

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE

DEPÓSITO-REEMBOLSO PARA ENVASES Y EMBALAJES

CASO APLICADO EN SANTIAGO DE CHILE

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

JORGE ANDRES GUERRA MUÑOZ

PROFESOR GUÍA

FRANCISCO DALL'ORSO

PROFESOR CORREFERENTE

MAURICIO RAMOS

SANTIAGO DE CHILE, 16 DE DICIEMBRE, 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene por objetivo principal evaluar económicamente el costo de la implementación de un sistema de depósito-reembolso para PET, vidrio, aluminio y hojalata en Santiago de Chile.

Para lograr este objetivo se realizó una investigación sobre la situación actual de residuos sólidos domiciliarios generados en la región metropolitana, legislación vigente en el país, situación recuperación de materiales y sistemas de reciclaje actuales como el sistema de botellas retornables. Además, se estudió en específico los modelos de sistemas de depósito reembolso implementados en otros países de forma exitosa para observar sus componentes principales y beneficios económicos y ambientales.

Luego se generó una propuesta del sistema a implementar considerando primero recopilación de información y datos clave, factores generales como la estructura de costos, la ubicación geográfica, materiales de interés, metas de recolección y factores específicos como los tipos de productos aceptados, monto de los depósitos, precio de venta de los materiales, tipo de sistema de retorno, entre otros. Se decidió también medir el impacto económico del sistema con indicadores económicos de evaluación de proyectos como el VAN y la relación costo-beneficio.

Dentro de la propuesta se consideraron tres tipos de escenarios: Un primer escenario base sin sistema y con la gestión actual de residuos, un segundo escenario con el sistema de depósito reembolso implementado y un tercer escenario con diversos análisis de sensibilidad de variables relevantes para el sistema.

El VAN del escenario base resultó de \$-25.036.096 UF, explicado principalmente por los altos costos de gestión de residuos por parte de los municipios en la región metropolitana, y

una recuperación muy baja de materiales, representando sólo un 2% de los costos totales del escenario. Luego, el VAN del escenario con sistema resultó de \$-37.741.070 UF, un 50,75% más elevado respecto al escenario base, principalmente por una inversión inicial de \$ 391.000 UF destinada a la compra de máquinas expendedoras inversas y un costo anual importante de montos de depósitos de los materiales del sistema. Se obtuvo también una relación costo-beneficio de 0,23 para el escenario, sin poder conseguir un payback debido a costos anuales recurrentes mayores a los ingresos producidos por el sistema.

Los análisis de sensibilidad que se realizaron correspondieron a variaciones en la densidad de habitantes por máquinas expendedoras inversas, variaciones en los precios de los arriendos, incrementos en el costo del combustible monto de los depósitos, variaciones en las tasas de recuperaciones de los materiales y variaciones en los montos de los depósitos del sistema. De estos análisis se obtuvo principalmente variaciones importantes con el aumento en las tasas de recolección, con un VAN de con un 11,45% mayores ingresos anuales y en la disminución de los montos de los depósitos, con disminución de costos anuales de 15,18% variando monto de los depósitos de aluminio.

Finalmente se sugiere la implementación de un sistema de depósito reembolso a pesar del aumento de costos respecto al escenario base, ya que posee beneficios sociales y ambientales difíciles de cuantificar económicamente como la menor disposición de envases en los océanos o la promoción de ecodiseño y reciclaje de alta calidad. También se realizan algunas sugerencias para precisar la evaluación como estudios específicos de rutas logísticas o inclusión de centros de acopio para disminuir costos de transporte del sistema, estudio de arriendos de m2 en retail para la región metropolitana para reducción de costos anuales de las máquinas y aumentar tasas de recolección de materiales para aumentar los ingresos anuales del sistema y la relación de costo-beneficio.

INDICE DE CONTENIDOS

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
2. OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo General	9
2.2 Objetivos Específicos.....	9
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1 Panorama actual de generación de residuos a nivel mundial.....	10
3.2 Situación actual de residuos en Chile	11
3.2.1 Generación a nivel nacional.....	11
3.2.2 Composición de residuos	15
3.2.3 Generación de residuos en la Región Metropolitana	16
3.2.4 Recuperación de materiales en Chile.....	18
3.2.5 Sistema de botellas retornables en Chile.....	19
3.3 Legislación ambiental en Chile	20
3.4 Sistemas de depósito reembolso	24
3.4.1 Casos internacionales de sistemas de depósito reembolso	25
3.4.2 Componentes principales del sistema	30
3.4.3 Beneficios económicos y ambientales.....	33
3.5 Economía circular	34
3.6 Análisis de ciclo de vida de los materiales.....	36
4. METODOLOGÍA	38
4.1 Recopilación de información y datos	38
4.2 Definición de variables relevantes para el sistema	42
4.3 Generación de escenarios.....	47
4.3.1 Situación base	47
4.3.2 Escenario con implementación del sistema.....	48
4.4 Estudio económico.....	50
4.5 Antecedentes y supuestos para cálculos de flujo de caja	50
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	53
5.1 Análisis escenario base.....	53
5.2 Análisis escenario con sistema de depósito reembolso	55
5.3 Análisis de sensibilidad	59

5.3.1	Densidad poblacional en los puntos de retorno	59
5.3.2	Costo arriendo de m2 del espacio utilizado por las máquinas	61
5.3.3	Costo del combustible de transporte	62
5.3.4	Tasas de recuperación de materiales	63
5.3.5	Monto de los depósitos	65
6.	CONCLUSIONES.....	68
7.	REFERENCIAS	72
8.	ANEXOS	75

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Hoy en día nos encontramos frente a una serie de problemáticas medioambientales a nivel mundial; enfrentar y mitigar el cambio climático, escasez de materias primas y sobreexplotación de recursos finitos, contaminación de los océanos, entre otros.

El cambio climático afecta a todas las regiones del mundo, con un incremento sostenido de la temperatura promedio del planeta y aumentando el volumen de agua terrestre. Actualmente los fenómenos meteorológicos extremos como inundaciones, sequías y olas de calor e incendios forestales son más frecuentes, entrando en un proceso de crisis climática y trayendo asociados peligros para la salud humana y costes económicos importantes para los países (Comisión Europea, 2019), lo que pone al mundo en un estado de emergencia planetario.

Para frenar esta gran problemática los gobiernos a nivel mundial han tomado acciones en el asunto como cumbres climáticas, acuerdos y compromisos medioambientales, con el fin de coordinarse y afrontar la crisis.

Los envases y embalajes de un solo uso también se han transformado en una gran problemática para el medioambiente. Si bien cumplen un rol clave en la sociedad para satisfacer las necesidades de consumo de las personas, representan aproximadamente un 17% de los residuos municipales y un 3% del total de flujo de residuos en toda Europa (Revista Internacional de Sostenibilidad, 2009).

Por ejemplo, los envases de plástico transformaron los hábitos de consumo de las personas en la sociedad en pro de facilitar su vida en la década de los 50s; pero debido a una gestión deficiente en las medidas de mitigación del impacto que generan en el medioambiente

comenzaron a acumularse en forma de basura y se transformaron en una potencial amenaza para muchas especies en bosques, campo y océanos.

Actualmente existe un flujo de entre 1.15 a 2.4 millones de toneladas de plástico que entra todos los años por los ríos a los océanos, creando los llamados “parches de basura o islas basura” (garbage patch), masas de tamaño notable compuestas sólo de residuos de plástico que flotan en el océano, con dimensiones de aproximadamente 1.6 millones de kilómetros cuadrados. (Ocean CleanUp, 2019).

Para resolver el problema de los envases y embalajes de un uso, a nivel internacional se han implementado sistemas de recuperación de residuos con el fin recolectarlos para cambiar su disposición final y “valorarlos”, es decir, utilizarlos para producir el mismo o nuevos materiales en vez de desecharlos.

También aparecen conceptos como las economías colaborativas, los emprendimientos sociales y la economía circular como modelos a seguir para transformar la sociedad en la que vivimos hoy en economías más limpias y sustentables en el largo plazo, apuntando a generar un rol importante en el consumidor final en la vida útil de los productos y en el cierre de ciclos asociados a generación y disposición de residuos (MacArthur, 2013).

Este estudio en particular se enfocará en la definición, estudio e implementación de los sistemas de depósito-reembolso los cuales han sido implementados en países de Europa y Norteamérica de forma obligatoria con el fin de disminuir la generación de envases de vidrio, plástico y aluminio (Nápoles & del Toro, 2007). Los sistemas de depósito-reembolso combinan un impuesto en productos de consumo con un reembolso cuando el embalaje es devuelto para su reciclaje. Estos sistemas son utilizados en productos como las latas de bebidas, neumáticos, electrónica, entre otros (Walls, 2011), incentivando de forma positiva

a los consumidores finales a devolver los envases de los productos consumidos a cambio de un incentivo monetario, mejorando la cantidad y calidad de los materiales reciclados.

En el marco de la ley 20.920 que fue promulgada en mayo de 2016 y establece el marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje (Ministerio de Medio Ambiente, 2016), el gobierno de Chile definió una serie de metas y planes de acción para aumentar la valorización de residuos actual, por lo que sistemas como el propuesto pueden ser alternativas relevantes a considerar.

Es por esto por lo que el desafío del diseño de un sistema de depósito-reembolso para la ciudad de Santiago de Chile es interesante ¿Es posible implementar un sistema así? ¿Cómo funciona y como se podría implementar? ¿Qué beneficios ambientales, económicos, y de eficiencia posee? ¿Cuáles son los componentes claves para el éxito de la valorización de residuos mediante este sistema? ¿Cuáles serían los actores involucrados? ¿Cuál es el costo de implementar un sistema de esa magnitud?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar económicamente el costo de la implementación de un sistema de depósito-reembolso para PET, vidrio, aluminio y hojalata en Santiago de Chile.

2.2 Objetivos Específicos

Generar un diagnóstico específico respecto a niveles de residuos, políticas públicas e iniciativas de recuperación y valorización de materiales en Chile.

Identificar el funcionamiento de los sistemas de depósito reembolso, componentes clave en la implementación y en el funcionamiento de estos, y estructura de ingresos y costos mediante el estudio de sistemas existentes en el extranjero.

Proponer un sistema de depósito reembolso para la Región Metropolitana detallando el tipo de sistema, los formatos y materiales aceptados, actores involucrados, metas de recolección y la forma de implementación.

Proponer un modelo de evaluación económica de la implementación del sistema en Santiago de Chile mediante herramientas de evaluación de proyectos, considerando escenarios de implementación e indicadores económicos asociados.

Generar análisis de sensibilidad con algunos parámetros del sistema para observar variaciones importantes en el coste del sistema.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Panorama actual de generación de residuos a nivel mundial

La producción mundial de residuos está aumentando año a año. En el año 2016 se generaron 2,01 billones de toneladas de residuos sólidos, con una tasa de 0,74 kg de residuos diarios por persona al día, y se espera para el año 2050 que la generación de residuos aumente en un 70%, llegando a niveles del orden de 3,4 billones de toneladas anuales (World Bank, 2018).

Se puede apreciar en industrias como la de los plásticos donde la producción mundial en el año 1964 correspondía a 15 millones de toneladas aproximadamente, y al 2014 ya se producían aproximadamente 311 millones, creciendo 20 veces la cantidad de plástico generado en 50 años. Además, al año 2050 se espera una producción de plásticos de 1124 millones de toneladas, peso equivalente a todos los peces en el océano, un consumo equivalente al 20% de la producción mundial anual de petróleo, y sería responsable de un 15% de la huella de carbono emitida a la atmosfera terrestre (MacArthur, 2017).

Esta problemática se genera principalmente por el modelo de consumo actual que corresponde a una economía lineal de extraer-producir-consumir-desechar, la cual está relacionada directamente con el crecimiento económico mundial y es insostenible en el largo plazo debido al crecimiento de la población, la generación de residuos producidos y la cantidad finita de materias primas (MacArthur, 2013).

También es importante considerar que gran parte de los residuos generados corresponden a productos de un solo uso, es decir, que en la fase de diseño fueron pensados sólo para llegar al consumidor final y ser desechados después, por lo que queda en evidencia la sobreproducción innecesaria de residuos con productos de este tipo.

Commented [JG1]: Me falta referirme a las industrias de los metales y del vidrio...

Commented [MR2R1]: Si, falta info de los otros materiales. Y también hablar de cuales son los tipos de plásticos que más se producen.

Commented [JG3]: Las industrias de los metales y del vidrio por su parte...

Commented [MR4R3]: Esto aplica a los 3 por igual, solo incorporar datos de los otros materiales al igual que el contexto de los plásticos.

Frente a esta problemática surge una increíble oportunidad económica tanto para las empresas como para los gobiernos a nivel mundial, ya que según la fundación de Ellen MacArthur “El potencial económico de la generación de nuevos negocios y valorización de residuos en Europa está estimada en aproximadamente 1,8 trillones de euros para el año 2030”, lo cual incrementa la necesidad de transicionar hacia modelos que apunten a una Economía Circular, tópico que se explicará con más detalle en el capítulo 3.6.

3.2 Situación actual de residuos en Chile

3.2.1 Generación a nivel nacional

El año 2010 la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), ex organismo estatal del Estado de Chile generó el “Primer Reporte de Manejo de Residuos Sólidos en Chile”. El objetivo principal de este reporte consistía en el levantamiento de información respecto a generación de residuos sólidos a nivel nacional ya que no se contaba con un catastro claro de la situación del país anteriormente.

En el reporte se desprende que durante el año 2009 en Chile se generaron aproximadamente 6,5 millones de toneladas de Residuos Sólidos Municipales (RSM) con un crecimiento sostenido de un 2,5% aproximado desde el año 2000. Mientras que la generación estimada de residuos por habitante correspondía a 1,05 [Kg/hab-día] (CONAMA, 2010).

