



Escuela de Postgrado

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MODELOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SECOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

TESIS PRESENTADA PARA EL CUMPLIMIENTO PARCIAL DE
LOS REQUERIMIENTOS PARA EL TÍTULO DE MAGISTER EN
GESTIÓN AMBIENTAL

Nombre y Apellido del Alumno: Melisa Soledad Wilkinson

Título de grado: Licenciada Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Nombre y Apellido del Tutor de tesis: Mg. Lic. Liliana María Bertini

Título y lugar de trabajo: Magister en Gestión Ambiental, Licenciada en Ciencias Químicas, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Director de Carrera: Ing. Julio Torti

Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Noviembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

En este apartado quisiera agradecer a todos los profesores de la maestría por su paciencia, amabilidad y profesionalismo con los que nos enseñaron en los años que duró la carrera.

Mención especial para mi tutora, Mg. Liliana Bertini, por su apoyo y dedicación, sus rápidas correcciones y devoluciones, y por motivarme a presentar el trabajo final.

A mis compañeros de la cohorte de 2014, que siempre están presentes en mis mejores recuerdos.

A la Dirección General de Reciclado, tanto al Director General como a todo su equipo, por la información brindada, las buenas energías y las ganas de seguir aprendiendo y mejorando.

A la Dirección General de Tratamiento y Nuevas Tecnologías, en especial al Director General y al equipo de Nuevas Tecnologías, que siempre están buscando nuevas formas de cambiar el mundo.

A mi familia, a Gastón, a Juno y a Branca, que siempre están presentes, me sostienen y me apoyan en todo lo que me propongo.

CONSIDERACIONES

El presente trabajo se basó en el análisis del Sistema de Higiene Urbana para la Fracción de Residuos Secos que desarrolla el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Se deja constancia que los datos analizados corresponden al estado de situación al mes de noviembre de 2018 y, consecuentemente, no necesariamente representan la situación actual en materia de gestión integral de materiales reciclables.

ÍNDICE

Índice de figuras	6
Índice de tablas.....	7
Índice de gráficos	9
Listado de abreviaturas y acromáticos	10
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	15
2.1. Ciclo de vida de los Residuos Sólidos Urbanos	15
2.2. Normativa relevante en materia de Residuos Sólidos Urbanos.....	16
2.3. Características del área de trabajo	19
2.4. Gestión integral actual de los materiales reciclables	23
2.4.1. Diferencias entre Recuperadores Ambientales y Recuperadores Urbanos.....	23
2.4.2. Sistema de acopio y recolección.....	25
2.5. Problemática asociada a la gestión de residuos secos	29
2.6. Objetivo general y específico del trabajo	34
3. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA.....	36
3.1. Experiencias en el mundo: Responsabilidad Extendida del Productor	36
3.2. Alternativa de recuperación de materiales reciclables: incorporación de Recuperadores	41
4. MÉTODOS Y MATERIALES.....	43
4.1 Estimación de la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA	43
4.2 Estimación de la composición de los materiales reciclables	46
4.3 Evaluación Económica.....	49
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
5.1 Estimación de la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA y proyecciones a futuro	55
5.2 Estudio de composición de los materiales reciclables.....	59
5.2.1 Composición de materiales reciclables en Estación de Transferencia	59
5.2.2 Composición de materiales reciclables en Campanas Verdes.....	60
5.2.3 Comparación de la composición de materiales reciclables en Campanas Verdes y Estación de Transferencia.	64
5.3 Evaluación Económica	66
5.3.1 Modelo BAU	66
5.3.2 Modelo tecnificado.....	71
5.3.3 Modelo privado	78
5.3.4 Comparación de los distintos modelos de gestión.....	85
6. CONCLUSIÓN.....	89

6.1	Generación de datos de gestión.....	91
6.2	Evaluación de escenarios a implementar para la gestión de materiales secos.....	94
6.3	Recomendaciones al GCABA sobre la gestión de residuos secos	95
7.	REFERENCIAS	97
ANEXO I	102
ANEXO II	105
ANEXO III	108

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, dividido en las 15 comunas que la conforman.

Figura 2: Circuito de gestión de los residuos sólidos en la CABA.

Figura 3: Camión de recolección de los residuos secos utilizados por las Cooperativas de Recuperadores Ambientales.

Figura 4: Esquema del muestreo.

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación entre los Recuperadores Ambientales y Recuperadores Urbanos.

Tabla 2: Información sobre los Centros Verdes, por Cooperativa y ubicación.

Tabla 3: Capacidad instalada, teórica y real por Centro Verde (a octubre de 2018).

Tabla 4: Cantidad de material recuperado por mes y por día según canal de recolección, valores promedio desde enero hasta agosto de 2018.

Tabla 5: Cantidad de material recuperado por ciudad y costo unitario.

Tabla 6: Listado de componentes y subcomponentes a ser clasificados.

Tabla 7: Cantidad de materiales reciclables generados por el circuito de Recuperadores y Estación de Transferencia, en función de distintos grados de participación ciudadana.

Tabla 8: Composición de los materiales reciclables en Estación de Transferencia desde el año 2001 hasta el 2015, utilizando como base los estudios de la FIUBA.

Tabla 9. Análisis estadístico de la composición física de los materiales reciclables provenientes de las Campanas Verdes.

Tabla 10: Composición física promedio de los materiales reciclables provenientes de las Campanas Verdes y de Estación de Transferencia (estudio de la FIUBA, Año 2015).

Tabla 11: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria a adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo Business As Usual.

Tabla 12: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria a adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Primer Etapa.

Tabla 13: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria a adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Segunda Etapa.

Tabla 14: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Segunda Etapa.

Tabla 15: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria a adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo privado.

Tabla 16: Información sobre el precio unitario de cada subcomponente de los materiales reciclables, el porcentaje de participación, la cantidad esperada de recibir por el proyecto privado y la ganancia esperada.

Tabla 17: Evaluación Económica del modelo BAU – Anexo I

Tabla 18: Evaluación Económica del modelo Tecnificado – Anexo II

Tabla 19: Evaluación Económica del modelo Privado sin incorporar a las Cooperativas en la gestión de residuos secos – Anexo III

Tabla 20: Evaluación Económica del modelo Privado con las Cooperativas incorporadas en la gestión de residuos secos – Anexo III

Índice de gráficos

Gráfico 1: Tasa de disposición final de los RSU provenientes de la CABA en el Complejo Ambiental Norte III según informa la CEAMSE en su página Web.

Gráfico 2: Estimación de la tasa de generación en función de los Estudios de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos realizados por la FIUBA, tomando como referencia los datos de disposición de la CEAMSE.

Gráfico 3: Curva de proyección en función de la tasa de generación estimada.

Gráfico 4: Comparación del precio de mercado a abonar por el GCABA por tonelada recuperada en función de diversas tasas de gestión de materiales reciclables.

Gráfico 5: Comparación del VAN en función de los modelos de gestión estudiados, considerando a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

Gráfico 6: Comparación del VAN por tonelada tratada en función de los modelos de gestión estudiados, considerando a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

Gráfico 7: Comparación del VAN en función de los modelos de gestión estudiados, sin considerar a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

Gráfico 8: Comparación del VAN por tonelada tratada en función de los modelos de gestión estudiados, sin considerar a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

Listado de abreviaturas y acromáticos

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

REPyME: Registro Único de Recuperadores y el Registro Permanente de Cooperativas Pequeñas y Medianas Empresas.

GCABA: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

DGREC: Dirección General de Reciclado.

CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad de Estado.

FIUBA: Instituto de Ingeniería Sanitario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos.

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

REP: Responsabilidad Extendida al Productor.

t: tonelada

tpd: tonelada por día.

tpa: tonelada por año.

tph: tonelada por hora.

MRF: Material Recovery Facility.

PET: Tereftalato de Polietileno.

PEAD: Polietileno de Alta Densidad.

PEBD: Polietileno de Baja Densidad.

PP: Polipropileno.

PS: Poliestireno.

VAN: Valor Actual Neto.

CAPEX: inversiones de capital.

OPEX: gastos operativos.

1. RESUMEN EJECUTIVO

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires gestiona más de 7.300 toneladas diarias de Residuos Sólidos Urbanos, según lo establece la Ley N° 1.854/05. La misma establece el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la disminución en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación, el reciclado y la valorización.

En este contexto, para la gestión de residuos secos se complementa la Ley N° 992/02, la cual incorpora a los cartoneros, denominados Recuperadores, a la recolección diferenciada del Servicio de Higiene Urbana. La misma presenta, como uno de los objetivos principales, priorizar la asignación de zonas de trabajo para los Recuperadores, considerando la preexistencia de personas físicas, cooperativas y mutuales.

Desde el año 2007 se cuenta con la Dirección General de Reciclado como órgano responsable de la ejecución, la cual en el año 2010 realizó el Concurso Público N° 1/SIGAF referente al Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos Fracción Secos para la recolección y tratamiento de los residuos secos, y asignó a 12 Cooperativas a las distintas zonas de la Ciudad.

Actualmente, el Concurso Público N° 1/SIGAF se encuentra vigente, cuenta con más de 6.500 Recuperadores formalizados en el sistema de Higiene Urbana, múltiples sistemas de acopio transitorio, una flota de 148 vehículos, 13 Centros Verdes y 3 plantas MRF para la separación de los materiales reciclables. De esta manera se logra gestionar más de 420 toneladas por día por el circuito formal y más de 960 toneladas por día por el circuito informal.

No obstante, si bien el sistema propuesto es robusto, aún presenta algunos desafíos asociados con las particularidades que presenta cada Cooperativa, la reticencia a ceder información, el inadecuado uso de los recursos (humanos, económicos y materiales) y la crisis financiera que acrecienta las necesidades de la industria a comprar materiales en la ilegalidad, incrementando así la cantidad de Recuperadores asociados al circuito informal.

Para estudiar la eficiencia de la gestión en materia económica, según datos de la Ley Presupuestos de la Administración N° 5.915/2007, se obtiene que el costo por tonelada procesada es de 558 USD; mientras que, si se lo compara con sistemas de gestión de residuos secos en distintos lugares de Estados Unidos, ninguna de las grandes urbes

supera erogaciones de 280 USD por tonelada. De igual forma, al comprar la eficiencia en recursos humanos entre los diversos sistemas de gestión de residuos secos, se observa que en sistemas automatizados se requiere menos de 1 persona por tonelada procesada; mientras que el sistema actual presenta una eficiencia de 16 personas por tonelada procesada, considerando solamente el circuito formal. De esta manera, queda demostrado que la gestión que se realiza aún presenta un gran potencial de trabajo.

Estudiando las experiencias en gestión de materiales reciclables en el mundo surge el principio de Responsabilidad Extendida al Productor, el cual se basa en trasladar la responsabilidad por el reciclaje y la disposición final de los residuos a los productores. Éstos deben desarrollar e implementar sistemas de gestión para la recuperación de los materiales reciclables, fomentando la valorización de cada fracción. Para ello, el mismo consiste en un principio político para elegir la combinación de instrumentos normativos a ser implementados en cada caso en particular. Dicho principio presenta dos vertientes fundamentales: la primera está asociada al diseño del producto, la cual promueve la ecoeficiencia y el ecodiseño; la segunda instancia se aplica a posteriori del consumo y trata de los medios de recuperación, reciclaje y eventual disposición final de los productos y el financiamiento de esta cadena.

