

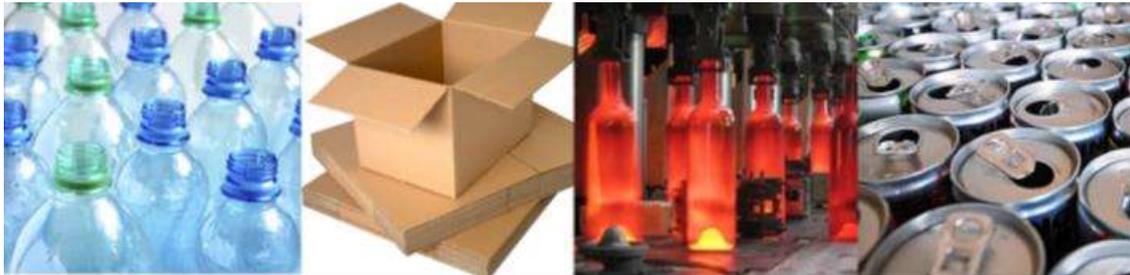


Agencia de
Sustentabilidad y
Cambio Climático



**APL SECTOR ENVASES Y EMBALAJES
L1-33/2015**

Centro De Envases y Embalajes de Chile, CENEM



INFORME CONSOLIDADO GESTION RESIDUOS PILOTO REP

Preparado por



**C y V Medioambiente Ltda.
Enero 2018**

Contenido

1. Antecedentes	2
2 Resultados	6
2.1 Viviendas participantes	6
2.2 Cantidad total de residuos recolectados y clasificados.....	6
2.3 Materiales y tipos de envases recuperados y clasificados.....	11
2.4 Estimación de Tasas de recuperación de residuos de envases.....	12
2.5 Destino de los materiales y tasas de reciclaje.....	16
2.6 Costos de recuperación y clasificación.....	18
2.7 Aspectos críticos detectados en el desarrollo del piloto	19
2.8 Estimación de emisiones reducidas por materiales recuperados y clasificados para reciclaje ..	20

provisto de maxisacos de 1 m³ para el acopio transitorio de cada tipología de residuo manteniendo la segregación realizada en cada casa para luego ser entregada a un centro de acopio para su clasificación específica.



Figura 2 Camión de Recolección

A los vecinos se les entregó un kit de 3 bolsas para el almacenamiento y entrega de residuos (ver figura 3). Para la segregación de residuos en los hogares se propuso una separación en tres fracciones: papel y cartón (bolsa azul), vidrio (bolsa verde) y envases livianos (plásticos, metales en bolsa amarilla). Para apoyar dicha separación se entregó una guía informativa respecto de los materiales que debían ser separados para recuperación en cada color de bolsa (ver figura 4).



Figura 3 Bolsas para recolección de residuos

Vecin@ recicla en tu barrio

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
ENVASES DE ALUMINIO Y OTROS METALES	SOLO ENVASES Entregalos limpios, sin restos de alimentos, líquidos o grasas. Enjuágalos para limpiarlos. Aplástalos y colócalos en la bolsa.
ENVASES TETRA PAK	Entregalos limpios, sin restos de alimentos o líquidos. Desarma la caja y dale un pequeño enjuague para limpiarlos. Aplástalos y amárralos si es posible.
BOTELLAS DE PLÁSTICO PET 1	Entregalos sin restos de líquidos u otros residuos en su interior. Enjuágalos para limpiarlos.
BOTELLAS Y ENVASES DE PLÁSTICO PEAD 2	Aplástalos y colócalos en la bolsa. Retira etiqueta y tapa plástica y dispón en la misma bolsa.
ENVASES, BANDEJAS, VASOS Y EMBALAJES DE PS (PLUMAVIT)	 Entregalos limpios, sin restos de alimentos, dale un pequeño enjuague para limpiarlos y aplástalos para que ocupen menos volumen.
CAJAS Y ENVASES DE CARTÓN CORRUGADO Y LISO	Entregalos sin otros materiales en su interior, desarmadas y aplastadas.
DIARIOS, REVISTAS, PAPEL Y ENVASES DE CARTÓN	Entrega residuos limpios y sin mezcla con otros materiales. Entrega cajas desarmadas y aplastadas. Apila las cajas de huevos.
BOTELLAS Y FRASCOS DE VIDRIO	SOLO ENVASES Entrega sin restos de líquido. Sin tapas metálicas, de plástico o corchos. Enjuágalos para limpiarlos. <i>(NO MEZCLAR CON LOZA, CERÁMICA, VIDRIO DE VENTANAS, ESPEJOS, VASOS, FRASCOS DE PERFUME).</i>



CONTACTO	medioambiente@providencia.cl ☎ 224454195	info@cenem.cl ☎ 22250117	contacto@hopechile.cl ☎ 9 9309 7608
-----------------	---	-----------------------------	--

Figura 4 Guía informativa para separación de residuos

Los residuos recolectados se entregaron a la Empresa Rembre SPA en Colina (instalación de recepción y almacenamiento), quien llevó un registro de los distintos tipos de residuos recolectados y su destino para mantener la trazabilidad del proceso completo. Por acuerdo dentro del proyecto, los residuos de vidrio se almacenaron en campana de la empresa Cristalerías Toro, destinada sólo para material del piloto, ubicada en vivero de la Municipalidad desde donde era retirado directamente por la empresa.

En las instalaciones de Rembre se pesó cada maxisaco para el control de peso y volumen del material entregado, registrándose la cantidad de cada uno de los materiales recibidos, según formato de la Tabla 1, como también el material de rechazo para mantener información detallada.

Tabla 1 Formato de registro de material clasificado

PESAJE REMBRE (Kg)																			
Botellas PET (1)	Envase duro PEAD (2)	Bolsas PEBD (4)	Bolsas PP (5)	Tapas botellas PP (5)	Envases de Yogurt PS(6)	Envases y bandejas PS (6)	Cartón para bebidas	Tarros de conservas	Latas Al	Diarios	Papel Blanco	Papel mixto	Envases de cartón lisos	Cartón corrugado	Cajas de Huevos	Frascos y botellas de virio	TOTAL	cantidad mermas (kg)	%

Los materiales fueron clasificados y dispuestos en fardos o compactados para su almacenamiento y posterior entrega a los diferentes gestores que participan en el piloto y otros.



Figura 5. Actividades en instalaciones de Rembre, Colina

2 Resultados

2.1 Viviendas participantes

Si bien al inicio del piloto aceptaron participar los vecinos de 206 viviendas la entrega efectiva se inició con un número menor; sin embargo, se determinó un aumento de participación en los primeros meses, estabilizándose en un promedio cercano a **155 viviendas por mes, equivalentes al 68%** del total adscrito al término del piloto (227 viviendas). En los meses 9 y 10 se generó una caída, lo cual puede explicarse porque correspondió a los meses de vacaciones (enero y febrero), aunque el valor promedio se recuperó en marzo y abril.

La participación individual de las viviendas no fue constante, ya que en algunos retiros participaban algunas viviendas que en el siguiente no lo hacían.

