

ETAPA 4: EVALUACIÓN DE IMPACTOS Envases y Embalajes de Vidrio

ÍNDICE

	Página
Contenido	
1 INTRODUCCION	3
1.1 <i>Resumen de principales datos del diagnóstico</i>	3
2 CANTIDADES Y DESTINOS DE RESIDUOS DE EYE RECUPERADOS	5
2.1 <i>Destinos supuestos para los residuos recogidos</i>	6
2.2 <i>Escenarios y logros de recuperación</i>	6
2.3 <i>Balance de masa por escenario</i>	7
3 IMPACTOS AMBIENTALES	7
3.1 <i>Aspectos ambientales generales</i>	7
3.2 <i>Análisis del ciclo de vida</i>	8
3.3 <i>Variación en el uso de materias primas primarias y secundarias</i>	9
3.4 <i>Variación en el sistema de eliminación de los residuos</i>	10
3.5 <i>Variación en el uso de energía</i>	10
3.6 <i>Variación en la generación de dióxido de carbono</i>	12
3.7 <i>Otros impactos ambientales</i>	14
4 IMPACTOS SOCIALES	15
5 IMPACTOS ECONÓMICOS	15
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	18
6.1 <i>Conclusiones</i>	18
6.2 <i>Recomendaciones para la implementación de la REP</i>	21
7 BIBLIOGRAFÍA	22

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Resumen de cantidades y tasas de recuperación (Año 2010)	5
Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE de vidrio.....	6
Tabla 2-3 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE de Vidrio desde RSM según Escenario.....	6
Tabla 2-4 Balance de masa por escenario y destino Residuos de vidrio	7
Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de vidrio	8
Tabla 3-2 Recuperación de materias primas, ton/año.....	9
Tabla 3-3 Reducción de volumen en relleno sanitario por recuperación ..	10
Tabla 3-4 Energía ahorrada por valorización de vidrio	10
Tabla 3-5 Consumo unitario de energía por transporte residuos de vidrio (radio 500 km).....	11
Tabla 3-6 Consumo ponderado de energía por transporte de vidrio según distancia.....	11
Tabla 3-7 Resumen de energía consumida por transporte de residuos a nivel país y ahorrada por valorización.....	12
Tabla 3-8 Reducción de CO₂ por valorización de vidrio.....	13
Tabla 3-9 Emisiones generadas por transporte residuos de vidrio.....	13
Tabla 3-10 Emisiones generadas por transporte de vidrio según distancia	13
Tabla 3-11 Resumen de generación de emisiones del CO₂ por transporte de residuos a nivel país (t CO₂)	14
Tabla 5-1 Distribución de residuos por región	15
Tabla 5-2 Escenario 1 y 2 al 2016	16
Tabla 5-3 Escenario 1 y 2 al 2021	16
Tabla 5-4 Síntesis Vidrio.....	17
Tabla 6-1 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021	19

1 INTRODUCCION

El presente capítulo corresponde a la evaluación de los impactos ambientales, sociales y económicos de la implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Chile, respecto al sector de envases y embalajes (EyE), y específicamente a los de **material de vidrio**.

Es importante de aclarar que se ha convenido **enfocar la evaluación** en la recuperación de los EyE generados en los **domicilios y pequeños comercios**, que hoy en día terminan en los **residuos sólidos municipales** (RSM).

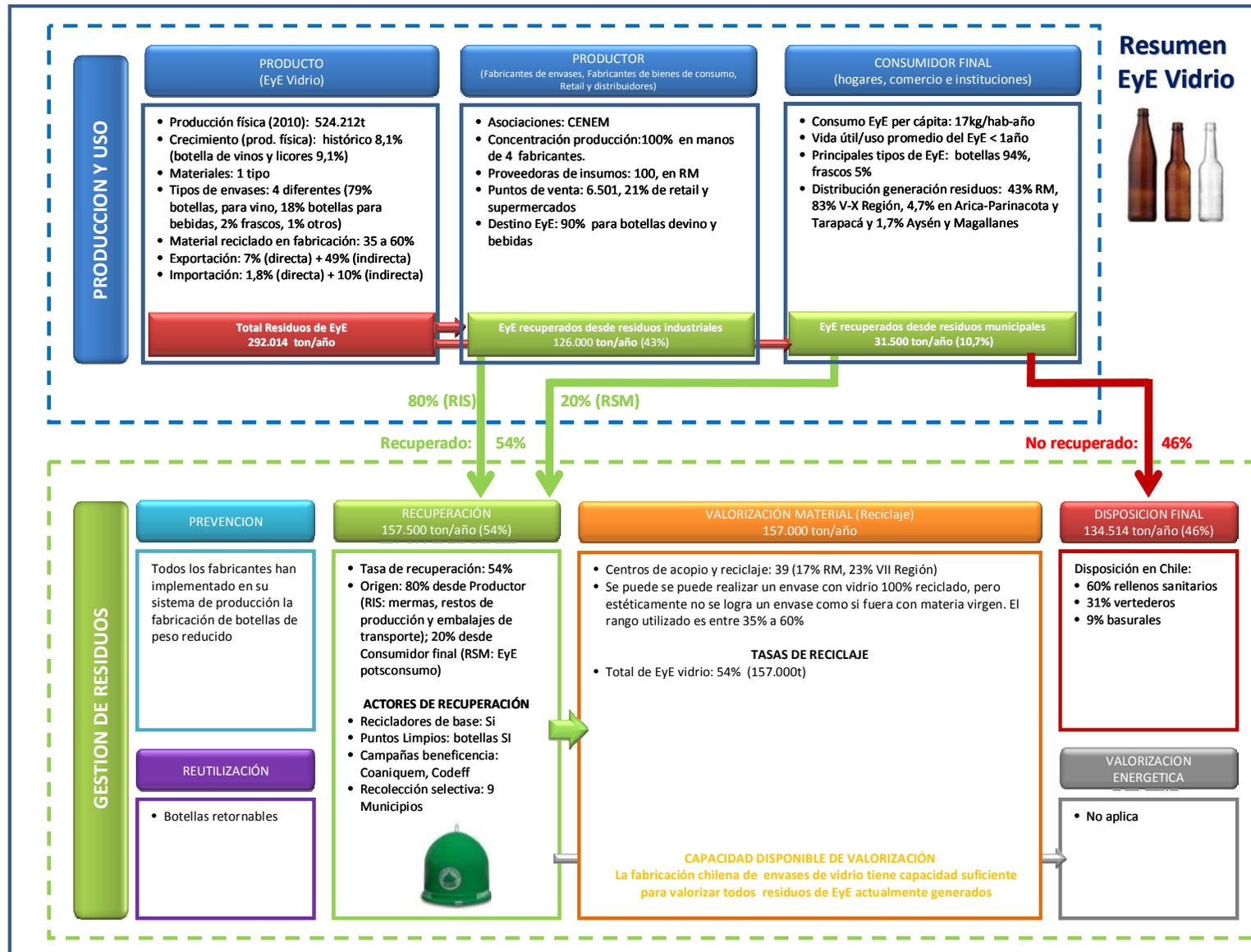
Cabe acordar que los Escenarios de evaluación (Etapa 3) **definen probables sistemas de recolección selectiva** para la recuperación de estos EyE. El Escenario 1 considera sólo sistemas de "entrega", donde el consumidor lleva sus residuos segregados a puntos limpios y puntos verdes. Mientras el Escenario 2 agrega sistemas de "retiro" mediante recolección puerta a puerta para los residuos livianos de plástico, metales y multicomponentes. No obstante, se ha convenido que esta forma de retiro no aplica a los envases de vidrio, **siendo ambos Escenarios iguales para el caso del vidrio**.