Este principio se encuentra ampliamente extendido en países tales como España, Canadá, Colombia, Uruguay, Chile, Japón, Corea del Sur, Taiwán y diversos estados de Estados Unidos de América. Si bien las formas de implementarlo son diversas, en todos los casos se apunta a promover la valorización de los residuos mediante la recuperación y reinserción en el mercado y trasladar los costos a los distintos agentes de la cadena.

En este sentido, si bien el Gobierno de la Ciudad presenta intención de sancionar una normativa que promueva la gestión integral de los residuos de envases y embalajes, se encuentra limitada al hecho de que la mayoría de las industrias productoras e importadoras se encuentran fuera del ejido de la Ciudad, generando una necesaria relación con las principales economías nacionales, tales como la Provincia de Buenos Aires, Córdoba y Rosario. En este marco, hasta tanto no se regule a nivel nacional, es de difícil implementación a nivel municipal.

Asimismo, al estudiar sistemas de gestión de materiales reciclables con Recuperadores incorporados al Sistema de Higiene Urbana, se observa que países como Colombia y Brasil cuentan con sistemas bastante avanzados. No obstante, las experiencias son parecidas a aquellas del Gobierno de la Ciudad, presentando los mismos inconvenientes mencionados que limitan la mejora en la gestión.

En este contexto, y si bien se presentan algunos datos en estos últimos años, aún la información es escasa y se cuenta con datos limitados en relación a composición y proyecciones a futuro en la generación de materiales reciclables.

Es por ello que el presente trabajo busca estimar la composición y cantidad de residuos secos que se gestionan en la Ciudad, incluyendo circuito formal, informal y disposición en relleno sanitario.

En este marco, se obtuvo que la cantidad de materiales reciclables que se gestionan en la Ciudad ha incrementado considerablemente desde el año 2001 hasta el año 2015, presentando una estimación inicial de 1.164 toneladas diarias para el año 2001 hasta alcanzar su pico en el año 2015 con 2.071 toneladas diarias. Asimismo, a partir de estos datos se estimó que para el año 2015 la tasa de participación ciudadana era del 20%.

Por otro lado, al estudiar las proyecciones a futuro, suponiendo que se mantiene la tendencia en la transición de los años que no se presenta información y tomando en consideración una tasa de participación ciudadana para el 2023 del 25% y para el 2032 del 40%, se obtuvo que la gestión por el circuito de Recuperadores para 2023 sería de 1.100 toneladas diarias y para el 2032 de 1.380 toneladas diarias.

Asimismo, para estudiar los diversos sistemas de gestión fue necesario conocer la composición de los residuos. Por ello se realizó un estudio del material proveniente de las Campanas Verdes, basados en las normas ASTM 5231 92 “*Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*”. Los resultados principales fueron que el cartón, papel y plásticos se encontraban bien representados, seguidos por el vidrio, y finalmente, en bastante menor proporción, se encuentran los metales ferrosos y no ferrosos. Es importante mencionar que una gran parte del material que ingresa a las Campanas Verdes no se corresponde con un residuo seco debido a una inadecuada separación en origen. Se ha encontrado gran cantidad de material orgánico, material misceláneo, tachos de pintura, pañales y jeringas. Dicha composición se tomó como referencia para el estudio económico del modelo privado.

Por último, la Dirección General de Reciclado ha provisto de información sobre las erogaciones presupuestarias realizadas por gestión actual en materia de acopio transitorio, recolección, tratamiento, insumos y mantenimiento de todos los servicios.

Con esta información se evaluaron diversos modelos de gestión mediante la evaluación económica denominada Valor Actual Neto, la cual permite comprar proyectos en función de los costos presentes de un determinado número de flujos originados por una inversión. Dado que la presente evaluación se corresponde con una inversión es estatal y no se busca

una rentabilidad, se espera que el VAN presente valores menores a cero. Para la toma de decisión se toma como referencia aquel sistema que presente un VAN más rentable y un menor precio unitario.

A los fines del presente trabajo, se estudiaron tres modelos de gestión:

1. continuar con el sistema como se encuentra (modelo Business As Usual),
2. tecnificar los Centros Verdes mediante la centralización del tratamiento en 4 plantas MRF y 2 Centros Verdes (modelo tecnificado), y
3. privatizar la gestión de los residuos secos, con y sin la incorporación de las Cooperativas en el Sistema de Higiene Urbana.

Como principales conclusiones se pudo observar que el modelo Business As Usual es el que presenta menor Valor Actual Neto, seguido por el modelo tecnificado y finalmente el modelo Privado con Cooperativas en el Sistema de Higiene Urbana. No obstante, al comparar el Valor Actual Neto en función de la cantidad de toneladas gestionadas, se observa que la eficiencia económica por tonelada procesada es más costosa para un modelo Business As Usual, seguido por el modelo tecnificado y siendo el más eficiente el modelo privado.

Esto se debe a que el modelo privado y tecnificado presentan mayores costos de inversión, pero costos moderados en la operación; mientras que el modelo Business As Usual no presenta casi costos por inversión, pero si presenta elevados costos sostenidos en el tiempo asociado a la operación.

Asimismo, el modelo privado es más rentable para mayores cantidades de materiales reciclables gestionados ya que presenta mayores ingresos por la venta de material. Es importante mencionar que, por la forma que se plantea la gestión, el modelo tecnificado y Business As Usual no cuentan nunca con ingresos por la venta del material.

El modelo privado sin Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana acrecienta las diferencias, presentando un Valor Actual Neto y Valor Actual Neto unitario mucho más competitivo que cualquiera de los otros dos modelos.

En conclusión, se recomienda al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires estudiar fehacientemente la posibilidad gestionar de manera integral los residuos secos mediante la privatización, asignando un nuevo rol al Estado y a los cooperativistas.

PALABRAS CLAVE: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, gestión de residuos secos, materiales reciclables, Responsabilidad Extendida al Productor, Valor Actual Neto, Recuperadores formales, Recuperadores informales.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Ciclo de vida de los Residuos Sólidos Urbanos

Los Residuos Sólidos Urbanos (en adelante, RSU) son definidos por la Ley Nacional N° 25.916 de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios como “aquellos objetos o elementos que son desechados o abandonados y que fueron utilizados en procesos de consumo y desarrollo en alguna de las actividades humanas” [1].

Los mismos comprometen gravemente al ambiente cuando no son gestionados de manera correcta, generando diversos impactos negativos: contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, polución atmosférica, transmisión de enfermedades infecciosas, proliferación de insectos y roedores, entre otros. En consecuencia, una adecuada gestión representa uno de los desafíos más importantes para la sociedad actual. Con el objeto de procurar un correcto manejo de los RSU es necesario desarrollar planes integrales en miras de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. A sus fines, se deben administrar, fiscalizar y controlar los RSU desde la generación, disposición inicial, recolección, transferencia y transporte, hasta el tratamiento y/o disposición final. A continuación, se detalla una breve explicación de cada etapa, según lo establece la normativa mencionada:

Generación: es la actividad que comprende la producción de residuos domiciliarios.

Disposición inicial: depósito o abandono de los residuos efectuada por el generador, el cual debe realizarse en la forma que determine jurisdicción. La disposición inicial podrá ser: general, sin clasificación y separación de residuos, o selectiva, con clasificación y separación de residuos a cargo del generador.

Recolección: conjunto de acciones que comprenden acopio y carga de los residuos en los vehículos recolectores. La recolección podrá ser general (sin discriminar los distintos tipos de residuo) o diferenciada (discriminando por tipo de residuo en función de su tratamiento y valoración posterior).

Transferencia y transporte: comprende las actividades de almacenamiento transitorio y/o acondicionamiento de residuos para su transporte y el traslado entre los diferentes sitios comprendidos en la gestión integral.

Tratamiento: conjunto de operaciones tendientes al acondicionamiento y valorización de los residuos.

Disposición final: conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos domiciliarios, así como de las fracciones de rechazo

inevitables resultantes de los métodos de tratamiento adoptados. Quedan comprendidas en esta etapa las actividades propias de la clausura y postclausura de los centros de disposición final.

Una gestión adecuada de los RSU requiere que las autoridades de los distintos niveles participen directamente sobre cada una de las etapas del Plan Integral.

2.2. Normativa relevante en materia de Residuos Sólidos Urbanos

Para el abordaje de la problemática de los RSU es importante comprender la legislación que comprende a los mismos, tanto a nivel nacional como provincial y municipal.

En lo que respecta la legislación nacional se deben destacar:

Artículo 41 de la Constitución Nacional Argentina (reforma 1994) ^[2], establece el derecho a vivir en un ambiente sano, equilibrado y que permita el desarrollo de las actividades humanas y productivas para satisfacer las necesidades presentes sin afectar las necesidades de las generaciones futuras.

Ley Nacional N° 25.675/2002 General de Ambiente ^[3], plantea los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Asimismo, establece que la interpretación y aplicación estará sujeta al cumplimiento de ciertos principios, entre los que se destacan:

- principio de prevención: las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir;
- principio de sustentabilidad: el desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras; y,
- el principio de equidad intergeneracional: los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.

Ley Nacional N° 25.831/2003 ^[4] de Acceso a la Información Pública Ambiental, garantiza el derecho de acceso de todos los ciudadanos a la información ambiental que se encuentre en poder del estado en todos sus niveles, los entes autárquicos y las empresas de servicios.

Ley Nacional N° 25.916/2004 Gestión de Residuos Domiciliarios, establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de aquellos que se encuentren regulados por normas específicas. Se denomina residuo domiciliario a aquellos elementos, objetos o sustancias que, como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados.

En cuanto a la legislación a nivel provincial (si bien la Ciudad Autónoma de Buenos Aires no es una provincia, su normativa es asimilada como si lo fuera), la Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en adelante, CABA) ^[5] consagra en su artículo 27 que es responsabilidad de la misma desarrollar en forma indelegable una política de planeamiento y gestión del ambiente urbano integrada a las políticas de desarrollo económico, social y cultural.

En dicho marco, el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (en adelante, GCABA) se encuentra ejecutando varios proyectos orientados a la reducción en la disposición final de los RSU a través de la recuperación total o parcial de los materiales aprovechables o reciclables, dando cumplimiento también a lo prescripto por la Ley N° 1.854 ^[6] y sus modificatorias.

Esta norma fue sancionada en el año 2005 y establece el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades en la gestión integral de los RSU generados en el ámbito territorial. Propone el principio de reducción progresiva de la disposición final de los RSU, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la disminución en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación, el reciclado y la valorización. En virtud del Decreto N° 2.075/2007 ^[7], la Autoridad de Aplicación de esta Ley es el Ministerio de Ambiente y Espacio Público.

La Ley N° 1.854 fue modificada el 3 de mayo de 2018 en sus Artículos 2°, 6°, 7°, 10°, 33° y 52°, ley N° 5.966 ^[8], con el objeto de establecer nuevas tasas de disposición final en relleno sanitario e incorporar tecnologías de tratamiento que permitan la combustión con recuperación de energía.