Indicadores de participación:

- N° total de viviendas que se integraron al programa: 227 viviendas
- % viviendas que se integraron respecto al total: 10,2% sobre la base inicial (210 viv.)
- N° total de vecinos involucrados al término: 794 habitantes

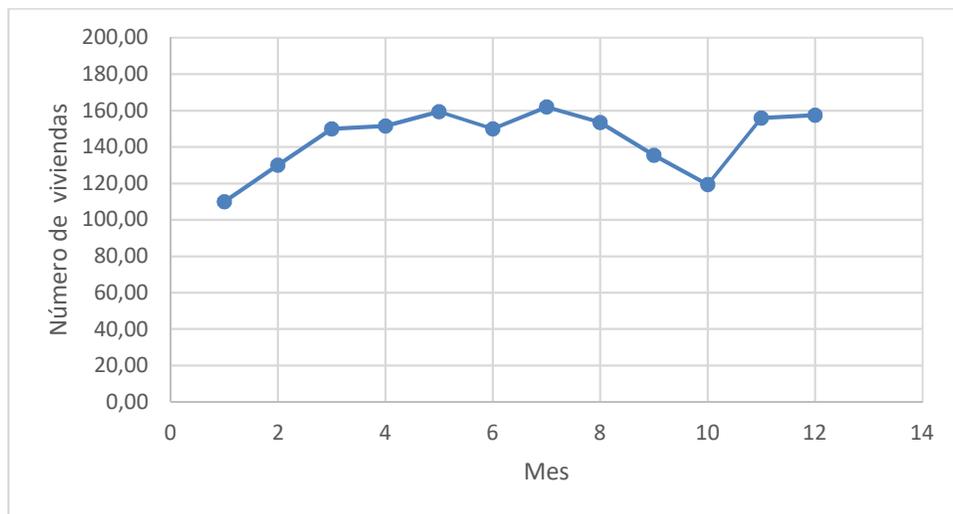


Figura 6 Promedio mensual de viviendas participantes

2.2 Cantidad total de residuos recolectados y clasificados

Al término del piloto se recuperó un total de 27.660,1 kg de residuos; luego de clasificar se enviaron 26.529,6 kg para reciclaje, equivalentes al 95,9% del material entregado por los vecinos.

La cantidad total de material rechazado, o merma promedio, fue de un 4.1%, la cual fue reduciéndose en el tiempo respecto del valor informado al mes 4 (5,9%) y el mes 8 (4,7%). El principal aporte a las mermas correspondió a los envases livianos, en particular los plásticos. El promedio de mermas fue de 0% para vidrio, 3,6% para papel y cartón y 15,9% para envases livianos.

Considerando las cantidades en peso, el principal material recolectado y clasificado fue papel y cartón (51,9%), seguido de vidrio (35,9%) y finalmente envases livianos (12,2%).

Es importante indicar que, dentro de la **fracción de papel y cartón, sólo un 23,2% del total recuperado y clasificado corresponde a residuo de EyE**, ya que el 76,8% restante correspondió a diarios y papel (total 10.568 kg, equivalente al 39,8% del total de material clasificado)

Tabla 2. Resumen cantidades recolectadas y clasificadas hasta el Mes 12

Material	Total recuperado Kg	Total clasificado Kg	% clasificado respecto al total	Mermas Kg	Mermas %
B. Amarilla: plásticos, metal, cartón para bebidas	3843,2	3231,6	12,2%	611,6	15,9%
B. Azul papel y cartón	14285,0	13766,1	51,9%	518,9	3,6%
B. Verde: vidrio	9531,9	9531,9	35,9%	0,0	0,0%
Total	27660,1	26529,6	100,0%	1130,5	4,09%

Al evaluar los datos en función del volumen de los materiales predominan los envases livianos con un 49,7%, seguido de papel y cartón (35,5%) y luego vidrio (14,8%). Lo anterior se explica porque los residuos de EyE livianos como plásticos y de tetra aún se entregan sin aplastar, ocupando un espacio importante, aunque se observa una baja leve del porcentaje de envases livianos respecto del valor obtenido al mes 4 (51%). El volumen total recolectado ascendió a 225,03 m³ en los 12 meses.

Tabla 3 Resumen de volumen recuperado y densidad por material

Material	volumen recuperado (m ³)	%	Densidad (kg/m ³)
B. Amarilla: plásticos, metal, tetra	112,01	49,78%	31,2
B. Azul papel y cartón	79,6	35,37%	179,5
B. Verde: vidrio	33,42	14,85%	285,1
Total	225,03	100%	

El detalle de las cantidades recolectadas por material y por mes se indica en la siguiente figura. Durante el mes 1 se obtuvo una mayor recuperación, lo que se explica porque parte de los vecinos habían acumulado material en espera del inicio del piloto. Entre el mes 2 y 3 se observa un aumento producto de que se incorporaron más viviendas a la recolección. El mes 4 se observó una leve baja, lo que puede explicarse por el periodo de vacaciones de fiestas patrias del mes de septiembre donde mucha gente deja sus hogares. Posteriormente se observa un leve aumento, para reducirse nuevamente el mes 9 y 10 (enero y febrero de 2017), correspondiente a período de vacaciones de verano.

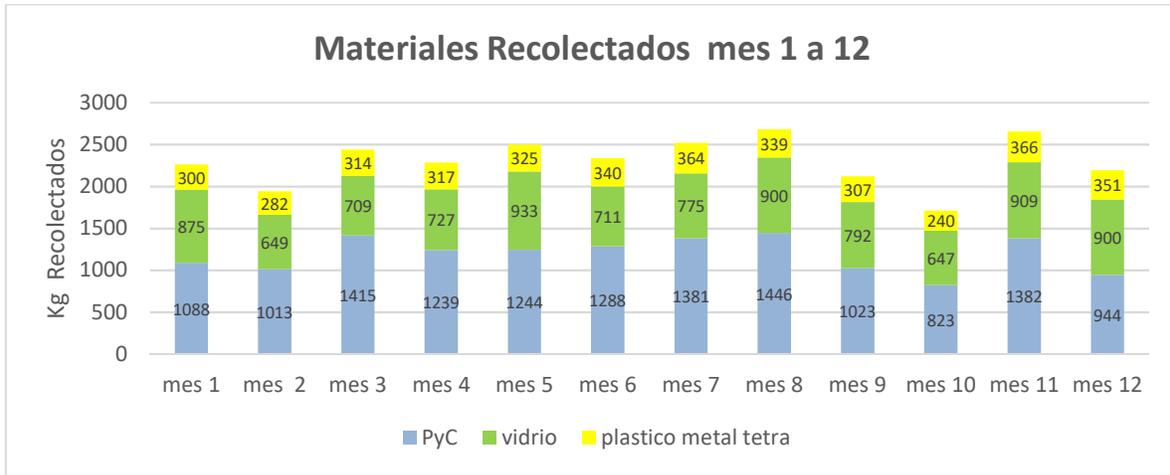


Figura 4 Variación mensual de materiales recolectados

La información anterior, considerando un indicador en base a las viviendas participantes por mes se muestra en la siguiente figura, donde se observa más claramente la diferencia en el mes 1. Del mes 2 al mes 12 se observan valores bastante constantes para envases livianos y vidrio, en tanto papel y cartón presenta mayor variación tendiendo a caer en los últimos 4 meses.