Los RSM corresponden a la suma de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), que se definen como “residuos sólidos, basuras, desechos o desperdicios generados en viviendas y en establecimientos tales como edificios habitacionales, locales comerciales, locales de expendio de alimentos, hoteles, establecimientos educacionales y cárceles”, mientras que los asimilables a domiciliarios se definen como “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”.

Por otra parte, el Ministerio de Medio Ambiente solicitó la creación de un estudio sobre los impactos asociados sobre la implementación de la ley REP en Chile. (ECOING, 2012). En el estudio se hace una investigación exhaustiva del sector de envases y embalajes al 2010, la cual coincide con la situación de residuos estudiada por CONAMA 2009. Es importante considerar este estudio debido a que los sistemas de depósito reembolso analizados se refieren específicamente a este tipo de productos.

Se obtiene la siguiente información respecto a envases y embalajes:

- Un 30,7% de los residuos sólidos domiciliarios corresponde a envases y embalajes.
- Corresponde a 1,2 millones de toneladas al año de los RSM.
- Se proyecta un crecimiento anual en la producción de envases y embalajes de un 5.7%.

Luego de la entrada en vigencia del DS N° 1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, “Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)”, la situación respecto a la disponibilidad de información sobre residuos sólidos cambió, y ahora es posible contar con datos reales (oficiales) desde el año 2014 respecto a la generación y el manejo de residuos sólidos en Chile, ya que se obliga a los generadores de residuos a reportar en el RETC los tipos y cantidades producidos durante el año anterior

(SUBDERE, 2018). Gracias al decreto mencionado anteriormente se cuenta con información más precisa y detallada actualmente.

En el año 2017, en todo el territorio nacional se generaron 7.468.559 toneladas de Residuos Sólidos Domiciliarios y asimilables a domiciliarios (RSDyA), con un incremento de 9,98% entre el año 2012 y el año 2017. Se desprende también la generación promedio de residuos por habitante de 1,15 [kg/hab-día] durante el 2012, creciendo a 1,22 [kg/hab-día] en el año 2017. (SUBDERE, 2018).

También es relevante comparar la producción de residuos de Chile con experiencias de otros países, donde se observa una producción anual de RSD de 445,3 [Kg/hab-año] (línea roja), por debajo del promedio OCDE de 519,9 [Kg/hab-año] (línea negra), la cual se puede apreciar en la siguiente figura:

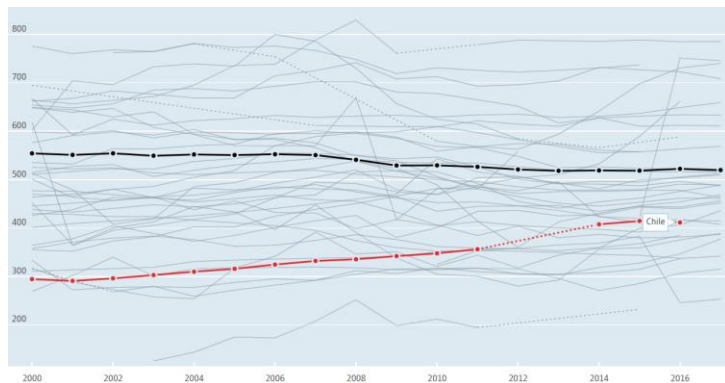


Figura 1: Cantidad de [Kg/hab-año] durante los últimos 18 años para países OCDE.

Fuente: Data OECD 2019.

Commented [MR5]: Estos serían los que generan las industrias, o no? Podríamos chequear este número porque se supone que con 7,4 MM ton para RSD y como 10MM para industriales asimilables a domiciliarios?? Me queda la duda de este número es para ambos residuos.

Commented [JG6R5]: Es flujo de domiciliarios y asimilables. Los industriales peligrosos y no peligrosos están del orden de los 58 mm a nivel Chile

Esto demuestra un crecimiento progresivo en la cantidad de residuos generada por la población durante los últimos 17 años, aumentando también el indicador de cantidad de residuos generada por habitante al día en Chile.

También a partir de la experiencia internacional a lo largo de las últimas décadas, según estadísticas de la OCDE se observa una correlación positiva entre el PIB per cápita de un país y la cantidad de residuos que produce, por lo que a mayor PIB per cápita, mayor debería ser la cantidad de residuos generada. Lo anterior se representa de mejor forma en la siguiente figura:

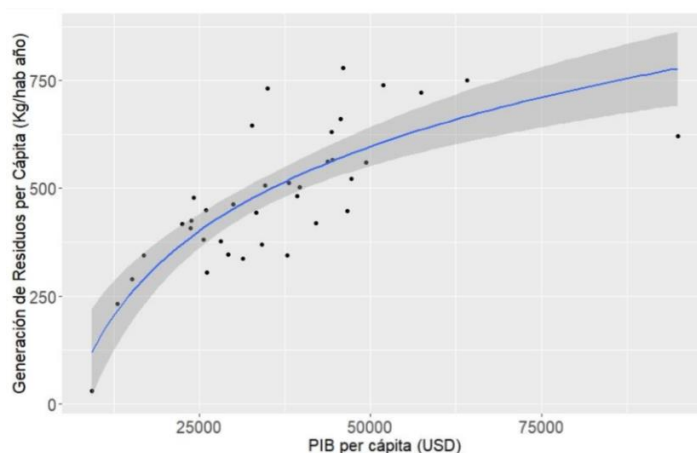


Figura 2: Correlación entre la generación de residuos por habitante y el PIB per cápita.

Fuente: DICTUC, 2019.

La línea de tendencia corresponde a la línea azul observada la cual tiene un crecimiento de tipo logarítmico.

Finalmente, se espera que el crecimiento económico chileno influya directamente en la cantidad de consumo de los habitantes a nivel nacional en términos de envases y embalajes.

3.2.2 Composición de residuos

Es relevante entender la composición de los residuos generados en el territorio nacional, debido a que puede haber diferencias significativas en la composición de estos cuando se compara con otros países en la OCDE, lo cual puede generar distorsiones significativas a la hora de proponer modelos de valorización de residuos.

Respecto a la composición de los residuos en Chile se cuenta con 2 estudios previos: uno realizado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en el año 2006, y el segundo realizado por la empresa Ingeniería Alemana S.A en el año 2011.

Los estudios realizaron una serie de muestreos en distintas comunas del país, cuantificando los diferentes tipos de residuos que se pueden encontrar en la basura domiciliaria, identificando también los distintos niveles socioeconómicos y los porcentajes relativos de cada residuo. La información recolectada se muestra a continuación:

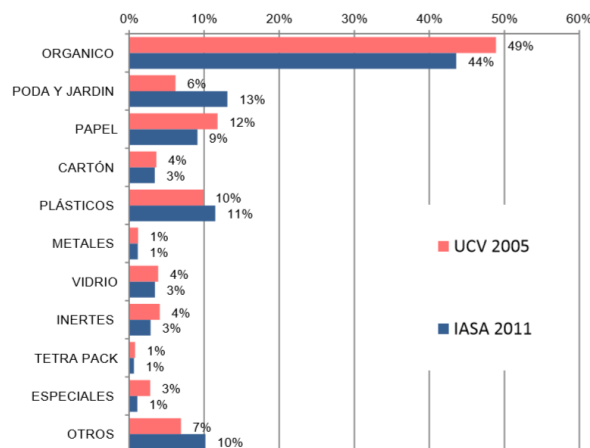


Figura 3: Contraste estudios de composición de residuos.

Fuente: SUBDERE 2018

Se concluye que ambos estudios entregan resultados similares, por lo que se procede a trabajar con el de Ingeniería Alemana debido a que corresponde al estudio más reciente.

Se observa que más de la mitad de los residuos sólidos domiciliarios generados corresponden a material orgánico (57%), seguido por el plástico con un 11% de participación, 8% para el papel, 3.5% para el vidrio, 3.3% para el cartón y 1.5% para los metales.

El estudio además considera diferencias entre la producción entre familias de distintos estratos sociales, clasificándolos en ABC1, C2, C3 y D-E. En general los estratos sociales más altos poseen una fracción extra de residuos orgánicos asociados a la poda y jardín debido a que poseen más áreas verdes que los otros segmentos (Ing. Alemana, 2012).

3.2.3 Generación de residuos en la Región Metropolitana

La Región Metropolitana es la capital del país y corresponde a la región mayormente poblada en Chile. Esta se encuentra dividida en seis provincias principales: Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla, Santiago y Talagante; las cuales a su vez se subdividen llegando a un total de 52 comunas con características urbanas y rurales.

La población total residente en la región corresponde a 7.064.123 personas. Sin embargo, en el estudio de generación de residuos en un lugar es necesario considerar también una variable de población “flotante” atendida, debido a que existen personas las cuales durante el año transitan por la región y producen residuos de igual manera, pero no residen en ella. Por lo tanto, la población residente y flotante total corresponde a 7.448.451 personas (SUBDERE, 2018).

Desprendida de la información recolectada en el punto 3.1.1, en la Región Metropolitana se generaron 3.113.510 toneladas de residuos al año 2017, lo cual corresponde al 41,8% del total producido a nivel nacional.

La disposición final de estos residuos tiene como destino cinco puntos específicos pudiendo ser rellenos sanitarios o vertederos autorizados: Relleno Santa Marta, Relleno Santiago Poniente, Relleno Loma Los Colorados, Vertedero Controlado Popeta y Relleno Cerro La Leona; siendo los tres primeros responsables de aproximadamente el 97% de los residuos recolectados en la región metropolitana (MMA, 2014).

Según la información recolectada, las comunas que generaron una mayor cantidad de residuos en este periodo corresponden a Maipú, Puente Alto, Santiago (centro), La Florida y San Bernardo, concentrando cerca de un 32% de los residuos totales en la región, lo que es relevante en el caso de concentrar puntos de recuperación de residuos.

Commented [MR7]: Cuánto es industrial y cuánto es domiciliario?

Commented [JG8R7]: No puse los industriales debido a que me estoy enfocando en los domiciliarios.

Commented [MR9]: Importante saber si esto es por temas de residuos industriales o no domiciliarios. Por población hace sentido que sean más, pero sería bueno saber cuánto es por división socioeconómica.

Commented [JG10R9]: Domiciliarios, no ahondaré en industriales.

3.2.4 Recuperación de materiales en Chile

La valorización de residuos en la ley 20.920 está definida como: “El conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar un residuo, de uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos”. Esto también incluye las actividades de preparación para la reutilización, reciclaje y valorización energética.

A partir de estudios previos del MMA, se cuenta con tasas de recuperación de envases y embalajes estimadas. Dentro de las tasas mencionadas, los envases de papel y cartón alcanzan un 33% a nivel domiciliario, los envases de vidrio un 11% domiciliario, los envases metálicos un 10% domiciliario y los envases plásticos un 2% domiciliario. Mientras que los (C y V Medioambiente, 2015).

En la siguiente tabla se observa las tasas de reciclaje para residuos sólidos industriales y residuos sólidos domiciliarios:

Producto posconsumo	Toneladas Generadas (2010)	Toneladas Generadas (2013)	Tasa de variación 2010-2013	Tasa reciclaje estimada (2010)
Envases Papel y cartón	474.650	477.370	0,6%	82% (49% industria, 33% domiciliario)
Envases Vidrio	292.014	311.299	6,6%	54% (43% industria, 11% domiciliario)
Envases Metal	100.665	113.699	12,9%	43% (33% industria, 10% domiciliario)
Envases Plásticos	355.934	382.874	7,6%	12% (10% industria, 2% domiciliario)
Total	1.223.263	1.285.242	5,1%	

Tabla 1: Tasas de reciclaje estimadas por tipo de residuo en Chile.

Fuente: C y V Medioambiente, 2015.

Se identifica inmediatamente el potencial existente en recuperación de residuos postconsumo domiciliario en materiales como el vidrio, metal y plástico debido a las bajas tasas de recuperación.

Se consideran relevantes para la valorización de residuos identificar la cantidad de instalaciones físicas existentes como lo son los puntos limpios, puntos verdes y centros de acopio. En términos de puntos limpios, existe una cantidad aproximada de 3000 puntos limpios a nivel nacional, mientras que en Santiago existen 1059 de estos puntos. En términos de instalaciones que declaran realizar actividades de reciclaje, se cuenta con 81 instalaciones a nivel nacional, mientras que la región metropolitana cuenta con 40 instalaciones. (SUBDERE, 2018).

También es importante considerar la “Estrategia de Residuos Sólidos 2017-2021” enmarcada en el plan “Santiago Recicla”, impulsado por Gobierno Regional de Santiago el con la ayuda del SEREMI de Medio Ambiente, el cual tiene por objetivo fomentar el cambio de visión de la ciudadanía respecto a los residuos modificando los hábitos de consumo y su participación en el proceso de la gestión de ellos al final de su vida útil. Este plan consta de tres pilares que se encuentran en estudio, donde se considera la construcción de 20 puntos limpios, la recolección diferenciada de materiales casa a casa y la educación de la comunidad en la región metropolitana respecto a residuos sólidos (MMA, 2016).

Un sistema de depósito reembolso puede ayudar a cumplir las metas y los compromisos declarados en la estrategia como una alternativa distinta de recolección a las propuestas en el plan.

3.2.5 Sistema de botellas retornables en Chile

Commented [MR11]: Estos son datos de residuos domiciliarios, es bueno mencionar cuanto es el total de RSM que se tienen en stgo. Tb buscar el dato de residuos industriales y cuánto es su recuperación. La idea es hacer notar que son 2 canales de gestión distintos.

Commented [JG12R11]: idem

En Chile existe un sistema similar al del depósito reembolso, pero aplicado en las botellas retornables de múltiples usos. Estas funcionan bajo el mismo concepto de retornar el envase comprado a un punto de retorno (generalmente en retail), donde las botellas son almacenadas y luego recogidas por el administrador del sistema.