Basado en estos Escenarios se determina en esta Etapa 4 lo siguiente:

- **Cantidades y destinos de residuos de EyE recuperados.** Incluye la determinación de los **logros de recuperación de residuos de EyE** alcanzables para el país, expresados en porcentajes desde los RSM. Estos porcentajes podrían aplicarse como posibles **metas de recuperación** en el eventual marco regulatorio asociado a la REP.
- Los **impactos ambientales, sociales y económicos** resultantes.
- **Conclusiones** de la evaluación y **recomendaciones** para la dictación del marco legal y la implementación de la REP.

1.1 Resumen de principales datos del diagnóstico

Un resumen de los principales datos del diagnóstico de los EyE de vidrio (Etapa 1) se muestra a continuación.



2 CANTIDADES Y DESTINOS DE RESIDUOS DE EYE RECUPERADOS

Como se puede observar en el recuadro anterior, la generación de residuos de EyE de vidrio al año 2010 era de 292.014 toneladas. De estos EyE consumidos, se recuperaron 157.500 toneladas, equivalentes a una tasa de recuperación de 54%. Esta tasa se fundamenta principalmente en los residuos recuperados a nivel industrial y comercial (80% de dicho total).

Si bien se estimó que un total de 134.514 toneladas de estos residuos se envían a disposición final, la fracción efectiva de EyE de vidrio que se consume a nivel domiciliario y pequeño comercio (y que termina en los RSM) no se conoce claramente. La cantidad total de residuos de vidrio que se dispuso en rellenos sanitarios y vertederos al 2010 fue de 438.755 toneladas, pero incluye tanto EyE como otros residuos con componentes de vidrio. Sin embargo, se puede realizar una aproximación en base al consumo aparente de EyE determinado en el diagnóstico (292.014 t), de lo cual resulta un porcentaje cercano al 67%¹ de la fracción total de vidrio en RSM.

Al comparar la cantidad recuperada desde los RSM en el 2010 (31.500 toneladas) con la fracción total de vidrio, se obtiene una tasa de recuperación de sólo 7,2%. Si la cantidad recuperada se compara con la fracción estimada de EyE de vidrio en los RSM la tasa de recuperación es del 10,7%.

Tabla 2-1 Resumen de cantidades y tasas de recuperación (Año 2010)

Ítem	ton/año	%
Consumo de EyE de vidrio en Chile	292.014	100%
Recuperación de EyE de vidrio desde total de residuos	157.500	54 %
Residuos de vidrio en RSM (EyE y otros residuos)	438.755	100%
Recuperación de EyE de vidrio desde fracción total en RSM	31.500	7,2%
Recuperación de EyE de vidrio desde fracción de EyE de vidrio supuesta en RSM	31.500	10,7%

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En la tabla a continuación, se presentan las proyecciones del crecimiento del consumo aparente de los EyE de vidrio en Chile (ver detalles en Anexos de Etapa 1), requeridas para la evaluación de los escenarios.

¹ Para simplificar los cálculos, se utiliza este valor para estimar un % de recuperación desde la fracción de EyE en los RSM en ambos escenarios = 157.500/438.755.