Dado que el grupo objetivo es acotado es posible utilizar el indicador en base a viviendas, aunque el indicador más efectivo es por habitante. Sin embargo, para transformar a kg/habitante sólo se debe dividir por la tasa de habitante promedio/vivienda, que en este caso es 3,495.

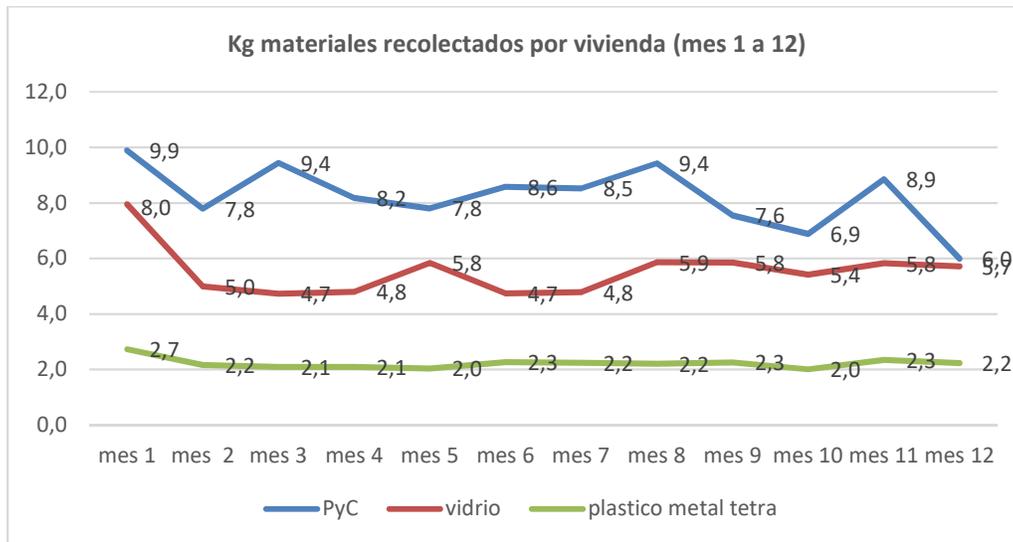


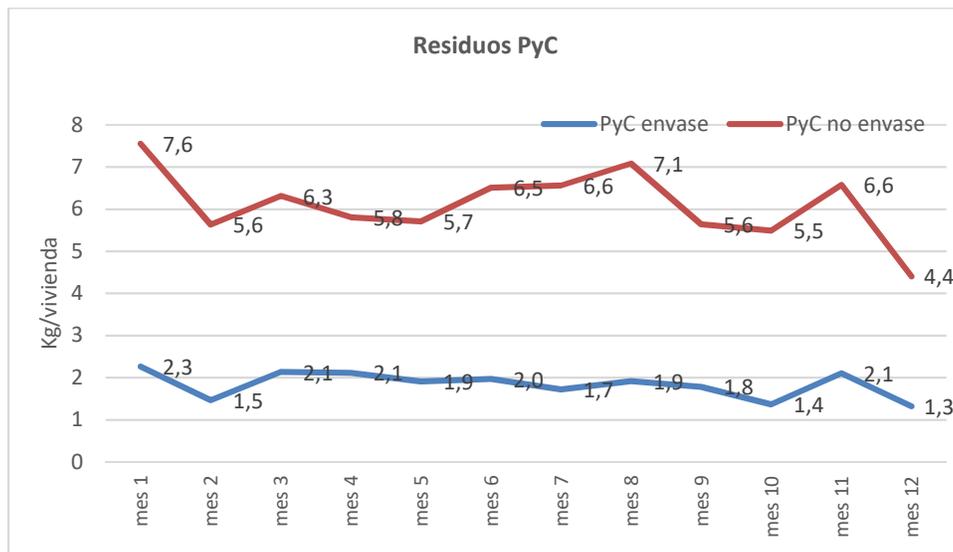
Figura 5 Variación mensual de materiales recolectados en función de viviendas participantes

Los valores promedio, desviación estándar, mínimos y máximos, evaluados entre el mes 2 y 12 se indican en la siguiente tabla. No se considera el mes 1 por la condición de acumulación indicada previamente.

Tabla 4 Valores promedio kg/vivienda-mes recuperado

Material	Promedio	Desviación estándar	% Desviación	Mínimo	Máximo
Papel y Cartón	8,1	± 1,045	±12,9%	6,0	9,4
Vidrio	5,3	± 0,512	± 9,6%	4,7	5,9
Envases livianos (plástico, metal, cartón para bebidas)	2,2	± 0,106	± 4,9%	2,0	2,3
Total	15,6	± 1,058	± 6,8%	13,9	17,5

El orden de magnitud de las desviaciones obtenidas se considera razonable, dado que existen factores de estacionalidad u otros que influyen en la mayor o menor proporción de envases de uno u otro tipo. Sin embargo, para lograr explicar parte de las desviaciones indicadas en la tabla anterior se analizaron los datos en forma más detallada, en particular para papel y cartón, lo cual se indica en las siguientes figuras.

**Figura 6 Variación mensual de los residuos de papel y cartón recuperados**

Para papel y cartón, inicialmente se diferenciaron los residuos recuperados entre Envases y No Envases (diarios, revistas y similares). De los datos de la figura 6 se verifica que la mayor variación la presentaron los residuos de PyC que no son envases (promedio $6,1 \pm 0,8$). En tanto los residuos de envases de PyC recuperados se mantuvieron más constantes, con un promedio de $1,84 \pm 0,3$ kg/vivienda.

Para visualizar mejor cual es el producto que presentó mayor variación se realizó un análisis comparativo por mes, lo que se detalla en la figura 7. Se determinó que la mayor variación fue producto de residuos de PyC no envases del tipo diarios y papel mixto o revistas, los cuales correspondieron a las mayores cantidades recuperadas (el papel blanco presenta leves variaciones). En cuanto a los residuos de envases de PyC, estos presentaron valores promedio menores a 1 kg/vivienda. En el caso particular de los cartones para bebidas, estos presentaron valores cercanos a 0,5 kg/vivienda en todos los meses de evaluación.