Dentro de las diferencias observadas respecto a un sistema de depósito reembolso es que el envase no tiene asociado un monto de “depósito”, sino más bien el precio de comprar un producto con envases retornable nuevo es menor; que el reciclaje de este tipo de botellas sea de tipo industrial, es decir no pueden ser compactadas por máquinas de reciclaje domiciliario presente en los puntos limpios, debido al gramaje (grosor del envase) y que el ciclo de vida de los productos posea una vida útil medida en cantidad de veces. Según la embotelladora Andina ubicada en Renca, los tipos de botellas que participan en el sistema corresponden a botellas PET y de vidrio, las cuales tienen un volumen de 2 [L] y 1,25 [L] y una vida útil de una vuelta y 35 vueltas respectivamente (DICTUC, 2019).

También poseen una huella de carbono asociada por envase, siendo 0,21 Kg CO₂ por pinta producida (5,678 [L] para las botellas de vidrio y 0,32 Kg CO₂ por pinta para las botellas de PET. En general se observa que a medida que aumenta la cantidad de vueltas del envase, disminuye exponencialmente la huella de carbono asociada. Además, es importante considerar que estas botellas tienen una huella de agua asociada debido a que es necesario lavar los envases por cada vuelta de su ciclo de vida. (DICTUC, 2019).

Las similitudes que se aprecian es la homogeneidad de los residuos y la centralización de los productos en un solo actor.

3.3 Legislación ambiental en Chile

Dentro de la legislación ambiental chilena hay una serie de leyes y decretos los cuales articulan la política nacional de gestión integral de residuos municipales o domiciliarios.

Las más relevantes correspondiente a gestión de residuos a nivel municipal se mencionan a continuación:

- Ley N° 18.695, Orgánica de Municipalidades: establece como función privativa de las municipalidades el aseo y ornato de la comuna (artículo 3 letra f) y atribuye a la unidad de medio ambiente, aseo y ornato el servicio de extracción de la basura.
- Código Sanitario: establece la obligación de las municipalidades de recolectar, transportar y eliminar por métodos adecuados las basuras, residuos y desperdicios que se depositen o produzcan en la vía urbana (artículo 11 letra b). Por su parte, en el párrafo III del Título II (artículos 78 a 81) se refiere a los “desperdicios y basuras”; en él se establecen las autorizaciones sanitarias de distintas instalaciones de manejo de residuos.
- Ley N° 19.300: exige evaluación ambiental a ciertos proyectos vinculados al manejo de residuos (artículo 10 letras i, ñ y o). Asimismo, esta ley establece como función del Ministerio del Medio Ambiente proponer políticas y formular normas, planes y programas en materias de residuos (artículo 70 letra g).
- Ley N° 20.879: Sanciona el transporte de desechos hacia vertederos clandestinos.
- Decreto ley N° 3.063/1979, Ley de Rentas Municipales: se refiere al cobro del servicio municipal de extracción de residuos sólidos domiciliarios. Al

respecto, establece criterios para cobro diferenciado; programas ambientales, incluyendo reciclaje; frecuencia o volúmenes de extracción; o las condiciones de accesibilidad.

- Decreto supremo N° 148/2004 del MINSAL: Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos
- Decreto supremo N° 189/2008 del MINSAL: Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad Básicas en los Rellenos Sanitarios. Ministerio de Salud
- Decreto supremo N° 1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente: Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)
- Decreto supremo N° 29/2013 del Ministerio del Medio Ambiente: Norma de Emisión para Incineración, Coincineración y Coprocesamiento y Deroga Decreto N° 45, de 2007, del MISEGPRES.
- Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos orienta a la implementación de la estrategia jerarquizada, promoviendo la prevención de su generación y, si su prevención no es posible, fomentar, en este orden, su reutilización, reciclaje, valorización energética, tratamiento y disposición final, todo ello para efectos de proteger la salud humana y el medio ambiente.

Sin embargo, dentro del marco de valorización de residuos sólidos domiciliarios la ley más importante para la implementación de un sistema de depósito reembolso corresponde a la conocida ley 20.920.

La Ley N° 20.920 que establece Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje (Ley REP) tiene como objetivo central incorporar la valorización de los residuos como un elemento primordial en la gestión de los residuos sólidos, e introducir en la regulación existente en la materia un instrumento económico que busca generar mecanismos que permitan aumentar los niveles de reciclaje de los residuos que actualmente se disponen en rellenos sanitarios o son depositados en vertederos ilegales (MMA, 2016).

De esta forma, persigue dos objetivos: por una parte, promueve el diseño de productos que procuren el aumento de su vida útil y potencial de valorización y, por otra, incentiva la reutilización y valorización de productos al final de su vida útil (DICTUC, 2019). Ello permite internalizar las externalidades ambientales propias de los residuos (contaminación suelo y aguas, olores, emisiones, vectores), disminuir la disposición final de residuos, con ello aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios, y formalizar el mercado de reciclaje existente en el país.

Esta ley comenzó a regir a partir del año 2016, y se focaliza en 6 productos prioritarios que se mencionan a continuación:

- Envases y Embalajes
- Pilas
- Baterías
- Aceites y Lubricantes
- Neumáticos
- Aparatos Electrónicos.

En Chile no existen Sistemas de Depósito y Reembolso para botellas de un solo uso y, por lo tanto, no han sido evaluados aún como instrumentos económicos para las políticas públicas medioambientales. Por esta razón se propone realizar la modelación económica de un SDR para la región metropolitana, apuntando a que este tipo de sistema pueda llevar a cabo las metas que tiene la Ley REP.

3.4 Sistemas de depósito reembolso

El sistema de depósito-reembolso (SDR) es un sistema de gestión de residuos de un solo uso, que funciona bajo el concepto de que en caso de que el consumidor compre un producto que este dentro del sistema, tenga la opción de retornarlo a los productores que lo produjeron.

Los SDR combinan impuestos a los productos de consumo con reembolsos cuando el producto o su envase es devuelto para su reciclaje o manejo apropiado (Walls, 2011). Han sido implementados en diversos países con el fin de aumentar la recuperación de residuos municipales, haciendo partícipes de la recolección de estos a los consumidores finales y aumentando la circulación de productos al final de su uso. Estos sistemas han sido establecidos para distintos tipos de productos como envases y envoltorios, latas, baterías de plomo, aceite de motor, neumáticos, aparatos electrónicos, entre otros, siendo las más aceptadas botellas de plástico PET y latas de bebestibles y cervezas. Además de incentivar a los consumidores finales de la recolección, el sistema puede ser usado para solucionar problemas más allá de la recolección de materiales, tales como la contaminación del agua y aire pudiendo controlar eficientemente la contaminación tal y como un impuesto Pigoviano

Commented [MR13]: Se puede explicar un poco más qué significa esto?

(Bohm, 1981), es decir, impuestos generados con el objetivo de corregir una externalidad negativa, por ejemplo, en el medioambiente.

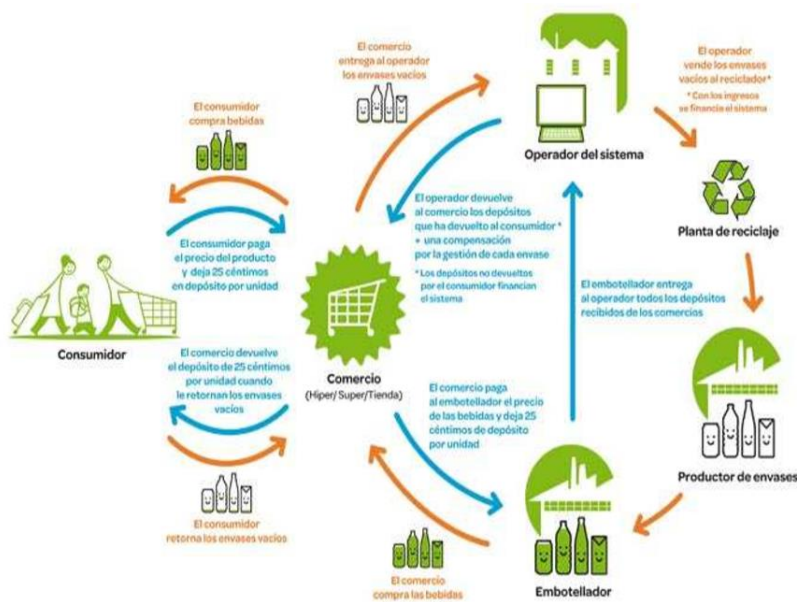


Figura 4: Flujo de materiales de un sistema de Depósito Reembolso.

Fuente: ECOING 2011

Particularmente en este trabajo de investigación se focalizará en mostrar casos ejemplo de diseño, implementación y funcionamiento del sistema mediante experiencias internacionales, tomando consideraciones relevantes que serán utilizadas para la evaluación económica de un sistema así en la región metropolitana de Chile.

3.4.1 Casos internacionales de sistemas de depósito reembolso

Estos sistemas han sido aplicados en distintos países a nivel mundial, donde se pueden observar ejemplos en Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Corea, Republica Checa, EE. UU., Finlandia, Noruega, Suecia, Dinamarca, Suiza, Islandia, Holanda, Alemania, Polonia e Israel (Nápoles & del Toro, 2007).

Además, el estudio de DictUC considera nueve estudios de análisis y evaluación de sistemas de depósito reembolso en todo el mundo trayendo importantes revelaciones, las cuales serán citadas más adelante en este estudio.

El indicador más relevante para medir el éxito del funcionamiento de un sistema de depósito reembolso corresponde a la tasa de recuperación de los materiales, la cual representa el porcentaje de material recuperado respecto a la cantidad de material puesto en el mercado.

En la siguiente figura se puede apreciar las tasas de recuperación de los distintos materiales que involucran los sistemas a nivel de experiencias internacionales:

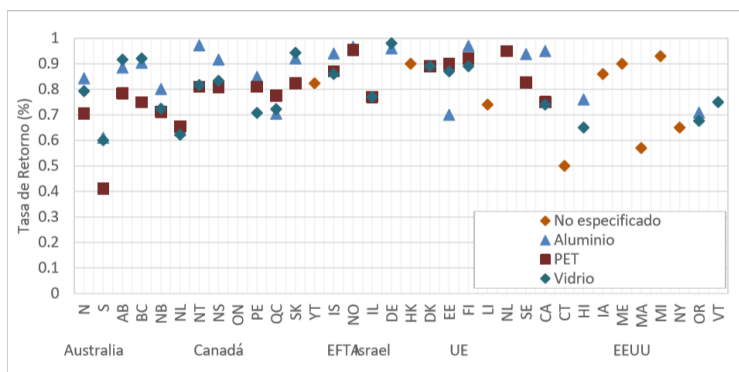


Figura 5: Tasas de retorno de los materiales en el sistema de acuerdo al país o estado donde se encuentra.

Fuente: DICTUC, 2019.

En particular para este trabajo de investigación mencionaremos el caso de EE. UU. en los estados de Oregon y California, y el caso de Finlandia.

Esto ya que los tres ejemplos muestran distintos tipos de sistema con distinto financiamiento y distinta administración.

El de California debido a que posee administración estatal y es un sistema que involucra un gran costo debido a la magnitud del sistema, rondando los USD 1250 millones, el de Oregon debido a que corresponde al sistema más antiguo de EEUU y al día de hoy posee un 100% de retorno automático, y finalmente el caso de Finlandia debido a que corresponde al sistema con las mayores tasas de recuperación a nivel mundial.

El sistema de California fue implementado en EE.UU. en el año 1987 y es administrado y monitoreado por el *California Department of Conservation* bajo una organización llamada CalRecycle. El sistema incluye envases de un sólo uso de vidrio, PET, aluminio y hojalata y los productores de bebidas deben pagarle un monto por cada envase que introducen al mercado o retail. Luego, cuando el consumidor final compra un producto que está dentro del sistema se le cobra un depósito, que es devuelto cuando retorna el envase.

El sistema es financiado por: montos de envases que no son devueltos al sistema llamados depósitos no reembolsados (DNR), montos que venta de los materiales recolectados, ingresos por intereses y cuotas de procesamiento las cuales son pagadas por los productores de bebestibles. Las tasas de recuperación de materiales corresponden a 74% en envases de vidrio de un uso, 75% en botellas PET de un uso y 95% en latas de aluminio. (CM Consulting & Reloop, 2016).

En el caso de Oregon, fue el primer estado en usar una ley de depósito en 1971. La ley impuso un depósito en todos los envases de cerveza y refrescos con un reembolso al devolver el envase, con un precio de 10 centavos de dólar por envase. El sistema funciona a

través de productores de bebestibles y retailers, donde estos últimos tienen el papel de intermediarios. Específicamente, los retailers les pagan a los distribuidores un depósito por cada botella o lata comprada, y luego estos recolectan todos los depósitos de los consumidores que compran bebestibles. Cuando el consumidor final devuelve el envase para ser reciclado, los retailers deben pagarle el depósito, el cual cobran a los productores con una pequeña comisión. En el caso de que el envase no sea devuelto, el dinero se lo quedan los retailers (Walls, 2011). Hoy el sistema de depósitos de Oregón es 100% de retorno automático, lo cual se debe principalmente a la consolidación del sistema, ya que corresponde al sistema más antiguo de EE.UU. (DICTUC, 2019).

El caso del sistema de depósito-reembolso implementado en Finlandia es uno de los más interesantes de observar. El sistema comenzó en 1950 utilizando sólo botellas retornables y era operado por los productores de bebidas del país. Luego en el año 1994 el gobierno finlandés decretó un impuesto a los recipientes de bebestibles alcohólicos y no alcohólicos, con un valor de 0.67 EUR por cada litro envasado/producido. Desde que el gobierno decretó el impuesto, se les ofreció a los productores de bebestibles una tasa menor de impuesto si se adscribían al sistema de depósito, siendo este el factor más relevante para la creación de PALPA.