Tabla 2-2 Proyección del consumo de EyE de vidrio

Tipo de EyE	Tasa de crecimiento %	2010 ton/año	2016 ton/año	2021 ton/año
Envases de Vidrio en general	8,10%	292.014	465.970	687.839

Nota: Tabla incluye consumo completo, a nivel industrial, comercial y domiciliario

2.1 Destinos supuestos para los residuos recogidos

Para la evaluación de los impactos se supone el siguiente destino:

- **Trituración y venta de material a empresas del sector:** A nivel país, particularmente en la zona central, existen 4 empresas que recuperan vidrio para su reciclaje en nuevos envases, como se detalló en el diagnóstico del sector (Etapa 1). Se supone que el material recuperado será comercializado como materia prima secundaria a menor costo que la materia prima virgen, tomando como referencia conservadora el precio de mercado de las empresas del sector. El vidrio recuperado cubre parte de la demanda de estos envases en Chile, es decir, no se considera la implementación de nuevas plantas de valorización en el país, dado que hay suficiente mercado y capacidad instalada² (ver Etapa 3).

2.2 Escenarios y logros de recuperación

Basado en los sistemas de recuperación de residuos supuestos por escenario (Etapa 3), se determinan las siguientes cantidades y respectivos logros de recuperación.

Tabla 2-3 Proyección de las tasas de recuperación de residuos de EyE de Vidrio desde RSM según Escenario

Ítem	Situación actual	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Total de EyE de vidrio disponibles	292.014 t	465.970 t	687.839 t	465.970 t	687.839 t
EyE de vidrio recuperados desde RSM	31.500 t	75.744 t	168.786 t	75.744 t	168.786 t
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM	7,20%	14,9%	29,3%	14,9%	29,3%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE de RSM	10,7%	22,2%	43,8%	22,2%	43,8%
Destinos proyectados	Valorización en fabricas de envases de vidrio nacionales				

Fuente: Elaboración propia, ECOING

² La producción nacional de envases de vidrio al 2010 alcanzó a 500.187 t, la cantidad recuperada al 2021 cubriría sólo el 32% de dicha capacidad.

2.3 Balance de masa por escenario

Se ha supuesto que del total de vidrio recuperado, un 99% se destinará como materias primas secundarias en plantas de fabricación de envases, generándose un 1% de pérdidas que se destinará a relleno sanitario. Cabe mencionar que la recuperación para reuso en productos similares, corresponde al proceso ambientalmente más deseado, de acuerdo a la estratégica jerarquizada de la política de gestión integral de residuos sólidos. De acuerdo a lo anterior, el balance de masa para cada escenario se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2-4 Balance de masa por escenario y destino Residuos de vidrio

EyE vidrio	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Datos base					
Total Residuos de EyE vidrio (ton)	292.014	465.970	687.839	465.970	687.839
EyE de Vidrio recuperados desde RSM (ton)	31.500	75.744	168.786	75.744	168.786
EyE de Vidrio restante en RSM (ton)	260.514	390.226	519.053	390.226	519.053
Tasa de recuperación desde fracción total de RSM (%)	7,20%	14,9%	29,3%	14,9%	29,3%
Tasa de recuperación desde fracción de EyE en RSM (%)	10,7%	22,2%	43,8%	22,2%	43,8%
Destinos supuestos de vidrio recogido					
Valorización (ton)	31.185	74.987	167.098	74.987	167.098
Pérdidas proceso 1% (ton)	315	757	1.688	757	1.688

Fuente: Elaboración propia, ECOING

3 IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación de los impactos ambientales se concentra en las cantidades de materias primas secundarias recuperadas, las emisiones de gases de efecto invernadero expresado como CO₂ y la demanda de energía. Adicionalmente, se toma en cuenta la reducción esperada de los impactos a las diferentes componentes ambientales, como son los suelos, aguas, aire, vegetación, etc.

3.1 Aspectos ambientales generales

Los Residuos de envases de vidrio se clasifican como un residuo no peligroso, y en general presentan un bajo impacto, si se les maneja en forma adecuada.

A nivel nacional, la valorización se orienta a un nuevo uso del vidrio recuperado en la industria de envases del mismo material. Teóricamente una tonelada de vidrio recuperado reemplaza a 1,2 toneladas de material virgen. Sin embargo, la tasa de reciclaje real bordea en promedio el 99%, debido a la presencia de contaminación

en el material recuperado, tales como presencia de etiquetas, o restos de otros materiales mezclados, entre otros.

3.2 Análisis del ciclo de vida

Para evaluar el impacto de la recuperación de residuos de EyE de vidrio se presenta un análisis del uso de materiales, energía y emisiones de CO₂ por tonelada de envase fabricado en sus diferentes etapas de su ciclo de vida (de acuerdo a datos disponibles), ejemplificado en botellas, considerando ciclos sin material reciclado y con un 60% de material reciclado, cuyos resultados se resumen en la tabla a continuación³.

Tabla 3-1 Resumen del análisis de ciclo de vida de 1 tonelada de envases de vidrio

Etapa del ciclo de vida		Sin material reciclado			Con material reciclado (ej. 60%)		
		Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.	Energía	Insumos (1)	Emisión CO ₂ equiv.
		GJ	ton	kg	GJ	ton	kg
Fabricación, distribución y consumo (1 ton)	Fabricación envase	-7	1	1.950	-4,9	0,83	1.650
	Transporte y distribución (radio 2.500 km)	-11,2	0,24	763	-11,2	0,24	763
	Uso	-	-	-	-	-	-
Gestión de residuos (1 ton)	Transporte material triturado a plantas reciclaje (radio 2.500 km)	-	-	-	-1,98	0,04	16,2
	Transporte a disposición final (60 km)	-0,28	0,01	19	-0,112	0,002	7,6
Total		-18,5	1,25	2.732	-18,2	1,12	2.436,8

(1) Insumos para fabricación y combustibles utilizados (transporte en camión, consumo promedio diesel 2 Km/L con carga). El proceso con material reciclado requiere menor cantidad de insumos que el proceso primario

De acuerdo a los resultados del análisis presentado en la tabla anterior, la etapa más crítica del ciclo de vida de los EyE de vidrio corresponde a la etapa de fabricación del envase y su transporte, la que presenta los mayores consumos de energía, insumos y generación de CO₂.