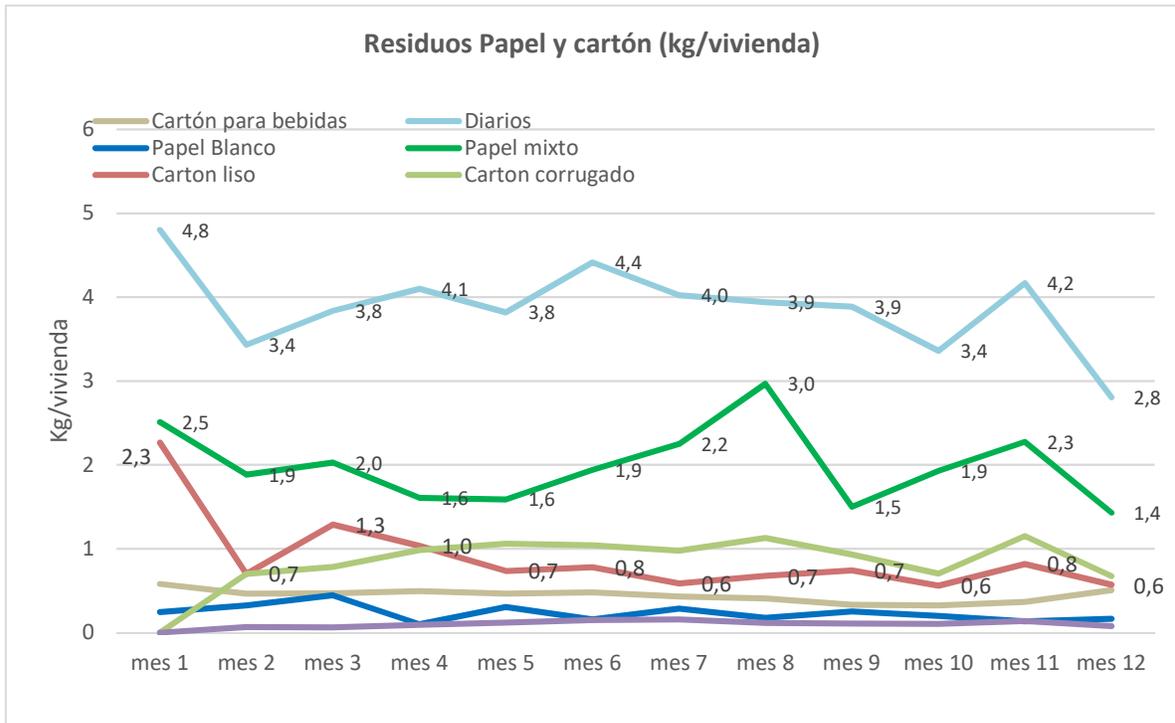


Figura 7 Variación mensual de los residuos individuales de papel y cartón recuperados

Las figuras 8 y 9 muestran un detalle similar para la fracción de metal y de plástico, que corresponden en su totalidad a envases. En ambos casos, los valores de recuperación mensual se muestran bastante constantes.

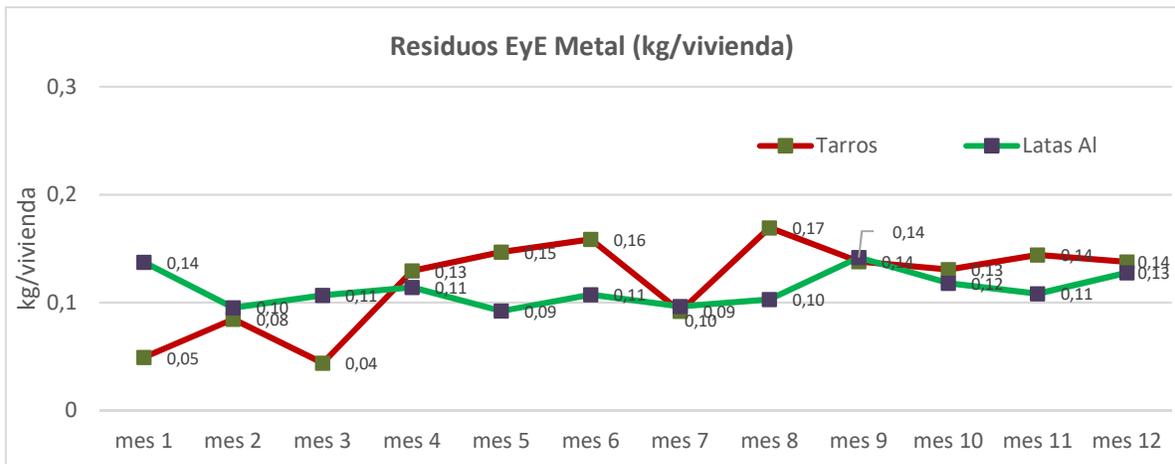


Figura 8 Variación mensual de los residuos individuales de envases de metal

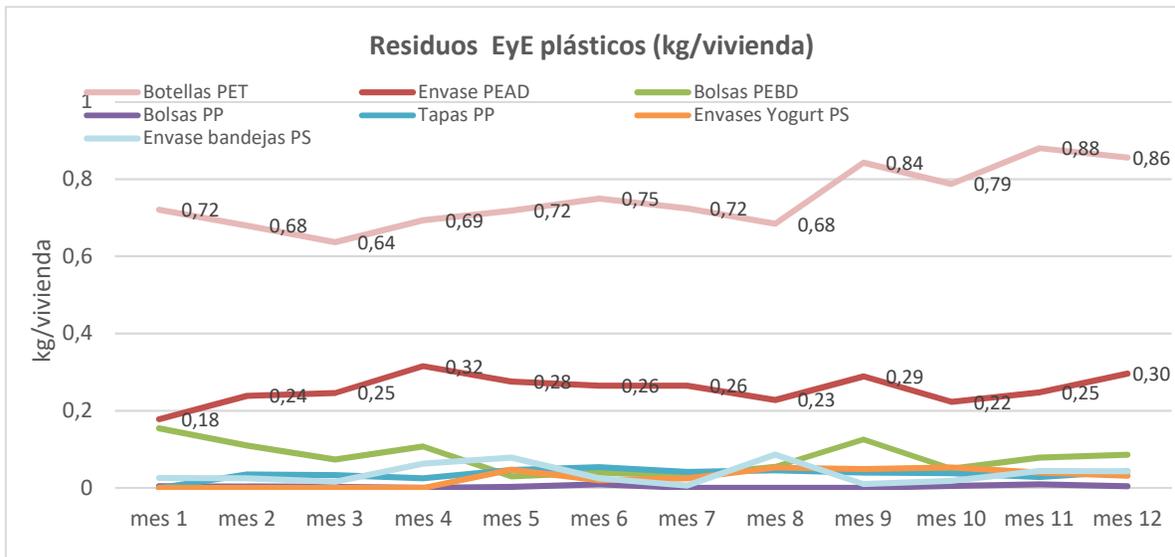


Figura 9 Variación mensual de los residuos individuales de envases plásticos

2.3 Materiales y tipos de envases recuperados y clasificados

En base a la clasificación de los materiales recuperados se obtuvo la diferenciación por tipo de envase que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6 Clasificación de residuo recuperado y clasificado por material y tipo de envase