Suomen Palautuspakkaus Oy (PALPA) es una organización sin fines de lucro que fue creada en el año 1996, operada y propiedad en 50% por la industria de bebidas de Finlandia, mientras que el otro 50% de la propiedad corresponde a la industria de retail. Inicialmente PALPA estaba encargada de operar el sistema de envases de bebidas de metal de un solo uso, pero 2008 se introdujo al sistema la gestión y recolección de botellas PET de un uso y en 2011 la recolección de envases de vidrio de un uso. Actualmente, PALPA es el administrador más relevante del sistema en Finlandia (IEEP, 2016).

El impuesto a los envases de los bebestibles fue implementado de manera progresiva, mientras que el gobierno finlandés durante la década del 2000 fue disminuyendo la tasa de impuesto, hasta que en el año 2008 se decretó que los productos participantes en el sistema de depósito reembolso estaban exentos de pagar el impuesto asociado a los recipientes.

El sistema recibe botellas retornables de vidrio y PET, como también latas de aluminio, botellas PET y botellas de vidrio de un solo uso. Los montos de depósitos fluctúan entre 0.1 EUR a 0.4 EUR por envase, los cuales fueron definidos por decretos gubernamentales.

Los envases retornados por los consumidores son devueltos a los retailers, en centros de venta y supermercados a través de máquinas expendedoras inversas (RVM), las cuales se encargan de identificar el producto, contabilizar el monto del depósito, compactar el material y almacenarlo, hasta que el administrador PALPA se encarga de retirarlo.

Las tasas de recuperación de los materiales apuntan al 90% como metas gubernamentales, aunque las tasas reales corresponden 89% para botellas de vidrio de un uso, 92% para botellas PET de un uso y 97% para latas de aluminio. (CM Consulting & Reloop, 2016).

Para un mejor entendimiento del sistema, se presenta muestra la siguiente figura:

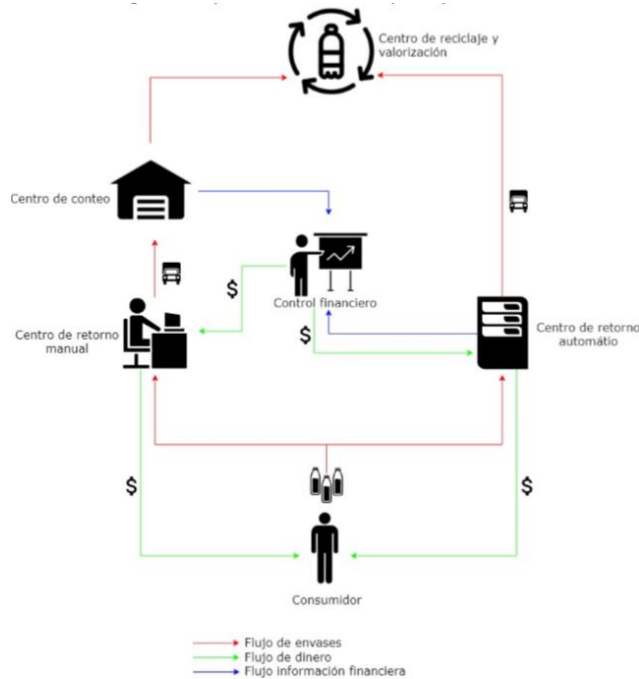


Figura 6: Esquema de flujos presentes en un sistema de depósito reembolso.

Fuente: DICTUC, 2019.

El sistema de depósito-reembolso de Finlandia es considerado un sistema muy exitoso; presenta las tasas de retorno más altas de materiales las cuales pueden ser explicada por factores como los montos de depósito elegidos, la cooperación cercana entre los actores del sistema (retailers y productores de bebestibles), el factor educacional de la población finlandesa, entre otros.

3.4.2 Componentes principales del sistema

Se observa que los sistemas estudiados en el capítulo anterior dependiendo la zona geográfica o de la legislación presente en el país poseen componentes comunes o diferenciados (DICTUC, 2019). Dentro de los componentes que son relevantes se pueden mencionar:

1) Aspectos administrativos

- Marco regulatorio: Corresponde a la legislación necesaria que delimita el funcionamiento y los límites del sistema. Poseen elementos como meta de retorno, radio mínimo de retorno, la obligación de recepción de envases, entre otros.
- Financiamiento: Los sistemas de depósito reembolso generalmente se autofinancian mediante 3 componentes esenciales: la venta del material recolectado, cuotas administrativas y Depósitos No Reembolsados (DNR).

Las cuotas administrativas corresponden al cobro por administración a los productores, llamado *handling fee*, el cual se detalla más adelante. Los DNR corresponden a los montos de los depósitos asociados a los envases no retornados al sistema, los cuales son recibidos por el administrador del sistema y pueden ser utilizados como ingresos para el financiamiento de este.

- Sistema de retorno: Corresponde al tipo de sistema en el cual el consumidor final realizará la acción de retornar los productos que están insertos en el sistema de depósito reembolso. Se consideran 3 casos que son los más comunes en experiencias internacionales: retorno en retail, retorno en puntos de recolección de residuos (puntos limpios) y la mezcla de ambos sistemas, que es llamado sistema mixto (DICTUC, 2019).

- Administrador del sistema: corresponde al organismo encargado de la gestión del sistema de depósito reembolso, el cual puede ser responsabilidad de los productores de bebestibles u organizaciones terceras delegadas.

2) Aspectos de diseño, resultados e impacto

- Formatos del sistema:

Productos: Corresponde al tipo de producto que se incluirá dentro del sistema. Es decir, pueden ser alimentos, bebestibles, bebidas alcohólicas, etc.

Materiales: Se refiere a los materiales presentes en los envases que el sistema incluirá, dentro de los cuales normalmente es considerado el PET, aluminio, hojalata, vidrio, HDPE, Tetra brick, entre otros.

Envases: Corresponde al tipo de formato del envase que será aceptado dentro del sistema. Por ejemplo, botellas de más de 3L de contenido, latas de menos de 500cc de volumen, cajas de 1L de contenido, etc.

- Monto de depósito: El monto del depósito corresponde al valor monetario asociado que tendrá el envase en el sistema. Este componente sumamente relevante para el sistema, ya que de ser muy elevado encarecerá el costo global del sistema, pero por otra parte si es muy bajo los consumidores no estarán dispuestos a retornar los envases. En general en los distintos sistemas internacionales el monto del sistema varía por el tipo de producto, tipo de material o el volumen de este, mientras que en otros todos los envases poseen el mismo monto.
- Tasa de manipulación: En la literatura es mencionado como handling fee (DICTUC, 2019), el cual correspondería al costo que significa la implementación del sistema para el productor/embotellador. Corresponde a un factor relevante a considerar para

poder cuantificar la estructura de costos de la implementación del sistema en la región metropolitana.

- Tasa de recuperación: Corresponde al porcentaje de recuperación del material presente en el sistema en relación con la cantidad de material producido. Cabe destacar que este indicador es el KPI que define el éxito del sistema implementado, por lo que cada material posee una tasa de recuperación independiente.
- Densidad de los puntos de retorno: Corresponde a la cantidad de puntos de retorno disponibles en un lugar dependiente de la demanda asociada al lugar donde se encontrará. Se puede interpretar como la población promedio por punto de retorno en un lugar dado. También es un factor importante al momento de generar la estructura de costos de la implementación de este sistema y de una alta tasa de recuperación.

3.4.3 Beneficios económicos y ambientales

Los sistemas de depósito reembolso presentan beneficios de eficiencia, económicos y medioambientales, donde se pueden destacar los siguientes:

- Presentan altas tasas de retorno de colección separada de materiales
- Reducen hasta en un 40% la cantidad de envases de bebestibles que terminan en el océano.
- Logran ahorros económicos para las municipalidades reduciendo el costo por gestión y retiro de residuos, ya que disminuyen la cantidad de residuos sólidos domiciliarios.

- Es una herramienta efectiva para ayudar a la ciudadanía a visualizar el impacto de sus acciones.
- Promueven el ecodiseño para un reciclaje más eficiente y apuntar a una economía circular.
- Promueven el reciclaje de alta calidad, ya que utilizan materiales que no pierden sus propiedades por ciclo de reciclaje.
- Es una de las maneras más eficientes de implementar los principios de la Responsabilidad Extendida del Productor.
- En la producción de nuevos envases y embalajes a partir de material recuperado en ciclos de reciclaje, se obtienen ahorros energéticos entre 30% y 95% y una reducción de emisiones de carbono de entre un 70% y 99% (detalle en análisis de ciclo de vida de los productos).

3.5 Economía circular

La Economía Circular es un sistema industrial que es restaurativo o regenerativo en su diseño. Reemplaza el concepto de “fin de vida útil” con restauración junto con la utilización de energías renovables, eliminando el uso de materiales tóxicos, y velando por la eliminación de los residuos de la economía a través del diseño de los materiales, productos y sistemas, e incluyendo modelos de negocios (MacArthur, 2013).

Esencialmente consiste en la creación de un sistema económico el cual no genera residuos, o los minimiza en todas las formas posibles, y nace como una respuesta a la necesidad de lograr un desarrollo sustentable a nivel mundial en el largo plazo.

El origen del concepto viene de distintos autores y distintas escuelas de pensamiento los que se han encargado de desarrollarlo y perfeccionarlo, donde se pueden mencionar: Diseño regenerativo, por John T. Lyle (1994); Economía del Rendimiento, por Walter Stahel (2010); De la cuna a la cuna, por Michael Braungart y Bill McDonough (2003); Biomímesis, por Janine Benyus (2012); Economía azul, por Gunter Pauli (2012) y Ecología industrial, por Robert Frosch y Nicholas Gallopoulos (1989) (MacArthur, 2013).

En la siguiente figura se puede apreciar de forma gráfica un sistema de Economía Circular:

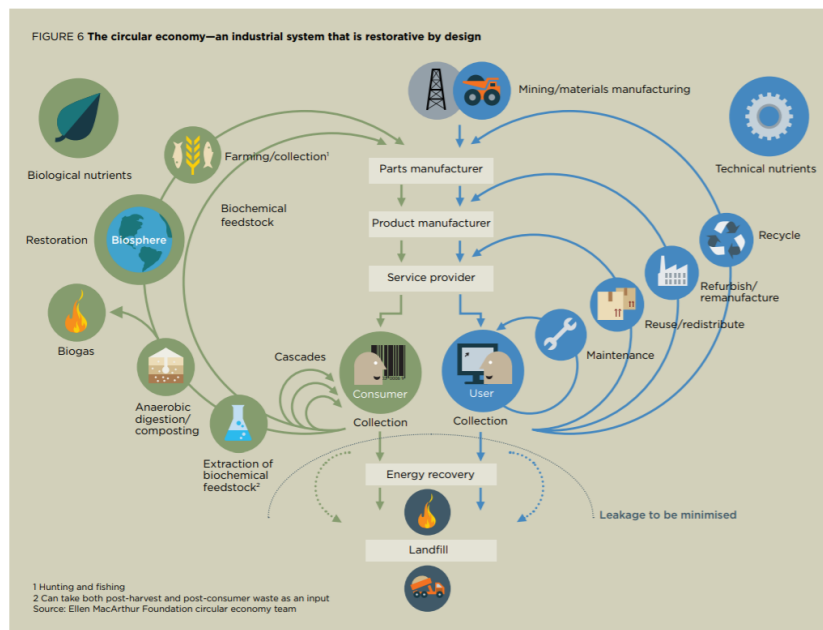


Figura 7: Diagrama de una Economía Circular

Fuente: Ellen MacArthur Foundation 2013.

En el diagrama mostrado se pueden apreciar los dos ciclos fundamentales de la economía circular; en azul el ciclo técnico que incluye a todos los productos/aparatos compuestos por materiales inorgánicos, y en verde el ciclo biológico que involucra todos los tipos de materiales orgánicos, ambos con pequeños círculos los cuales se llaman cascadas.

Respecto al ciclo técnico, es relevante apreciar que la generación de cascadas muestra procesos más complejos que el famoso “reciclaje”, ya que se observan cascadas de mantenimiento, redistribución y remanufacturación antes de reciclar los productos.

Respecto al ciclo biológico se observan cascadas de producción de biogás, restauración de la biósfera, extracción de bioquímicos de productos orgánicos, entre otros.

Es interesante observar que el concepto incluye una activa participación de los usuarios finales en los ciclos, y la incineración de productos cuando ya no se pueden volver a introducir en los ciclos mencionados anteriormente, siendo utilizados en última instancia como fuentes de energía para producir electricidad.

El estudio de Economía Circular tiene como fin para el sistema propuesto tomar prácticas como el Ecodiseño y la Economía Azul para aumentar la recolección, restauración y reciclabilidad de los materiales elegidos para la memoria en Chile.

3.6 Análisis de ciclo de vida de los materiales

Para el caso de los sistemas valorización de residuos es importante identificar los beneficios ambientales que presenta la recolección de estos en ciclos cerrados de reciclaje.

En los sistemas estudiados de depósito reembolso asociados a envases y embalajes los materiales más incluidos a nivel mundial corresponden al aluminio, la hojalata, el vidrio y el

PET. Dado esto es importante investigar los ahorros asociados en términos de huella de carbono [Kg CO₂/ton] y en términos de ahorro de energía [GJ/ton].

Para el caso del vidrio, se presenta un ahorro energético de 30% y una reducción de emisiones de 15% al utilizar material recuperado para producir los envases respecto a la producción de botellas con materia prima virgen.

