Región Metropolitana corresponden al 98,46% a nivel nacional como se ilustra en la Fig. N°3 (Daturas, 2010). Estas empresas son las que convierten el mayor porcentaje de rollos de papel autoadhesivo en etiquetas, generando residuos equivalentes a aproximadamente 2980,25 toneladas al año, las cuales no reciben ningún tipo de tratamiento.

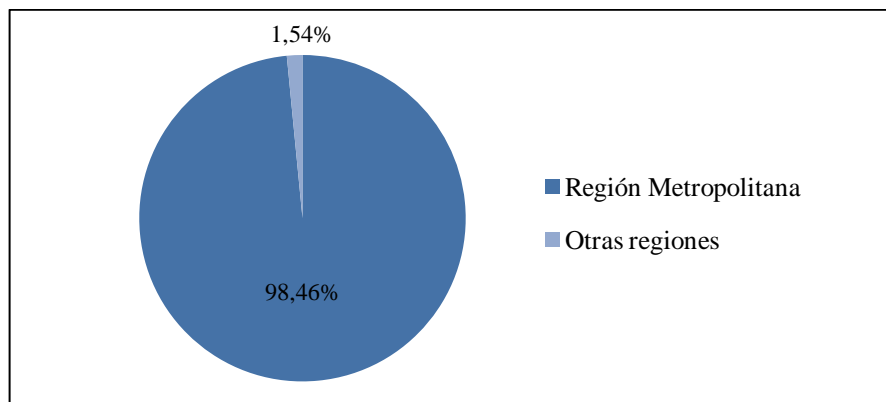


Figura 4: Porcentaje de importadoras de rollos autoadhesivos en la Región Metropolitana y otras regiones. (Fuente: Elaboración propia en base a datos de DATASUR).

Las quince principales importadoras se encuentran ubicadas en la Región Metropolitana representando el 93,04% de las importaciones nacionales. La concentración de los mayores porcentajes de empresas se encuentran en las comunas de Macul, Pudahuel y Quilicura como se muestra en la Fig. N°5 (Datsur, 2010).

No existe de forma pública el listado de fabricantes de etiquetas autoadhesivas a nivel nacional, por lo que esta investigación trabaja con los datos de los importadores de rollos de etiquetas. Este listado permite conocer la cantidad de materia prima que ingresa al país para la fabricación de estas etiquetas y estimar de forma aproximada los residuos generados en el proceso productivo.

Los usuarios de las etiquetas autoadhesivas son un universo bastante amplio, ya que estas son utilizadas en la mayoría de los procesos productivos para etiquetar sus productos. Según la página de internet de UPM Raflatac (<http://www.upmraflatac.com>), uno de los fabricantes más grandes a nivel mundial, las etiquetas son utilizadas en las siguientes industrias: alimentación y bebida, productos duraderos (información debe permanecer toda la vida útil del producto), cuidado personal y doméstico, químico- industrial, logística y transporte, farmacéutico y cuidado de la salud, ventas al detalle, seguridad, vinos, etc.

Actualmente los usuarios finales de los productos etiquetados no realizan ningún tipo de acción sobre la etiqueta posterior al uso del producto, por lo que estas etiquetas son enviadas al relleno sanitario junto con los residuos sólidos domésticos.

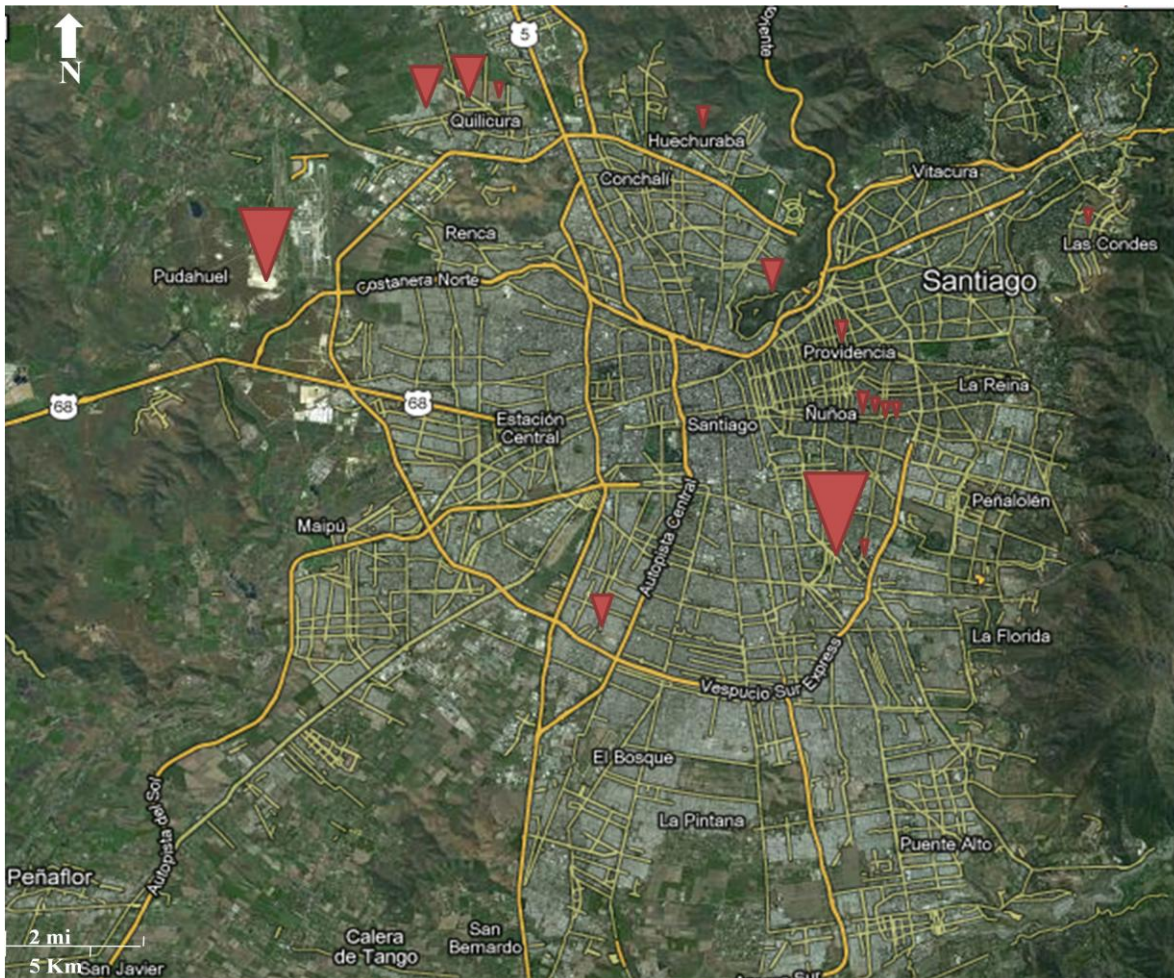


Figura 5: Mapa de ubicación de las quince principales importadoras de rollos Autoadhesivos. (Fuente: Elaboración propia en base a datos de DATASUR).

No existen datos relativos de los usuarios de etiquetas autoadhesivas a nivel nacional, los cuales permitirían conocer dónde y cuánto de los residuos es desechado por localidad.

El reciclado de las etiquetas autoadhesivas no es posible debido a los elementos que los recubren, adhesivos y siliconas, los que generan una serie de inconvenientes principalmente en las máquinas destinadas a la reutilización de la fibra del papel (Venditti *et al.*, 2000).

La presencia de adhesivo en el papel genera problemas para reciclar el papel que queda de residuo, debido a que los restos de adhesivo reducen la eficiencia de las operaciones de fabricación de papel y disminuyen la calidad del producto (Venditti *et al.*, 2000). Los adhesivos han demostrado ser el contaminante más difícil de eliminar de los residuos de las etiquetas autoadhesivas (Hess *et al.*, 2001), generando inconvenientes en el reciclaje del papel debido a la formación de aglomeraciones de adhesivos, junto con tintas y otros contaminantes denominadas “stickies”.

Los “stickies” son materiales poliméricos pegajosos e hidrofóbicos que se introducen en el sistema de fabricación de papel a partir de la mezcla de fuentes de fibra reciclada. El origen de los depósitos o aglomeraciones (“stickies”) se divide en cuatro categorías principales: adhesivos, tintas de impresión, recubrimientos aglutinados y derivados de madera (Putz, 2000).

Las propiedades de los “stickies” son similares a las propiedades de las fibras utilizadas en la fabricación de papel en cuanto a tamaño, densidad, hidrofobicidad y carga electrocinética, lo que reduce las probabilidades de absorción por los procesos de separación de contaminantes convencional, como detección y limpieza, los que se basan en dichas propiedades (Sarja, 2007). La estructura física y química de los “stickies” permite que salgan a través de pantallas, se adhieran a las fibras de papel, equipos de proceso, alambres y filtros.

Friberg (1996) realizó un estudio donde depósitos de adhesivos fueron sometidos a una serie de alteraciones en los factores de pH, temperatura, concentración, carga y fuerzas de cizallamiento, mostrando que es posible la eliminación de estos depósitos del proceso. Sin embargo, alterar estas condiciones implica un aumento en los costos para los recicladores.

Los depósitos pueden conducir a la disminución de maquinabilidad y productividad de las máquinas recicladoras, además de costos por tiempo de inactividad. Si el “stickie” permanece en las maquinarias, entonces se corre el riesgo de que estas se dañen. Si bien durante el reciclaje del papel, existen instancias de limpieza de la fibra como filtros o limpieza por flotación, donde la mayoría de los contaminantes son extraídos, los residuos adhesivos suelen superar estas barreras debido a que pueden separarse y posteriormente reagruparse (Sarja, 2007).

Para romper los lazos entre las fibras durante las etapas iniciales del proceso de reciclaje de papel, se utiliza agua y energía mecánica en una operación denominada repulpaje la cual también fragmenta las láminas adhesivas. Gran parte de la eliminación de estos fragmentos en el proceso de reciclaje se produce en pantallas a presión y se rige principalmente por el tamaño y forma de los restos de pegamento (Venditti *et al.*, 2000).

Se descubrió que durante el proceso previo al reciclado del papel, durante la limpieza de las fibras, la flotación es la fase más eficaz para eliminar las tintas y la mayoría de los contaminantes que afectan el proceso, esto debido al carácter hidrofóbico que poseen, especialmente las tintas (Ackermann *et al.*, 2000) y las siliconas (Hess *et al.*, 2001). Tinta, adhesivos y algunas fibras ascienden a la parte superior, junto a las burbujas de aire que se elevan a la superficie de la pasta, formando una espuma superficial que luego es retirada por aspersion.