El Decreto N° 639/2007 ^[9], que reglamenta la norma, establece que los RSU pueden subdividirse en las siguientes tres categorías:

Residuos orgánicos: restos de materiales susceptibles de ser compostados, resultantes de la elaboración de comidas, así como sus restos vegetales y animales (huesos, verduras, frutas, cáscaras).

Residuos secos: materiales susceptibles de ser reciclados, recuperados o valorizados, los que deben encontrarse en condiciones de limpieza adecuada para su tratamiento respectivo. Corresponden a vidrios, bolsas y films plásticos, envases de tetrabrik, telas, latas, botellas, envases, plásticos, metales, poliestireno expandido, papeles y cartones, en tanto los mismos se encuentren vacíos, limpios y secos.

Residuos húmedos: aquellos que no entren en las siguientes categorías: secos, orgánicos, voluminosos, áridos, restos de poda y aquellos residuos sujetos a manejo especial. Se considera que esta fracción contiene los residuos orgánicos en aquellos casos donde no hubiere una recolección diferenciada.

Es importante mencionar que la normativa asociada a la gestión diferenciada de los residuos secos es previa a la normativa mencionada hasta ahora. Ello, debido a que en la crisis económica de fines de los 90, surgieron en la informalidad los cartoneros en grandes números. Estas personas recuperaban papel, cartón, plásticos y metales de las bolsas de residuos domiciliarios y los reinsertaban en el mercado ilegal incipiente.

En dicho contexto, se sanciona en el año 2002 la Ley N° 992 ^[10] en la cual se declara Servicio Público a los Servicios de Higiene Urbana e incorpora a los cartoneros a la recolección diferenciada del Servicio de Higiene Urbana. De esta manera, se formaliza el trabajo que realizaban los cartoneros, siendo ésta una de las leyes más progresistas a nivel nacional e internacional.

Entre los principales objetivos de la Ley se destacan: (1) concebir una gestión integral que permita la recuperación de materiales reciclables y reutilizables y deja sin efecto el entierro indiscriminado de los residuos en relleno sanitario; y (2) priorizar la asignación de zonas de trabajo para los Recuperadores, considerando la preexistencia de personas físicas, cooperativas y mutuales.

Es importante mencionar que el concepto de Recuperador se empieza a utilizar a partir de la creación de la mentada Ley N° 992 dejando de lado el término “cartonero”.

En el año 2006 se crea el Registro Único de Recuperadores y el Registro Permanente de cooperativas Pequeñas y Medianas Empresas (en adelante, REPyME) en el marco del Programa de Recuperadores Urbanos. La inscripción les permitía a los Recuperadores acceder al sistema formal y recibir una credencial, elementos de trabajo y vestimenta apropiada.

En el año 2007, mediante Decreto N° 2.075 se crea la Dirección General de Reciclado (en adelante, DGREC) como órgano responsable y, en el año 2011, mediante Decreto Modificatorio N° 292, pasa a depender de la Subsecretaría de Higiene Urbana del Ministerio de Ambiente y Espacio Público.

En este marco, en el año 2009 los Recuperadores formales registrados comienzan a percibir un subsidio mensual por el trabajo realizado. Actualmente, cada Recuperador presenta una cuenta bancaria y el subsidio contempla servicios adicionales como obra social, guarderías y sepelios gratuitos.

En el año 2010 se realizó el Concurso Público N° 1/SIGAF ^[11], referente al Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos Fracción Secos, para la recolección y tratamiento de los residuos secos. En el mismo, se subdividió a la CABA en áreas de trabajo, respetando las zonas preexistentes de las cooperativas El Álamo, El Ceibo, Amanecer de los Cartoneros, Las Madreselvas y Recuperadores Urbanos del Oeste. Las restantes zonas fueron adjudicadas a distintas cooperativas inscriptas en el REPyME. Esta modificación supuso que las cooperativas se convirtieran en las responsables de la gestión de materiales secos en las zonas delimitadas, aunque en la realidad muchas veces se superponen las cuadradas de trabajo. Dicho pliego continúa vigente al día de la fecha, ya que ha sido prorrogado el 30 de septiembre de 2016 hasta tanto se formalice la prestación del Sistema Público de Recolección Diferenciada.

Finalmente, el Decreto N° 329/2016 ^[12] establece como una de las responsabilidades primarias de la DGREC la de planificar, realizar y desarrollar la gestión integral de los RSU secos no dispuestos en la vía pública. Dicha Dirección General debe realizar planes de gestión cada 4 años, los cuales son revisados y actualizados con cada cambio de gestión. La próxima presentación debe ser presentada en el año 2019 y constituye el tramo 2020 – 2024.

2.3. Características del área de trabajo

La presente evaluación se encuentra encuadrada en la CABA, localizada en el Noreste de la Provincia de Buenos Aires, a los 34°35' de la latitud S y 58°22' longitud O.



Figura 1: Mapa de la CABA, dividido en las 15 comunas que la conforman^[13].

Presenta una superficie de 203 km² en la que residen 2.981.300 habitantes (INDEC, proyectada a 2018 en base lineal al CENSO de 2010)^[14], distribuidos en 48 barrios que, desde el punto de vista administrativo, se agrupan en 15 comunas^[15]. La densidad poblacional es más de 15.000 habitantes por kilómetro cuadrado, siendo las zonas centro y norte los espacios territoriales más densamente poblados. Asimismo, entendiendo que residen más de 43.200.000 habitantes en la Argentina (INDEC, proyectada a 2018 en base lineal al Censo de 2010), se estima que la CABA concentra el 6,9% de la población total del país. Por encontrarse inmersa en una gran metrópolis como lo es la Provincia de Buenos Aires, recibe además un aproximado de 1.600.000 ingresantes diarios. Se estima que gran parte de los migrantes ingresan por diversas cuestiones, tales como: laborales, turismo, educacionales, hospitalarias, entre otros.

En términos económicos, el Producto Geográfico Bruto^[16] de la CABA representa alrededor del 22,1% del agregado nacional y el PGB per cápita se ubica en el orden de los 33.140 dólares anuales, el más alto del país (correspondiente al año 2016).

En materia de residuos, debido a la alta densidad poblacional, el nivel de ingresos y la actividad económica, la CABA debe gestionar más de 7.300 toneladas diarias (en adelante, tpd) de RSU. De las mismas, 1.380 tpd se gestionan a través del sistema de Recuperadores, 2.800 tpd mediante el circuito de la fracción húmeda y 3.140 tpd se procesan en el Centro de Reciclaje (Figura 2).

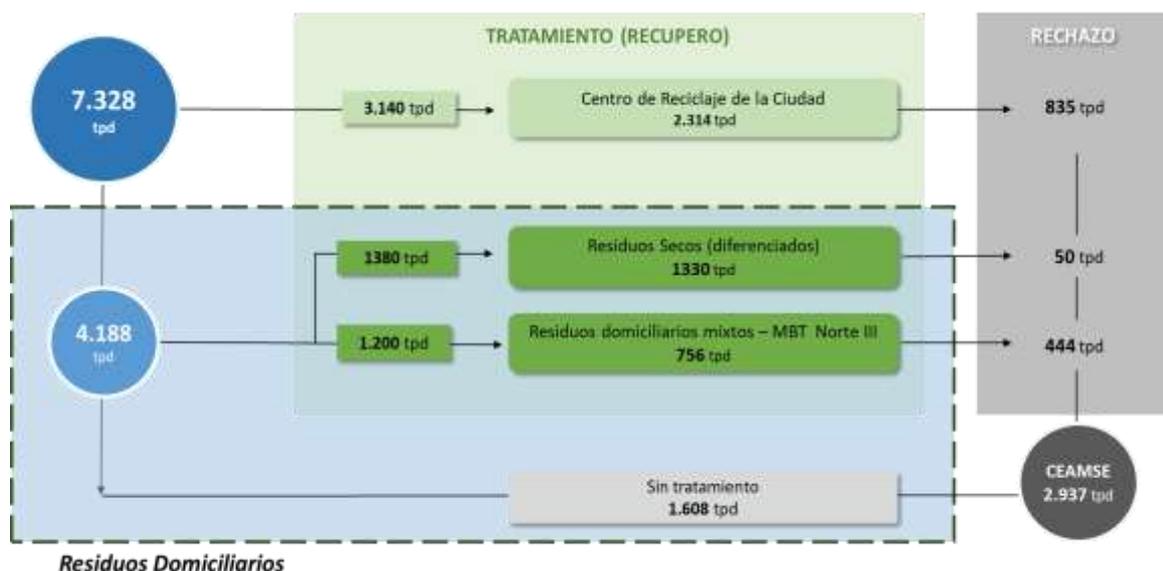


Figura 2: Circuito de gestión de los residuos sólidos en la CABA.

Por un lado, el Centro de Reciclaje cuenta con cuatro plantas de procesamiento, a saber:

- planta de tratamiento de residuos áridos, procesa restos de la construcción y demolición que provienen de la obra pública y privada y presenta una capacidad de tratamiento de 3.020 tpd;
- planta de valorización de residuos forestales, trata los residuos de la poda generados en la CABA y presenta una capacidad de tratamiento de 80 tpd;
- planta de procesamiento aeróbico de residuos orgánicos, procesa restos de alimentos provenientes de una recolección diferenciada de generadores especiales tanto públicos como privados y presenta una capacidad de tratamiento instalada de 30 tpd;
- planta de tratamiento de botellas de Tereftalato de Polietileno (en adelante, PET), presenta una capacidad de procesamiento de 10 tpd y procesa aquel material que entregan los Recuperadores formales.

Además, el Centro de Reciclaje cuenta con un Centro de Información y Promoción del Reciclado donde se reciben visitantes y realizan talleres sobre segregación en origen, compostaje, reutilización y reciclaje y conecta a las plantas a través de pasarelas.

El Centro de Reciclaje de la Ciudad constituye un polo ambiental cuyo objetivo, además del tratamiento y la recuperación de las diversas fracciones de residuos, es la educación a la población sobre la importancia de una correcta gestión de los RSU. De esta manera, gracias a la operación de dicho Centro, se logran recuperar 2.314 tpd, mientras que cerca de 835 tpd son enviadas diariamente a relleno sanitario.

En materia de la gestión de residuos secos, cerca de 420 tpd de materiales reciclables son tratadas mediante el sistema formal de Recuperadores, y cerca de 50 tpd son rechazadas y enviadas a relleno sanitario. De igual forma, el GCABA estima que 960 tpd de materiales reciclables son recuperadas mediante el circuito informal.

Finalmente, en relación a la gestión de la fracción húmeda, según información de Data Buenos Aires ^[17], la CABA se encuentra 100% contenerizada y cuenta con más de 28.000 contenedores bilaterales para la recolección de esta fracción. Dicho sistema presenta más de 273 rutas de recolección y cada una de ellas cuenta con unos 100 contenedores promedio.

Todos los residuos húmedos recolectados son enviados a una de las tres Estaciones de Transferencia que presenta la CABA en los barrios de Flores, Pompeya y Colegiales, y luego son transportados al Complejo Ambiental Norte III de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad de Estado (en adelante, CEAMSE). Dentro del mismo, 1.200 tpd de residuos húmedos son desviados y se procesan diariamente en una planta de Tratamiento Mecánico Biológico, la cual presenta una eficiencia del 63%. Las 1.600 tpd restantes son enviadas sin procesamiento a disposición final.