Para el caso de los metales, el aluminio presenta un 95% y un 92% para los casos de ahorro energético y reducción de emisiones respectivamente. La hojalata presenta reducciones del 99% en ahorro energético y en huella de carbono respectivamente al utilizar material recuperado en vez de materias primas bruta.

Finalmente, para el caso del PET se presentan un ahorro energético del 70% y una reducción de emisiones de carbono de un 93%. (ECOING, 2012).

4. METODOLOGÍA

A continuación, se explica la metodología para la estructuración de la evaluación económica.

En primer lugar, se menciona la recopilación de datos e información relevante para la elaboración del sistema, donde se explican las fuentes de donde se obtuvo la información, los tipos de supuestos a utilizar, los ajustes a considerar, entre otros.

Más tarde, se detallan los componentes principales para la creación de un sistema de depósito reembolso. Se explican los materiales y los tipos de productos involucrados y las variables importantes a considerar del sistema.

También, se detallan los escenarios que considerará la evaluación económica, justificando su elección y mostrando la construcción modular de estos.

Finalmente, se detalla el tipo de análisis a realizar con los escenarios, los indicadores relevantes para medir su rentabilidad y los parámetros sensibles que podrían cambiar de sobremanera el resultado del análisis.

4.1 Recopilación de información y datos

La recopilación de información y datos de utilidad para el estudio proviene de diversas fuentes citadas en el marco teórico. Las principales fuentes y la información utilizada se detallan a continuación:

- 1) Volumen de residuos generados y colectados en la región metropolitana: Se elaboró una línea base de residuos de interés principalmente obtenida de bases de datos del SUBDERE en estudios del 2015 y del 2018, junto a la producción de envases y

embalajes de interés detallada por CENEM en los reportes de 2013 y 2017. A continuación, se muestra una tabla resumen con el volumen anual de residuos sólidos domiciliarios por material de interés en la región metropolitana:

Tipo	Volumen residuos de interés RM (Ton/año)	Tasa de crecimiento anual
Vidrio	167761,50	2,1%
PET	36067,91	3,1%
Aluminio	6786,65	11,0%
Hojalata	13990,56	0,9%
Total	224606,61	

Tabla 2: Volumen consolidado de residuos por material en la región metropolitana.

Fuente: Elaboración propia en base a SUBDERE y CENEM.

También se obtienen la composición de los residuos a través de los estudios de CONAMA 2006 y de Ingeniería Alemana S.A, de los cuales se pueden obtener los porcentajes relativos de los residuos de interés para el sistema en la siguiente tabla:

Composición general de residuos	Orgánicos	56,7%
	Papel	8,8%
	Cartón	3,3%
	Plásticos	11,4%
	Vidrio	3,5%
	Metales	1,1%
	Otros	15,2%
	Total	100,0%
Residuos de interés	Vidrio	3,5%
	PET	1,3%
	Aluminio	0,2%
	Hojalata	0,9%
	Total	5,9%

Tabla 3: Porcentaje equivalentes de la composición de residuos sólidos domiciliarios.

Fuente: Elaboración propia en base a Conama 2006 y Ing Alemana 2011.

- 2) Estructura de costos del sistema: La estructura general de costos es descrita en el estudio de DICTUC 2019, revelando las variables que mayor impacto generan en términos de costos y de ingresos al sistema.

Se plantea un financiamiento mediante el aporte de productores, ingresos por venta de material e ingresos por depósitos no reembolsados, y un costo de inversión y mantención en RVM, espacio de retail utilizado, costo de gestión del administrador y costo de recolección logístico.

- 3) Costos de inversión del sistema: En el estudio de DICTUC se incluían datos concretos sobre el estudio de un DRS en UK, incluyendo el costo de inversión y mantención de una RVM, costo de mano de obra por operar un punto limpio, costo municipio de gestión de residuos, etc. Incluye la homologación de precios ajustados a la realidad de Chile. El Anexo x se puede observar de manera detallada los costos de inversión.

- 4) Costo de la gestión municipal de los residuos: Se obtiene el costo de gestión municipal de las comunas de Recoleta y el de la comuna de Maipú mediante los documentos de Tarifa de Aseo de cada municipalidad. A continuación, se observa el costo anual por persona por municipalidad en gestión de residuos:

	Costo total gestión de residuos	CLP
Costo Municipal	Recoleta	\$1.089.240.484
Costo Municipal	Maipú	\$2.628.000.000

Tabla 4: Costo total por gestión municipal de residuos de comunas Recoleta y Maipú.

Fuente: Elaboración propia en base a M. Pérez e Ilustre Municipalidad de Maipú.

- 5) Precio de venta de las materias primas recolectadas en Chile: Se obtienen el precio por kilogramo (\$/Kg) de los materiales de interés para el sistema del estudio de DICTUC, la memoria de M. Pérez e investigación propia. La información obtenida se puede observar a continuación:

Material	CLP/Kg
Vidrio	\$ 17
PET	\$ 201
Aluminio	\$ 522
Hojalata	\$ 60

Tabla 5: Precio promedio de mercado por la venta de materiales del sistema.

Fuente: Elaboración propia en base a M. Pérez e investigación propia.

- 6) Metas de recolección del sistema: Las metas de recolección anuales por material de interés fueron obtenidas del estudio “Análisis general de impacto económico y social de metas de recolección y valorización para el producto prioritario de “Envases y Embalajes” realizado por el Ministerio de Medioambiente de Chile. A continuación, se presenta una tabla con la información relevante para el estudio:

Año	Metal	Plástico	Vidrio
2022	6%	3%	11%

2023	9%	5%	18%
2024	23%	16%	25%
2025	29%	21%	31%
2026	35%	26%	38%
2027	41%	30%	45%
2028	48%	35%	52%
2029	54%	40%	58%
2030	60%	45%	62%

Tabla 6: Metas anuales de la ley REP desagregadas por tipo de material.

Fuente: Elaboración propia en base a dpto. de economía ambiental MMA.

4.2 Definición de variables relevantes para el sistema

Para la construcción del escenario con sistema de depósito reembolso se deben definir los siguientes elementos característicos del sistema:

- Ubicación geográfica del sistema:

Se define para el sistema la región metropolitana de Chile debido a que se espera generar una evaluación con una maniobrabilidad alta. En general los sistemas de depósito reembolso se implementan, o bien en un país completo, o por estados/regiones.

Se espera ver el comportamiento de la evaluación económica con esta zona geográfica, la que podría homologar para el resto de las regiones.

- Tipo de material:

Los materiales que se decidieron **incluir** en el sistema de depósito reembolso son:

- Vidrio
- Plástico de tipo Tereftalato de polietileno (PET)

- Aluminio
- Acero (Hojalata)
- Los productos según CENEM corresponden a envases primarios de un solo uso, y se incluirían los siguientes:
 - Botellas de plástico de tereftalato de polietileno (PET). Los formatos aceptados incluyen envases entre 300[ml] hasta 3[L] de bebestibles tales como bebidas azucaradas, aguas, entre otros.
 - Latas de aluminio. Los envases aceptados en el sistema corresponden a formatos de entre 200 [ml] y 500[ml], generalmente de productos tales como bebestibles y cervezas.
 - Latas de hojalata. Los formatos aceptados corresponden a alimentos en formatos de latas en conserva con volúmenes entre 120[cc] a 500[cc], los cuales generalmente contienen alimentos como atún, vegetales, frutas, entre otros.
 - Botellas de vidrio. Los formatos aceptados corresponderán a botellas de volumen entre 300[ml] hasta 1[L], generalmente corresponden a envases de botellas alcohólicas como cervezas, vinos, y destilados.
- En particular el aluminio y el plástico PET son los materiales que poseen mejores tasas de recuperación de materiales en los sistemas de depósitos estudiados previamente. El vidrio por su parte también presenta tasas de recuperación altas y mientras que la hojalata corresponde a un material con gran porcentaje de residuos en los RSD y con una alta reciclabilidad.

Los materiales que se decidieron **no incluir** en el sistema son:

- Papel y cartón
- Tetra Brik
- Otros plásticos

En el caso del papel y el cartón no son materiales frecuentemente considerados en sistemas DRS y las tasas de recuperación en Chile tienen niveles porcentajes considerables. En el caso de Tetra Brik, si existen sistemas de DRS que los incluyen, en general presentan problemas de olores en la recolección y las tasas obtenidas no son considerables (respecto por ejemplo al aluminio o al PET). En el caso de otros plásticos, hay sistemas DRS que incluyen el plástico de tipo “poliestireno de baja densidad” (LDPE), pero se descarta debido a la tendencia a la baja de la presencia de este material en el mercado chileno debido a la entrada de la vigencia de la ley “Chao bolsas plásticas”. Esta ley ha generado un impacto directo en el uso y consumo de este material, el cual disminuyó en un 36,4% en la producción de bolsas plásticas en Chile con un objetivo de cero bolsas al 2020. (La Tercera, 2019).

- Monto del depósito:

El monto del depósito que posean los envases y embalajes será variable por tipo de material, pero independiente del tipo de formato. Es decir, los envases del mismo material tendrán el mismo monto del depósito independiente del volumen que contengan, mientras sean productos que estén dentro del sistema.

Para los envases de aluminio, vidrio, PET y hojalata el monto propuesto por recipiente es de 100[CLP/Envase], 10[CLP/Envase], 50[CLP/Envase] y

25[CLP/Envase] respectivamente. Esto debido a que materiales como el aluminio poseen un precio de mercado mayor al venderse y los precios están en niveles similares a los sistemas estudiados en USA y Finlandia (5-10 centavos de dólar y 0,1-0,4 EUR respectivamente) y materiales como el vidrio tienen un precio de mercado muy inferior.

Material	Monto depósito (CLP/Envase)
Vidrio	\$ 10
Hojalata	\$ 25
PET	\$ 50
Aluminio	\$ 100

Tabla 7: Montos de los depósitos considerados en el sistema propuesto.

Fuente: Elaboración propia

- **Financiamiento:**

En la situación base del sistema, el costo de la gestión de los residuos es asumida por los municipios, los cuales se financian mediante fondos comunes de municipalidades, ingresos propios y fondos regionales.

Para el caso de la situación con sistema se plantea un financiamiento mediante el aporte de productores, ingresos por venta de material e ingresos por depósitos no reembolsados.

El consumidor final paga un depósito cada vez que compra un producto con un envase y/o embalaje asociado al sistema, los cuales le son devueltos una

vez que retorna a las RVM. Este monto de depósito el consumidor puede utilizarlo en compras de supermercado a libre disposición.

- Administrador del sistema

Se plantea para el escenario una institución sin fines de lucro “PALPA CHILE”, la cual tiene por objetivo la gestión y operación del sistema. El dinero de los depósitos será administrado por esta institución, con el fin de que los montos de depósitos no reembolsados sean usados para financiar parte de los costos del sistema, y no usados como ganancias por los retailers o los productores de bebidas.

- Sistema de retorno

El sistema de retorno a utilizar será retorno automático a través de máquinas expendedoras inversas (RVM). Estas máquinas pueden operar 24 horas del día, los 7 días de la semana y sólo requieren de una fuente de electricidad y sus mantenciones por cantidad de envases compactados.

- Tasa de recuperación

El sistema de depósito reembolso apuntará a las metas establecidas en la ley REP subsector de envases y embalajes, donde se poseen metas anuales por tipo de material, y se esperan tasas de recuperación de 60% para el metal, 45% para el plástico y 62% para el vidrio al año 2030.

Se espera que crecimiento de las tasas de recuperación crezcan de manera gradual anualmente.

- Densidad de los puntos de retorno:

La densidad de puntos de retorno será de 12116 [personas/km²] para la región metropolitana. Este parámetro fue obtenido obteniendo la relación entre recuperación de las tasas de retorno respecto a la densidad de los puntos de retorno por km². Dado que cada comuna posee distinta densidad poblacional, se espera que algunas comunas posean mayor cantidad de RVM.

4.3 Generación de escenarios

4.3.1 Situación base

La situación base se considera la situación actual sin la implementación de un sistema de depósito reembolso. Los costos involucrados actuales corresponden a los costos de gestión municipal de residuos en la región metropolitana; dado que los residuos municipales incluyen todos los tipos de residuos sólidos domiciliarios (residuos orgánicos, papel, cartón, todos tipos de plásticos, metales, entre otros) es necesario ajustar el costo por gestión al equivalente del monto anual de residuos sólidos municipales de interés.

Primero, se recolectaron los datos correspondientes a residuos sólidos domiciliarios de la región metropolitana. Esto debieron ajustarse debido a que el catastro realizado por la SUBDERE databa del año 2015. Para esto fue necesario ajustar el catastro con nueva información del SUBDERE del año 2018, obteniendo una estimación más cercana de la magnitud de los residuos actuales, pero aun así conservando la granularidad del catastro obtenido anteriormente.

Dado que se buscaban el monto equivalente a los residuos de interés para la cuantificación económica, se cruzó con los estudios de caracterización de la PUCV 2006 y de Ing Alemana 2011, obteniendo así el monto anual de residuos de interés por comuna.

Luego, se obtuvo información del costo municipal de la gestión y disposición de los residuos en dos comunas; Recoleta y Maipú, con la cual se obtuvo un proxy equivalente al costo anual equivalente a gestión y disposición de residuos por habitante de la RM. Al cruzar la información de población por comuna y residuos de interés producidos por comuna con el costo por habitante anual, es posible obtener el costo anual de disposición de residuos en la región metropolitana.

También se espera una tasa de crecimiento anual para cada residuo de interés los cuales se observan en la información recogida de SUBDERE, por lo que se incorporan a la evaluación económica de la situación base como residuos de interés generados anualmente.

Finalmente se consideran la proporción actual de residuos reciclados según C y V Medioambiente, las cuales se consideran que se venden al precio de venta obtenido en la Tabla 5.