Finalmente, si el depósito no se quita y permanece en el proceso, este se introduce en el resto de las operaciones de recuperación de fibra y de fabricación del papel lo que pueden disminuir significativamente la eficiencia de la producción y la calidad del producto final, generando problemas en la impresibilidad del papel y manchas no deseadas en el producto

final (Severtson *et al.*, 2003).

La silicona disminuye las propiedades del papel, sin embargo, la mezcla de esta con adhesivo y la consiguiente formación de “stickies”, representa un gran problema para los recicladores de papel. En la secuencia de tratamiento de las fibras para su reutilización, una superficie del adhesivo se adhiere a un polímero soluble en agua y la otra se enlaza a una silicona, después del pulpaje el pegamento se separa de estas dos superficies y posteriormente la silicona se separa de la superficie de la fibra (Donermeyer *et al.*, 1998).

Un estudio de Venditti *et al.* (2000) indica que la presencia de partículas residuales de liberación de línea, es decir, recubrimiento de silicona en papel reciclado, disminuyen la fuerza y las propiedades de impresión del papel reciclado de forma significativa. Se determinó que este papel con partículas residuales posee 12% menos resistencia a la tracción, 7% de menor índice de desgarro y un 38% menos de resistencia a la ruptura, disminuyendo a su vez la densidad, porosidad, suavidad de la superficie, viéndose reducido el rendimiento de impresión. Paralelamente Hess *et al.* (2001) sugieren en un estudio que hasta un 10% de material cubierto con silicona de líneas de liberación se podría reciclar en papeles mixtos, sin afectar las características de desgarro y tracción del papel, sin tener en consideración a las características físicas del papel, tales como la capacidad de impresión, opacidad, brillo, etc.

3.3.1 Degradación de los residuos del etiquetado autoadhesivo

Las etiquetas autoadhesivas poseen entre sus componentes diferentes elementos inorgánicos que aportan características requeridas por los consumidores. Alguno de estos elementos se pueden reincorporar al ambiente por medio de la biodegradación (FINAT, 1996).

La biodegradación de polímeros es el proceso mediante el cual las sustancias orgánicas son degradadas por organismos vivos (Swift, 1997). Las fuerzas físicas, tales como la calefacción/refrigeración, congelación/descongelación o mojado/secado, pueden causar daños mecánicos, tales como el agrietamiento de materiales polímeros (Kamal y Huang, 1992). Los polímeros son biodegradados aeróbicamente en la naturaleza, anaeróbicamente en los sedimentos y los rellenos sanitarios, y en parte aeróbica y anaeróbica en los compost y el suelo.

La degradación de la mayoría de los polímeros plásticos sintéticos en la naturaleza es un proceso muy lento que involucra factores ambientales, seguido por la acción de microorganismos silvestres (Albertsson, 1980; Cruz-Pinto *et al.*, 1994; Albertsson *et al.*, 1994). La biodegradación de polímeros utiliza dos tipos de procesos: la fotodegradación (UV) y la oxidación (O₂). La fotodegradación utiliza la luz ultravioleta para degradar el producto final, mientras el proceso de oxidación utiliza el oxígeno para romper los enlaces moleculares del polímero. Ambos métodos reducen el peso molecular del plástico y permite que se biodegraden (Shah *et al.*, 2008).

Es importante mencionar que la degradación y el biodeterioro del sustrato del polímero difícilmente pueden llegar al 100%, esto debido a que una fracción del polímero se incorpora en la biomasa microbiana, humus y otros productos naturales (Atlas y Bartha, 1997; Narayan, 1993).

En la biodegradación influyen diferentes factores como las características del polímero, el tipo de microorganismo y el tratamiento previo al que se sometió el polímero. Dentro de las características del polímero las más relevantes son su movilidad, cristalinidad, tacticidad, peso molecular, el tipo de grupos funcionales y los sustituyentes presentes en su estructura, y los plastificantes o aditivos del polímero (Artham y Doble, 2008). Los microorganismos como las bacterias y los hongos están involucrados en la degradación de los polímeros naturales y sintéticos (Gu *et al.*, 2000). Los polímeros plásticos son sustratos potenciales, especialmente para microorganismos heterótrofos (Glass y Swift, 1989).

Durante la degradación, enzimas de microorganismos descomponen los polímeros complejos dando lugar a moléculas más pequeñas de cadenas cortas como oligómeros, dímeros y monómeros, que son lo suficientemente pequeños para permitir el traspaso de microorganismos y ser utilizados como fuentes de carbono y energía (Albertsson y Karlsson, 1990; Albertsson *et al.*, 1987, Huang *et al.*, 1990). Este proceso se llama despolimerización.

La degradación enzimática de los monómeros por hidrólisis es el segundo paso del proceso: en primer lugar la enzima se une al sustrato de polímero, y a continuación cataliza una ruptura hidrolítica. La degradación intracelular es la hidrólisis de una reserva de carbón endógeno por la misma bacteria almacenadora, mientras la degradación extracelular utiliza una fuente exógena de carbón necesaria por la acumulación de microorganismos (Tokiwa y Calabia, 2004).

3.3.1.1 Siliconas

Las moléculas de silicona inician su degradación en el medio ambiente debido a un proceso llamado hidrólisis abiótica, la que implica el rompimiento de la molécula grande en moléculas pequeñas mediante la adición de agua (Xu *et al.*, 1998). Es la reacción más importante para iniciar la biodegradación de polímeros sintéticos polidimetilsiloxanos o siliconas (Xu *et al.*, 1998). La reacción es similar en una variedad de suelos que tienen diferentes texturas, pH, contenido de materia orgánica, mineralogías y el origen geográfico (Lehmann *et al.*, 1995).

Lehmann *et al.* (1999) realizaron un estudio de suelo en condiciones naturales con distintas concentraciones de siliconas (Polidimetilsiloxano, PDMS), analizando al verano siguiente la disminución de la PDMS total del suelo. Las tasas de degradación fueron más lentas que las tasas óptimas en el laboratorio, donde la degradación casi completa se produjo en un ± 2 semanas en los suelos secos (Lehmann *et al.*, 1995). Estos resultados demuestran que la degradación de PDMS procede a ritmos diferentes durante un ciclo de tiempo al año. En las regiones templadas, la degradación será relativamente rápida durante los meses cálidos del

verano, pero será lenta durante los meses fríos y lluviosos de otoño, y puede continuar después de la congelación del suelo seco en invierno (Lehmann *et al.*, 1999).

3.3.1.2 Polietileno

El polietileno es uno de los polímeros sintéticos de alto nivel hidrofóbico y alto peso molecular (Fink, 2005). La degradación del polietileno se puede producir por diferentes mecanismos: químico, fototérmico y biodegradación. El polietileno es reportado como un polímero inerte, con fuertes resistencia a la degradación microbiana (Weiland *et al.*, 1995).

En forma natural, no es biodegradable. Un estudio de biodegradación de Albertsson (1980) informó de la pérdida de un 0,2 % de peso en diez años de una película de polietileno de baja densidad.

3.3.1.3 Poliuretanos

Durante mucho tiempo los poliuretanos fueron considerados no biodegradables, sin embargo, son susceptibles al ataque microbiano, especialmente por los hongos. La degradación microbiana de poliuretanos es dependiente de las muchas propiedades del polímero tales como la orientación molecular, cristalinidad, reticulación y los grupos químicos presentes en las cadenas moleculares, los que determinan la accesibilidad del sistema enzimático de degradación.

Del poliuretano se han identificado tres tipos de degradaciones: biodegradación por hongos, biodegradación por bacterias y biodegradación por la enzima poliuretanasa (Howard, 2002).

Huang y Roby (1986) observaron que la degradación de poliuretanos ocurre de manera selectiva, degradando las regiones amorfas antes de las regiones cristalinas, ya que es en estas zonas donde el ataque microbiano se focaliza. Por lo tanto, poliuretanos con largas cadenas poliméricas de repetición y grupos hidrolíticos son más accesibles a la biodegradación.

Santerre *et al.* (1994) realizó un experimento en el que se mostró que la degradación no puede proceder más allá de la superficie del polímero. Esto implica que la biodegradación de poliuretanos por microorganismos es incompleta y su crecimiento no es compatible con el polímero solo, por lo tanto, son necesarias fuentes adicionales de carbono, así como de nutrientes minerales para mejorar el rendimiento de la degradación.

3.4 Legislación

El Artículo 70 de la Ley 20.417 (2010) que crea el Ministerio de Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia de Medio Ambiente, indica en las letras g), p) y t) que los deberes relacionados con residuos son:

g) Proponer políticas y formular normas, planes y programas en materia de residuos y suelos contaminados, así como la evaluación del riesgo de productos químicos, organismos genéticamente modificados y otras sustancias que puedan afectar el medio ambiente, sin perjuicio de las atribuciones de otros organismos públicos en materia sanitaria.

p) Administrar un Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes en el cual se registrará y sistematizará, por fuente o agrupación de fuentes de un mismo establecimiento, la naturaleza, caudal y concentración de emisiones de contaminantes que sean objeto de una norma de emisión, y la naturaleza, volumen y destino de los residuos sólidos generados que señale el reglamento.

t) Generar y recopilar la información técnica y científica precisa para la prevención de la contaminación y la calidad ambiental, en particular lo referente a las tecnologías, la producción, gestión y transferencias de residuos, la contaminación atmosférica y el impacto ambiental

En Chile no existe una única institución responsable o con competencias específicas desde la perspectiva ambiental, sanitaria y económica respecto al manejo de los residuos sólidos. Por el contrario, la estructura institucional pública existente cuenta con la participación de un amplio número de organismos públicos sectoriales (Política de Gestión de Residuos Sólidos, 2005).

Los Municipios están encargados del aseo y ornato de sus comunas, recolectando, transportando y eliminando por métodos adecuados las basuras, residuos y desperdicios que se depositen o produzcan en la vía urbana; el Ministerio de Salud norma la definición y el manejo de residuos; el Gobierno Regional genera políticas sobre manejo de residuos sólidos en la región; la SEREMI de Vivienda y Urbanismo define y propone las políticas de ordenamiento territorial; el SEREMI de Salud autoriza y fiscaliza los proyectos de recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos; y CONAMA (MMA) coordina los permisos ambientales de proyectos relativos a manejo, de desechos, coordinando además, la política ambiental en torno a esta materia y la generación de normas ambientales.