En consecuencia, la cantidad de material dispuesto en el relleno sanitario Complejo Ambiental Norte III de la CEAMSE es de 2.936 tpd de residuos, promedio correspondiente al año 2018 ^[18].

Es importante mencionar que, gracias a la gestión implementada en los últimos años, la tasa de disposición final anual de RSU en el Complejo Ambiental Norte III de la CEAMSE ha disminuido considerablemente desde el año 2011-2012 hasta la actualidad (Gráfico 1). Asimismo, es importante destacar que a la fecha la CABA no cuenta con basurales a cielo abierto o clandestinos.

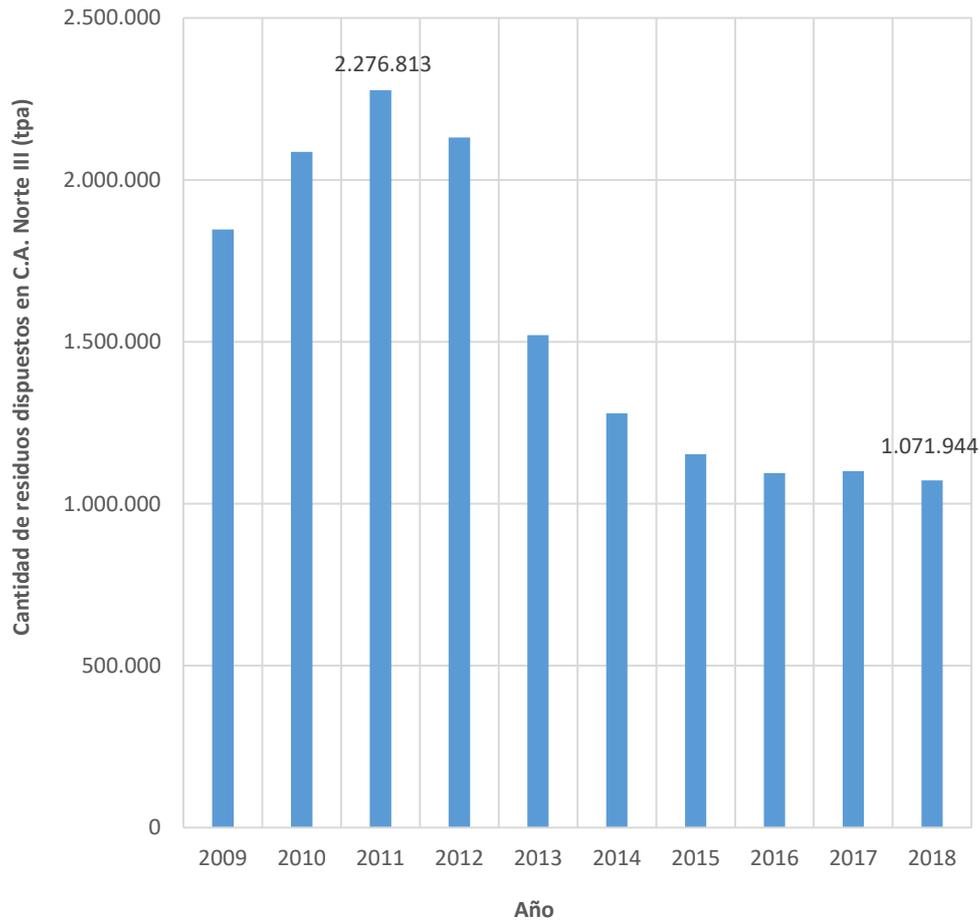


Gráfico 1: Tasa de disposición final de los RSU provenientes de la CABA en el Complejo Ambiental Norte III, según informa la CEAMSE en su página Web ^[18].

2.4. Gestión integral actual de los materiales reciclables

2.4.1. Diferencias entre Recuperadores Ambientales y Recuperadores Urbanos

La DGREC ha trabajado fuertemente en la inclusión de las cooperativas de Recuperadores en el Sistema de Higiene Urbana, lo que ha llevado a presentar un plan complejo con dos objetivos principales: 1) la recuperación de los materiales reciclables y 2) la valorización del trabajo que realizan.

Para ello, actualmente se encuentran registrados 6.583 Recuperadores asociados a diferentes cooperativas. El sistema cuenta con dos grandes grupos: los Recuperadores Urbanos y los Recuperadores Ambientales, ambos pertenecen al sistema formal. En la Tabla 1 se detallan las principales características de cada uno de estos grupos.

Tabla 1: Comparación entre los Recuperadores Ambientales y Recuperadores Urbanos.

Indicador	Recuperadores Urbanos	Recuperadores Ambientales
Forma de asociación	Ninguna	Cooperativas, conforme Ley 20.337
Lugares de recolección	Campanas verdes, contenedores húmedos.	Campanas Verdes, Puntos Verdes, Totems, puerta a puerta.
Zonas de recolección	No definido	Presentan zonas de recolección definidas
Zonas de procesamiento	Provincia de Buenos Aires	Centros Verdes
Subsidio	Menor	Mayor
Forma de calcular la cantidad de material recolectado por el GCABA	Estimado	Presentan declaraciones al GCABA sobre la cantidad de material ingresado, procesado y rechazado.

Los Recuperadores Ambientales recolectan los residuos secos de los sistemas de acopio, cuentan con camiones de recolección y procesan el material en los Centros Verdes. Todo el material gestionado es comercializado en el mercado, de manera legal e ilegal. Las cooperativas presentan una declaración jurada a la DGREC sobre la cantidad de material gestionado de manera mensual. Es importante mencionar que, muchas veces, por miedo a la quita de subsidio, declaran menos material del que realmente recuperan. Por ello, actualmente la DGREC se encuentra en proceso de instalar balanzas en todos los Centros Verdes para ajustar dicho valor.

Por otra parte, los Recuperadores Urbanos, recolectan los residuos secos de los sistemas de acopio (tanto húmedos como secos) pero no ingresan el material a los Centros Verdes. En este sentido, transportan el material recolectado a la Provincia de Buenos Aires en donde lo venden a pequeños mercados de compra de materiales reciclables, donde la transacción se realiza de manera ilegal. Para dicha gestión el GCABA dispone de camiones para el traslado desde y hacia la Provincia, pero los Recuperadores Urbanos no declaran el material recolectado. De esta manera, el GCABA debe estimar la cantidad de material que se recupera por esta corriente según la cantidad de traslados y volumen de las carretillas.

Frente a esta situación, la DGREC tiene como objetivo 2019 pasar todos los Recuperadores Urbanos a Recuperadores Ambientales y así poder mejorar el control del material reciclable que se recupera por el sistema de gestión.

En materia de subsidios, los Recuperadores Urbanos perciben un monto menor a los Recuperadores Ambientales. Esto se debe a que los primeros presentan la ganancia diaria por la venta ilegal del material recolectado al mercado; mientras que los segundos perciben un subsidio mayor, siendo la cooperativa la que establece cuánto se redistribuye entre los cooperativistas.

Es importante mencionar que muchas cooperativas de Recuperadores Ambientales utilizan los ingresos de venta de material para otras actividades y no se redistribuye la ganancia equitativamente a los cooperativistas. De esta manera, cada cooperativa presenta una relación particular entre sus cooperativistas, según acuerdos preexistentes, encontrándose así muchas variables. En este sentido, el GCABA no presenta control sobre la ganancia de cada Recuperador, fuera del subsidio depositado a las cuentas bancarias particulares.

Por otro lado, para mantener el sistema de Recuperadores Ambientales se cuenta con choferes de camiones, administrativos, operadores de logística, coordinadores, operarios auxiliares y jefes de planta, todos los cuales pertenecen a las cooperativas, cobran un subsidio diferencial y facilitan la gestión.

Además, el GCABA le provee a cada cooperativa un subsidio adicional para el mantenimiento de los camiones y los Centros Verdes, además de las inversiones edilicias y de maquinaria que realiza constantemente para mantener el sistema de gestión funcionando.

2.4.2. Sistema de acopio y recolección

Es importante mencionar que las cooperativas son las principales responsables de la gestión de los materiales reciclables, desde las etapas de recolección y transporte, hasta el tratamiento y valorización del producido.

Para fomentar la correcta segregación, el GCABA ha implementado una serie de acciones que permiten mejorar la tasas de recupero, entre las que se destacan la incorporación de más de 87 Puntos Verdes (puntos de recepción de materiales reciclables con atención al público), 3.220 Campanas Verdes (contenedores para la recolección manual y mecánica) y 176 totems (centros de recepción de materiales reciclables sin atención). Asimismo, se presenta un sistema de recolección denominado “puerta a puerta”, en el cual los

encargados de los edificios y los generadores especiales (hoteles, restaurantes, bancos, supermercados, bares, entre otros) entregan en persona el material segregado en origen a los Recuperadores Ambientales ^[19].

El material acopiado es recolectado exclusivamente por las cooperativas de Recuperadores Ambientales. En este sentido, el GCABA ha puesto a su disposición 87 camiones, y durante el año 2019 adquirirá 57 nuevas unidades, las cuales tramitan mediante expediente electrónico EE-2018-06056598-DGREC. Las mismas consisten en camiones de cabina simple con chasis de caja de carga tipo paquetero y portón trasero de dos hojas tipo libro (Figura 3).



Figura 3: Camión de recolección de los residuos secos utilizados por las Cooperativas de Recuperadores Ambientales.

Por otra parte, mediante Licitación Pública N° 8503-1652-LPU18, el GCABA adjudicó un servicio para gestionar de manera integral toda la flota vehicular de camiones, el cual incluye el traslado desde los distintos puntos de acopio de materiales reciclables a los Centros Verdes. El servicio contempla un “Sistema Informático” que permite una rápida y permanente interacción con el GCABA, que da cuenta de la actividad, ubicación, estado mecánico y reparaciones efectuadas a cada uno de los vehículos. Finalmente, el servicio comprende la puesta a disposición de un espacio físico para alojar la flota vehicular, en donde la empresa Adjudicataria podrá realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de toda flota.

En materia de tratamiento, las cooperativas de Recuperadores Ambientales cuentan y administran con 15 Centros Verdes en los que se desarrolla la separación y clasificación de todo el material reciclable recolectado.

Los Centros Verdes se encuentran equipados con maquinaria para facilitar las tareas de acondicionamiento y selección de los materiales reciclables, permitiendo el trabajo en condiciones de higiene y seguridad. De esta forma, se les ha provisto de palas cargadoras, autoelevadores, cintas de elevación, clasificación y rechazo, enfardadoras, carretillas hidráulicas, camionetas, jaulas y camiones.

Asimismo, los Recuperadores Ambientales trabajan uniformados, provistos de elementos de protección personal y, en algunos casos, supervisados por personal del GCABA.

Es importante mencionar que algunos Centros Verdes además de ser centros de procesamiento y valorización de los materiales reciclables, funcionan también como centros de compra de material reciclado proveniente del sector informal.