El impacto global de las etapas consideradas del ciclo de vida⁴ sobre el componente emisiones de CO₂ resulta en la generación de cerca de 2.732 ton de CO₂/tonelada

³ Fuente: Ministerio Medio Ambiente España 2004 y estimación de datos a nivel nacional.

⁴ Producción, transporte y distribución del producto y uso.

en un proceso que no considera ningún tipo de reciclaje. En tanto, el impacto global del ciclo de vida del material sin reciclaje, sobre la componente energía, resulta en un consumo neto de 18,5 GJ/tonelada respectivamente.

En forma comparativa, la combustión de una tonelada de petróleo diesel genera 46 GJ/ton y genera 3.220 kg CO₂/ton, por lo que el impacto del ciclo de vida de una tonelada de estos envases en un proceso sin reciclaje sería equivalente a quemar entre 0,3 a 0,5 ton de diesel en función de la energía consumida y el CO₂ generado.

Al considerar la incorporación de un 60% de material reciclado en los procesos⁵, el consumo de energía global del ciclo de vida se reduce en un 2% y la emisión de CO₂ en un 11%, aun considerando un radio de transporte de 2.500 km, equivalente a casi todo el territorio nacional, considerando material triturado⁶.

Analizando el ciclo de vida de los vidrios en sus etapas de transporte, recuperación y destino, y basándose en los datos del balance de masa anterior, se obtiene los inputs y outputs de energía (GJ), emisión de dióxido de carbono (ton CO₂) y la generación de productos y residuos (ton) por tonelada de material recuperado. Los valores respectivos se presentan en la sección siguiente.

3.3 Variación en el uso de materias primas primarias y secundarias

Dado que un 99% del vidrio recogido se procesará en plantas de fabricación de envases, se reintegrará una cantidad importante de material al mercado de materias primas, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 3-2 Recuperación de materias primas, ton/año

Vidrio	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Material recuperado (ton)	31.500	75.744	168.786	75.744	168.786
Material valorizado como materia prima secundaria (ton)	31.185	74.987	167.098	74.987	167.098
Materia prima virgen reemplazada en la fabricación de envases (ton)	37.422	89.984	200.518	89.984	200.518

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Considerando el escenario 1 y 2, se logra valorizar desde los RSM casi 75.000 toneladas de vidrio al año 2016 y más de 167.000 toneladas al año 2021, lo cual

⁵ El porcentaje de material reciclado puede llegar al 80%.

⁶ En este caso se considera material triturado ya que a graneles es más alto el consumo de energía y la generación de CO₂ como se determina en las siguientes secciones

implica un ahorro equivalente a 1,2 veces las toneladas de materia prima virgen usadas para la fabricación de envases.

3.4 Variación en el sistema de eliminación de los residuos

La recuperación y valorización de los residuos disminuye la fracción de vidrio que va actualmente a disposición final, desde un 89,3 % a un 75,7 % en el escenario 1 y 2, en términos de cantidad. En términos de volumen, se logra un importante ahorro de espacio en los rellenos sanitarios⁷, tal como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 3-3 Reducción de volumen en relleno sanitario por recuperación

Vidrio	Valor base	Escenario 1		Escenario 2	
	2010	2016	2021	2016	2021
Ton a disposición	260.829	390.984	520.740	390.984	520.740
% a disposición	89,32%	83,91%	75,71%	83,91%	75,71%
Ton valorizadas (99% del material recuperado)	31.185	74.987	167.098	74.987	167.098
Reducción de volumen en relleno sanitario (m ³)	44.550	107.124	238.712	107.124	238.712

Fuente: Elaboración propia, ECOING

3.5 Variación en el uso de energía

El proceso de **recuperación y reciclaje del vidrio** supone un ahorro importante en el uso de energía. La producción primaria de vidrio requiere alrededor de 7 GJ/ton, en tanto la producción en base a material recuperado sólo consume 4,9 GJ/ton, lo que implica un **ahorro de 2,1 GJ⁸ por cada tonelada** que es retornada al ciclo de uso. Para ambos escenarios esto implica un ahorro de 157.000 a 351.000 GJ anual para los años 2016 y 2021 respectivamente.

Tabla 3-4 Energía ahorrada por valorización de vidrio

Vidrio	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de vidrio (GJ)	65.489	157.472	350.906	157.472	350.906

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En contraposición al ahorro de energía generado por el reciclaje, también se debe mencionar el gasto de energía generado por el transporte de los residuos hacia las

⁷ En el cálculo de volumen de relleno sanitario se considera la densidad de material triturado debido a los procesos de compactación de la basura.

⁸ Fuente: Ministerio Medio Ambiente España 2004

instalaciones de valorización, las cuales actualmente se encuentran concentradas en la zona central del país.

De acuerdo a estimaciones realizadas, por cada 500 km de distancia recorrida en el transporte de vidrio se generan los siguientes niveles de gasto de energía (viajes de ida y retorno).