La Ley Orgánica de Municipalidades (2002) y el Código Sanitario (2000) indica que son los municipios quienes tienen dentro de sus funciones el aseo y ornato de la comuna. La normativa que regula estas materias es el ley N°18.695, Ley Orgánica de Municipalidades, que establece en el Artículo 3° que es atribución privada de las Municipalidades el cuidado del aseo y ornato de la comuna, además, el Artículo 25° indica que corresponderá al

Departamento de Aseo y Ornato de cada Municipalidad el aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines y, en general, de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna, así como realizar el servicio de extracción de basura.

En materia de salud ambiental, el Código Sanitario indica que es el Ministerio de Salud el encargado de autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase. En el año 1999, considerando los altos volúmenes de residuos que se manejaban en la Región Metropolitana, se elaboró una Política Regional de residuos Sólidos de la Región Metropolitana, la cual tiene como principal objetivo el desarrollo de una gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios, sin mencionar otros tipos de desechos, como los residuos industriales.

De acuerdo a su composición, los Residuos Sólidos pueden clasificarse en Domiciliarios cuando provienen del hogar y están formados por restos de comidas, frutas y verduras, textiles, plásticos y papel; de la Construcción cuando provienen de la demolición y edificación de viviendas y red vial; Hospitalarios, cuando su generación se produce en centros de salud y se compone de medicamentos, restos quirúrgicos y materiales de tratamiento médico a baja escala; e Industriales, cuando se generan desechos de la producción de bienes de consumo comercializables (baterías, escorias, arenas, etc.) (Concha, 2003).

El artículo 18 del Decreto Supremo N°594 de 1999 del Ministerio de Salud dispone que: “se entenderá por residuo industrial todo aquel residuo sólido o líquido, o combinaciones de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puedan asimilarse a los residuos domésticos”.

La gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) es un servicio público, que opera como una actividad económica por medio de contratación de servicios, produciendo externalidades ambientales y sanitarias negativas, que requieren regulación y fiscalización por parte del Estado. Por otro lado, el manejo de los residuos no domiciliarios es responsabilidad de los generadores, en su mayoría privados, limitándose el rol de la autoridad a la creación de las condiciones para que en el mercado se ofrezcan alternativas para el manejo de todos ellos. En la actualidad muchos residuos no asimilables a los residuos domiciliarios son vertidos en rellenos sanitarios o depositados en vertederos (Política de Gestión de Residuos Sólidos, 2005).

La Valorización de residuos, según la Política de Residuos Sólidos es una “Actividad que implica la obtención de un recurso mayor a la simple disposición del residuo. Entre ellas reutilizar, reciclar, tratar con recuperación de energía, producción de compost u otra que genere un producto”. Algunas de las actividades vinculadas a la valorización son el uso de residuos como combustible alternativo en procesos productivos, la producción de papel y cartón reciclado, la generación de nuevos productos plásticos a partir de PET reciclado, el reciclaje de aceites y solventes, entre otros.

En algunos países, como los agrupados en la Unión Europea, la valorización de residuos es uno de los pilares más importantes dentro de las respectivas leyes de gestión de recursos. En la Directiva del Consejo 75/442/CEE relativa a los residuos, los países se comprometen a fomentar la valorización de los residuos mediante reciclado, nuevo uso, recuperación o cualquier otra acción destinada a obtener materias primas secundarias, o a la utilización de los residuos como fuente de energía. También se presenta una lista de operaciones de valorización entre las cuales destacan la utilización principal de los residuos como combustible o como otro medio de generar energía, la recuperación o regeneración de disolventes, el reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes (incluidas las operaciones de formación de abono y otras transformaciones biológicas), el reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas, la recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación, la regeneración u otro nuevo empleo de aceites y tratamiento de los suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos.

En el marco de la aplicación de la Política Integral de Residuos Sólidos se hace hincapié en la necesidad de contar con una gestión integral de residuos, que se inicia desde la elaboración del producto, siendo el primer propósito evitar la generación de residuos; si no es posible evitar, se debe minimizar (reducir, reutilizar, reciclar); si la minimización no es posible, entonces se plantea un tratamiento; y sólo cuando el tratamiento no es factible se recurre a la disposición final.

Los términos de la Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, al igual que lo señalado en el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (D.S. N°148/2003, del Ministerio de Salud), definirá indistintamente y bajo el mismo significado los términos basuras, residuos y desechos como las “sustancias u objetos a cuya eliminación su generador procede, se propone proceder o está obligado a proceder en virtud de la legislación vigente”. El concepto eliminación incluye las alternativas de reuso, reciclaje, tratamiento (con o sin recuperación de energía o materiales) y disposición final.

En el Decreto Supremo N°189/2005, que aprueba el Reglamento sobre las condiciones de seguridad básicas en los rellenos sanitarios, se entiende Residuos Sólidos Asimilables como los “residuos sólidos, basuras, desechos o desperdicios generados en procesos industriales u otras actividades, que no son considerados residuos peligrosos de acuerdo a la reglamentación sanitaria vigente y que, además, por su cantidad composición y características físicas, químicas y bacteriológicas, pueden ser dispuestos en un Relleno Sanitario sin interferir con su normal operación”.

En el Principio 10 de la Política Integral de Residuos Sólidos (2005) se determina la Responsabilidad de la cuna a la tumba, donde se indica que “el generador de residuos es responsable del manejo de éstos, desde su generación hasta su disposición final, implicando que el generador es responsable del transporte adecuado y de asegurar que éstos ingresen a un sitio autorizado”, siendo el generador de residuos el titular de toda instalación o actividad que dé origen a residuos. Este concepto se asemeja a la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), cuya definición según la OCDE (Organización para la

Cooperación y el Desarrollo Económico, 2001) es “un enfoque de política ambiental en que la responsabilidad de un productor sobre un producto se extiende a la etapa post-consumidor en el ciclo de vida de éste”. La OCDE también señala como importante el “otorgar incentivos a los productores para incorporar consideraciones ambientales en el diseño de productos. El productor recupera los residuos en forma directa, a través de la creación de una empresa sin fines de lucro, o a través de un apoyo financiero a municipios (Meijer, 2009).

Dependiendo del tipo de residuo, los destinos finales que existen son los ex-pozos de extracción de áridos con planes de recuperación autorizados, rellenos sanitarios y rellenos de seguridad para la disposición final, también instalaciones de neutralización, inertización y destilación para el reciclaje, la valorización y/o el tratamiento de los residuos.

La Situación Actual de los Residuos Industriales es responsabilidad de los generadores, principalmente empresas privadas, siendo estas quienes tienen el deber de identificar y cuantificar sus residuos para su posterior eliminación.

En Chile muchos generadores informan que no saben qué hacer con los residuos generados en sus procesos, solicitando a las autoridades competentes identificar los sitios de disposición final. Respecto a los Residuos Sólidos no Domiciliarios en Chile, la falta de normas claras, carencia de fiscalización eficiente y ausencia de información sobre el manejo actual de estos residuos, dificultan el desarrollo de mercados y la labor de las empresas autorizadas para su manejo, generando un círculo vicioso respecto a los residuos y su depósito final (Universidad de Chile, 2006).

3.5 Alternativas de uso de los desechos

La cantidad de residuos generados por la fabricación y uso de las etiquetas autoadhesivas, y la consecuente necesidad de tratamiento de estos, ha promovido la investigación y desarrollo de alternativas que permitan disminuir los impactos producidos por estos desechos en el medio ambiente. El principal problema para tratarlos radica en la dificultad del reciclaje del papel debido a los elementos que están adheridos a este, como las siliconas y los adhesivos.

Las alternativas existentes se han enfocado en mejorar las posibilidades de que estos residuos puedan ser reciclados, creando adhesivos que sean compatibles con el reciclaje o eliminado la silicona adherida en el papel mediante una operación llamada desiliconización. En algunos países desarrollados se ha optado por la incineración de los residuos, generando energía y contaminantes.

La alternativa más reciente que se está utilizando es la fabricación de paneles para la construcción mediante un proceso de compresión térmica de los elementos que componen los residuos. A pesar de las alternativas existentes, en Chile aún no se realiza ningún tipo de

tratamiento para estos residuos, siendo la principal limitante el alto costo de inversión en tecnología y la falta de garantías de poder mantener el proyecto en el tiempo.

3.5.1 Adhesivo sensible a la presión compatible con el reciclaje

En 1995, el Servicio Postal de Estados Unidos (USPS) patrocinó un programa en el que invitaba a la industria de los adhesivos a participar en la creación de adhesivos ambientalmente benignos (Bormett, 1999). Para determinar si un adhesivo era reciclable se desarrolló un protocolo de prueba piloto, el cual fue creado en conjunto por el Servicio Postal estadounidense, laboratorios acreditados y diversas industrias (Houtman, 2000). La unidad de operaciones fue la fabricación de pasta de alta consistencia (14% de coherencia, 43°C, 20 min.) con tamizado de dos etapas (con ranuras de de detección de 0,3 y 0,15 mm), flotación, lavado, y presión (Houtman *et al.*, 2000).

Los resultados de este trabajo llevaron a una evaluación de protocolos de reciclaje en un proceso de tres niveles con el despliegue de laboratorio, a escala piloto y escala de fábrica (Bormett, 1999). Todas las muestras adhesivas que participaron en el programa superaron las condiciones, convirtiéndose este en el primer paso para que las empresas fabricantes de adhesivos comenzaran a desarrollar productos que permitieran reciclar el papel al cual están adheridos. Como resultado, las especificaciones los adhesivos fueron liberados el 5 de julio de 2001, permitiendo su comercialización bajo el nombre de Adhesivos Compatibles con el Reciclaje (ACR).

Las condiciones de reciclaje requieren que los adhesivos utilizados sean removidos por el cribado o tamizado y la flotación en el proceso del reciclaje del papel. La penetración en el mercado de los adhesivos reformulados ha sido en gran parte impulsado para la regulación gubernamental (Houtman *et al.*, 2004).

Los ACR se han creado para aliviar los problemas causados por las aglomeraciones de adhesivo y otros materiales en las máquinas recicladoras de papel, garantizando así la eliminación del adhesivo junto con los otros contaminantes. Los ARC están diseñados para resistir las fuerzas de cizallamiento, que afectan al material tendiendo a deformarlo y cortarlo, y aún así seguir siendo lo suficientemente grandes para ser eliminados por las pantallas de cribado. El adhesivo restante que logra pasar a través de las pantallas es sustancialmente eliminado por flotación (Houtman *et al.*, 2000).