A continuación, se indica la ubicación de los 15 Centros Verdes, todos dentro del ejido de la CABA y las cooperativas que los gestionan (Tabla 2).

Tabla 2: Información sobre los Centros Verdes, por Cooperativa y ubicación ^[20].

Centro Verde		Cooperativa	Ubicación
1	Balbastro	Primavera	Balbastro 3209
2	Barracas	Movimiento de Trabajadores Excluidos	Herrera 2124
3	Bonavena	El Pueblito Limitada	Bonavena 1270
4	Chilavert	Alelí Ltda.	Cnel. M. Chilavert 2745
5	Constituyentes	El Álamo	Av. de los Constituyentes 6259
6	Corrales	Baires Cero Com Ltda.	Corrales 1763
7	Cortejarena	Movimiento de Trabajadores Excluidos	Cortejarena 3151
8	De la Rosa	Recuperadores Urbanos del Oeste	José de la Rosa 6245
9	José Martí	Reciclando Trabajo y Dignidad Ltda.	José Martí 3425
10	Núñez	Madreselva Ltda.	Av. General Paz 98
11	Retiro	El Ceibo	Colectora Arturo Illia y Salguero (Ex Línea Belgrano)

Tabla 2: Información sobre los Centros Verdes, por Cooperativa y ubicación
(continuación) ^[20].

Centro Verde		Cooperativa	Ubicación
12	Río Cuarto	El Trébol	Río Cuarto 2774
13	Solís	Cartonera del Sur Ltda.	Solís 1919
14	Varela	Recuperadores Urbanos del Oeste	Av. Varela 2505
15	Yerbal	Recuperadores Urbanos del Oeste	Yerbal 1483

En el año 2016, el GCABA proveyó al Centro Verde “Chilavert”, operado por la cooperativa Alelí Ltda., una planta *Material Recovery Facility* (en adelante, MRF) para promover el procesamiento del material. Dicha planta consiste en una línea automática de recepción, separación y preparación de los materiales reciclables separados en origen, y cuenta con separadores ópticos, separadores magnéticos, zaranda de discos 2D - 3D, zaranda de planos, cintas de selección y enfardadora. La línea presenta una capacidad instalada de tratamiento de 10 toneladas por hora (en adelante, tph), siendo 40 veces más eficiente que un Centro Verde tradicional.

Actualmente, la cooperativa Alelí Ltda. procesa 30 tpd en la planta MRF, estando dicha capacidad limitada por las siguientes consideraciones: cantidad de material que arriba al Centros Verde, cantidad de horas operativas, baja experiencia en operación de plantas con la que cuenta la cooperativa y una limitante en el diseño de la línea (la enfardadora era previa a la instalación de la línea y cuenta con una capacidad de procesamiento de 7 tph). De esta manera, si bien la planta se encuentra sobredimensionada, ciertamente ha logrado facilitar el trabajo de los cooperativistas en materia de separación, alcanzando mayor producción y calidad en el recupero de materiales reciclables.

Por ello, a fines de 2018 comenzó a operar una segunda planta MRF en el Centro Verde Barracas, la cual es operada por la Movimiento de Trabajadores Excluidos en conjunto con la DGREC.

Asimismo, se encuentra en construcción una tercera planta en zona Norte, la cual no se encuentra asignada a una cooperativa hasta la fecha y se estima que comenzará a operar a finales de 2019.

El plan de la DGREC para el año 2023 es incorporar una cuarta planta MRF en zona Oeste y tecnificar dos Centros Verdes, centralizando todo el tratamiento en estas plantas, distribuidas estratégicamente en la CABA. Este plan estratégico permitirá al GCABA desprenderse lentamente de los Centros Verdes tradicionales.

2.5. Problemática asociada a la gestión de residuos secos

Si bien el GCABA ha logrado trabajar fuertemente en la inclusión de los Recuperadores formales en el sistema de Higiene Urbana, la relación entre ambas partes muchas veces es conflictiva, debido a que se encuentra sujeta a cuestiones sociales y políticas externas a la DGREC, que dificultan implementar un sistema de gestión apropiado.

En especial, uno de los principales desafíos y preocupaciones del GCABA se relaciona con la eficiencia técnica y económica del sistema propuesto.

En materia técnica, existen dos grandes desafíos:

- a. ausencia de registros sobre la cantidad de material reciclable que se genera, procesa, recupera y dispone en la CABA; y
- b. bajo control del GCABA sobre el sistema de gestión actual.

En relación al primer punto, la ausencia de registros sobre la cantidad de material reciclable que se genera, procesa, recupera y dispone en el ejido de la CABA dificulta las proyecciones de los posibles modelos de gestión a implementar por el GCABA. En este sentido, los materiales reciclables pueden recorrer tres caminos diferentes:

1. aquellos que se recuperan en el circuito formal, incluye tanto Recuperadores Ambientales como Recuperadores Urbanos;
2. aquellos que se recuperan en el circuito informal, incluye a los Recuperadores que no se encuentran inscriptos en el sistema de Higiene Urbana; y,
3. aquellos que se disponen en relleno sanitario.

En relación al primer punto, la cantidad de material recolectado por los Recuperadores Ambientales se obtiene mediante las declaraciones mensuales que realizan las cooperativas a la DGREC, las cuales corresponden a valoraciones en función de la comercialización del material a la industria del reciclado. Así, los registros son estimaciones del material y, si bien sirven como una aproximación, no necesariamente se corresponden con la realidad. Además, como se indicó anteriormente, no siempre las cooperativas declaran la cantidad real de material recuperado.

Respecto de los Recuperadores Urbanos, la cantidad de material recuperado se obtiene mediante estimaciones de traslados y volumen de los carros. De esta manera, queda en

evidencia que la obtención de información por el sistema de recolección formal no presenta información fehaciente, sino que son estimaciones volumétricas.

En cuanto al segundo y tercer punto, si bien se conoce la existencia de un circuito informal que acompaña al circuito formal, se desconoce cuánto material recupera. Los vaivenes de la economía juegan un papel muy importante aquí, ya que crece o decrece la cantidad de recuperadores según empeore o mejore la situación. De la misma manera se desconoce la cantidad de materiales reciclables que se pierde en relleno sanitario. Esta ausencia de información dificulta la definición de las medidas más adecuadas a implementar.

El segundo desafío técnico se encuentra relacionado al hecho que cada cooperativa presenta características únicas, siendo necesario analizar individualmente el comportamiento de cada una de ellas para identificar e implementar medidas de mejora. Esto conlleva al GCABA a tener que desarrollar medidas particulares, puntuales y cortoplacistas, siendo esto contrario al rol que pretende tomar (medidas generales, integrales y largoplacistas).

Cada Centro Verde presenta un funcionamiento particular, el cual se encuentra condicionado por los siguientes factores: cantidad de Recuperadores por cooperativa, cantidad de turnos, maquinaria disponible, zona de recolección, solapamiento del circuito informal, densidad poblacional, uso del suelo (comercial, industrial, residencial), entre otros.

En la Tabla 3 se muestra la capacidad de tratamiento estimada por Centro Verde, según información provista por la DGREC correspondiente a octubre de 2018. Para ello se distinguió tres tipos de capacidades:

- capacidad instalada: definida por la maquinaria que presenta disponible;
- capacidad teórica: corresponde a la cantidad de material potencial a procesar, en función de la maquinaria y los recursos humanos disponibles; y,
- capacidad real: es lo que realmente procesa cada Centro Verde.

Los Centros Verdes de Balbastro, Constituyentes, Cortejarena, José Martí, Núñez, Retiro y Varela presentan una capacidad real menor a la capacidad teórica. Ello se puede deber a un bajo nivel de recupero en las zonas de recolección, a un gran solapamiento con el sector informal o a que la cantidad de material declarado al GCABA no es real (ya sea por cuestiones políticas o por venta de gran parte del material en el mercado ilegal).

En contraposición, los Centros Verdes Bonavena y Corrales presentan una capacidad real mayor a su capacidad teórica. Ello puede verse relacionado al hecho de que son Centros

Verdes pequeños y tradicionales, de baja capacidad de procesamiento que buscan recuperar la mayor cantidad de material posible.

Tabla 3: Capacidad instalada, teórica y real por Centro Verde (a octubre de 2018).

Centro Verde		Capacidad instalada (t/turno)	Capacidad teórica (tpd)	Capacidad real (tpd)
1	Balbastro	15	30	23
2	Barracas (MRF en inicio de operación)	N/A	N/A	N/A
3	Bonavena	2	2	4
4	Chilavert (MRF)	15	30	30
5	Constituyentes	15	15	13
6	Corrales	10	10	16
7	Cortejarena	15	30	24
8	De la Rosa	7.5	15	15
9	José Martí	3	3	2
10	Núñez	15	30	12
11	Retiro	15	30	17
12	Río Cuarto	2	2	2
13	Solís	2	2	2
14	Varela	30	60	33
15	Yerbal	N/A	N/A	N/A
Total		147	259	193

Por último, es dable destacar que el GCABA se encuentra iniciando la operación de una planta MRF en el Centro Verde de Barracas, cuya capacidad esperada será de 120 tpd, y otra MRF en un predio que presenta en el Norte de la CABA. La primera comenzó a operar a fines de 2018 mientras que la segunda se encontrará en funcionamiento a finales de 2019.

Los sistemas de acopio, las rutas de recolección, el procesamiento del material, la venta de los reciclables a la industria y la redistribución económica entre los cooperativistas se encuentra bajo exclusiva decisión de las cooperativas. En ese sentido, por la forma en la

que se encuentra propuesto el sistema de gestión, el GCABA cuenta con pocas herramientas de control que informen sobre la eficiencia de gestión.

Actualmente, se estima una cantidad de material procesado de 420 tpd, de las cuales 194 tpd se corresponden a material recolectado por los Recuperadores Ambientales, mediante los siguientes sistemas de acopio:

- Campanas Verdes: 40 tpd;
- Puntos Verdes: 4 tpd;
- Grandes Generadores: 97 tpd; y,
- Puerta a puerta: 52 tpd.

Por otro lado, más de 230 tpd se recuperan mediante el sistema de Recuperadores Urbanos, dato que, como se indicara, se obtiene mediante estimaciones de traslados y volumen de los carros (Tabla 4).

Tabla 4: Cantidad de material recuperado por mes y por día según canal de recolección, valores promedio desde enero hasta agosto de 2018.

Canal de recolección	Cantidad (tpm)	Cantidad (tpd)
Puntos Verdes	96,3	4,4
Campanas	874,6	39,8
Puerta a Puerta	1.149,4	52,2
Grandes Generadores	2.127,3	96,7
Ingreso a Centro Verde	4.247,6	193,1
Recuperadores Urbanos	5.060,0	230,0
Total	9.307,6	423.1

En relación a la venta, gran parte del material procesado y recuperado en el sistema formal (tanto Recuperadores Urbanos como Ambientales) se reinserta en la industria recicladora, la cual realiza gran parte de los procesos de compra del reciclable de manera informal.

Esta situación dificulta las declaraciones sobre el material recuperado por parte de las cooperativas, así como impide cotejarlo con aquello declarado por la industria. Además, es importante destacar como factor condicionante que la mayor parte de las empresas se encuentran ubicadas en la Provincia de Buenos Aires, no pudiendo tener acción directa sobre las mismas y generando así nuevas implicancias para el circuito definido por el GCABA.