Tabla 3-5 Consumo unitario de energía por transporte residuos de vidrio (radio 500 km)

Vidrio	Densidad kg/m ³ (1)	GJ/ton (2)
Granel	350	4,7
Triturado	700	2,3

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

Tabla 3-6 Consumo ponderado de energía por transporte de vidrio según distancia

Distancia (radio en km)	Distribución E _y E a nivel nacional	Granel GJ/ton	Triturado GJ/ton
500	74,6%	3,5	1,7
1000	16,1%	1,5	0,7
1500	3,70%	0,5	0,3
2000	2,90%	0,5	0,3
2500	2,70%	0,6	0,3
Total	100%	6,7	3,3

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Realizando un balance entre la energía ahorrada en el proceso y el consumo por transporte se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 3-7 Resumen de energía consumida por transporte de residuos a nivel país y ahorrada por valorización

Vidrio	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Ahorro de energía por recuperación de vidrio (GJ)	65.489	157.472	350.906	157.472	350.906
Consumo de energía por transporte de vidrio <u>a granel</u> (GJ)	-211.050	-507.485	-1.130.866	-507.485	-1.130.866
Resultado neto	-145.562	-350.013	-779.960	-350.013	-779.960
Consumo de energía por transporte de vidrio <u>triturado</u> (GJ)	-103.950	-249.955	-556.994	-249.955	-556.994
Resultado neto	-38.462	-92.483	-206.088	-92.483	-206.088

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De acuerdo a los resultados anteriores, el impacto en el consumo de energía por tonelada transportada de residuo de vidrio a granel o triturado es comparativamente mayor que el ahorro logrado por su reciclado (2,1 GJ/t), considerando prácticamente todo el territorio nacional. Para el transporte del residuo a granel, el impacto del transporte es bastante más alto, si se considera todo el país, siendo positivo para una distancia menor a 500 km; en el caso del residuo triturado el impacto es positivo sólo para distancias menores a los 1.000 km, por lo cual se plantean como alternativas el pretratamiento previo del residuo para su transporte (en el caso de residuo a granel), el transporte marítimo (donde el consumo de energía/ton transportada se estima a lo menos un 50% menor) o bien orientar la valorización a otros usos, por ejemplo construcción, en las zonas más extremas del país.

3.6 Variación en la generación de dióxido de carbono

La variación en la tasa de generación de dióxido de carbono es un elemento de alta relevancia en la evaluación de los escenarios propuestos, ya que corresponde a un indicador para la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

El proceso de reciclaje considera un ahorro importante en la generación de CO₂, comparado con el procesamiento primario desde materia prima virgen: la fabricación de vidrio genera cerca de 1.950 kg de CO₂/ton, en tanto el proceso de recuperación sólo genera 1.650kg de CO₂/ton⁹, lo que implica la **reducción de 300 kg de CO₂ por cada tonelada** retornada al ciclo de uso. Para el escenario 1 y 2 esto implica dejar de emitir entre 22.500 a más de 50.000 toneladas anuales de CO₂ entre los años 2016 y 2021 respectivamente.

⁹ Fuente: Ministerio Medio Ambiente España 2004

Tabla 3-8 Reducción de CO₂ por valorización de vidrio

Vidrio	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones de CO ₂ por reemplazo de materia prima por material reciclado (ton/ton vidrio)	9.356	22.496	50.129	22.496	50.129

Fuente: Elaboración propia, ECOING

En contraposición a la reducción de emisiones de CO₂ generada por el reciclaje, se debe mencionar el gasto de energía generado por el transporte de los residuos hacia las instalaciones de valorización, concentradas en la zona central del país.

De acuerdo a estimaciones realizadas, por cada 500 km de distancia recorrida en el transporte de vidrio se generan los siguientes niveles de emisiones (viajes de ida y retorno).

Tabla 3-9 Emisiones generadas por transporte residuos de vidrio (radio 500 km)

Vidrio	Densidad kg/m ³ (1)	kg CO ₂ /ton (2)
granel	350	317,9
triturado	700	158,9

- (1) Datos entregados por empresas de valorización del sector
 (2) Considerando el transporte en camión sobre 45 m³ de capacidad

Tabla 3-10 Emisiones generadas por transporte de vidrio según distancia

Distancia (radio en km)	Distribución Ey E a nivel nacional	Granel kg CO ₂ /ton	Triturado kg CO ₂ /ton
500	74,6%	237,12	118,56
1000	16,1%	102,35	51,18
1500	3,70%	35,28	17,64
2000	2,90%	36,87	18,44
2500	2,70%	42,91	21,46
Total	100%	454,5	227,3

Realizando un balance entre la reducción de emisiones en el proceso de reciclaje y la generación por transporte se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 3-11 Resumen de generación de emisiones del CO₂ por transporte de residuos a nivel país (t CO₂)

Vidrio	Situación al 2010	Escenario 1		Escenario 2	
		2016	2021	2016	2021
Reducción de emisiones por recuperación de vidrio (t)	9.356	22.496	50.129	22.496	50.129
Emisiones por transporte de residuos <u>a granel</u> (t)	-14.317	-34.426	-76.713	-34.426	-76.713
Resultado neto	-4.961	-11.930	-26.584	-11.930	-26.584
Emisiones por transporte de residuos <u>triturados</u> (t)	-7.160	-17.217	-38.365	-17.217	-38.365
Resultado neto	2.196	5.279	11.764	5.279	11.764

Fuente: Elaboración propia, ECOING

De acuerdo a los resultados anteriores, la generación de emisiones de CO₂ por tonelada transportada de residuo triturado es menor que el ahorro logrado por su reciclado (300 kg/t), considerando prácticamente todo el territorio nacional, por lo que se genera un impacto positivo.