El Tag and Label Manufacturerers Institute (TLMI) es la institución que asocia a los fabricantes de etiquetas de Estados Unidos y una de las impulsoras de la adopción de las ACR. El 2007 el TLMI definió las especificaciones y métodos de ensayo de estos adhesivos, indicando que las eficiencias de remoción de ARC puede ser tan alta como 99% en los experimentos de laboratorio de reciclaje (TLMI, 2007). El TLMI, colaborando con el USPS, generó una serie de documentos bajo el título “Recycling Compatible Adhesive Standards”, donde se presenta una guía de materiales y protocolos relativos a los adhesivos reciclables (TLMI, 2007).

El hecho de que la fabricación de pasta a escala de laboratorio y de investigación pueda simular operaciones unitarias a escala piloto sugiere que una prueba a escala de laboratorio puede ser suficiente para determinar la compatibilidad de reciclaje de un adhesivo (Houtman y Oldack, 2008). Además la prueba a escala piloto ha demostrado previamente predecir el rendimiento en una fábrica de reciclado, esto significa que un adhesivo que pase por la prueba a escala de laboratorio también puede ser considerado un ACR. En el cuadro 1 se indican las operaciones y los valores requeridos durante las etapas del reciclaje para que estos sean considerados compatibles con el reciclaje.

Cuadro 1: Especificaciones para el protocolo de reciclado de laboratorio según TLMI

Operación	Unidades	Valores
Pulpaje	mm ²	> 0.23
Cribado o tamizado	Ppm	< 430
Flotación	Ppm	< 10

Fuente: TLMI (2007).

La Orden Ejecutiva Federal EO 13148, Sección 702 de los Estados Unidos, que insta la ecologización del Gobierno a través de Liderazgo en la gestión ambiental, exige a las agencias gubernamentales la compra de adhesivos ambientalmente benignos que figuran en la lista de productos calificados de USPS, impulsando así la introducción masiva de este tipo de adhesivos en el mercado, siendo este una efectiva forma de impulsar la introducción de los ACR en el mercado.

La adopción de recubrimientos y adhesivos compatibles con el reciclaje para los productos de papel proporciona energía y beneficios tanto ambientales como económicos. El ahorro de energía estimado por la sustitución de adhesivos actuales y la tecnología de recubrimientos con formulaciones filtrables en pantallas es de 1,71 millones de barriles de petróleo (Vision 2020, 2000). Los impactos ambientales están vinculados a la recuperación mejorada de fibra secundaria de papel, lo que disminuye la tala de árboles, la cantidad de agua utilizada en el proceso de fabricación del papel y la disminución en toneladas de residuos no biodegradables (Vision 2020, 2000).

Las investigaciones respecto a los adhesivos y los problemas generados en el reciclado han permitido el estudio de diversos materiales y sus posibles usos como pegamentos. El año 2010 se descubrió la capacidad adhesiva de una mezcla hecha a partir de aceites vegetales (soya, maíz y canola), que no utiliza productos petroquímicos o sustancias tóxicas en la fórmula o en el proceso de fabricación y que resulta libre de formaldehídos. Este descubrimiento fue realizado en el laboratorio de productos de la Madera en la Universidad de Oregón, Estados Unidos. El producto se encuentra actualmente en desarrollo (Kenny, 2010).

El uso de este adhesivo no está documentado en Chile, ya que no es requisito en la aduana informar que tipo de adhesivo es utilizado en los rollos de papel autoadhesivo que ingresan al país.

3.5.2 Desiliconizadora

La desiliconización es un proceso que consiste básicamente en remover la silicona del papel. La operación requiere una máquina destintadora la cual, con ciertas modificaciones en el proceso y en las reacciones químicas vinculadas al proceso de destintado, permite que el soporte de liberación o “liner” pueda ser reciclable. Por un lado resulta la pulpa destintada y por el otro, pulpa desiliconada, la cual es blanca, brillante y posee alta resistencia a la tracción, comparable con la pulpa de madera².

Las líneas de liberación deben ser separadas en tres categorías: papeles (“glassine”, “kraft” supercalandrado y papel revestido con arcilla, policubierto y poliéster más polipropileno). Solo los papeles pueden ser usados para el proceso de desiliconado, pudiendo corresponder a gran variedad de liners, con distintos gramajes, distintos tipos de silicona y distintos soportes. Estos papeles pueden ser repulpados y reusados dependiendo del tamaño (ancho) y el embalaje que estos posean. La tecnología que permite realizar este procedimiento la posee la empresa estadounidense Channeled Resources Group, con sede en Chicago, y otra europea llamada Cycle4Green, con sede en Austria.

Para realizar la desiliconización, la cual es antecedida por el repulpaje, los contenedores deben cumplir con ciertas condiciones: los “liner” deben ser de ancho mayor a 12 centímetros y deben estar embalados según las especificaciones de las empresas. Debe tener como máximo un 10% de línea de liberación no blanqueada, no debe contener plásticos, etiquetas de transferencia termal directa, etiquetas que se activan al humedecerlas, núcleos o ejes de los rollos autoadhesivos, ni etiquetas adhesivas sensibles a la presión². Cualquier contenedor con una combinación de 1,5% de los elementos descritos anteriormente se rechaza. Los cargamentos deben ser embalados uniformemente comprimidos, no excediendo las 72" (182,88 cm) y con un peso mínimo de mil libras (453,59 kg). Posteriormente está pulpa desiliconada es vendida a fabricantes de pulpa de papel para que sea reutilizada.

En Chile actualmente no existe ninguna empresa dedicada a la desiliconización de papel. Los principales impedimentos para la instalación de una planta de estas características es que para que el modelo sea económicamente viable se requieren 50.000 toneladas/año de materia prima (en Chile se producen algo más de 7500 ton/año), con una inversión aproximada de 15-20 millones de dólares en tecnología e instalaciones, debido a las necesidades específicas de maquinaria de destintado y a los elementos adecuados requeridos para la limpieza, el cribado y la flotación².

² Frost, C. 2010. Comunicación directa vía correo electrónico. Escritor columna revista Label and Narrow web y Gerente de Channeled Resource Group.

3.5.3 Generación de energía

Los residuos pueden convertirse en energía constituyéndose en una alternativa en la generación de energía (Sabin *et al.*, 2006). El proceso conocido como “Waste to Energy” (WTE) consiste en la generación de energía térmica mediante la utilización de residuos como materia prima en plantas incineradoras, las cuales queman los residuos produciendo energía térmica, la que posteriormente es convertida en energía eléctrica (Sabin *et al.*, 2006).

La incineración se define como la combustión de los desechos sólidos y líquidos en instalaciones de incineración controladas. Los incineradores modernos de desperdicios poseen grandes chimeneas y cámaras de combustión especialmente diseñadas que producen altas temperaturas de combustión, tiempos largos de residencia y agitación eficiente de los desechos al tiempo que introducen aire para una combustión más completa (Garg *et al.*, (2006).

La Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), mediante un memorando del año 2007, asegura que las unidades de combustión grandes y pequeñas encargadas de producir energía mediante incineración reducen las emisiones globales, permitiendo generar electricidad con menor impacto ambiental que cualquier otra fuente de electricidad (EPA, 2007). Respecto a la incompatibilidad con el reciclaje, una investigación de Brettler (2008) mostró que las comunidades que poseían instalaciones de reciclaje WTE reciclan más que el promedio nacional, concluyendo que “WTE no tienen impacto negativo sobre las tasas de reciclaje local. Los parámetros más influyentes que afectan las tasas de reciclaje parecen ser la política estatal y la posición proactiva del municipio”.

El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano (CH_4). Este es un potente gas de efecto invernadero que atrapa el triple de la energía térmica en la atmósfera que el dióxido de carbono. Este gas es emitido en grandes cantidades en los vertederos al descomponerse los residuos (Sabin *et al.*, 2006). El CH_4 producido en los vertederos contribuye con aproximadamente un 3 a 4% de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas mundiales anuales (IPCC, 2001).

Los sitios de eliminación de desechos sólidos producen también dióxido de carbono biogénico (CO_2) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO) (Voelker, 1997).

Factorizando metano y dióxido de carbono juntos, y convirtiendo la capacidad de calor que atrapan los dos gases de CO_2 equivalente, resulta que el total las emisiones de efecto invernadero procedentes de los vertederos es más del doble que el proceso de combustión. Además, el volumen de residuos se reduce en un 70 a 90% en el proceso de combustión y el ritmo de agotamiento del vertedero pueda ser frenado hasta en un 97% (Voelker, 1997).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) define la energía producida por desechos municipales (fracción no perteneciente a la biomasa) como los desechos que producen los hogares, la industria, los hospitales y el sector terciario, que se incineran en instalaciones específicas y se utilizan a los fines energéticos (Garg *et al.*, 2006).

La práctica de la incineración de los desechos es actualmente más común en los países desarrollados, mientras que la incineración de los desechos hospitalarios es común tanto en los países desarrollados, como en los en desarrollo. Globalmente cerca de 130 millones de toneladas de desechos se combustionan anualmente en más de 600 plantas en 35 países (Themelis, 2003).

Los contaminantes asociados a la combustión de desechos sólidos pueden tener dos vías de salida principales al medio ambiente: a través de las emisiones de las chimeneas y a través de la descarga de cenizas (Blaisdell, 1990). Los metales pesados presentes en los residuos sólidos se pueden liberar durante la combustión. Los óxidos de nitrógeno se producen en todos los procesos de combustión de alta temperatura, independiente del tipo de combustible (Blaisdell, 1990). Estos contaminantes, tienen un mayor potencial para entrar en el medio ambiente como componentes de las cenizas.

Las cenizas se pueden dividir en dos categorías: cenizas volantes y cenizas de fondo. Las cenizas de fondo comprenden entre el 80 y 99% de todas las cenizas generadas, siendo esta ceniza de materiales no quemados que quedan en el horno después de la combustión. La mayoría de los metales permanecen en la ceniza de fondo en una concentración relativamente baja en comparación con las cenizas volantes. La ceniza volante es muy fina y proporciona una gran superficie de adsorción de metales y compuestos, generando una ceniza con una concentración muy alta de metales y compuestos (Blaisdell, 1990).

En Estados Unidos las cenizas descargadas de las plantas WTE deben someterse a exámenes diseñados por EPA para determinar la toxicidad de los lixiviados. Si los límites de estas pruebas se exceden, el material debe ser considerado residuo peligroso. La mezcla con cenizas volantes y cenizas de fondo puede reducir la concentración de contaminantes en general (Blaisdell, 1990).