Tipo de Material	Tipo de residuo	Kg clasificados	% (en peso) del total	
Plásticos	Botellas PET (1)	1297,8	4,89%	% total material 7,8%. PET representa 63% del total.
	Envase duro PEAD (2)	447,8	1,69%	
	Bolsas PEBD (4)	131,9	0,50%	
	Bolsas PP (5)	6,1	0,02%	
	Tapas botellas PP (5)	63,7	0,24%	
	Envases de Yogurt PS(6)	46,9	0,18%	
	Envases y bandejas PS (6)	65,8	0,25%	
Metal	Tarros de conservas	209,2	0,79%	% total material 1,5%.
	Latas Al	193,3	0,73%	
Papel y cartón	Diarios	6719,2	25,33%	% total material 51,9%. Material No Envase representa 76,8% del total. Cartón representa 21,1% del total
	Papel Blanco	402	1,52%	
	Papel mixto (revistas/boletas/afiches)	3446,8	12,99%	
	Envases de cartón liso	1508,1	5,68%	
	Cartón corrugado	1510,7	5,69%	
	Cajas de Huevos	179,3	0,68%	

Tipo de Material	Tipo de residuo	Kg clasificados	% (en peso) del total	
Multicomponentes	Tetra pak	769,1	2,90%	
Vidrio	Frascos y botellas de vidrio	9531,94	35,93%	
	TOTAL	26529,64	100,0%	

Los valores promedio de recuperación por vivienda y por habitante, y su variación para cada tipo de material/producto se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 7 Valores promedio de recuperación y variación por material/producto (kg/vivienda-mes)

		Promedio (kg/viv.-mes)	Desviación estándar	% Desviación	Total recuperado Kg/viv.-año	Total recuperado Kg/habit-año
Plástico	Botellas PET	0,748	0,077	10,4%	8,97	2,57
	Envase PEAD	0,255	0,037	14,5%	3,07	0,88
	Bolsas PEBD	0,079	0,040	50,4%	0,94	0,27
	Bolsas PP	0,004	0,003	90,6%	0,04	0,01
	Tapas PP	0,036	0,014	38,6%	0,43	0,12
	Envases Yogurt PS	0,027	0,013	48,1%	0,32	0,09
	Envase bandejas PS	0,037	0,027	72,4%	0,44	0,13
Vidrio	Envases vidrio	5,546	0,900	16,2%	66,55	19,04
Compuestos	Cartón para bebidas	0,444	0,075	17,0%	5,32	1,52
Metal	Tarros	0,119	0,041	34,9%	1,42	0,41
	Latas Al	0,112	0,016	14,4%	1,35	0,39
Papel (no envase)	Diarios	3,882	0,515	13,3%	46,59	13,33
	Papel Blanco	0,233	0,097	41,7%	2,79	0,80
	Papel mixto	1,992	0,452	22,7%	23,91	6,84
Papel y cartón (envase)	Cartón liso	0,896	0,479	53,4%	10,76	3,08
	Cartón corrugado	0,845	0,315	37,3%	10,14	2,90
	Cajas Huevos	0,100	0,044	43,6%	1,20	0,34

Se determinó que las mayores recuperaciones per cápita de residuos de EyE son para vidrio, cartón liso y corrugado y para botellas PET.

2.4 Estimación de Tasas de recuperación de residuos de envases

Para determinar las tasas de recuperación se requiere inicialmente establecer las cantidades de residuos domiciliarios totales generados y la proporción que corresponde a los materiales de interés, en particular a envases.

De acuerdo con los resultados del muestreo y análisis de composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios en la UV10, realizado en forma previa al inicio del piloto, un 46,2% en peso del total correspondería a los materiales de interés del piloto (ver figura 10 y tabla 8).

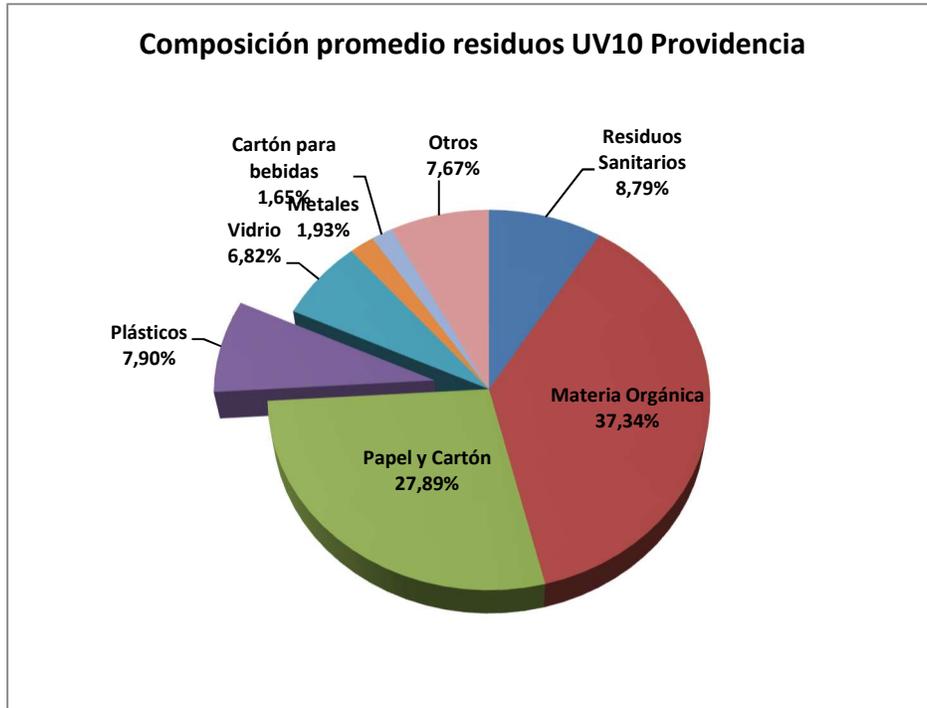


Figura 10 Composición promedio de residuos en el área del piloto

Basados en el detalle de materiales identificados en dicho estudio de composición, se determinó que un 22,06% del total de residuos domiciliarios correspondería a envases y embalajes, lo cual representa un 47,8% del total de los materiales de interés, según se indica en la siguiente tabla y figura.

Tabla 8 Estimación de la fracción de EyE

Materiales de interés	Total materiales	Total envases	% Material que es envase
Papel y Cartón	27,89%	5,82%	20,89%
Plásticos	7,91%	6,20%	78,4%
Vidrio	6,82%	6,82%	100,0%
Metales	1,93%	1,57%	81,3%
Compuestos (cartón para bebidas)	1,65%	1,65%	100,0%
Total Categorías Residuo	46,20%	22,06%	47,8%