En materia económica, a pesar del complejo sistema de gestión que ha desarrollado la DGREC aún existen grandes desafíos. El presupuesto solicitado a la Legislatura para el año 2018 fue de USD 58.935.460, a un valor dólar proyectado en 2017 de 23 \$/USD.

Asimismo, y en función de la métrica establecida por la DGREC en el informe a legislatura, la cantidad de toneladas declaradas a procesar por dicho sistema anualmente es de 105.600, arrojando así un costo por tonelada de 558 USD. Esto equivale al 0,61% del presupuesto total asignado al GCABA ^[21].

Si se lo compara con el sistema de residuos húmedos del GCABA, se obtiene que el costo por la disposición inicial, recolección y control de calidad de la fracción húmeda es de 385 USD por tonelada. Esto equivale al 6,3% del presupuesto total asignado al GCABA ^[21]. Además se deben considerar los costos por el transporte desde Estación de Transferencia al relleno sanitario y la disposición final en el relleno sanitario Complejo Ambiental Norte III.

Tal como se muestra en la Tabla 5, al analizar los costos de gestión de residuos secos en distintos lugares de Estados Unidos se observa que ninguna de las grandes urbes supera erogaciones de 280 USD por tonelada. Más aún, en particular la ciudad de Phoenix presenta una cantidad de materiales reciclables gestionada de 106.900 tpa, valor similar a cantidad gestionados por el GCABA, pero el precio por tonelada es 10 veces menor.

Tabla 5: Cantidad de material recuperado por ciudad y costo unitario ^[22].

Ciudad	Reciclables gestionados (t/año)	Precio unitario (USD/t)
Nueva York	671.530	114,6
Los Ángeles	180.801	182,5
Phoenix	106.900	51,9
Houston	54.371	82,8
Filadelfia	44.435	158,3
San Diego	31.277	96,4
San Antonio	25.450	113,8
Dallas	7.632	273,0

De esta manera, se demuestra que el costo asociado a la gestión actual de materiales reciclables es considerablemente mayor al esperado en función de la cantidad de material que procesa.

Asimismo, al comparar el sistema en función de la cantidad de recursos humanos destinados para ello, se obtiene que incorpora a 6.583 Recuperadores formales y, dado que procesan 420 tpd de residuos secos, se obtiene que la eficiencia de recursos humanos es de 16 personas por tonelada procesada.

En cambio, al estudiar sistemas automatizados de gestión de materiales reciclables, se estima que la cantidad de personal requerido es menor a 1 persona por tonelada procesada. Esto demuestra que el sistema presentado es altamente ineficiente tanto en recursos humanos como económicos, generando así numerosos inconvenientes para el GCABA.

2.6. Objetivo general y específico del trabajo

Por todo lo expuesto, el presente trabajo presenta como objetivo principal identificar un sistema de gestión que sea económico y técnicamente eficiente para implementar como plan de gestión 2023 y 2032 por el GCABA, tomando como línea base la gestión actual de materiales reciclables.

Así, los objetivos específicos son:

(1) estimar la cantidad y composición de materiales reciclables gestionados en la CABA y estudiar proyecciones para los años 2023 y 2032, a saber:

- (a) estimar la generación pasada y actual de materiales reciclables, tasa de recupero por el sistema formal y tasa de recupero del sistema informal;
- (b) estudiar la composición de los materiales reciclables provenientes de una recolección diferenciada por campana mecánica; y,
- (c) proyectar las tasas de generación y recupero para los años 2023 y 2030, a diversos niveles de participación ciudadana.

(2) En función de la tasa de generación, tasa de recupero y composición estimada para 2023 y 2030 y la línea de base de gestión de materiales reciclables actual, evaluar técnica y económicamente los sistemas de gestión posibles de implementación:

- (a) continuar el sistema de gestión actual (519 tpd) sin incorporar mejora tecnológica en los Centros Verdes y las cooperativas como fuente de trabajo – modelo Business As Usual (en adelante, BAU);

(b) aumentar la cantidad de materiales reciclables tratados (660 tpd) mediante la tecnificación de los Centros Verdes y las cooperativas como fuente de trabajo – modelo tecnificado;

(c) aumentar la cantidad de materiales reciclables tratados (+1.000 tpd) y la privatización de la gestión de materiales reciclables – modelo privado, con dos esquemas:

i. incorporando a los cooperativistas en el sistema de gestión de materiales reciclables;

ii. Sin incorporar a los cooperativistas en el sistema de gestión de materiales reciclables;

Es importante destacar que se asumen las siguientes consideraciones para el presente trabajo:

- las tendencias en la generación de materiales reciclables se mantienen constantes a futuro (asociado a una estabilidad económica del país);
- la composición de los materiales reciclables provenientes de una recolección diferenciada por campana mecánica se corresponde con lo que se recuperará en el futuro;
- las Cooperativas de Recuperadores formales pueden trabajar integradamente;
- no se incorporan nuevos cooperativistas al sistema de higiene; y,
- no se contempla aquel material reciclable gestionado de manera privada por los grandes generadores.

Por otro lado, el presente estudio deja de lado las cuestiones sociales y políticas, las cuales han sido ampliamente analizadas en diversos trabajos científicos ^[23].

3. ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, si bien la gestión de materiales reciclables en la CABA se encuentra en constante evaluación y desarrollo, aún presenta una serie de inconvenientes a resolver. Entre ellos, se destacan:

- cada cooperativa presenta un funcionamiento particular y especial, siendo difícil para el GCABA generar protocolos e implementar planes, debiendo trabajar sobre cada unidad de manera atomizada;
- no se cuenta con información certera sobre la generación de materiales reciclables;
- los recursos (humanos, económicos y materiales) son gestionados por las cooperativas, con escasa participación por parte del GCABA;
- la crisis económica argentina acrecienta las necesidades de la industria a comprar materiales de manera informal e incrementa la cantidad de Recuperadores asociados al circuito informal;

3.1. Experiencias en el mundo: Responsabilidad Extendida del Productor

Existen numerosas experiencias en donde se presentan sistemas de gestión integral de materiales reciclables. La gran mayoría de ellos presentan normativa relacionada a la Responsabilidad Extendida al Productor (en adelante, REP), la cual consiste en el principio político de gestión sustentable.

Tal como lo establece el informe realizado por el Banco Mundial en el año 2018, *What a Waste 2.0* ^[24], un sistema REP traslada la responsabilidad por el reciclaje y la disposición final de los residuos a los productores. Éstos deben desarrollar e implementar sistemas de gestión para la recuperación de los materiales reciclables, fomentando la valorización de cada fracción.

El concepto fue introducido por primera vez formalmente en Suecia por Thomas Lindqvist en un informe de 1990 al Ministerio sueco del Medio Ambiente ^[25]. En informes futuros preparados para el propio Ministerio, surgió la siguiente definición: la REP *“es una estrategia de protección del ambiente para alcanzar un objetivo de disminuir el impacto ambiental total de un producto, haciendo que el fabricante sea responsable de toda la vida útil, ciclo del objeto y especialmente para la recolección, el reciclado y la eliminación final”*. La misma consiste en un principio político para elegir la combinación de instrumentos normativos a ser implementados en cada caso en particular. De esta manera, la REP es implementada a través de instrumentos políticos administrativos, económicos e informativos.

Desde que el término fue acuñado, cada vez más países han adoptado esta forma de gestión que puede ser aplicada para diferentes corrientes de productos, siendo su exponente los residuos provenientes de envases y embalajes.

Como se menciona en la propia definición, la instrumentación de este principio depende exclusivamente del contexto de cada país o territorio donde se aplique, derivando así en múltiples sistemas, todos encuadrados bajo el mismo concepto.

Más aún, la REP tiene dos vertientes fundamentales:

1. la primera está asociada al diseño del producto: la forma y materiales que lo componen determinan, en última instancia, los efectos ambientales que produce en los medios. En este sentido, esta rama de la gestión REP promueve la ecoeficiencia y el ecodiseño.
2. en segunda instancia, la gestión REP se aplica a posteriori del consumo: se trata de los medios de recuperación, reciclaje y eventual disposición final de los productos, y el financiamiento de esta cadena. En este sentido, se corresponde con el principio de “contaminador pagador” por el cual se entiende que debido a que los productores son los causantes de los efectos ambientales, deben ser ellos los encargados de financiar los sistemas para evitar dichos efectos.

Los países miembros de la Unión Europea se rigen por la directiva general de la Unión Europea, Directiva 94/62/CE ^[26], que establece los lineamientos base para que cada país institucionalice su sistema de gestión. Dicha Directiva tiene por objeto armonizar las normas sobre gestión de envases y residuos de envases de los diferentes países miembros, con la finalidad de prevenir y reducir su impacto sobre el ambiente y evitar obstáculos comerciales entre los distintos Estados miembros.

En particular, España sancionó la Ley N° 11 de envases y residuos de envases en el año 1997 ^[27], siendo la misma una norma que ha sido modelo para muchos otros países. El objeto de la misma es prevenir y reducir el impacto de los envases y la gestión de los residuos a lo largo de todo su ciclo de vida, tanto para aquellos objetos producidos en España como para aquellos importados.

Las responsabilidades incluyen:

1. Sistema de depósito, devolución y retorno:
 - a. Generador:
 - i. Cobrar una tasa individualizada a los consumidores
 - ii. Recibir los envases y embalajes y devolver la suma anteriormente recibida.

- iii. Entregar los envases a tratadores o reutilizarlos en los sistemas productivos.
 - b. Usuario: entregar los residuos en los lugares establecidos.
 - c. Entidad local: fija el monto individualizado que debe pagar el usuario por la adquisición del material.
- 2. Sistema integrado de gestión de residuos:
 - a. Generador:
 - i. Pagar una tasa por cada envase puesto en el mercado por primera vez.
 - ii. Obtener la autorización para participar del sistema y renovarla cada 5 años.
 - b. Usuario: entregar los residuos en los lugares establecidos.
 - c. Entidad Local:
 - i. Se encarga de la recolección diferenciada de las diferentes fracciones.
 - ii. Designa al administrador del sistema de gestión.
 - iii. Emite las autorizaciones a los generadores para participar del sistema.
 - iv. Aplica régimen de sanciones.
 - d. Administrador del sistema de gestión:
 - i. Financiar la diferencia entre el costo de disposición final y el sistema de reciclaje que se pone en práctica, mediante la tasa percibida.

De esta manera, se impone a los fabricantes de envases la obligación de utilizar en sus procesos de fabricación los materiales reutilizables, así como de implementar un procedimiento general definido. En el primer sistema, se establece con carácter general que los distintos agentes que participen en la cadena de comercialización de un producto envasado deban cobrar a sus clientes una cantidad por cada producto objeto de transacción. De igual forma, deben devolver idéntica suma de dinero por la devolución del envase vacío.

En segundo sistema, los agentes citados podrán eximirse de las obligaciones derivadas del procedimiento general cuando participen en un sistema integrado de gestión de residuos de envases y embalajes usados, que garantice su recogida periódica y el cumplimiento de los objetivos de reciclado y valorización fijados. La autorización de estos sistemas, que se formalizan mediante acuerdos voluntarios entre dichos agentes, se otorga por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas.