La eliminación de residuos mediante incineración ha sido criticada debido a los contaminantes emitidos al ambiente como sustancias tóxicas y metales pesados (Arrau, 2004). Las normativas nacionales de los países que poseen plantas incineradoras de residuos sólidos, como Estados Unidos y países de la Unión Europea, han regulado estrictamente tanto el proceso de combustión, como la depuración de gases (Unión Europea, 2000; United States, 2010).

En los países que se utiliza la incineración la normativa es sumamente estricta, siendo los requisitos básicos y principales la definición de cuáles serán los residuos tratados en la planta y la capacidad de esta, además de muestreos y mediciones periódicas de los contaminantes producidos y emitidos a la atmósfera.

Entre los contaminantes generados a través de la incineración que deben ser destruidos o controlados se encuentran las partículas del monóxido de carbono y las sustancias orgánicas, los gases ácidos (SO₂, HCl y HF), las dioxinas y los furanos (Arrau, 2004).

Se ha estudiado el potencial calorífero de los residuos producidos por la industria del etiquetado autoadhesivo y cuáles son los principales contaminantes que genera (UPM Raflatac, 2008). Este estudio fue llevado a cabo por una de las principales empresas generadoras de rollos autoadhesivos a nivel mundial, UPM Raflatac, quienes el año 2008 analizaron un kilogramo de residuos de etiquetas. Los valores arrojados indican que bajo el proceso de incineración se producen 17,5 MJ de energía o 4182,5 kcal, liberando a la atmósfera 1,84 kg de CO₂ y emitiendo los porcentajes de contaminantes mostrados en el cuadro 2.

Un kilogramo de carbón doméstico produce aproximadamente 34 MJ o 8000 kcal, emitiendo al ambiente 2,523 kg de CO₂ por cada kg de carbón quemado (DEFRA, 2008). Haciendo una comparación entre la incineración del carbón y de los residuos de las etiquetas autoadhesivas, el carbón es más eficiente y menos contaminante, ya que para que los residuos de la industria del etiquetado autoadhesivo generen el mismo valor calórico de 34 MJ se liberarían al ambiente 3,5748 Kg de CO₂. Sin embargo, hay que considerar que el insumo de la incineración son residuos, por lo tanto no genera ningún tipo de costo.

Cuadro 2: Porcentajes de contaminantes al quemar 1 kg de residuos de etiqueta.

Elementos	Valores
Materia seca %	96,6
Ceniza (600°C) % extracto seco	14,1
Sodio, Na (ceniza) peso %	2,3
Magnesio, Mg (ceniza) peso %	1,6
Aluminio, Al (ceniza) peso %	13,3
Silicio, Si (ceniza) peso %	16,9
Fósforo, P (ceniza) peso %	0,4
Azufre, S (ceniza) peso %	0,8
Potasio, K (ceniza) peso %	0,5
Calcio, Ca (ceniza) peso %	63,5
Hierro, Fe (ceniza) peso %	0,6
Titanio, Ti (ceniza) peso %	0,9
Cloro, Cl mg/kg	361,3
Valor calórico MJ/kg	17,5

Fuente: UPM Raflatac (2008).

La incineración es un método de eliminación de desechos utilizado principalmente en países desarrollados donde la densidad poblacional es alta, convirtiéndose en la alternativa

a los rellenos sanitarios, siendo la principal ventaja la disminución en el espacio requerido para la eliminación de los desechos.

En Chile el D.S. N°45/2007 establece la norma de emisión de incineración y coincineración para las instalaciones de incineración de hornos de cemento, hornos rotatorios de cal e instalaciones forestales que utilicen biomasa forestal tratada, donde se establecen los valores máximos de emisión de contaminantes. Sin embargo, no existe una norma específica para la quema de residuos como alternativo a los rellenos sanitarios.

3.5.4 Compresión térmica

La compresión térmica consiste en moldear a través del calor las partes que conforman un producto, dando como resultado la formación de un aglomerado resistente que resulta útil para la construcción de objetos como paneles e incluso viviendas. Los paneles fabricados con materiales reciclados se considera como una solución alternativa a este problema (Ayrilmis *et al.*, 2008).

Este tipo de tecnología denominada compresión térmica aplicada en paneles fue desarrollada por Tetra Pack y se produce en varios países bajo el nombre de marca Yekpan, componiéndose estos residuos por papel (70 a 90%), polietileno de baja densidad (10- 25%) y aluminio (aprox. 5%) (TetraPack, 2011).

El proceso consiste la trituración de los residuos, los cuales son dispersados en un molde hasta alcanzar el espesor deseado, luego son dispuestos en una prensa y calentados a 170° C durante 20 minutos (TetraPack, 2011). El calor funde los agentes adhesivos (adhesivo, silicona, polietileno, etc.) que funcionan como aglutinantes entre las fibras celulósicas. La matriz resultante es rápidamente enfriada, formando un aglomerado consistente con una superficie brillante.

El aglomerado o panel resultante puede ser modificado técnicamente en una gran variedad de formas, incluyendo superficies curvas. Son livianos e impermeables, resisten granizos y son buenos aislantes térmicos, refractan los rayos solares, no irradian calor y son resistentes a la corrosión. A lo largo del proceso de fabricación las cajas son tratadas sin otros materiales como adhesivos tóxicos (Tetra Pack, 2011).

La compresión térmica es la alternativa con mayor viabilidad dentro del mercado chileno, debido a que la tecnología existe y está probada con los envases de tetra pack, sin embargo, los elementos constituyentes de las etiquetas autoadhesivas se encuentran en diferentes porcentajes a los del tetra brick. Esta alternativa de uso se encuentra aún en investigación y desarrollo.

Un estudio de Ayrilmis *et al.* (2008) mostró que las propiedades físicas y mecánicas de las muestras resultó en valores satisfactorios al cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la normativa europea para tableros de partículas. Esto se debe a la estrecha

estructura de perfil y una mayor densidad de paneles de cartón. Los valores de absorción y de la hinchazón por agua de los paneles experimentales mostraron que estos paneles pueden utilizarse con seguridad en condiciones húmedas.

UPM ProFi es una empresa dedicada a la reutilización de los residuos de la etiqueta autoadhesiva, donde la materia prima utilizada son polímeros plásticos limpios y fibras de madera, que son productos derivados excedentes del proceso y fabricación de autoadhesivos. Con estos materiales fabrican paneles que utilizan en distintos tipos de construcciones. La proporción de papel y plástico reciclado varía dependiendo de la aplicación del producto, pero siempre supera el 50% (UPM ProFi, 2010). El único plástico que se añade es polipropileno limpio que actúa como pegamento, no utilizando ningún material tóxico para el medio ambiente y no utilizado PVC (UPM ProFi, 2010).

Los paneles creados son resistentes y tienen baja absorción de humedad, se adaptan a aplicaciones en exteriores, tienen buena resistencia a la degradación de UV y como todos los compuestos de plástico y madera, se dilatan y contraen con los cambios de temperatura.

En la cuadro 3 se comparan algunas características de los paneles UPM ProFi con la madera MDF (Medium Density Fiberboard) que consiste en fibras de madera obtenidas mediante un proceso termo-mecánico y unidas con adhesivo que polimeriza mediante altas presiones y temperaturas (MASISA, 2011).

Cuadro 3: Propiedades físicas de paneles UPM ProFi y madera MDF.

Propiedades	UPM ProFi	Madera MDF
Densidad, g/cm ³	1,1	0,74
Resistencia a la flexión, N/mm ²	13	30
Clase de fuego	E	A
Hinchazón, grosor (24 h), %	< 1	Máx. 12

Fuentes: UPM ProFi (2010), Masisa (2011).

La principal ventaja de la fabricación de paneles a partir de los residuos de las etiquetas autoadhesivas es que reduce sustancialmente la necesidad de utilizar rellenos sanitarios o incineración. Además los residuos de producción y corte de UPM ProFiDeck se pueden reciclar en nuevos UPM ProFiDeck. Este material se puede tirar a la basura normal o, por ejemplo, utilizarse como combustible en la producción de energía (UPM ProFi, 2010).

En Chile se ha desarrollado esta tecnología para la construcción de viviendas transitorias o mediaguas y techumbres en programas como “Un Techo para Chile”, por medio de campañas de recolección de envases de Tetra Pack (TetraPack, 2011). Sin embargo, existen empresas como Comercial Imagen Ltda. o Golden Concret, que en alianzas con universidades o municipalidades están investigando residuos para convertirlos en materiales de construcción en proyectos inmobiliarios relacionados con áreas verdes y espacios públicos. El objeto de diseñar moldajes para la elaboración de mobiliario urbano es la transformación de los residuos en obras arquitectónicas, desde espacios públicos como jardines, hasta formas esculturales (UPM ProFi, 2010).

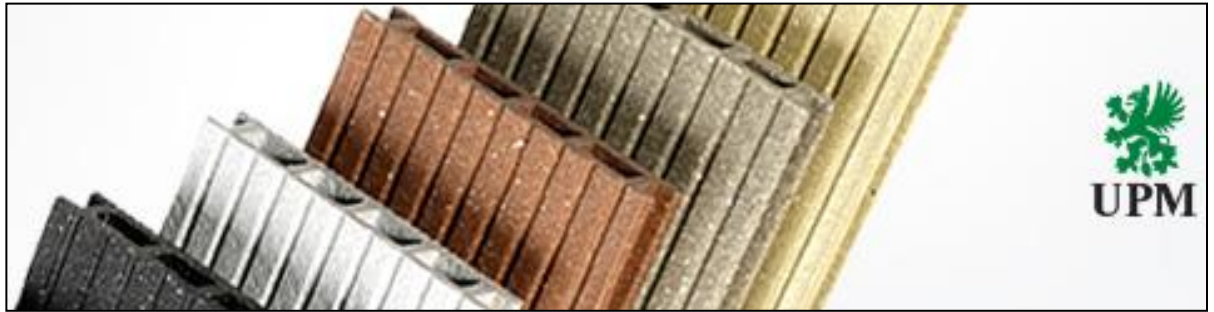


Figura 6: Material fabricado por compresión térmica de residuos de la empresa UPM ProFi.
(Fuente: UPM, 2010).



Figura 7: Piso fabricado con paneles de residuos de la industria del etiquetado autoadhesivo. (Fuente: UPM, 2010).

4. CONCLUSIÓN

1.- En Chile existen 129 empresas importadoras de rollos de papel autoadhesivos, y el 98,46% están ubicadas en la región metropolitana. Del total de empresas importadoras, las 15 más grandes representan 93,04% de la industria, y 3 de ellas controlan el 56% de la producción de etiquetas.