4.3.2 Escenario con implementación del sistema

La situación con la implementación del sistema de depósito reembolso involucra una estructura de costos distinta a la situación base. Primero, el sistema posee múltiples fuentes de ingresos para su funcionamiento y costos de mantenimiento e inversión.

Para los ingresos se distinguen el ingreso por venta del material recolectado, el ingreso por depósitos no reembolsados, el ingreso por “handling fee” de productores y el ingreso por ahorro de gestión municipal.

Para los costos se observa la inversión en reverse vending machines (RVM) y administrador del sistema, y mantención y operación de las RVM, costo mensual de

administración, costo de transporte de material recolectado y el costo de arriendo del espacio en retail.

Para esto primero se utiliza la información sobre toneladas producidas anualmente de RSD en la región metropolitana obtenida en el escenario base. Se considera que, de esta cantidad un porcentaje se recolecta mediante las RVM, el cual es vendido y considerado como ingreso al sistema por venta de material. También existe presente un porcentaje que debe ser considerado como depósitos no reembolsados, los cuales constituyen ingresos para el sistema.

El sistema también considera un ingreso llamado “handling fee”, el cual corresponde al aporte realizados por los productores de los envases y embalajes. Este monto permite cubrir los costos totales que los flujos de ingresos del sistema no puedan satisfacer.

Para el caso de los costos, se considera una inversión inicial en el año 0 de cantidad total de RVM considerando la instalación, la inversión inicial del administrador del sistema y la inversión para la modificación de los envases y embalajes que participarán en el sistema.

Mientras que se presentan otros costos anuales los cuales corresponden a operación y mantención de RVM, operación del administrador del sistema, costo por arriendo del espacio en retail para las máquinas y el costo de transporte del material.

La inversión y operación en máquinas RVM y administrador del sistema se obtiene de la homologación de precios en comparación a un sistema en UK realizada por DICTUC, complementando algunos de los supuestos mediante investigación propia. Mientras que la densidad de máquinas, costo de arriendo en retail y costo de transporte deben ser analizados en profundidad por separado debido a que corresponden a variables claves que influyen de manera importante en el costo total del proyecto.

4.4 Estudio económico

La evaluación económica permite cuantificar el costo total de un proyecto mediante un flujo efectivo de caja entre la suma de todos los ingresos al sistema menos los egresos del sistema. La metodología de evaluación económica a utilizar corresponde a un análisis incremental, donde primero se calcula el costo total del escenario base, luego se calcula el costo del escenario con el sistema implementado y se compara en términos cuantitativos las diferencias absolutas entre los costos de cada escenario. Para cada escenario se realizará un horizonte de planificación de 15 años, flujos de caja correspondiente y se obtendrán algunos indicadores de ingeniería económica (como VAN, Relación costo-beneficio (B/C) y payback si aplica).

Se generan también análisis de sensibilidad que consideran la variación de supuestos o parámetros que son relevantes en el análisis del sistema, los cuales pueden influir de manera considerable en el costo total del proyecto con pequeñas variaciones numéricas.

Los parámetros que se considerarán corresponden a la densidad poblacional por puntos de retorno, el costo por el arriendo del espacio en retail donde se encuentran las máquinas, el costo del combustible en el transporte de material, el monto de los depósitos y finalmente la tasa de recuperación de los materiales.

4.5 Antecedentes y supuestos para cálculos del flujo de caja

En este apartado se detallan algunos de los cálculos y supuestos utilizados en la memoria para obtener los indicadores a analizar en la sección 5 de “Análisis y Resultados”.

Producción anual de materiales de interés: Se considera la cantidad de material desechado por cada una de las comunas, multiplicado por un factor ajustado de crecimiento de acuerdo con las proyecciones de CENEM mostrado en la tabla 2, sección 4.1 de recopilación de información y datos.

- Ingreso anual de material de interés(i): Se consideran el precio de venta y la tasa de recolección para obtener el valor anual de los ingresos generados por la venta del material (i) según:

$$Ingreso_i = Producción\ material_i \left[\frac{Ton}{Año} \right] * Precio\ venta\ material_i \left[\frac{\$}{Ton} \right] \\ * Tasa\ de\ recolección_i$$

- Costo anual sistema: El costo global del sistema se puede desglosar principalmente como la suma de los costos variables mostrados a continuación:
 - Costo logístico de recolección por material: Para cuantificar el costo logístico se consigue el parámetro de costo de transporte del material por tonelada-viaje, y se multiplica por la cantidad de material y viajes realizados en un año según se observa a continuación:

Costo logístico_i

$$= Producción\ material_i \left[\frac{Kg}{Año} \right] * Costo\ transporte_i \left[\frac{\$}{Ton - viaje} \right] \\ * Cantidad\ de\ viajes\ al\ año_i * Tasa\ de\ recolección_i$$

- Costo total de máquinas: El costo de máquinas expendedoras inversas se divide entre la inversión inicial de las máquinas y sus costos variables anuales.

1) *Inversión máquinas* = *N de máquinas* * *costo unitario máquina*

2) *Costo anual máquinas*

$$= N \text{ de máquinas} * (\text{arriendo m}^2 \text{ máquina} \\ + \text{reinversión compactador anualizado})$$

- Costo anual depósitos: El costo de los depósitos se muestra en la tabla 4 sección 4.1 de recopilación de información y datos, y el costo anual se obtiene según se detalla a continuación:

Costo depósitos_i

$$= \text{Producción material}_i \left[\frac{\text{Ton}}{\text{Año}} \right] * \text{Costo depósito}_i \left[\frac{\$}{\text{Ton}} \right] \\ * \text{Tasa de recolección}_i$$

- Costo anual del administrador: Finalmente el costo del administrador corresponde a un costo fijo reajustado por UF y homologado en comparación a un sistema en UK realizada por DICTUC.
- VAN del escenario: Consiste en la sumatoria de flujos de caja esperados desde el año cero hasta el año 15 del escenario propuesto. Cada escenario tiene su propio VAN junto a los análisis de sensibilidad generados.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se observan los resultados obtenidos una vez realizados los flujos de caja de los escenarios propuestos en la metodología, los indicadores relevantes para cada escenario y un análisis de sensibilidad de los parámetros que se consideraban relevantes en el costo del sistema.

5.1 Análisis escenario base

El flujo de caja del escenario base se puede observar en el anexo 1, mientras que a continuación se desprenden los siguientes resultados:

Indicador económico	Monto en UF
VAN escenario base	\$ -25.036.096
VAN ingresos cero	\$ -26.540.837
Relación B/C	0,04
Payback	No se alcanza

Tabla 8: Indicadores económicos relevantes desprendidos del análisis del escenario base.

Fuente: Elaboración propia

Costos del sistema (UF)	Año 0 proyecto	Año 15 proyecto
Ingresos	\$ 39.211	\$ 115.230
Costos	\$1.528.351	\$1.756.800

Tabla 9: Comparativa de evolución de ingresos y costos del escenario base desde el año cero hasta el año 15.

Fuente: Elaboración propia

Costo por provincia de la Región Metropolitana	% Relativo
Chacabuco	3,19%
Cordillera	11,16%
Maipo	7,47%
Melipilla	2,35%
Santiago	72,05%
Talagante	3,78%
Total, RM	100,00%

Tabla 10: Porcentaje relativo del costo del escenario base por provincia de la región metropolitana.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 8, la VAN del escenario base corresponde a \$-25.036.096 UF. Este flujo de efectivo considera los ingresos y costos del sistema mencionados en la sección 4.1.1 detallando la venta de materiales de interés con las tasas de recuperación actuales y los costos de gestión de residuos en la RM.

El escenario es altamente negativo debido a la magnitud de los costos de gestión actual por parte de los municipios en las provincias de la región metropolitana. Como se observa en la tabla 10, la mayoría de los costos viene principalmente de las provincias de Santiago y de Cordillera asociada a la mayor densidad poblacional. Los ingresos por venta de materiales representan sólo el 2% de los costos actuales de gestión de residuos.

En el caso de considerar sólo los costos en un escenario sin ingresos, habría un costo oportunidad de \$1.078.825 UF por la venta de materiales de los residuos de interés, equivalente a 392.033 toneladas no recuperadas de aluminio, 17.674 toneladas de PET, 49.747 toneladas de vidrio y 25.449 toneladas no recuperadas de hojalata.

5.2 Análisis escenario con sistema de depósito reembolso

Por otra parte, se obtuvo el flujo de caja del escenario con el sistema de depósito reembolso implementado, el cual se adjunta en el anexo 2. Los resultados del escenario modelado se presentan a continuación:

Indicador económico	Monto en UF
VAN escenario con sistema SDR	\$ -37.741.070
Inversión inicial	\$ -391.016
Relación B/C	0,23
Payback	No se alcanza

Tabla 11: Indicadores económicos relevantes desprendidos del análisis del escenario con un sistema de depósito reembolso implementado.

Fuente: Elaboración propia

En el caso del escenario con el sistema implementado el VAN obtenido corresponde a \$-37.741.070 UF. El sistema detalla una inversión inicial de \$391.000 UF, una relación costo-beneficio con valor $B/C = 0,23$ para el escenario y un payback menor a cero.

La VAN resulta un **50,75% más elevada en costo respecto al escenario base** sin sistema de depósito reembolso. Esto se explica por diversos motivos; en primer lugar, existe una inversión inicial de \$391.016 UF en el año cero (2022) equivalentes al costo de la compra de 613 máquinas dispensadoras inversas junto a un costo de modificación de maquinarias de etiquetado en las 44 embotelladoras de los productores. Este costo, aunque se recupera en un horizonte de 2 años en el modelo, los costos recurrentes de mantención de las máquinas y de arriendo del espacio en las cuales están ubicadas (retailers en la región metropolitana) generan que el valor presente de los flujos sea negativo. Otro factor importante que afecta al

valor actual neto del sistema radica en el costo total de los depósitos (valor de los envases) inyectado al sistema. Este monto es altísimo representando el 94,80% de los costos recurrentes anuales, muy por encima de los otros costos señalados. Este costo recae en los productores, los cuales traspasan este costo o al consumidor final o bien se busca que el estado inyecte este flujo de efectivo de los depósitos como subsidios. De todas formas, se considera un costo importante a tomar en cuenta en un escenario donde se implementa el sistema.

En la tabla siguiente se desprenden componentes relevantes del escenario:

Provincia	Cantidad de máquinas	Promedio residuos per cápita (Kg/hab-día)	Cantidad de viajes real	Distancia promedio al punto de venta del material(comunas)	Comunas por provincia	Camiones
Santiago	476	1,26	17543	10	32	19
Cordillera	47	1,17	1171	15	3	2
Maipo	44	1,09	1494	15	4	2
Talagante	20	0,99	604	15	5	2
Melipilla	14	1,17	462	15	5	3
Chacabuco	12	0,77	293	15	3	1
Total	613		21566		52	29

Tabla 12: Datos relevantes para cálculos del escenario con sistema de depósito reembolso.

Fuente: Elaboración propia

Se consideró una densidad poblacional por máquina dispensadora inversa de 12100 personas. Este parámetro es elegido para conseguir un target de aproximadamente 79% de tasa de

recolección del sistema, desagregadas en las 613 máquinas puestas en la región metropolitana, mostradas en la tabla 12.

En los costos logísticos se cuantifica la cantidad de viajes real por provincia y la distancia promedio entre la comuna y el punto de venta del material. Aquí también observó que el coste del transporte varía dependiendo del material, donde “cuesta más” transportar materiales pesados como el vidrio por la densidad volumétrica de este, pero se obtiene una recuperación económica menor respecto a materiales como el aluminio con menor densidad volumétrica. La cantidad de camiones necesaria para generar la logística corresponde a 29 en la región y la cantidad de viajes anuales para el primer año corresponden a 21566 como se observa en la tabla 12.

Los principales costos anuales recurrentes y su porcentaje relativo se detallan en la tabla a continuación:

Detalle costos anuales recurrentes del sistema	% Relativo
Costo mantención y arriendo para ubicación de máquinas	2,05%
Costo administrador del sistema	0,82%
Costo transporte de materiales	2,33%
Costo depósitos en el sistema	94,80%
Costos Totales	100,00%

Tabla 13: Porcentaje relativo de los costos recurrentes anuales del escenario con sistema de depósito reembolso.

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de los ingresos recurrentes anuales se observan cuatro principales grupos: ingresos por venta de materiales, ingresos por depósitos no reembolsados (DNR), ahorro

por no disposición en vertederos y aporte de productores mediante una cuota administrativa. El porcentaje relativo de estos se puede observar en la siguiente tabla:

Detalle ingresos anuales recurrentes del sistema	% Relativo
Ingresos por venta de materiales	36,30%
Ingresos por depósitos no reembolsados (DNR)	26,72%
Ahorro por no disposición en vertederos	4,96%
Cuota administrativa del sistema (aporte de productores)	32,02%
Ingresos Totales	100,00%

Tabla 14: Porcentaje relativo de los costos recurrentes anuales del escenario con sistema de depósito reembolso.

Fuente: Elaboración propia

Los ingresos por venta de material corresponden a la venta de los materiales considerados en el sistema (aluminio, PET, vidrio y hojalata) bajo la tasa variable de recolección de cada material año a año. Se asume un precio de venta detallado en la tabla 5, lo que lo cuantifica en un 36,30% de peso sobre los ingresos totales. Los depósitos no reembolsables son mencionados en la metodología del estudio y representan un 10% de los depósitos inyectados al sistema. Además, los municipios de la región metropolitana perciben el beneficio indirecto de “ahorro de no disposición en vertedero” debido a la circulación de materiales en el sistema y el no ingreso a la recolección municipal de basura, también siendo considerado como un ingreso para el sistema con un peso de 4,18%. Finalmente se muestra una tabla comparativa de la evolución de ingresos y costos del escenario con el sistema implementado:

Costos del sistema (UF)	Año 1 proyecto	Año 15 proyecto
Ingresos	\$ 232.222	\$ 1.311.959
Costos	\$1.864.628	\$5.270.900

Tabla 15: Comparativa de evolución de ingresos y costos del escenario con sistema de depósito reembolso desde el año cero hasta el año quince.