Sin embargo, para el transporte del residuo a granel, las emisiones por transporte superan la reducción lograda por el reciclaje si se considera todo el país. El impacto es positivo sólo para distancias menores a los 1.000 km, por lo cual se plantean como alternativas el transporte marítimo (donde el consumo de energía/ton transportada se estima a lo menos un 50% menor) o bien orientar la valorización a otros usos, por ejemplo construcción, en las zonas más extremas del país.

3.7 Otros impactos ambientales

A continuación, se presentan los potenciales impactos ambientales a las componentes ambientales "clásicas", que actualmente se producen debido a la inadecuada gestión de los residuos de envases de vidrio.

La implementación de la REP disminuye considerablemente la disposición incontrolada de los EyE de vidrio y así también su impacto visual o al **paisaje**, y el impacto directo por emplazamiento sobre el **suelo**.

Además, los residuos de EyE de vidrio dispuestos en forma incontrolada, atraen la disposición indebida de otros residuos, lo que conlleva a la formación de **microbasurales** en las zonas suburbanas, rurales o sitios eriazos.

4 IMPACTOS SOCIALES

Los impactos sociales se presentan en un informe transversal para todos los tipos y materiales de EyE.

5 IMPACTOS ECONÓMICOS

La estimación del valor económico de recolección está vinculada a los costos de la inversión y de operación de la red de Puntos Verdes (PV), Puntos Limpios (PL) y Centros de Acopio (CA) y a los costos de transporte en los respectivos arcos establecidos para ambos Escenarios, que en este caso son iguales, considerando la proyección al año 2016 y 2021.

Tabla 5-1 Distribución de residuos por región

REGION	Tramo Ingreso					Total
	1	2	3	4	5	
1	0,01%	0,32%	0,08%	1,30%	0,00%	1,71%
2	0,00%	0,06%	0,04%	1,14%	5,13%	6,38%
3	0,00%	0,05%	0,41%	0,08%	2,17%	2,71%
4	0,33%	0,73%	0,00%	1,50%	0,00%	2,56%
5	0,43%	1,19%	4,34%	0,00%	0,91%	6,87%
6	0,52%	0,29%	0,42%	1,83%	0,00%	3,06%
7	0,71%	0,19%	1,20%	0,99%	0,00%	3,08%
8	0,97%	1,34%	1,71%	2,47%	1,29%	7,78%
9	0,66%	0,35%	0,15%	2,17%	0,00%	3,33%
10	0,15%	0,91%	0,33%	2,36%	0,00%	3,74%
11	0,00%	0,00%	0,43%	0,00%	0,07%	0,51%
12	0,00%	0,06%	0,00%	0,88%	0,12%	1,06%
13	0,46%	3,73%	5,50%	9,22%	36,42%	55,33%
14	0,25%	0,08%	0,74%	0,00%	0,00%	1,07%
15	0,01%	0,00%	0,82%	0,00%	0,00%	0,83%
Total país	4,49%	9,30%	16,16%	23,94%	46,12%	100,00%

Se observa una fuerte concentración de la generación de residuos en la Región Metropolitana y en las regiones más pobladas, y al interior de ellas en las comunas de mayor nivel de ingresos.

En el caso del vidrio, al igual que en el caso del papel y cartón, los escenarios 1 y 2 son coincidentes, porque la recuperación sólo se realizará mediante la aplicación del Sistema 1, y no se aplicará recolección selectiva puerta a puerta.

En la tabla siguiente se resumen los parámetros de evaluación por región, los que consisten en las toneladas recuperadas, los costos unitarios (\$/ton) de la red de PV y PL, del transporte al CA, de la operación y capital en el CA, y luego del transporte hacia el destino.

Tabla 5-2 Escenario 1 y 2 al 2016

Región	Ton/Año	Costo Red PV y PL \$/ton	Transporte a CA \$/ton	Costo CA \$/ton	Transporte a Destino \$/ton	Costo Unitario Total \$/ton	Costo Total MM\$
1	1.290,71	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	264,69
2	4.827,17	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	989,92
3	2.051,28	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	420,66
4	1.938,95	20.453	40.000	24.620	80.000	165.073	320,07
5	5.200,13	20.453	40.000	24.620	60.000	145.073	754,40
6	2.316,35	20.453	40.000	24.620	60.000	145.073	336,04
7	2.328,56	20.453	40.000	24.620	60.000	145.073	337,81
8	5.887,66	20.453	40.000	24.620	80.000	165.073	971,89
9	2.517,26	20.453	40.000	24.620	80.000	165.073	415,53
10	2.833,16	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	581,00
11	382,51	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	78,44
12	800,98	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	164,26
13	41.871,42	20.453	40.000	24.620	60.000	145.073	6.074,41
14	808,52	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	165,81
15	625,60	20.453	40.000	24.620	120.000	205.073	128,29
País							12.003,22

En el caso del vidrio el costo unitario oscila entre \$145.073 y \$205.073 por tonelada. La diferencial se explica por las regiones alejadas de plantas de reciclaje.

Tabla 5-3 Escenario 1 y 2 al 2021

Región	Ton/Año	Costo Red PV y PL \$/ton	Transporte a CA \$/ton	Costo CA \$/ton	Transporte a Destino \$/ton	Costo Unitario Total \$/ton	Costo Total MM\$
1	2.881,16	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	584,27
2	10.775,68	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	2.185,20
3	4.578,41	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	928,45
4	4.328,32	18.170	40.000	24.620	80.000	162.790	704,60
5	11.606,56	18.170	40.000	24.620	60.000	142.790	1.657,30
6	5.171,90	18.170	40.000	24.620	60.000	142.790	738,49
7	5.197,75	18.170	40.000	24.620	60.000	142.790	742,18
8	13.143,07	18.170	40.000	24.620	80.000	162.790	2.139,55
9	5.619,54	18.170	40.000	24.620	80.000	162.790	914,80
10	6.323,41	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	1.282,32
11	854,10	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	173,20
12	1.788,79	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	362,75
13	93.464,82	18.170	40.000	24.620	60.000	142.790	13.345,81
14	1.805,87	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	366,21
15	1.396,34	18.170	40.000	24.620	120.000	202.790	283,16
País							26.408,31

Se produce una leve disminución en el costo unitario debido a la reducción del costo de la ampliación de la red de PV y PL, lo cual indica que el resultado de la recuperación intensifica el uso de la inversión fija.