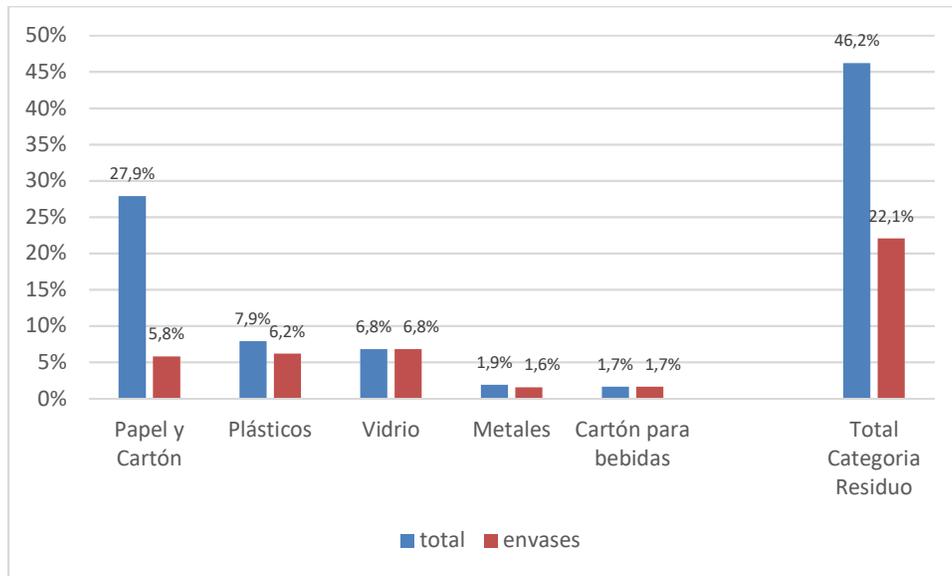


Figura 11 Comparación de fracciones de materiales y envases generados

De acuerdo con lo anterior se puede inferir que **en el caso de vidrio, metales y cartón para bebidas prácticamente la totalidad del material corresponde a envases**, Sin embargo, en el caso de **plásticos la proporción es cercana al 80%**, en tanto para **papel y cartón la proporción no supera el 21%**. Estos datos son consistentes con otros estudios de composición desarrollados previamente a nivel nacional.

Por otra parte, y de acuerdo con información de la Municipalidad de Providencia, la generación per cápita promedio de residuos sólidos domiciliarios en la comuna bordea los 1,6 kg/habitante-día y en el área del piloto el número promedio de habitantes por vivienda es de 3,495.

En base a dichos valores y al número de viviendas que entregaron materiales en cada retiro fue posible estimar la generación total de residuos en el área del piloto y determinar los porcentajes de recolección de residuos de EyE como promedios mensuales (ver figura 12).

En los 12 meses, sin considerar el mes 1 (donde se determinó que había una distorsión por acumulación previa de materiales por parte de los vecinos), el promedio de recuperación sobre el total de residuo domiciliario generado bordea el 10%. Si se considera sólo el volumen de materiales de interés en los residuos (descontando la fracción de residuos orgánicos y otros inorgánicos) el porcentaje de recuperación sube a 22% promedio.

Sin embargo, al evaluar la recuperación sobre la fracción estimada que sería efectivamente EyE, **el porcentaje de recuperación es de 28,5% promedio** (sin considerar el aporte de material que no corresponden a envases). El mayor aportante a estos resultados es la fracción de vidrio, seguido por papel y cartón y finalmente la fracción de envases livianos (plásticos, metal y tetra en bolsa amarilla).

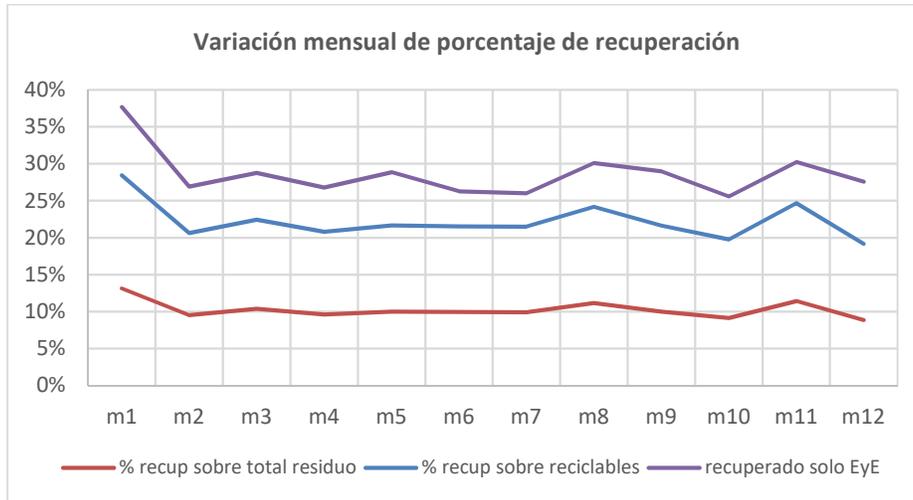


Figura 12 Porcentajes mensuales de recuperación

Por otra parte, y tomando como base la cantidad de material recolectado para reciclaje en todo el municipio de Providencia el año 2015 bajo modalidad de entrega (puntos verdes, contenedores en edificios, entre otros), la cual ascendió a 3.401 toneladas para los materiales de interés¹, y considerando el total de habitantes de la comuna se puede determinar un indicador base de cantidad recuperada per cápita, el cual se compara con el valor obtenido por el piloto para el total de materiales recuperados, bajo modalidad de recogida selectiva casa a casa, en sus 12 meses de operación, considerando el total de habitantes involucrados en el piloto.

Tabla 9 Estimación de recuperación per cápita materiales de interés

Ítem	Dato comuna	Dato piloto (mes 12) total
Habitantes	130.000	794
Cantidad recuperada (kg)	3.401.000	27.660,1
tasa recuperación per cápita (kg/hab año)	26,2	34,8

Incluye todos los materiales recolectados

El valor obtenido para el **indicador de recuperación del piloto** (modalidad puerta a puerta) fue de 34,8 kg/habitante- año, el cual fue un 33,2% mayor al indicador obtenido el año 2015 para el total de la comuna (modalidad de entrega). Este valor se determina en base al total de población involucrada.

Considerando sólo los residuos de EyE (es decir, descontando las cantidades de la fracción de papel y diarios), se determinaron los siguientes indicadores totales y por materiales per cápita para el piloto, detallados en las tablas siguientes:

- Generación de residuos de EyE: 75,6 kg/hab – año (estimado en base a composición)
- Residuos de EyE recuperados: 21,5 kg/hab – año (tasa recuperación 28,5%)
- Residuos de EyE clasificados: 20,7 kg/hab – año

¹ Fuente: Municipalidad de Providencia

Tabla 10 Tasa recolección e Indicadores per cápita residuos EyE

Residuos	EyE total generado kg (estimación)	EyE recolectado kg	Tasa recolección lograda (%)	Generación per cápita (kg/hab-año)	Recolección per cápita (kg/hab-año)
Papel y cartón	15.831	3.717	23,5%	19,9	4,7
plásticos, metal, cartón para bebidas	25.627	3.843	15,0%	32,3	4,8
Vidrio	18.578	9.532	51,3%	23,4	12,0
Total	60.036	17.092	28,5%	75,6	21,5

En el caso particular de los envases livianos, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11 Tasa recolección e Indicadores per cápita residuos envases livianos

Residuos	EyE total Generado kg (estimación)	EyE recolectado kg	Tasa recolección lograda (%)	Generación per cápita (kg/hab-año)	Recolección per cápita (kg/hab-año)
Plástico	16.869	2.621	15,5%	21,2	3,3
Metal	4.269,8	403	9,4%	5,4	0,5
Cartón para bebidas	4.488,2	819	18,3%	5,7	1,0
Total	25.627	3.843	28,5%	32,3	4,8

En base a los datos evaluados se determinó una mayor tasa de recuperación para vidrio, seguido de papel y cartón y luego la fracción liviana. Dentro de la fracción liviana, los cartones para bebida presentaron la mayor tasa de recuperación, seguido de plásticos (principalmente por el PET recuperado y en menor proporción PEAD – ver tabla 6).