2.- El total anual de rollos de papel autoadhesivos importados a Chile el año 2009 es 7.567,18 toneladas.

3.- En Chile la industria del etiquetado autoadhesivo produjo el año 2009 aproximadamente 3026,87 toneladas de residuos, no estando legalmente obligada a ser responsables por sus desechos.

4.- Los residuos generados por la industria del etiquetado autoadhesivos incluyen: adhesivos, siliconas y materiales específicos para el recubrimiento como acrílicos, uretanos y polietilenos, los cuales generan problemas en la maquinaria durante el proceso del reciclaje.

5.- Los residuos de la industria de etiquetas autoadhesivas presentan limitaciones en su estado original y mediante protocolos tradicionales para su reciclado o deposición, por lo que se necesitan pre-tratamientos previos a su manejo.

6.- Actualmente en Chile a los residuos no se les realiza ningún tipo de pre-tratamiento y se depositan directamente en rellenos sanitarios junto a residuos tales como los sólidos domiciliarios.

7.- Las alternativas disponibles para solucionar las limitaciones del reciclado o del depósito final de los residuos de la industria del etiquetado autoadhesivos son: 1.- incorporación de adhesivos compatibles con el reciclaje, los cuales tiene costos adicionales, produciendo una etiqueta de valor comercial no competitiva con las etiquetas normales; 2.- desiliconización, que tiene altos costos de inversión y requiere de grandes volúmenes de insumos, lo que la hace inviable económicamente; 3.- incineración y generación de energía, sin efectos en Chile ya que aún no se legisla sobre la incineración como alternativa de eliminación de desechos y como fuente de energía; y 4.- fabricación de paneles para la construcción, opción actualmente en estudio.

8.- Chile tiene una gran cantidad de entidades relacionadas con el manejo de los residuos, ninguna responsable de la gestión integral de estos. Entre las responsables se encuentran los Municipios, el Ministerio de Salud, el Gobierno Regional, la SEREMI de Vivienda y Urbanismo, el SEREMI y el MMA.

BIBLIOGRAFÍA

Ackermann, C., L. Götttsching and H. Pakarinen. 2000. Chapter 10: Papermaking potential of recycled fiber. Pp. 359-438. In: Götttsching, L. & H. Pakarinen (eds). Papermaking Science and Technology, Book 7, Recycled Fiber and Deinking. Fapet Oy, Jyväskylä, Finland, 649p.

Albertsson, A. 1980. The shape of the biodegradation curve for low and high density polyethylenes in prolonged series of experiments. *European Polymer Journal* (16): 623-630.

Albertsson, A., S. Andersson and S. Karlsson. 1987. The mechanism of biodegradation of polyethylene. *Polymer Degradation and Stability* (18): 73- 87.

Albertsson A. and S. Karlsson. 1990. The influence of biotic and abiotic environments on the degradation of polyethylene. *Progress in Polymer Science* (15): 177-192.

Albertsson, A., Barenstedt, C. and S. Karlsson. 1994. Abiotic degradation products from enhanced environmentally degradable polyethylene. *Acta Polymerica Sinica* (45): 97-103.

Arrau, F. 2004. Normativa de derecho comparado acerca de la incineración de residuos: Unión Europea, Estados Unidos y México. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, departamento de estudios, extensión y publicaciones. Serie estudios año XIV, N° 289. Santiago, Chile. 36p

Artham, T. and M. Doble. 2008. Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Polycarbonates. *MacromolBiosci* 8 (1): 14-24.

Atlas R.M. and R. Bartha. 1997. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. 4th Ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc. California, United States. 640p.

Avery Dennison Corporation. 2011. History of Avery Dennison. Disponible en: <http://www.averydennison.com.cn/en/content/view/9/106/> . Leído el 06 de octubre de 2011.

Ayrilmis, N., Z. Candan and S. Hiziroglu. 2008. Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer Overlay. *Material & Design* 29 (10): 1897-1903.

Barrueso, M. L. 1997. Adhesivos termofusibles en base EVA: modificación de las propiedades en función de la composición. Tesis doctoral de la Universidad de Alicante. Departamento de química inorgánica. 380p.

Blaisdell, M., D. Lee and B. Baetz. 1990. Economic Feasibility of Drying Municipal Solid Waste Combustion Residue. *Journal of Energy Engineering*, Vol. 116 (2): 87-97.

Bornett, D., C. Houtman, S. Abubakr and J. Peng. 1999. Compatibility of Pressure Sensitive Adhesives with Recycling Unit Operations. *American Institute of Chemical Engineers (AIChE) Symposium Series N° 322*, p 159- 164.

Brettler, E. 2008. Recycling and Waste-to-Energy: Are They Compatible? In: *Waste-to-Energy Research and Technology Council, Bi-Annual Meeting Columbia University*, October 16-17. New York, United States.

Chattopadhyay, D. and K. Raju. 2007. Structural engineering of polyurethane coatings for high performance applications. *Progress Polymer Science* (32): 352-418.

Colas. A. 1990. *Silicone Chemistry Overview*. Nouvelle, vol. 8 (30): 847-852

Colas A. 2005. *Silicones: Preparation, Properties and Performance*. Dow Corning, Life Sciences. Dow Corning Corporation. Michigan, United States. 14p.

Comisión de las Comunidades Europeas. 2008. COM(2008) 774 final. Comunicación de la Comisión acerca del Informe de 2008 sobre la Competitividad en Europa [SEC(2008)2853]. Bruselas.

Comisión Económica Europea. Directiva del Consejo 75/442/CEE, de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos (con las modificaciones de la Directiva del Consejo 91/156/CEE, de 18 de marzo de 1991) (DOCE núm. L 194, de 27 de julio de 1975, y núm. L 78, de 26 de marzo de 1991). 8p.

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), CHILE. 2005. *Política de gestión integral de residuos sólidos*. 74p.

Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), CHILE. 2011. *Ministra del Medio Ambiente insistió en que es fundamental dejar de ver los residuos como basura*. Disponible en: <http://www.mma.gob.cl/1257/w3-article-50127.html> . Leído el 3 de agosto de 2011

Concha, J. 2003. Beneficios y costos de políticas públicas ambientales en la gestión de residuos sólidos: Chile y países seleccionados. Naciones Unidas, CEPAL. *Serie Medio ambiente y desarrollo*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile, octubre de 2003. 56p.

Cruz-Pinto J., M. Carvalho and J. Ferreira. 1994. The kinetics and mechanism of polyethylene photo-oxidation. *Angew Makromol Chem* (216):113–133.

Datasur, Servicio privado de información aduanera que posee la base de datos de importaciones y exportaciones de Chile y América latina. 2010. Importaciones 2009. Disponible en: <http://www.datasur.cl/comex/chile/index.php> . Leído el 3 de agosto de 2010.

Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). 2008. Draft Code of Best Practice for Carbon Offset Providers Accreditation requirements and procedures. 34p.

Donermeyer, D., L. Bennett, N. Ross, R. Shilts and S. Spielvogel. 1998. Laboratory and Pilot-Scale Recycling of Benign Pressure Sensitive Adhesive Stamp Materials. 5th International Recycling Technology Conference, Pira, Paper 14: 1998, pp. 1-52.

Environmental Protection Agency U.S. (EPA) & Clean Air Technology Center. 2001. Ultraviolet and electron beam (UV/EB) cured coatings, inks and adhesive. North Carolina, United States. 99p.

Environmental Protection Agency U.S. (EPA) & Control Technology Center. 1991. Radiation curable coatings. North Carolina, United States. 40 pp

Fairley, M. 2010. Chapter 4: Paper Labels. 45 pp. In: Kirwan, M. (Ed). Paper and paperboard packaging technology. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, United Kingdom. 429p.

FINAT (Abreviación del título francés: Fédération INternationale des fabricants et transformateurs d'Adhésifs et Thermocollants sur papiers et autres supports). 1996. FINAT Educational Handbook. FINAT den haag, Netherlands. 132p.

FINAT. 2009. FINAT Labelstock Report 2008-2009. FINAT labelling news, 2009 (3): 30-31.

FINAT. 2010. Recycling solution. Disponible en: http://www.finat.com/templates/mercury.asp?page_id=1808 . Leído el 22 de septiembre del 2010.

Fredonia Group. 2009. World label to 2013, Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018. Study N° 2499. 354p.

Fink, J. K. 2005. Reactive polymers Fundamentals and Applications: a concise guide to industrial polymers. William Andrew Publishing. New Yor, United States. 780p.

Friberg, T. 1996. "Cost Impact of Stickies." Progress in Paper Recycling (Nov): 70-72.

Frye, C. 1988. The enviromental fate and ecological impact of organosilicon material: a review. The Science of the Total Environment (73): 17-22.

Glass J.E. and G. Swift. 1989. Agricultural and Synthetic Polymers, Biodegradation and Utilization, ACS Symposium Series, 433. Washington DC: American Chemical Society; 1989. p. 9-64.

Gordon, G., S. Perz, R. Tabler, J. Stasser, M. Owen and J. Tonge. 1998. Silicone Release Coatings: A Closer Look at Release Mechanisms. Dow Corning Corporation, Michigan, United States. 16p.

Gu, J.D., T.E. Ford, D.B. Mitton and R. Mitchell. 2000. Microbial degradation and deterioration of polymeric materials. Pp. 439-460. In: Review, editor. The Uhlig Corrosion Handbook. 2nd Edition. New Wiley. 1344p.

Hernández, R., C. Fernández y P. Baptista. 1998. Metodología de la Investigación. McGraw Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Hess J., R. Sena-Gomes, L. Davie and M. Sykes. 2001. Recyclability of mixed office waste papers containing pressure sensitive adhesive and silicone release liner. In: TAPPI Press. 2001 Pulping Conference. Seattle, United States. Nov. 4-7, 2001. Atlanta, United States. 147p.

Hong B.D. and E.R. Slatick. 1994. Carbon Dioxide Emission Factors for Coal. Energy Information Administration, Quarterly Coal Report, January-April 1994, DOE/EIA-0121(94/Q1). Department of Energy, U. S. Energy Information Administration. Washington, United States, p. 1-8.

Houtman, C., N. Sutherland, D. Bormett and D. Donermeyer. 2000. Development of USPS Laboratory and pilot-scale testing protocols. TAPPI 1998. Recycling Symposium Proceedings, TAPPI PRESS, Mar. 5-8, 2000. Atlanta, United States, p. 403-431.