En lo que refiere a Estados Unidos, no existe una ley federal que regule la REP sobre envases y embalajes. Sin embargo, diez Estados han sancionado leyes de depósito para

envases, conocidas comúnmente como “bottle bills” (California, Connecticut, Hawái, Iowa, Maine, Massachusetts, Michigan, Nueva York, Oregón y Vermont). Su mecanismo es simple: al momento de adquirir un envase se le cobra al consumidor un extra que es devuelto si retornan los mismos. La diferencia obtenida de los que no retornan los envases es utilizada para financiar el sistema [28].

Canadá, por su parte, tiene años de experiencia en la implementación de sistemas REP a nivel nacional y provincial utilizando una variedad de enfoques. Si bien no existe una legislación nacional única para envases y embalajes, cada una de las provincias o territorios ha implementado su propia normativa. El Plan de Acción para la REP emitido a nivel nacional es el que sienta los lineamientos base que deben ser respetados en los estados [29].

Más aún, además del sistema convencional que se articula en España, se presenta el sistema de *Product Stewardship Plan* o Plan de administración de los productos. En general, los planes de administración pueden incluir detalles sobre cómo se deben recolectar y reciclar los productos al final de su vida útil, cómo se medirá el rendimiento del programa, los objetivos de recolección, reutilización, reciclaje y concientización, plazos para la implementación, financiación de programas y protocolos de los informes. Los productores son comúnmente responsables de preparar sus propios planes de administración individual o pueden unirse a un programa de administración colectiva bajo una "organización de responsabilidad del productor" [30].

En lo que refiere a América Latina y el Caribe, debido al contexto social y económico que tienen estos países, son pocos los que incorporaron e implementaron un programa REP, por lo que se analizarán algunos casos relevantes.

Uruguay cuenta con una Ley de Envases Ley N° 17.849 [31], dónde se explicita que los propietarios de marcas o importadores de productos envasados, deben contar con sistemas de gestión para la totalidad de envases por ellos colocados en el mercado. No obstante, si bien la ley resultó reglamentada mediante Decreto N° 260/2007, no se conoce el grado de implementación de la misma.

Asimismo, en Chile la Ley N° 20.920 [32] establece el marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje. Los productores se encuentran obligados a inscribirse en un registro, organizar y financiar la recolección, almacenamiento, transporte y tratamiento de los residuos de los productos prioritarios, entre los que se encuentran los envases. No se conoce el grado de implementación de la misma ya que la Ley fue sancionada recientemente.

Colombia cuenta con la Resolución N° 1.407 ^[33] que tiene por objeto la reglamentación de la gestión de residuos de envases y empaques mediante un sistema de metas progresivas que deben cumplir los generadores relativas al porcentaje de material reutilizado en sus envases. En este sentido, la autoridad de aplicación recibe declaraciones juradas para verificar el cumplimiento, deriva en sanciones y penalidades en caso de no ser cumplidas. La particularidad de este sistema es que se crea el mercado del reciclado sin caer necesariamente en el modelo español.

En Asia, Japón, Corea del Sur y Taiwán presentan REP relacionada a envases y embalajes. En particular, el sistema utilizado en Japón se basa en el aporte financiero compartido entre los generadores en función de la cantidad de material introducido en el mercado. El mismo es administrado por un ente gerenciador el cual desarrolla y regula la gestión de todas las corrientes, mientras que el Estado se dedica a fiscalizar dicho sistema. Es importante destacar que con el monto percibido regulan el precio del mercado de los materiales reciclables para promover la recuperación de todas las corrientes.

Las formas de implementar las REP son diversas en el mundo y van desde el financiamiento al sector público por la recolección, tratamiento y disposición de los residuos a sistemas más complejos de consorcios de empresas que gestionan el retorno de los envases sin intervención del Estado.

De esta manera, los sistemas REP permiten reducir los costos municipales, desviar los residuos de los centros de disposición final a espacios de valorización y la promoción de un consumo ambientalmente amigable.

En la misma línea, el trabajo publicado en octubre de 2018 por las Naciones Unidas de Medio Ambiente, denominado *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe* ^[34], establece que la REP ha modificado la visión tradicional respecto de quién debe hacerse cargo de la gestión de los residuos generados, desplazando esa responsabilidad desde el Estado hacia el productor.

Este enfoque implica un cambio esencial en la atribución de la responsabilidad económica y fáctica de la gestión de los residuos, pero además confiere un nuevo paradigma hacia una producción sostenible y sustentable, ya que obliga a nuevos diseños de producción. Esto es una contraposición al antiguo paradigma basado en la obsolescencia programada y percibida, las cuales se encuentran directamente relacionadas con una sociedad de consumo vertiginoso y poco consciente en términos ambientales.

En este sentido, si bien la CABA ha intentado presentar diversos proyectos de Ley REP en la legislatura porteña, la misma no ha logrado avanzar debido a numerosas cuestiones,

en particular, la necesidad casi exclusiva de una ley de presupuestos mínimos a nivel nacional que permita la integración con el resto de las provincias. Esta limitante se encuentra relacionado al hecho de que la mayoría de las industrias productoras e importadoras se encuentran fuera del ejido de la CABA, generando una necesaria relación con las principales economías nacionales, tales como la Provincia de Buenos Aires, Córdoba y Rosario).

En este marco, hasta tanto no se regule a nivel nacional, será de difícil implementación a nivel municipal.

3.2. Alternativa de recuperación de materiales reciclables: incorporación de Recuperadores

Existen otros modelos de gestión en el cual se incorporan Recuperadores bajo el modelo de cooperativas en Asia, África y América Latina, primando en las grandes ciudades de países en desarrollo.

Una de las primeras organizaciones de recicladores de América Latina surgió en el año 1962 en la ciudad de Medellín, Colombia, denominada Cooperativa Antioqueña de Recolectores de Subproductos ^[35]. Sin embargo, el movimiento colombiano de recicladores no surgió como una verdadera fuerza política hasta 1990, cuando cuatro cooperativas que habían estado luchando contra el cierre de un vertedero se unieron como la Asociación de Recolectores de Residuos de Bogotá (ARB). Hoy en día, la ARB es una de las organizaciones de recicladores más activas y establecidas del mundo.

A lo largo de la década de 1990, también se formaron poderosas asociaciones de recolectores de residuos en otros países de América Latina, especialmente en Brasil, Argentina, Chile y Uruguay.

En particular, se encuentra el caso de Curitiba, Brasil, en el cual se presenta un sistema de gestión de materiales reciclables mediante la incorporación de Recuperadores ^[36]. Curitiba es la capital del estado de Paraná en el sur de Brasil, y cuenta con una población de 1.864.416 habitantes, una densidad poblacional de 4.250 habitantes por kilómetro cuadrado y representan el tercer PBG más importante a nivel brasileño.

Los materiales reciclables son recogidos por la recolección selectiva del municipio y encaminados a 40 cooperativas de recolectores. Estas asociaciones son formalizadas y fiscalizadas por el Ayuntamiento. Para ello, según fue declarado en el año 2018, el Gobierno paga incentivos de la siguiente manera:

- cuando el barracón de reciclaje es propio (de la asociación), el Ayuntamiento paga R\$ 498,00 por tonelada de residuo reciclable, siempre y cuando la cantidad sea menor a 40 toneladas. Por encima de ello, el Ayuntamiento paga R\$ 192,00 por tonelada de residuos reciclable;
- cuando el barracón de reciclaje es alquilado por el Ayuntamiento, se paga R\$ 192,00 por tonelada, además de pagar luz, agua e IPTU (impuesto predial y territorial urbano).

Para ello los recolectores se encuentran formalizados en cooperativas registradas. Luego, los recolectores comercializan directamente los materiales reciclables.

Es importante destacar que, al igual que sucede en la CABA, hay muchos recolectores informales de materiales reciclables repartidos por la ciudad y no se presentan datos oficiales sobre la cantidad de material que recolectan. Nuevamente, los inconvenientes son parecidos a aquellos presentados en la GCABA.

Otro ejemplo emblemático es el de Medellín, Colombia, en donde el Estado incluye a los Recuperadores en el sistema de gestión. Por Decreto 440/2009 ^[37], en su Art. 5, establece que “se podrán entregar para su gestión los residuos aprovechables a organizaciones legalmente constituidas, que demuestren que pueden realizar su gestión acorde a la normativa vigente”. El pago se realiza a las cooperativas y los fondos se obtienen de la tarifa de limpieza que se cobra a los ciudadanos. La misma incluye un monto llamado “Valor Base de Aprovechamiento” que es proporcional al estrato social del contribuyente. Para que las cooperativas puedan acceder al pago deben estar inscriptas en el registro único de prestadores de servicios públicos (RUPS) ^[38].

Al momento se cuenta con 3.662 Recuperadores de los cuales, 2.256 se encuentran todos los días en la calle, 438 recolectan dos veces por semana y 968 Recuperadores son esporádicos ^[39].

En particular, 1.787 recicladores de oficio pertenecen a algún tipo de organización, asociación o agremiación y existen más de 349 bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación y aprovechamiento.

Asimismo, la Empresas Varias de Medellín S.A E.S.P. no cuenta con rutas selectivas para la recolección de residuos orgánicos y reciclables y las rutas selectivas se desarrollan por parte de los recicladores de manera informal.

Como lo muestra el censo realizado en el año 2013 por medio del contrato 4.600.042.037 ^[40], se encontró que apenas el 1,88% de los recicladores realiza transporte en vehículos de tracción motora, mientras que el 98,12% realiza el transporte en vehículos de tracción

humana como costales/bolsones (49,29%), carreta (30,34%), tula/ mochila (8,79%), carro de rodillos (8,14%) y carro de supermercado (1,56%).

Cada reciclador de Medellín capta en promedio 75 kilogramos de residuos aprovechables reciclables por día y en el año 2015 se aprovecharon 2.091 tpa de materiales inorgánicos o un equivalente de 6 tpd aproximadamente. La tasa de participación de ciudadanía en la separación de los materiales reciclables es de 0,50%.

De esta manera, en ninguna de las experiencias internacionales mencionadas se ha generado un sistema de gestión tan complejo como aquel que ha desarrollado el GCABA. En este contexto, la presente evaluación busca determinar el escenario de mayor rendimiento técnico y económico, tomando en consideración que el GCABA se encuentra frente a un desafío mayor, debido a que no se cuenta con experiencias internacionales de similar envergadura.

4. MÉTODOS Y MATERIALES

Dado que para el GCABA uno de los objetivos centrales es desarrollar planes de gestión promoviendo el buen aprovechamiento de los recursos y la eficiencia, la presente evaluación busca estudiar modelos de gestión integral competitivos técnica y económicamente.

4.1 Estimación de la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA

Uno de los mayores desafíos en la evaluación de modelos es calcular la cantidad real de materiales reciclables generados en la CABA y las tendencias para los años siguientes. Como se ha indicado, actualmente no se cuenta con información certera sobre la cantidad de material generado y gestionado a través de los distintos circuitos. Es importante mencionar que un correcto plan de gestión de residuos se define en función de las tasas de generación pasadas, actuales y las proyecciones a futuro.