2.5 Destino de los materiales y tasas de reciclaje

El 99,8% de los residuos clasificados se destinaron a empresas gestoras para su posterior valorización. Sólo los envases de yogurt y bolsas de PP no tuvieron destino (0,2% del total, equivalentes a 54,6 kg de material).

Tabla 12 Destino de los residuos clasificados

Material	Empresa destinataria	Pretratamiento
Botellas (PET 1)	Recipet y Reciclados Industriales	Botellas transparentes separadas de las de color
Envase duro (PEAD 2)	Greenplast	Con triple lavado, paletizado y enfardado
Bolsas (PEBD 4)	Cambiaso	Enfardado y Limpio
Bolsas (PP 5)	No hay hasta el momento	almacenado
Tapas botellas (PP 5)	Converplast y Greenplast	Grandes cantidades (> a 5 ton)
Envases de yogurt (PS 6)	No hay hasta el momento	
Poliestireno y envases y bandejas (PS 6)	REMBRE	Rembre compacta térmicamente y se almacena en pallet. Luego se exporta.
Cartones para bebidas	Reciclados Industriales	Se vende compactado y enfardado

Tarros de conservas	Gerdau Aza	Se vende en sacas.
Latas	Metalum	Se vende compactado y enfardado
Diarios	Sorepa	Se vende en sacas
Papel Blanco	Sorepa	Se vende en sacas
Papel mixto (revistas/boletas/afiches)	Sorepa	Se vende en sacas
Envases de cartón lisos	Sorepa	Se vende compactado y enfardado
Cartón corrugado	Sorepa	Se vende compactado y enfardado
Cajas de Huevos	Sorepa	Se vende compactado y enfardado
Frascos y botellas de vidrio	Cristalería Toro	Recolectado desde campana

Descontando las pérdidas debidas a mermas en la clasificación (ver tabla 2) y el porcentaje de material enviado a valorización, se estimaron las siguientes tasas de reciclaje para los residuos de EyE considerando que el residuo de EyE generado es equivalente a los EyE puestos en el mercado, para uso domiciliario.

Tabla 13 Tasas de reciclaje para residuos de EyE

Residuos de EyE	EyE total generado kg (estimación)	EyE recolectado (kg)	Tasa recolección lograda (%)	EyE Clasificado y valorizado (kg)	Tasa reciclaje lograda (%)
Papel y cartón	15.831	3.717	23,5%	3.583	22,6%
Plástico	16.869	2.621	15,5%	2.005	11,9%
Metal	4.269,8	403	9,4%	403	9,4%
Cartón para bebidas	4.488,2	819	18,3%	769	17,1%
Vidrio	18.578	9.532	51,3%	9.532	51,3%
Total	60.036	17.092	28,5%	16.292	27,1%

Las mayores tasas de reciclaje se lograron para los envases de vidrio, seguidos de los envases de papel y cartón (donde predominan los residuos de cartón) y cartón para bebidas. Las menores tasas de reciclaje fueron para metal (donde se detectó que un porcentaje muy bajo de las latas de conservas generadas, de acuerdo con el estudio de composición, fueron segregadas) y para los plásticos (categoría donde el principal aportante fueron las botellas PET y envases de PEAD).

Por otra parte, las principales diferencias entre tasa de recolección y tasa de reciclaje se dan para plásticos, papel y cartón y cartón para bebidas en razón a pérdidas en la clasificación, las que se debieron en gran medida a materiales que llegaron contaminados. Sin embargo, en el caso de los plásticos, que presentan una mayor diferencia, se agrega el hecho de que en ocasiones no fue posible identificar el tipo de categoría de plástico por falta de rotulación o bien por tratarse de envases compuestos, con mezcla de distintas resinas plásticas, metal o papel.

Además, es importante mencionar que para la modalidad de recogida puerta a puerta, y como ocurre en otros países, la identificación de materiales recolectados puede llegar a nivel de grandes categorías por razones de logística de recolección (dificultad para separar en subcategorías específicas) y un mayor costo asociado.

Luego de la clasificación es posible identificar los materiales por subcategorías; sin embargo, se observa claramente que ciertos tipos de envases y materiales se encuentran presentes en mayor proporción (ver tabla 6) mientras que otros se presentan en cantidades mínimas, lo cual explica de algún modo porque a nivel internacional se han definido históricamente las metas de reciclaje por categoría de material y no por subcategoría, Como ejemplo se pueden mencionar la gran cantidad de envases de cartón vs las bandejas de pulpa o envases o bolsas de papel (que no aparecieron en la clasificación), o las botellas de PET contrastadas con bolsas de PP o envases de PS.

2.6 Costos de recuperación y clasificación

Costo de recolección selectiva y transporte

El costo de recolección selectiva y transporte correspondió a un costo fijo establecido inicialmente en función del número de viviendas adscritas al programa, el cual fue aumentando en el tiempo.

El costo de recolección promedio fue de \$13.046/ viv.- mes o \$ 3.733/habit- mes.

Para el total de la operación (12 meses), el costo de recolección promedio fue de \$156.552/ vivienda o \$ 44.793/habitante.

Si se evalúa en función de las toneladas recuperadas, el costo fue de \$1.153.000/tonelada

Costos de clasificación y pretratamiento

A lo anterior se debe agregar un costo fijo de clasificación y pretratamiento de 10UF/mes, en promedio \$ 267.000/mes, o \$ 3.204.000/año, equivalente a un 10% del costo total de recolección y transporte que tuvo el piloto. Si se considera el costo de recolección y pretratamiento, el valor total fue de \$1.268.353/t.

Como dato referencial se indica que los costos de recolección corresponden a más del 60% del costo de manejo de los residuos, la separación y reciclaje a cerca del 35% y la diferencia a otros costos de un sistema de gestión²

Ingresos por venta de residuos para reciclaje

En base a los precios indicados por Rembre, para los distintos tipos de residuos clasificados, el Ingreso total por venta de los mismos ascendería a cerca de 1,3 MM\$.

Comparación costo piloto vs costo operación puntos verdes y recolección tradicional (Municipalidad Providencia)

El municipio de Providencia opera 20 puntos verdes en forma directa para toda la comuna, desde los cuales se recuperó un total de 744 toneladas de residuos con un costo anual de 240 millones de pesos el año 2017, lo cual dió un costo promedio de aproximadamente \$322.500/tonelada recuperada en punto verde.

² Fuente Seminario CAMCHAL diciembre 2017

Por otra parte, el costo de recolección tradicional y transporte de residuos domiciliarios a relleno sanitario actualmente es cercano a \$ 30.000/t, mientras que el costo de derecho a puerta en relleno suma otros \$10.000/t, lo que da un total de \$40.000/t (distancia a estación de transferencia 19,4 km), por lo que comparativamente el costo de recolección en puntos verdes es 4 veces mayor.