Houtman C., K. Scallon, J. Guo, X. Wang, S. Severtson, M. Kroll and M. Nowak. 2004. Controlling adhesive behaviour during recycling. Pp. 11-16. In: Pulp and Paper Technical Association of Canada. 7th Research Forum on Recycling. Quebec City, Canada. Sept. 27-29, 2004.

Houtman, C. and R. Oldack. 2008. Validation of Laboratory-Scale Recycling Test Method of Paper PSA Label Products. Progress in Paper Recycling 17 (2): 26-31.

Howard, G.T. 2002. Biodegradation of polyurethane: a review. International Biodeterioration & Biodegradation 49 (4): 245-252.

Huang, S.J. and M.S. Roby. 1986. Biodegradable polymers poly(amide-urethanes). Journal of Bioactive Compatible Polymers 1, 61-71.

Huang, J., A.S. Shetty and M. Wang. 1990. Biodegradable plastics: a review. Advances in Polymer Technology (10): 23-30.

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). 2001. Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry. European Commission 475p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Summary for Policymakers and Technical Summary of Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Bert Metz *et al.* eds. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 753p.

Garg A., K. Kazunari and T. Pulles. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol 2: Energy. In: Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Publisher by IGES, Japón 297p.

Kamal, M. and B. Huang. 1992. Natural and artificial weathering of polymers. Pp. 127-168. In: Hamid, S., M. Ami and A. Maadhan (Eds.). Handbook of Polymer Degradation. New York, United States. 649p.

Katz, S. 2008. Waste Recycling. Label and Narrow Web. Disponible en: <http://www.labelandnarrowweb.com/articles/2008/07/waste-recycling> . Leído el 12 de junio de 2011.

Kenny, J. 2010. Online Exclusive: New PS adhesive discovered: Benign and cheap? Label and Narrow Web. Disponible en: <http://www.labelandnarrowweb.com/articles/2010/07/online-exclusive-new-ps-adhesive-discovered-benign> . Leído el 12 octubre de 2010.

Kinning D. and H. Schneider. 2002. Chapter 12: Release coatings for pressure sensitive adhesives. Pp. 677-711. In: Adhesion Science and Engineering, Volume II, Surfaces, Chemistry & Applications. Chaudhury, M. and A. Pocius (Eds.). Elsevier. Amsterdam, Nederland. 2014p.

Kuo A. 2003. Silicone Release Coatings for the Pressure Sensitive Industry – Overview and Trends. Dow Corning Corporation. Michigan, United States. 19p.

Lehmann, R.G., S. Varaprath, R.B. Annelin and J.L. Arndt. 1995. Degradation of silicone polymer on a variety of soils. Environmental Toxicology and Chemistry (14): 1299-1305.

Lehmann, R.G., J.R. Miller and G.E. Kozerski. 1999. Degradation of silicone polymer in a field soil under natural conditions. Chemosphere 41 (5): 743-749.

Määttänen, M. 2008. Die cutting of a self adhesive laminate and removing of a waste matrix. Final thesis. Tampere University of Applied Sciences. Paper technology, International Pulp and Paper Technology. Tampere, Finland. 123p.

McGregor, R. 1954. Silicones and Their Uses. McGraw-Hill. New York, United States. 302p.

MASISA. 2011. MDF (Medium Density Fiberboard). Disponible en: <http://www.masisa.com/chi/esp/productos/tableros/mdf/ficha-tecnica/1782.html>. Leído el 19 de febrero de 2011.

Meijer, J. 2009. Gestión de residuos especiales en Chile. In: Tercer Congreso de residuos sólidos DIRSA / AIDIS. Buenos Aires, Argentina el 8 de mayo 2009.

Narayan R. 1993. Biodegradation of polymeric materials (anthropogenic macromolecules) during composting. pp. 339-362. In: Hoitink, H. and H. Keener (Eds.). Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects. Renaissance Publishers. Washington, United States. 728p.

Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2001. Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments, OECD publications, Paris, France. 162p.

Orlych, G. 2004. Silicone-Adhesive Interactions In Release Liner Applications. 10 pp. In: The Pressure Sensitive Tape Council (PSTC) Tech XXVI. Orlando, United States. May 12-14, 2004.

Papelnet. 2010. Empresa CPMC: Blanqueo ECF (Elemental Chlorine Free). Disponible en: http://www.papelnet.cl/celulosa/04_fase_3.html . Leído el 17 de agosto 2010

Papelnet. 2011. El papel: proceso productivo. Disponible en: <http://www.papelnet.cl/papel/4.html> . Leído el 20 julio 2011.

Petrie, E. 2007. Tapes and Labels Market Survey. Adhesives and Sealants Dec. 6, 2005 and Dec.12, 2007 Disponible en: <http://www.specialchem4adhesives.com/resources/articles/printarticle.aspx?id=1311> . Leído el 19 agosto 2010

Putz, H-J. 2000. Chapter 11: Stickies in recycled fiber pulp. Pp. 441-498. In: Götttsching, L. & H. Pakarinen (Eds.). Papermaking Science and Technology, Book 7, Recycled Fiber and Deinking. FapetOy, Jyväskylä, Finland.647p.

Reardon, C. 2007. Release Liner especial report. Paper, Film & Foil Converter (PFFC) Magazine (Nov): 26-33.

República de Chile. 1999. Decreto Supremo N° 594 que APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y AMBIENTALES BASICAS EN LOS LUGARES DE TRABAJO. Publicada el 15 de septiembre de 1999. 44p.

República de Chile. 2000. Decreto con fuerza de Ley N° 725. CODIGO SANITARIO. Actualizado a julio de 2000. Publicado en el Diario Oficial de 31.01.68. 32p.

República de Chile. 2002. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades, texto refundido, coordinado, sistematizado y actualizado de la ley N° 18.695. Aprobado en junio de 2002. 75p.

República de Chile. 2004. Decreto Supremo N° 148 que aprueba REGLAMENTO SANITARIO SOBRE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS. Aprobado el 12 de Junio de 2003. Publicado en el Diario Oficial el 16 de Junio de 2004. 76p.

República de Chile. 2005. Decreto N° 189 que APRUEBA REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y DE SEGURIDAD BÁSICAS EN LOS RELLENOS SANITARIOS. Publicada el 18 de agosto de. 14p.

República de Chile. 2005. Política de Gestión de Residuos Sólidos. Aprobada por el acuerdo N° 265 del Consejo de Ministros de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Aprobada el 17 de enero de 2005. 74p.

República de Chile. 2007. Decreto Supremo N° 45 que establece la norma de emisión para incineración y coincineración. Publicado el 10 de septiembre de 2007. 12p.

República de Chile. 2010. Ley N° 20.417 que CREA EL MINISTERIO, EL SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL Y LA SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE. Publicada el 26 de enero de 2010. 43p.

Sabin, G., M. Koch, L. Hockstad, R. Pipatti y M. Yamada. 2006. Capítulo 5: Incineración e incineración abierta de desechos. Pp. 84-113. In: Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. 2006. Panel Interamericano del Cambio Climático (IPCC). 143p.

Santerre, J.P., R.S. Labow, D.G. Duguat, D. Erfle and G.A. Adams. 1994. Biodegradation evaluation of polyether and polyester-urethanes with oxidative and hydrolytic enzymes. Journal of Biomedical Materials 28 (10): 1187-1199.

Sarja, T. 2007. Measurement, nature and removal of stickies in deinked pulp. Final thesis. University of Oulu, Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering. Oulu, Finland. 82p.

Schneider, H. y J. Samaniego. 2009. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. 46p.

Severtson S., X. Wang, M. Nowak, J. Guo, M. Kroll, J. Lien, C. Houtman and K. Scallon. 2003. Development of screenable pressure sensitive adhesives. Final report for project DE-FC07-00ID13881. Minnesota, United States. 179p.

Severtson, S., J. Guo, L. Gwin, C. Houtman and M. Kroll. 2008. Design criteria for recycling compatible pressure-sensitive products. In: Proceedings of the pressure-sensitive tape council's tech XXXI meeting. 2008 May 7-9; Baltimore, MD. Northbrook, IL: Pressure Sensitive Tape Council. 10p.

Severtson, S., J. Guo, L. Gwin and C. Houtman. 2009. Development of Recycling Compatible Pressure-Sensitive Adhesives and Coatings. Final Scientific Report for Project DE-FC36-04GO14309. Project Period: October 1st, 2004 - November 30th, 2009.

Shah, A., F. Hasan, A. Hameed and S. Ahmed. 2008. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances* (26): 246-265.

Smith, R., G. Lehmann and R. Narayan. 1998. Fate and Effects Of Silicone Polymer During The Composting Process. *Compost Science & Utilization* 6 (2): 6-12.

Swift, G. 1997. Non-medical biodegradable polymers: Environmentally degradable polymers. Pp. 473-511. In: A. Domb, J. Kost, and D. Wiseman (Eds.). *Handbook of Biodegradable Polymers*, Harwood Academic, Amsterdam, Nederland. 544p.

Tag and Label Manufacturers Institute Inc. (TLMI). 1992. Glossary of Terms for Pressure Sensitive Labels. 25p.

Tag and Label Manufacturers Institute Inc. (TLMI). 2007. "Recycling Compatible Adhesive Standards". 23p.

Tetra Pack. 2011. Compresión térmica. Disponible en: http://www.tetrapak.com/ar/environment/recycling_and_recovery/recycling_technologies/compresion_termica/Pages/default.aspx . Leído el 8 de febrero 2011.

Themelis, N. 2003. Overview of the global waste-to-energy industry. *Waste Management World* (July-Aug.): 40-47.

Tokiwa, Y. and B.P. Calabia. 2004. Degradation of microbial polyesters. *Biotechnology Letters* (26): 1181-1189.

UNION EUROPEA. Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000 relativa a la incineración de residuos. Modificado por Reglamento (CE) N° 1137/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de octubre de 2008. 34p.

United States of America. 2000. Executive Order N° 13.148 Greening the Government Through Leadership in Environmental Management, Sec. 702.Environmentally Benign Adhesives. 14p.

United States Environmental Protection Agency (EPA), Office of Air Quality Planning and Standards. 2007. Memorandum: Emissions from Large and Small MWC Units at MACT Compliance. Aug 10, 2007.

United State of America. 2010. US Code- Title 42: The Public Health and Welfare. USC 7429 - Sec. 7429. Solid waste combustion.

Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial. 2006. Informe Final “Estudio evaluación económica ley de residuos” Encargado por Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. 178p.