Fuente: Elaboración propia

Se observa también un crecimiento de 465% en los ingresos del sistema desde el año cero al año 15, mientras que los costos también crecen a una tasa menor de 182% al año 15.

5.3 Análisis de sensibilidad

5.3.1 Densidad poblacional en los puntos de retorno

Se realiza un análisis de sensibilidad con la variable de densidad poblacional de los puntos de retorno para cuantificar el impacto que tendría una variación importante en los costos del sistema. En específico para la modelación del escenario con sistema se consideró una densidad 12110 personas/máquina y una cantidad de 613 máquinas instalada en toda la región metropolitana. Luego, el parámetro se mueve a 1000 personas por máquina como valor mínimo (cota inferior) y a 50000 personas por máquina para el valor superior.

Los resultados de la sensibilización se muestran a continuación

Densidad poblacional por máquina expendedora inversa (personas/maq)	VAN (UF)	Variación porcentual costo total (%)	Relación B/C
12.110 personas por máquina (escenario con sistema)	\$ -37.741.070	0%	0,23

Aumento a 40.000 personas por máquina (Cota superior)	\$ -36.839.021	-1,33%	0,24
Disminución a 1.000 personas por máquina (Cota inferior)	\$ -53.293.477	+22,95%	0,19

Tabla 16: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable de densidad de personas por máquina expendedora inversa.

Fuente: Elaboración propia

Caso 1 / 40000 personas

Se observa una VAN de \$ -36.839.021 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en -1,33%, afectando de manera negativa a la tasa de recuperación de los materiales y a los ingresos del sistema por venta de material. Bajo este escenario la densidad de máquinas disminuye a RVM = 215 para toda la región. Hay una menor inversión inicial de compra de máquinas de manera inicial y también menores costos de arriendo de espacios para máquinas, y menor cantidad de puntos. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,24$ para el escenario, siendo mayor la relación a medida que disminuye la cantidad de personas por máquina. También afecta de manera positiva al costo logístico de transporte de materiales ya que al haber menos “recolección” de materiales, esto se transforma en una menor cantidad de viajes de los camiones al haber menor cantidad.

Caso 2 / 1000 personas

Se observa una VAN de \$ -53.293.477 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en +22,95%, impactando de manera positiva a la tasa de recuperación de los materiales y aumentando los ingresos del sistema por venta de material. Bajo este escenario la densidad de máquinas aumenta de manera considerable a RVM = 7475, por ende,

aumentando de manera considerable la inversión inicial de compra de máquinas, el costo de arriendo del espacio de las máquinas y los costos anuales de mantención de estas. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,19$ para el escenario, bajando 5 puntos porcentuales al incrementar de manera agresiva la cantidad de máquinas. También se genera un aumento del costo logístico de transporte de materiales; al haber mayor cantidad de puntos de recolección, aumenta la cantidad de viajes y distancia a recorrer por los camiones.

Del estudio teórico de sistema de depósito reembolso se observaba una relación inversa entre la tasa de recuperación de los materiales y de la cantidad de personas por máquina dispensadora inversa, por lo que los dos escenarios son consecuentes con la correlación teórica estudiada.

5.3.2 Costo arriendo de m2 del espacio utilizado por las máquinas

El segundo análisis de sensibilidad considerado en la metodología considera la variable del costo del arriendo utilizado por las máquinas dispensadoras inversas. En el estudio se considera un costo promedio de 8,5 UF por m2-anual en un supermercado cualquiera de la región metropolitana (DICTUC, 2019).

El parámetro es sensibilizado a 5 UF como valor mínimo a 15 UF como valor máximo para observar el impacto que tiene en el valor del VAN. Los resultados se muestran a continuación:

Precio de arriendo en retail para uso de máquinas (UF)	VAN (UF)	Variación porcentual %	Relación B/C
Precio de 8,52 UF (escenario con sistema)	\$ -37.741.070	0%	0,23
Aumento a 15 UF (Cota superior)	-\$38.134.321	+0,81%	0,23

Disminución a 5 UF (Cota inferior)	-\$37.527.451	-0,44%	0,24
------------------------------------	---------------	--------	------

Tabla 17: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable del precio de arriendo de los espacios usados por las máquinas expendedoras inversas.

Fuente: Elaboración propia

Se observa una VAN de \$ -38.134.321 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en +0,81% para el escenario con un valor de arriendo a 15 UF. Se ve afectada de manera negativo el costo total del sistema debido al aumento del costo anual de arriendo en retail. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,23$ para el escenario, manteniéndose respecto al escenario normal con sistema.

Para el caso del escenario con un valor de arriendo de 5 UF se observa una VAN de \$ -37.527.451 UF, una variación porcentual de costo total del sistema en -0,44% y una relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,24$. La relación aumenta a medida que el costo por arriendo es menor, por lo que conseguir mejores precios mejorará este indicador y el VAN obtenido.

5.3.3 Costo del combustible de transporte

También se decide tomar en consideración el costo del combustible como variable de sensibilidad para el sistema. Se considera un aumento de 10% anual sobre la deflación de la UF como un crecimiento alto ante efecto adversos de la economía. Durante el año 2022 se han visto incrementos considerables en el precio del combustible a veces explicados por factores externos como aumentos considerables de inflación o efectos importantes en la

oferta y demanda que podrían ser causados por el difícil acceso al bien (caso de la guerra entre Rusia y Ucrania).

Los resultados se observan a continuación:

Precio de combustible para transporte de materiales (pesos)	VAN (UF)	Variación porcentual (%)	Relación B/C
Precio de \$1100 pesos deflactada a UF (escenario con sistema)	\$ -37.741.070	0%	0,23
Aumento de 10% anual ante efectos adversos de oferta y demanda deflactados a UF	-\$39.624.709	3,86%	0,23

Tabla 18: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable de precio de combustible para el transporte de materiales.

Fuente: Elaboración propia

Se observa un VAN de \$ -39.624.709 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en +3,86% para el escenario con el incremento anual del combustible. Se ve afectado de manera negativo el costo total del sistema por el aumento en el valor del transporte por km recorrido para todos los materiales. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,23$ para el escenario, manteniéndose respecto al escenario normal con sistema.

5.3.4 Tasas de recuperación de materiales

Se toma en consideración para el análisis de sensibilidad la variable tasa de recuperación de los materiales. La tasa de recolección de materiales en el horizonte de planeación del escenario con sistema se observa en la tabla 4, elaborada en base a MMA. Esta se mantiene constante desde el año 2030 en adelante en el escenario base, pero se decide sensibilizar los

parámetros de colección de forma creciente hasta alcanzar un objetivo de 80% de recuperación por material en el año 15 del escenario.

La variación en las tasas de recuperación de los materiales se muestra a continuación:

Año	Vidrio	Plástico	Metal
2029	58%	40%	54%
2030	62%	45%	60%
2031	66%	49%	64%
2032	70%	53%	68%
2033	74%	57%	72%
2034	78%	61%	76%
2035	80%	65%	80%
2036	80%	69%	80%
2037	80%	73%	80%

Tabla 19: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable de tasa de recuperación de materiales.

Fuente: Elaboración propia

Detalle de tasas de recuperación (%)	VAN (UF)	Variación porcentual ingresos del sistema %	Relación B/C
Tasas de recuperación propuestas por MMA en tabla x (escenario base)	\$ -37.741.070	0%	0,23
Tasas de recuperación con ajuste target 80% por material en tabla 19.	\$-36.622.752	11,28%	0,26

Tabla 20: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable de tasa de recuperación de materiales.

Fuente: Elaboración propia

Se observa un VAN de \$ -36.622.752 UF y una variación porcentual de aumento de ingresos del sistema en +11,25% para el escenario con incremento de tasas de recuperación. Se observa incremento en los ingresos por venta de material debido a la mayor recolección de los materiales de interés. También aumenta el costo logístico por el mayor volumen de recuperación de materiales, pero en menor medida, con una variación porcentual de +0,35%. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,26$, aumentando considerable respecto al escenario con sistema ya que impacta de manera relevante los ingresos anuales.

Se observa que la variación del parámetro es considerable para el sistema.

5.3.5 Monto de los depósitos

El último parámetro considerado a sensibilizar para el análisis corresponde al monto valorizado en los depósitos de los materiales en el sistema. Este monto impacta de manera importante en los costos, y aumenta los flujos de recolección de manera directa debido a que aumenta el incentivo económico a recolectar. Los valores del escenario con sistema y los indicadores económicos del escenario sensibilizado se muestran a continuación:

Material	Monto depósito (CLP/Envase)
Vidrio	\$ 10
Hojalata	\$ 25
PET	\$ 50
Aluminio	\$ 100

Tabla 7: Montos de los depósitos considerados en el sistema propuesto.

Fuente: Elaboración propia

Monto de los depósitos en el sistema (pesos)	VAN (UF)	Variación porcentual de costo total (%)	Relación B/C
Monto depósitos en tabla x (escenario base)	\$ -37.741.070	0%	0,23
Variación de - \$25 pesos en depósitos de aluminio	-\$31.077.428	-15,18%	0,26
Variación de - \$13 pesos en depósitos de PET	-\$34.104.613	-8,28%	0,25
Variación de - \$ 5 pesos en depósitos de vidrio	-\$37.371.661	-0,84%	0,24
Variación de - \$ 10 pesos en depósitos de hojalata	-\$37.641.839	-0,23%	0,23

Tabla 21: Variación de indicadores económicos en el escenario con sistema al sensibilizar la variable de monto del depósito de los distintos materiales involucrados.

Fuente: Elaboración propia

Depósitos de aluminio / Variación de \$-25 pesos

Se observa una VAN de \$ -31.077.428 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en -15,18%, impactando de manera considerable a los costos anuales recurrentes de inyección de depósitos al sistema. Hay un menor flujo de efectivo circulante en depósitos, pero el sistema lo considera positivo ya que el costo es traspasado a los consumidores finales. En el caso del aluminio la VAN baja en +6 millones de UF, ya que el sistema considera los envases inyectados al sistema con un crecimiento de 11% anual. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,26$ para el escenario siendo más alta debido a la disminución del costo anual recurrente de depósitos.

Depósitos de PET / Variación de \$-13 pesos

Se observa una VAN de \$ -34.104.613 UF y una variación porcentual de costo total del sistema en -8,28%, impactando de manera considerable a los costos anuales recurrentes de inyección de depósitos al sistema. En el caso del PET la VAN baja en +3 millones de UF, menor al escenario del aluminio, pero aun así un ahorro importante de costos anual en

depósitos. La relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,25$ para el escenario siendo más alta que el escenario con sistema, pero menor que a la sensibilización del aluminio.

Depósitos de vidrio / Variación de \$-5 pesos

Se observa una VAN de \$ -37.371.661 UF, una variación porcentual de costo total del sistema en -0,84% y la relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,24$. Se observa que la sensibilización en este material tiene un impacto relativamente más bajo en el escenario con sistema por lo que se considera menos relevante para análisis.

Depósitos de hojalata / Variación de \$-10 pesos

Se observa una VAN de \$ -37.641.839 UF, una variación porcentual de costo total del sistema en -0,23% y la relación de costo-beneficio tiene un valor de $B/C = 0,23$. La sensibilización en este material tiene un impacto casi nulo o llegando a los mismos valores que en el escenario con sistema por lo que se considera poco relevante para mayores análisis.

6. CONCLUSIONES

Los sistemas de depósito reembolso se presentan como una propuesta interesante para aumentar las tasas de reciclabilidad de materiales utilizados en envases y embalajes. Generar sistemas que involucren incentivos económicos en la población para acelerar la recolección de materiales han sido iniciativa exitosa por parte de los sistemas y permite visibilizar la efectividad de estos en las últimas décadas en diversos países.

Finalizados los análisis y la investigación llevada a cabo se pueden extraer conclusiones relevantes. En primera instancia nos referimos al sistema de depósito reembolso propio diseñado en el estudio y su validez.

El sistema propuesto consideró variables relevantes para la implementación de un sistema de esta índole, así como un administrador del sistema, materiales usados en sistemas similares en el extranjero, máquinas expendedoras inversas para automatización de la recolección, montos variables del depósito, modelación de costos logísticos, entre otros. Esto permite darle validez al sistema propuesto bajo los supuestos mencionados y considerados para una futura implementación de un sistema parecido en el país. El estudio se concentró en la implementación física de la región metropolitana ya que permite aproximar un buen funcionamiento controlado en un área de menor extensión y de gran flujo de materiales. Por ejemplo, el área respecto al área total del país representa cerca de un 2% de extensión, pero por el volumen de población existente representa un 41,8% de la generación de residuos a nivel nacional. Extrapolar el comportamiento a otras regiones supone un desafío ya que las distancias logísticas en regiones del norte y el sur son mayores y la cantidad de poblados menores, y más compleja la recolección de residuos.

El sistema consideró como materiales de circulación el PET, el vidrio y en metales el aluminio y la hojalata. La justificación de la elección de estos tipos de productos radica en la experiencia observada a nivel internacional en los casos de sistemas de depósito en EEUU y Finlandia donde se observa que los materiales seleccionados tienen una tasa de recuperación alta en comparación a los otros materiales como el HDPE o tetra brik.

Por otro lado, se pudo observar los costos de los escenarios propuestos en el estudio. El VAN del escenario base fue de \$-25.036.096 UF y representa actualmente el costo de la sociedad para la gestión de estos residuos por parte de los municipios en la región metropolitana. Luego se presentó el costo global del sistema implementado acorde a las metas de recolección de la ley REP y la implementación de las máquinas y su logística en toda la región. El VAN fue de \$-37.741.070 UF, costo considerablemente mayor debido a la magnitud de inversión inicial de los costos del sistema, costos asociados a los flujos de efectivo en los depósitos circulantes, costos logísticos del sistema, costos de administración anuales, entre otros.