Comparativamente el costo de recolección/tonelada del piloto **fue 4 veces más alto** que el costo de los puntos verdes del municipio.

Sin embargo, y con posterioridad al término del piloto el municipio de Providencia ha recibido presupuestos para recolección selectiva en 300 casas, con el fin de dar continuidad a la iniciativa, donde se ha logrado establecer un costo por vivienda casi un 50% menor al que tuvo el piloto. Si se mantiene una tasa similar de entrega en la recolección, el costo por tonelada podría bajar a cerca de \$630.000, valor solo cerca de 2 veces mayor al de la operación de los puntos limpios. Si la tasa de recuperación comienza a aumentar estos valores se acercarán aún más.

Se debe considerar, además, que el costo de recolección corresponde a un grupo limitado de viviendas y que éste debería bajar por economía de escala en la medida que aumente la cobertura de recolección. Por dar un ejemplo, la comuna de las Condes que cuenta con cobertura de retiro puerta a puerta indicó un costo de recolección selectiva para el año 2016 de \$275.632/t contra un costo de recolección tradicional de residuos a relleno \$ 41.081/t³.

El costo de recolección y transporte a instalación de clasificación se estableció en el piloto como un costo fijo en función del número total de viviendas adscritas al programa (en promedio 214 para los 12 meses) , y no al número de viviendas que entregan residuos (que fue en promedio de 155, equivalentes al 72,4% del promedio adscrito) por lo que en la medida que estos valores se acerquen, es decir, que aumente el número de participantes, podría aumentar las cantidades recolectadas y por ende el ahorro por venta para reciclaje, aun cuando el costo de recolección permanezca constante. Sin embargo, como la participación es un factor que depende de la entrega por parte del consumidor, se sugiere a futuro analizar el fijar este costo de recolección en función de las toneladas recuperadas.

2.7 Aspectos críticos detectados en el desarrollo del piloto

Dentro del desarrollo del piloto se detectaron los siguientes aspectos críticos que fueron evaluados por el equipo del APL y las empresas:

Entrega de residuos

En general el uso de bolsas separadas para la entrega de cada fracción de materiales funcionó apropiadamente, aunque se indicó que el tamaño de la bolsa para plásticos no era suficiente. Sin embargo, se debe considerar que para estos envases no se cumplió a cabalidad el aplastado para reducción de volumen solicitado.

Si bien al inicio del proceso y durante todo el desarrollo del piloto se insistió a los vecinos participantes en que los residuos de envases debían entregarse limpios y, en algunos casos, desarmados y aplastados, en la mayoría de los casos ello no se cumplió generando problemas en la

³ Fuente: Municipalidad de las Condes Oficio 86 del 24 enero 2018

etapa de recolección, por uso excesivo de espacio (principalmente por las botellas plásticas) o en la clasificación (material sucio o contaminado).

Como aspecto crítico se identificó la falta de sensibilización de los participantes en la comunidad empadronada, incluyendo a cada uno de los integrantes de la familia, y la falta de capacitación en segregación y clasificación de residuos en los hogares, aun considerando que inicialmente se entregó una guía de recomendaciones para la separación y se realizó una jornada de reforzamiento, agregándose el control realizado por los operarios del camión. Sin embargo, se concluyó que no fue suficiente y que este aspecto requiere de un fuerte reforzamiento.

Una situación adicional se detectó al incorporarse viviendas en edificios, donde la entrega de los residuos en bolsas por cada vivienda no fue posible y debió incluirse un cambio de logística de recolección consistente en la instalación de contenedores comunes para que los vecinos dejaran sus residuos separados en las tres fracciones.

Recolección y transporte

Para el proceso se costó con un camión de aproximadamente 5 m³ de capacidad, el cual bajo las condiciones de entrega por sector (residuos sin reducción de volumen) operó a capacidad máxima e incluso en ocasiones prácticamente no dio abasto. Por otra parte, la logística de recolección fue de alto costo unitario, como se indicó en el punto anterior, lo que se explica en parte por la condición limitada del tamaño del piloto, estableciéndose que, al aumentar la cantidad de viviendas, se podrían reducir en parte estos costos. Por otra parte, si aumenta el requerimiento de recolección selectiva también se logrará un mejor precio por vivienda desde los gestores de recolección al aumentar la oferta.

En este aspecto, una mejora en las condiciones de entrega de los residuos, sobre todo reduciendo el volumen de los plásticos, permitirá también reducir en parte los costos de transporte.

Clasificación de residuos y reciclaje

Las principales problemáticas en la clasificación se dieron por la presencia de residuos contaminados (sucios, con restos de líquidos), lo cual deriva de la situación descrita en la etapa de separación y entrega de residuos por parte del consumidor. Sin embargo, se determinó que un especial punto crítico en la etapa debido a la presencia de residuos plásticos sin rotular (falta de número de identificación básica) o mal rotulados, lo cual en algunos casos no permitió incorporar dichos envases a las fracciones clasificadas. Esta situación afecta directamente a las empresas fabricantes y el control del rotulado por parte de las empresas productoras de bienes envasados.

En la etapa final de destino a reciclaje, la mayoría de los materiales pudieron enviarse a gestores de recuperación y valorización autorizados; sin embargo, subsiste aún un bajo porcentaje de material (ciertos tipos de plásticos) donde aún no se han desarrollado tecnologías de valorización (bolsas de PP y algunos tipos de PS).

2.8 Estimación de emisiones reducidas por materiales recuperados y clasificados para reciclaje

Considerando la recuperación de los distintos materiales a través de reciclaje se pudo estimar una reducción indirecta de emisiones de carbono equivalente, la que equivale en los doce meses a un total de 10.970 kg CO₂ equivalente.

Tabla 14 Estimación de reducción emisiones indirectas reducidas

	Plásticos	Pet	Tetra pak	hojalata	Aluminio	Papel	Cartón	Vidrio
Factor de emisión (*)	1,22	2,36	0,3	2,15	3,54	0,2	0,2	0,3
Total materiales (kg)	762,2	1297,8	769,1	209,2	193,3	10568,0	3198,1	9531,9
Total emisión reducida	929,9	3062,8	230,7	449,8	684,3	2113,6	639,6	2859,6

(*) Fuente: BIR 2008. Report on the environmental benefits of recycling. Imperial College. London

Esta reducción se basa en la diferencia de los factores de emisión del uso de materia prima virgen (extracción de recursos) y el uso de material reciclado.

No se considera una variación de emisiones por transporte debido a que se asumen las mismas condiciones de transporte para lo recuperado vs el sistema tradicional de recogida para eliminación en relleno sanitario.

Por otra parte, se puede estimar también una reducción de emisiones por el hecho de que el material clasificado no será dispuesto el relleno o vertedero. El factor de emisión para disposición es de 199 kg CO₂/t, lo que da un total para el periodo de 5279 kg CO₂ equivalente reducidos en forma adicional.

La **reducción total alcanzó a 16,25 t CO₂ eq**, lo cual es equivalente a lo que absorben 32 árboles medianos en 50 años.