El costo unitario por tonelada recuperada oscila entre \$142.790 y \$202.790 según la cercanía relativa a las plantas de reciclaje. En cuanto a los ingresos estimados vinculados a la venta de las toneladas recuperadas, el valor de referencia es de \$30.000 por tonelada. A ese monto hay que agregarle el ahorro en términos del costo de entrega en relleno sanitario que asciende en promedio a \$30.000 aprox.

En consecuencia, **resulta un sistema de recuperación y valorización que no se autofinancia** y el diferencial a financiar por tonelada recuperada es de \$80.000 a \$140.000 en promedio por tonelada recuperada, aunque el costo medio nacional se situaría más cerca de los **\$100.000/ton**, dado que la mayor parte de la recuperación se realiza en la zona central aledaña a las plantas de reciclaje.

En la tabla a continuación se presenta una síntesis de los principales resultados económicos, que incluye el Valor Agregado Estimado, que corresponde a la estimación de los pagos brutos, tanto al factor capital como al trabajo, que se realizan en las distintas fases de la REP.

Tabla 5-4 Síntesis Vidrio

Ítem	Escenario 1		Escenario 2	
	2016	2021	2016	2021
Toneladas Recuperadas (ton)	75.680	168.936	75.680	168.936
Empleos netos generados	25	56	25	56
Valor Agregado Estimado (MM\$)	1.843	4.114	1.843	4.114

En el impacto en empleo y en el valor agregado estimado se considera sólo lo que está vinculado a la instalación de nueva infraestructura y su empleo asociado. En el caso del transporte es muy probable que la economía absorba estas demandas adicionales por una reorganización industrial, utilizando el grado de capacidad ociosa existente en este sector de la economía. Además, no está incorporado el empleo para administrar el SIG del conjunto de los EyE ni tampoco para el control y monitoreo del Estado.

A este Valor Agregado Estimado debe agregarse además los costos para la administración asociado al SIG, para la difusión y sensibilización de la población y para el control y monitoreo por parte del Estado. Este costo adicional se ha estimado en un 7,5% sobre el costo económico global de los sistemas de recuperación y valorización propuestos para el conjunto de los EyE.

Los resultados en forma global se presentan en el Resumen Ejecutivo.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los principales **impactos ambientales, sociales y económicos** asociados a la implementación de la REP bajo los escenarios evaluados, corresponden para el año 2021 a los presentados en la siguiente tabla.

Tabla 6-1 Resumen de Impactos por Escenario al Año 2021

Impactos	Unidad/ Año	Escenario 1 Año 2021	Escenario 2 (*) Año 2021
Datos base			
Logro de recuperación de EyE desde EyE de RSM	ton	168.786	168.786
	%	29,32%	29,32%
Impactos ambientales			
Reducción de materia prima virgen	ton	200.518	200.518
Ahorro de volumen en relleno sanitario	m ³	477.423	477.423
Ahorro de energía por producción desde material reciclado	GJ	350.906	324.960
Consumo de energía por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: en forma triturada)	GJ	- 1.130.866 (-556.994)	- 1.130.866 (-556.994)
Reducción de CO ₂ por producción desde material reciclado	ton CO ₂	50.129	50.129
Generación de CO ₂ por transporte de material reciclado a granel (Alternativa: en forma triturada)	ton CO ₂	- 76.713 (-38.365)	- 76.713 (-38.365)
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Reducción de: Microbasurales, Impactos a Suelo y Paisaje	
Impactos negativos (no cuantificables)	global	No se detectan	
Impactos sociales			
Empleos netos generados	Nº	56	56
Impactos positivos (no cuantificables)	global	Nuevas cadenas de valor, Renta empresarial, Creación de empleo, Mejoras laborales, Aporte al PIB, Adecuado manejo de residuos garantizado, Imagen país	
Impactos negativos / Costos socioeconómicos (no cuantificables)	global	Compromiso de entrega del consumidor (cambio de hábito), Superficies de acopio requeridas, Costos operacionales de municipios, Esfuerzo de educación ambiental, Dependencia del mercado de materiales recuperados, Riesgos financieros	
Impactos económicos			
Valor Agregado Estimado para infraestructura de recuperación	MM\$	4.114	4.114
Costo unitario para financiar sistema de recuperación y valorización de EyE	\$/ton	100.000	100.000

Fuente: Elaboración propia, ECOING

Nota: En caso del vidrio, ambos escenarios son iguales, dado que no está considerado recogerlo con recolección puerta a puerta (sistema que corresponde al escenario 2).