También se logró sensibilizar los parámetros de densidad poblacional por máquina expendedora inversa, valor de arriendo de m² en los lugares de operación de las máquinas, monto de los depósitos, precio de venta de los materiales del sistema, entre otros. El estudio pudo visibilizar como parámetros como el monto de los depósitos son muy relevantes para el costo global del sistema, pues afectan el costo de los consumidores al poner el producto en el mercado y deben ser inyectados de manera global. También variables como el costo del combustible o el costo de arriendo de m² para el sistema pueden impactar el costo de manera importantes y pueden ser generados por factores externos, lo que es importante para realizar y sobredimensionar en caso de una futura implementación.

Se generan además algunas recomendaciones para la generación de estudios más profundos y mejorar la estimación de los cálculos realizados.

Indagar o generar estudio para optimizar rutas logísticas generaría una disminución considerable en los costos de transporte, debido a que se podría ordenar la recolección de materiales de distintas máquinas dispensadoras inversas en el mismo viaje de recolección, disminuyendo la cantidad de viajes y, por lo tanto, el costo logístico global.

Otro elemento que podría ser considerado para mejorar la exactitud del sistema corresponde a la inclusión de centros de acopio o lugares de acumulación de materiales. El estudio de DICTUC son considerados centros de acopio con recolección manual, tanto para la recepción, compactación y acumulación de materiales. Considerar estos puntos aumenta la complejidad del sistema logístico debido a la amplitud de 2 nodos.

Se sugiere poner mucho foco en las rutas logísticas de los materiales que generan mayor cantidad de ingresos, como lo es el aluminio. Si comparamos, por ejemplo, al vidrio con el aluminio este último tiene una menor densidad volumétrica, lo que se traduce en menor peso para los camiones y un precio de venta de casi 30 veces el del vidrio. Por lo que el sistema debería estar más enfocado en este material o bien, habría que hacer mayores esfuerzos para eficientizar la colección de este.

También podrían considerarse otros materiales para ingresar al sistema, como la inclusión de otros tipos de plásticos como HDPE, Tetra brik, papel y cartón. Estos materiales han sido utilizados en otros países, pero con tasas de recolección significativamente bajas, por lo que sólo deberían usarse si la legislación desea aumentar las tasas de recuperación en este tipo de materiales.

Otro factor para mejorar la precisión del escenario con sistema corresponde al precio del valor por m² de arriendo. Para el presente estudio se consideró el valor de x tomado como una estimación cercana al valor utilizado por DICTUC, pero los supuestos vienen como una aproximación a los valores existentes reales en los precios de retailers chilenos en la región metropolitana de Santiago. Mejorar el estudio en este ámbito ayudará a mejorar el costo anual de máquinas expendedoras inversas del sistema y aumentará la precisión de este costo.

Finalmente, bajo los análisis y las conclusiones mencionadas en el estudio se sugiere la implementación de un sistema de depósito reembolso. Se observa que tiene costos económicos importantes respecto a la situación base, concretamente un 50,75% mayor. Sin embargo, posee beneficios sociales y ambientales importantes difíciles de cuantificar o valorizar como la disminución de envases que terminan en los océanos, la educación generada mediante la visualización concreta del funcionamiento del sistema, la promoción del ecodiseño y del reciclaje de alta calidad, que son percibidos por la sociedad en el largo plazo e impulsan una transición hacia una economía circular y bienestar de la sociedad chilena.

7. REFERENCIAS

- Bohm, Peter. (1981). Deposit-Refund Systems: Theory and Applications to Environmental, Conservation, and Consumer Policy. Washington, DC: Resources for the Future.
- C y V Medioambiente. (2015). Diagnóstico Sectorial Sector Envases y Embalajes. Santiago
- CONAMA. (2006). Estudio caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la región metropolitana. Valparaíso.
- CONAMA. (2010). Primer reporte del manejo de Residuos Sólidos en Chile. Santiago: Comisión Nacional del Medio Ambiente.
- CM Consulting & Reloop. (2016). Deposit Systems for One Way Beverage Containers: Global Overview.
- Dpto. de Economía Ambiental (2019). Análisis general de impacto económico y social de metas de recolección y valorización para el producto prioritario de “Envases y Embalajes” contenido en la Ley 20.920. Gobierno de Chile, Ministerio de Medio Ambiente.
- ECOING. (2011). Evaluación de impactos económicos, ambientales y sociales para la implementación de la REP en Chile: Sector Envases y Embalajes. Informe Final. Gobierno de Chile, Ministerio de Medio Ambiente.
- Ingeniería Alemana (2012). Estudio de factibilidad técnico ambiental, social y económica para la implementación del plan de acción “Santiago Recicla”
- IEEP (2016). Deposit Refund System (and Packaging Tax) in Finland

- DICTUC (2019). Análisis y modelación de un sistema de depósito reembolso como instrumento económico para la gestión del producto prioritario “Envases y Embalajes” de la Ley 20.920.
- MacArthur, E. (2013). Towards the Circular Economy. *J. Ind. Ecol*, 23-44.
- MacArthur, E. (2017). The New Plastics Economy, 2017 Report. *J. Ind. Ecol*, 23-44.
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2014). Reporte de Gestión de Residuos Sólidos 2014 en la Región Metropolitana.
- Ministerio de Medio Ambiente de Chile (2016). Chile Recicla. Página web
- Nápoles, M. & del Toro, C. (2007). Depósito reembolso, herramienta para impulsar el cuidado ambiental y el desarrollo económico de México. acceso, 4-7.
- Pérez, M. (2018). Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Químico. Evaluación Técnico-Económica de la implementación de un modelo de gestión de residuos con enfoque de basura cero en la comuna de Recoleta.
- SEREMI de Medio Ambiente (2018). “Santiago Recicla”, Estrategia Regional de Residuos Sólidos para la Región Metropolitana de Santiago 2017-2021.
- SUBDERE (2018). Diagnóstico de la situación de por comuna y por región en materia de RSD y asimilables.
- La Tercera (2019). Miles de toneladas menos de plástico: Todos los efectos del primer año sin bolsas plásticas.

The World Bank (2018). Solid Waste Management. Página Web. Recuperado de:
<http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/brief/solid-waste-management>

Walls, M. (2011). Deposit-Refund Systems in Practice and Theory. Resources for the Future Discussion Paper No. 11-47.

Zero Waste Europe (2019). Deposit Refund System: an effective instrument towards a Zero Waste Future.

8. ANEXOS

Año	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	0	1	2	3	4	5
INGRESOS UF						
Ingreso por venta Vidrio	10372	10589	10810	11035	11266	11501
Ingreso por venta PET	4966	5121	5282	5447	5617	5793
Ingreso por venta Aluminio	18871	20947	23251	25809	28647	31799
Ingreso por venta Hojalata	2530	2554	2578	2603	2627	2652
Total Ingresos	36739	39211	41920	44894	48158	51745
COSTOS UF						
Costo gestión municipal por provincia						
Chacabuco	48222	48704	49191	49683	50179	50681
Cordillera	168830	170518	172223	173946	175685	177442
Maipo	112993	114123	115265	116417	117581	118757
Melipilla	35601	35957	36317	36680	37047	37417
Santiago	1090319	1101222	1112234	1123357	1134590	1145936
Talagante	57254	57826	58404	58988	59578	60174
Total Costos	1513219	1528351	1543634	1559071	1574661	1590408

FLUJO NETO	-1476479,6	-1489140,1	-1501713,8	-1514177,1	-1526503,3	-1538662,8
FLUJO ACUMULADO	-1476479,6	-2965619,7	-4467333,5	-5981510,7	-7508014,0	-9046676,8

VAN	-\$25.036.096 UF	-\$909.561.374 USD
VAN ingresos cero	-\$26.540.837 UF	-\$53.640.505
Relación B/C	0,04	

2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11741	11986	12237	12492	12753	13019	13291	13568	13852	14141
5975	6162	6354	6553	6758	6970	7188	7413	7645	7885
35297	39179	43489	48273	53583	59477	66019	73282	81343	90290
2677	2703	2728	2754	2780	2807	2833	2860	2887	2915
55690	60030	64808	70072	75874	82273	89332	97123	105727	115230
51188	51700	52217	52739	53267	53799	54337	54881	55429	55984
179216	181009	182819	184647	186493	188358	190242	192144	194066	196006
119945	121144	122356	123579	124815	126063	127324	128597	129883	131182
37791	38169	38551	38936	39326	39719	40116	40517	40922	41332
1157396	1168970	1180659	1192466	1204390	1216434	1228599	1240885	1253294	1265826
60776	61384	61998	62617	63244	63876	64515	65160	65812	66470
1606312	1622375	1638599	1654985	1671535	1688250	1705133	1722184	1739406	1756800

-1550622,4	-1562345,4	-1573790,7	-1584912,6	-1595660,4	-1605977,5	-1615800,9	-1625060,8	-1633679,2	-1641569,7
-10597299,2	-12159644,5	-13733435,2	-15318347,8	-16914008,2	-18519985,7	-20135786,6	-21760847,3	-23394526,5	-25036096,2

Anexo 1: Detalle de evaluación económica de escenario base sin sistema de depósito reembolso.

Año	2022-2023	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4
INGRESOS UF					
Ingreso por venta Vidrio		16973	24065	30464	38122
Ingreso por venta PET		12415	40971	55457	70810
Ingreso por venta Aluminio		16984	48178	67428	90330
Ingreso por venta Hojalata		2277	5874	7477	9109
Ingreso por DNR Vidrio		4717	4815	4916	5019
Ingreso por DNR PET		82762	85353	88024	90779
Ingreso por DNR Aluminio		86080	95549	106059	117726
Ingreso por DNR Hojalata		1719	1735	1751	1768
Cuota administrativa del sistema					
Ahorro por no disposición en RSD		8296	16759	21423	26445
Ingresos Total		232222	323298	382999	450108
COSTOS UF					
Costo Variable					
Costo depósitos Vidrio		47169	48154	49159	50185
Costo depósitos PET		827622	853526	880242	907794
Costo depósitos Aluminio		860799	955487	1060591	1177257
Costo depósitos Hojalata		17188	17350	17515	17681
Costo anual transporte Vidrio		16399	23252	29434	36834
Costo anual transporte PET		1041	3435	4650	5937
Costo anual transporte Aluminio		548	1555	2176	2915
Costo anual transporte Hojalata		639	1649	2099	2557
Costo Fijo					
Costo anual administrador del sistema		26530	26530	26530	26530
Inversión inicial en RNM		388929			
Inversión inicial envases	2087				
Costo anual operación/mantenión		35357	35357	35357	35357
Costo anual de arrendo espacio maq		31337	31337	31337	31337
Costos total		1864628	1997632	2139089	2294383
Inversión inicial	391017				
FLUJO NETO	-51.632.405	-1674333,6	-1756090,6	-1844274,7	
FLUJO ACUMULADO	-1632405,2	-3306738,8	-5062829,3	-6907104,0	
VAN	-537.741.070	UF		-51.371.133.062	USD
Relación B/C	0,23				

-1942601.1	-2042550.4	-2154608.0	-2276591.0	-2454007.6	-2648931.0	-2863224.3	-3088653.1	-3358408.7	-3644132.1	-3958941.6
-4849705.1	-10892353.6	-13048663.6	-15323454.6	-17777462.2	-20446393.3	-23288617.5	-26388570.6	-29746979.4	-33391114.4	-37350053.0
51233	52303	53395	54510	55648	56810	57996	59207	60443	61705	62993
936208	965512	995733	1026899	1059042	1092190	1126376	1161632	1197991	1235489	1274160
1306755	1450499	1610054	1787161	1983749	2201962	2444179	2713040	3011475	3342738	3710441
17848	18018	18188	18361	18535	18710	18888	19067	19247	19430	19614
44530	52531	59815	65275	66638	68029	69450	70900	72380	73891	75434
7065	8900	10019	11824	11988	12363	12750	13149	13560	13985	14422
3790	4926	6151	7586	8420	9347	10375	11516	12783	14189	15750
3024	3574	4059	4552	4596	4639	4683	4727	4772	4818	4863
26530	26530	26530	26530	26530	26530	26530	26530	26530	26530	26530
35357	35357	35357	35357	35357	35357	35357	35357	35357	35357	35357
31337	31337	31337	31337	31337	31337	31337	31337	31337	31337	31337
2463677	2649085	2850637	3063191	3301838	3557274	3837919	4146460	4485875	4859467	5270500
521076	606534	696029	792600	847831	905343	974695	1047507	1127466	1215335	1311959
31296	36786	41833	46420	46885	47354	47827	48305	48788	49276	49769
130676	145050	161005	178716	198375	220196	244418	271304	301147	334274	371044
1785	1802	1819	1836	1853	1871	1889	1907	1925	1943	1961
5123	5230	5339	5451	5565	5681	5800	5921	6044	6170	6299
93621	96551	99573	102680	105904	109219	112638	116163	119799	123549	127416
130676	145050	161005	178716	198375	220196	244418	271304	301147	334274	371044
1785	1802	1819	1836	1853	1871	1889	1907	1925	1943	1961
10772	12731	14458	16216	16370	16525	16682	16840	16999	17160	17323
46987	54368	61988	67559	68970	70409	71880	73380	74912	76476	78073
84262	101382	119492	138636	142976	147451	152066	156826	161735	166797	172018
117455	152634	190601	235075	260934	286936	321497	356861	396116	439689	488055

Anexo 2: Detalle de evaluación económica de escenario con la implementación de un sistema de depósito reembolso.