UPM Profi. 2010. Technical Specification. UPM Profi Deck. 2p.

UPM Raflatac. 2006. El libro de los adhesivos. Raflatac Ibérica. Barcelona, España. 32p.

UPM Raflatac. 2008. Information of energy recovery of UPM Raflatac laminates. Disponible en: http://www.upmraflatac.com/europe/spa/images/52_65390.pdf . Leído el 4 de junio de 2011.

Varanese, D. V. 1998. “The fundamentals of selecting pressure-sensitive adhesives”. Medical Plastics and Biomaterials Magazine: 32-44.

Venditti, R., R. Gilbert, A. Zhang and S. AbuBakr. 2000. The effect of release liner materials on adhesive contaminants, paper recycling and recycled paper properties. Pp. 593-603. In: TAPPI Press. 2000 TAPPI Recycling Symposium. Washington D.C, United States.March 5-8, 2000. Atlanta, United States.

Vision 2020 Chemical Industry of The Future. 2000. Technology Roadmap for Materials. 82p.

Voelker, B. 1997. Waste-to-Energy: Solutions for Solid Waste Problems for the 21st Century. pp. 89-111. In: Lakhtakia A. and C. Bakis (Eds). Innovations and materials for green engineering Volume I. Department of Engineering Science and Mechanics Pennsylvania State University. Pennsylvania, United States.

Weiland, M., A. Daro and C. David. 1995. Biodegradation of thermally oxidized polyethylene. Polymer Degradation and Stability 48 (2): 275-289.

Wiedmann, T. and J. Minx. 2007. Chapter 1: A definition of ‘Carbon Footprint’. Pp. 1-11. In: C. C. Pertsova. Ecological Economics Research Trends. Nova Science Publishers. Hauppauge NY, USA. 368p.

Xu S., R. Lehmann, J. Miller and G. Chandra. 1998. Degradation of Polydimethylsiloxanes (Silicones) as Influenced by Clay Minerals. *Environmental Science and Technology* (32): 1199-1206.

ANEXOS

Empresas importadoras de rollos de etiquetas autoadhesivas (Datur, 2010).

Importador	Rut	% Mercado
IND. Y COM. SOLUCORP LTDA.	84144400	27,33
AVERY DENNISON CHILE S.A.	96721090	20,79
PAPELERA DIMAR S.A.	93734000	7,99
DISTR.PAPELES INDUSTRIALES S.A	93558000	7,49
TESA TAPE CHILE S.A.	96996330	6,02
GMS PRODUCTOS GRAFICOS LTDA.	77305910	5,34
COMERCIAL INK AND PAPER LTDA.	77501220	3,82
3M CHILE S.A.	93626000	3,52
ABITEK S.A.	96671800	3,18
DEMARKA S.A.	86132100	1,86
COLORAMA S.A.	96559860	1,72
AGENCIAS D/REPRESENT.LTDA	86931000	1,22
COMERCIAL MP LTDA.	76010507	1,01
CAMEO MARINETTI S.A.	89438400	0,90
DEL RIO LIHN Y CIA.LTDA.	84356400	0,85
CRISTIAN VALDES BLANCO	7275119	0,77
RITRAMA S.A	76970400	0,71
HUBERTO SCOTT H.E HIJOS S.A.	88165200	0,55
DISTRIBUIDORA DIFAXA LTDA.	96565800	0,47
PAPELES CREATIVOS S.A	76496730	0,40
IGENAR S.A.	81185400	0,39
ETIQUETAS AUTOADHESIVAS		
ADHEGR	77419350	0,28
PRODUCTOS AUTOADHESIVOS FIXO S	96806140	0,26
ABINGRAF S.A.	77325180	0,25
ALTE S.A.	96605150	0,24
CLELIA CORDOVA GUAJARDO Y		
OTRO	50034920	0,22
COMERCIAL J.DEVOTO LIMITADA	84915400	0,20
ARTEL S.A.I.C.	92642000	0,19
MANUF.DE ART.DE GOMA LTDA.	84609600	0,15
WINPACK S.A.	96920980	0,14
SURPLAST S.A.	99516040	0,13
IMPRESOS AUTOADHESIVOS LTDA.	78437890	0,13
TAPEL WILLAMETTE INC.S.A.	96918400	0,12
HURST LABELING SYSTEMS LLC.CHI	78914200	0,11
SOUDAL S.A.	99594030	0,11
INVERSIONES ALL TAPE S.A.	96874450	0,11

(continúa)

(continuación)

Importador	Rut	% Mercado
ADIOFFICE LTDA.	77726170	0,07
RHEIN CHILE S.A.	92172000	0,07
SOC.NACIONAL DE EMBALAJES LTDA	76002449	0,06
LIBRERIA GIORGIO EM.Y CIA LTD	76943080	0,06
DIST.DE PRODUCTOS GRAFICOS S.A	78486630	0,05
HELIOS S.A.	93791000	0,04
KUPFER HNOS. S.A.	90844000	0,04
MERCK SHARP & DOHME (I.A.) COR	59043540	0,04
ACTEGA TERRA CHILE LTDA.	77340880	0,04
GOMEZ BRETON S.A.	96832600	0,04
CENCOSUD SUPERMERCADOS S.A	84671700	0,03
CINTELA S.A.	81509700	0,03
INDUSTRIA TEXTIL TALINAY S.A.	79552710	0,03
OPTI CENTER LTDA.	88976800	0,03
A.M.F. SEGURIDAD S.A.	89652800	0,03
GLOBAL HEALTHCARE CHILE LP	59106780	0,02
IMP. Y EXP. SERPA LTDA.	77709750	0,02
CROSSVILLE FABRIC CHILE S.A.	96999970	0,02
SOBREMESA S.A.	76021497	0,02
ROENSA S.A.	96656480	0,02
IM.Y DIST.PINOCHO LTDA	78552960	0,02
NANCY AGUSTINA RAMIREZ PINO	4961363	0,01
MYH COMERCIAL E INDUSTRIAL LTD	80642800	0,01
COMERCIAL ARIES LTDA.	76022898	0,01
ANACON CHILE LTDA	77950840	0,01
SOC.COM.WISNIAK Y CIA LTDA	85142600	0,01
EUGENIO URIBE URIBE	7778259	0,01
HYUN SOON KIM	14556730	0,01
SOLCROM S.A.	80397900	0,01
X	0	0,01
IMPORTADORA IMPRECIN LTDA.	77113520	0,01
SERVICIOS MINEROS Y CIA.LTDA.	77231540	0,01
SOLARI Y COMPANIA LTDA.	80941300	0,01
INVERSIONES IL ROJO S.A.	96971000	0,01
PAPELES NORSKE SKOG BIO BIO LT	77562510	0,01
SOC.IMP Y DIST 79 LTDA	77605630	0,01
IMP.Y EXP.JINTAIYANG LTDA	76224560	0,01
CAIMI S.A.C.	96612230	0,01
COMERCIAL CHENA AMERICA LTDA.	78247150	0,004
IMPORT.EXP.YONG HE LTDA.	78872570	0,004
LEHMANN Y COMPANIA LIMITADA	77046000	0,004
BROTHER INT.DE CHILE LTDA.	78581570	0,003
SOCIEDAD FILMICA LTDA.	77728790	0,003
GTECH CORPORATION CHILE	78465510	0,003
YANG JUNG KIM	14438155	0,003

(continúa)

(continuación)

Importador	Rut	% Mercado
COMERCIAL AMG LTDA.	77771570	0,003
WURTH CHILE LTDA	78701740	0,003
PAOLA PAEZ MENA	14563921	0,002
ZHANG HERMANOS LTDA.	77759660	0,002
BINARIA S.A.	93603000	0,002
DIBCO S.A.	85718000	0,002
DISTRIBUIDORA PUIG CHILE LTDA.	77062080	0,002
IMP.Y EXP.JIN CHEN LTDA.	77990460	0,002
IMPORT.GRAN MURALLA LTDA	76146700	0,001
IMP. Y EXP. JING XI LTDA.	76443950	0,001
DAVIS GRAPHICS S.A.	81081200	0,001
SOC. E INV. LA CUEVA LTDA.	76845830	0,001
MARIA DEL PILAR DONOSO ILLANES	6610614	0,001
COMERCIAL HAN Y CIA. LTDA.	77101260	0,001
CONNORS S. A.	79874570	0,001
COMERCIALIZADORA KUDAM S LTDA.	77652760	0,001
COMERCIAL FRINDT S.A.	93526000	0,001
SOLUCIONES TECNOLOGICAS UNO S.	76718820	0,001
RENE LEIVA GAJARDO	6381107	0,001
IMPORTADORA LANCER CHILE LTDA	76672450	0,001
SOCIEDAD ROJAS Y GUERRERO LTDA	77453910	0,001
SOC. COM. AMERICA LTDA.	77802900	0,001
IMP.FERRETERIA FUMING LTDA.	78843500	0,001
MARGARITA BECERRA ALEGRIA	9121270	0,001
COMERCIAL KAIPING LTDA	77158310	0,001
CHANDRA KUMAR RELWANI	9910387	0,001
FARMALATINA LTDA	79728570	0,001
JUAN JAIME ROJAS E HIJO LTDA.	77544590	0,001
HU CHEN Y CIA. LTDA.	78958560	0,001
SOC.COM.CASA LAIBE Y CIA.LTDA.	79553780	0,001
INVERSIONES NAIVASHA S.A.	99597220	0,001
SOC. COM. PROSPER STORES LTDA.	77809230	0,001
IMPORTADORA CASA BELLA LTDA.	77730560	0,001
EUGENIO IVAN MIRANDA BAEZA	7894407	0,0004
SOC.CARVAJAL E HIJOS LTDA.	76104290	0,0003
LUCIA ELENA SILVA PANTOJA	5174961	0,0003
SOC.CARVAJAL Y SILVA LTDA.	78848250	0,0003
ALFONSO DIAZ DIAZ	8241542	0,0003
STAAB S.A	96853410	0,0002
SAINT GOBAIN ABRASIVOS LTDA.	77024370	0,0002
COMERCIAL DIVIDING LINE CHILE	77809710	0,0002
COMERCIAL RICHI LTDA.	77732660	0,0001
ENVASES IMPRESOS S.A.	89201400	0,0001
PRECISION S.A.	96980910	0,00004

(continúa)

(continuación)

Importador	Rut	% Mercado
BISON LTDA.	77273450	0,00001
TRANSWORLD IMP.AND EXP. S.A.	79598820	0,00000