De estos datos se puede concluir lo siguiente:

- Los **impactos ambientales** respecto al consumo de energía y la emisión de CO₂ **resultan negativos** al hacer un balance para ambas componentes entre la disminución por producción desde material reciclado y el aumento por transporte terrestre a lo largo del país, cuando los residuos de EyE son transportados a granel. En caso de transportarlos triturados (lo que no es muy común), el impacto ambiental resulta **positivo para la emisión energía**, pero permanece **negativo respecto la componente CO₂**. En consecuencia, para que resulte un balance ambiental positivo, se recomienda usar transporte marítimo a partir de distancias de 500 km y transportarlos además triturados. Una alternativa sería evitar el transporte de tramos largos y buscar otros usos locales, por ejemplo como material de construcción. Todos los demás impactos ambientales evaluados resultan favorables.
- En el **ámbito social**, si bien se ha detectado algunos impactos o costos socioeconómicos negativos (ver detalles en Tabla precedente), éstos se consideran de relevancia baja, evaluando el **impacto social global resultante como positivo**. Históricamente, el reciclador de base sólo se ha interesado en forma secundaria en la recuperación del vidrio, por lo que la REP no crearía un sistema de competencia para el sector informal. No obstante, se estima que con la REP y la internalización de los costos de valorización en el producto, el reciclador y también los intermediarios podrían jugar un rol importante dentro del sistema de recogida de los EyE de vidrio, dependiendo del modelo de organización que se aplique.
- Respecto al **ámbito económico**, se ha determinado que la REP para la recuperación y valorización de EyE de **Vidrio** no se autofinancia y que los productores deben financiar \$100.000 por tonelada. Desde la perspectiva de los consumidores, se recargarían los productos para obtener los fondos necesarios para lo anterior; una botella de vino de 300 gramos por ejemplo, costaría unos \$30 adicionales.
- Respecto a los **dos escenarios**, para el Vidrio no hay diferencia, dado que se trata del mismo sistema de recuperación supuesto en ambos casos.

6.2 Recomendaciones para la implementación de la REP

Para la dictación del marco legal y la implementación de la REP para los EyE de vidrio, se recomienda:

- Iniciar la REP con una **Ley** y reglamentos respectivos, que estipulan claramente las responsabilidades y obligaciones de los diferentes actores. Aparte de las responsabilidades del productor, el marco legal debe **obligar a los consumidores** de separar y entregar los residuos para su recuperación y reciclaje. También debe aclararse el rol y límite de responsabilidad de las Municipalidades.
- Asignar una parte del costo total anual de la REP a **la difusión y educación** para crear conciencia y cambiar los hábitos de los ciudadanos hacia una sociedad del reciclaje.¹⁰ Esto es fundamental para poder lograr una participación activa en la recuperación de los EyE.
- Fortalecer y facilitar los procesos de **educación ambiental del Estado** a través de sus instituciones y organizaciones, considerando la REP en la Política Nacional de Educación Ambiental y en los contenidos mínimos obligatorios (CMO) y objetivos fundamentales transversales (OFT) de la Ley de educación.
- Crear **incentivos para la participación activa de los consumidores** en la recuperación de los EyE, mediante pagos diferenciados u otros beneficios para estimular su participación.
- Basar la recuperación de los EyE en lo posible en **métodos y actores existentes**, para no crear sistemas de competencia y para no agregar tecnología sofisticada innecesaria. Esto implica considerar especialmente a los Municipios, a los recicladores de base, gestores e intermediarios existentes.
- Establecer **programas para la incorporación del sector informal** (recicladores de base e intermediarios) en la REP y considerar el mejoramiento de sus condiciones laborales.
- Crear un **sistema de información, seguimiento y monitoreo** del cumplimiento de las metas de recuperación y del funcionamiento de la REP.
- **Modificar el marco legal respecto a las Municipalidades**, especialmente el D.L. sobre Rentas Municipales, para que puedan financiar sus servicios básicos de recolección y disposición final (actualmente alrededor del 70% de los habitantes de Chile no pagan por estos servicios). Otra complicación de fondo de las Municipalidades es que los municipios no deben lucrar o emprender actividades empresariales, por lo que en principio no pueden cobrar o vender residuos reciclables.
- **Definir metas de recuperación y/o valorización para todos los residuos reciclables** (como en la UE) y no sólo para los EyE.

¹⁰ Como valor de referencia, en Alemania se gastó durante más de diez años aproximadamente 100 millones de marcos por año, equivalente a 1 Euro por persona y año, o un 5% del costo anual de la REP.

- Considerar la incorporación de **tritadoras de vidrio** a partir de transportes terrestres de distancias mayores a 500 km hacia los destinos de valorización.
- En general, favorecer el **transporte marítimo** antes del terrestre, para disminuir así las emisiones de CO₂ y ahorrar energía.
- Investigar y fomentar **otros usos del vidrio** usado en zonas extremas, por ejemplo para usos constructivos.
- **Normar la información** a usuarios respecto a los materiales de los EyE y su reciclabilidad, manejo y entrega adecuados.

Finalmente, es importante recordar que la presente evaluación está basada en una serie de **supuestos**, que pueden no corresponder totalmente a la realidad o que simplemente podrían cambiar en el transcurso del tiempo. En consecuencia, existen **riesgos** asociados a la implementación de la REP, especialmente en el ámbito económico, dado que podrían cambiar las condiciones del comercio exterior e interior. Por ejemplo, debe observarse en este contexto la **reforma tributaria** de Chile y la eventual aplicación de **impuestos verdes que podría distorsionar el mercado**.

7 BIBLIOGRAFÍA

Censo Población 2002, INE y Proyecciones de Población INE-CELADE

CONAMA - UDT. 2010. Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional sobre Residuos Sólidos de Chile.

Encuesta CASEN 2009, MIDEPLAN

Encuesta de Presupuestos Familiares 2007, INE

MINISTERIO MEDIO AMBIENTE ESPAÑA. 2004. Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPG). Documento BREF de Mejores Técnicas Disponibles en la Industria de Fabricación de Vidrio