Para ello, se calculó la cantidad de material que se genera a través de los tres únicos circuitos de gestión de materiales reciclables:

- a) cantidad de material que se recupera en el circuito formal;
- b) cantidad de material que se recupera en el circuito informal; y,
- c) cantidad de material que se dispone en relleno sanitario.

Se asume que todo el material domiciliario que se genera en la CABA debe seguir alguno de dichos tres circuitos.

Para responder al inciso a), se va a tomar como referencia la información que provee la DGREC en relación a las declaraciones juradas que presentan las Cooperativas de Recuperadores.

Para los puntos b) y c) se analizó y estudió la bibliografía relacionada con tasas de generación y disposición de RSU en la CABA realizada por distintas Universidades. Dentro de la bibliografía se escogieron los estudios del Instituto de Ingeniería Sanitario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (en adelante, FIUBA) por tres motivos principales:

- i. la periodicidad con la que se realizaron los estudios;
- ii. la accesibilidad de la información; y,
- iii. la metodología utilizada en el estudio.

En relación al punto i, se tomó en consideración todos los estudios realizados por dicha institución desde el año 2001 hasta el año 2015, a saber:

- Estudio de calidad y gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires. Año: 2001 - FIUBA/ GCBA.
- Calidad y gestión de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires. Año: 2001 – AIDIS/ FEMISCA/ FIUBA
- Evaluación y análisis del desvío informal de material recuperado desarrollado por los Recuperadores Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires. Año: 2002 – FIUBA.
- Evolución de la calidad de los RSU (1972-2005) de la Ciudad de Buenos Aires. Año: 2005 - FIUBA
- Estudio de calidad de los residuos sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación Climatológica: verano 2005/2006 - FIUBA/CEAMSE.
- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación climatológica: invierno 2006 - FIUBA/CEAMSE.
- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación climatológica: otoño 2007 - FIUBA/CEAMSE.
- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación climatológica: primavera 2008 - FIUBA/CEAMSE.

- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación climatológica: primavera 2009 - FIUBA/CEAMSE.
- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Estación climatológica: verano: 2010-2011 - FIUBA/CEAMSE.
- Estudio de calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires. Año: 2015 - FIUBA/CEAMSE.

Asimismo, en relación al punto ii, todos los estudios se encuentran publicados y son de acceso gratuito a través de la página oficial de la FIUBA, a saber: <http://www.fi.uba.ar/es/node/937> y <http://fi.uba.ar/es/node/2348>.

En relación al último punto, el muestreo desarrollado e implementado en los estudios a partir del año 2000 se realizaron conforme lo establecido en las Normas ASTM 5231-92 “Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Wastes” y Norma ASTM E 5057-90/96 “Standard Test Method for Screening Apparent Specific Gravity and Bulk Density of Waste” ^[41]. De esta manera se puede asegurar continuidad en la metodología implementada y en los resultados obtenidos.

Es dable mencionar que los estudios de la FIUBA se realizan en Estación de Transferencia, lo que nos permite cuantificar solamente la cantidad de materiales reciclables que se disponen en relleno sanitario o se procesan en la planta de tratamiento Mecánico Biológico Norte III.

Asimismo, los estudios realizados en los años 2002, 2006, 2007, 2008 y 2009 cuentan con información sobre la composición de los residuos generados dentro de los hogares, lo que el GCABA denomina “Basura Viva”. Los estudios de “Basura Viva” permiten estimar la composición de los residuos tal cual son dispuestos para su almacenamiento transitorio en las aceras, previa a la segregación realizada por Recuperadores. Para estos estudios, una de las consideraciones más importantes es estudiar el material antes de que el residuo sea captado por los Recuperadores.

La diferencia entre los resultados obtenidos en los estudios de Basura Viva y Estación de Transferencia permiten estimar la cantidad de material que se recupera en el circuito informal. Esto es aplicable hasta el estudio del año 2010-2011 inclusive, ya que no se contaban con circuitos diferenciados de recolección por parte del GCABA.

Es importante destacar que la cantidad de material dispuesto en Estación de Transferencia se utilizó como información de referencia aquella que dispone la CEAMSE en su página Web oficial.

Para la cantidad de materiales reciclables generados en el año 2015, se debe adicionar el circuito formal de recolección de Recuperadores mencionado en el inciso a). Asimismo, para el año 2015 se asume que el 20% del total recolectado por el circuito informal se reinserta en el circuito formal, asociado a la compra de materiales reciclables a los Recuperadores informales (supuesto).

En función de la tasa de generación y la cantidad de materiales reciclables recolectados en el sistema formal, se obtiene el nivel de participación ciudadana correspondiente al año 2015.

Por otra parte, con la recopilación de los datos de generación de materiales reciclables según los estudios de la FIUBA y asumiendo que se mantiene la tendencia en los años que no se presentan estudios, se puede elaborar un gráfico de generación estimada desde el 2001 hasta el 2015. A partir del mismo, se pueden realizar diferentes proyecciones (lineales, polinómicas, logarítmicas, exponenciales, potenciales) para estimar la generación en los años 2023 y 2032.

Es dable destacar que, como criterio definido, se tomarán solamente las proyecciones que presenten mayor coeficiente de determinación (R^2) y valores más conservadores. Es importante mencionar que el coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el mismo.

Una vez definido el modelo de proyección, se aplicarán diferentes niveles de participación ciudadana (20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% y 50%) para evaluar la cantidad de materiales reciclables que se podrían generar tanto en el circuito formal como en el informal para los años de referencia.

4.2 Estimación de la composición de los materiales reciclables

Para determinar la calidad de los materiales reciclables, se realizó un estudio sobre la composición del material que arriba de campanas verdes mecanizadas al Centro Verde Chilavert, operado por la Cooperativa Alelí Ltda. El muestreo se realizó en dicho Centro Verde, mientras que las determinaciones físicas se realizaron en la planta de valorización y procesamiento de botellas de PET, encontrándose ambas contiguas dentro del Centro de Reciclaje de la Ciudad.

La recolección de campanas es realizada por camiones del Ente de Mantenimiento Urbano Integral de manera diferenciada y se descargan en el Centro Verde para su posterior procesamiento en la planta MRF. Existen cuatro rutas de recolección en el turno

mañana y cinco rutas de recolección durante el turno noche. Debido a las limitaciones horarias, se decidió trabajar únicamente sobre las descargas matutinas ya que no se presenta control sobre la descarga nocturna y la trazabilidad del material.

El método de muestreo fue aleatorio y se tomó como referencia las normas ASTM 5231 92 “*Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*” e IRAM 29523 03 “*Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo*” [42].

Tal como se muestra en la Figura 4, se decidió definir a la unidad muestral primaria como el camión de recolección que descarga entre las 08:00 y las 10:00 horas, definiendo al azar una de las cuatro rutas.

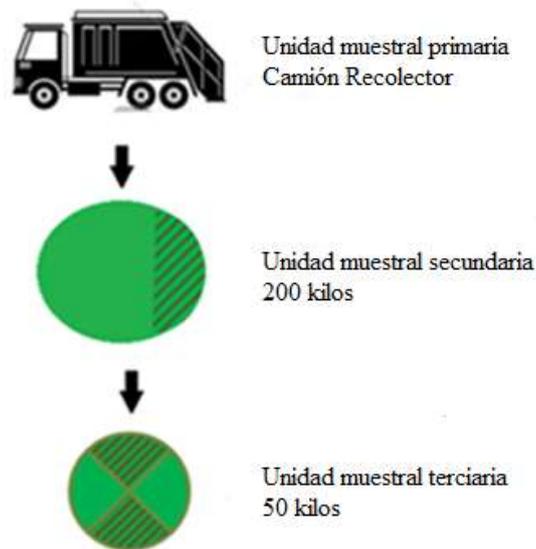


Figura 4: Esquema del muestreo.

El material descargado por el camión era mezclado y homogeneizado utilizando la pala cargadora presente en la planta MRF y luego se seleccionó un área longitudinal de la pila de hasta 200 kilos, la cual representa la unidad muestral secundaria. Dicha pila se volvía a mezclar y cuartear, seleccionando a dos opuestos que eran cargados en bolsones y trasladados a la planta de valorización de botellas de PET para la realización de las determinaciones físicas, arrojando así la unidad muestral terciaria. Se tomaron por cada muestra dos bolsones completos al 75% para asegurar que el peso de la muestra fuera mayor a los 50 kg.

En la Tabla 6, se presenta el listado de la clasificación de los materiales reciclables según componentes y subcomponentes, tal como se definió para el desarrollo del muestreo.

Tabla 6: Listado de componentes y subcomponentes a ser clasificados en el presente informe.

Componente	Subcomponente
Papel y cartón	Papeles varios – Incluye: papel de oficina, papel mezclado, diarios y revistas
	Cartones
	Envases Tetrabrik
Plásticos	PET
	Plásticos livianos – Incluye: bolsas de PEAD y PEBD y films.
	Otros plásticos – Incluye: envases de PP, Polipropileno expandido (Telgopor) y envases de PS
Vidrio	Varios – Incluye: blanco, verde, ámbar y plano
Metales Ferrosos	
Metales No Ferrosos	
Otros	Varios – Incluye: misceláneos, residuos orgánicos, materiales mixtos, materiales no reciclables (peligrosos /electrónicos, patogénicos/apósitos, textiles, medicamentos).

La determinación de la composición promedio del material recolectado en las campanas verdes de la CABA se realizó teniendo en cuenta la media de cada uno de los componentes de las rutas definidas y su incidencia porcentual respecto del total, según la fórmula 1:

$$A_v = \sum_{i=1}^{i=R} \frac{A_{v_i}}{N^{\circ}_R} \quad [1]$$

Dónde:

A_v : media total de cada componente

A_{v_i} : media de cada componente por ruta de recolección

N°_R : número de rutas de recolección

Los resultados obtenidos se comparan luego con el Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires – Año: 2015 - FIUBA/CEAMSE para determinar similitudes y diferencias en la composición encontrada en ambos circuitos.

4.3 Evaluación Económica

Finalmente, en función de la generación y composición estimada según las proyecciones y la línea de base actual, se estudió técnica y económicamente los distintos sistemas de gestión mediante la aplicación de una evaluación económica denominada Valor Actual Neto (en adelante, VAN).

El VAN, también conocido como valor presente neto, es un procedimiento que permite calcular el costo presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión.

En la evaluación del presente proyecto, como la inversión es estatal y no se busca una rentabilidad, se espera que el VAN presente valores menores a cero. Para la toma de decisión se toma como referencia aquel sistema que presente un VAN más rentable y un menor precio unitario (USD/ tonelada). En este sentido, los proyectos con menor VAN y menor precio por tonelada serán los más rentables para el GCABA.

Para la evaluación, es importante destacar que:

- el costo de las Campanas Verdes se obtiene mediante la consulta a diversas empresas y se toma como referencia un valor unitario de 1.087 USD/unidad + IVA (10,5%);
- los costos por la operación de Puntos Verdes se calcularon en función de la información provista por la DGREC;
- el servicio de mantenimiento de Campanas Verdes, Puntos Verdes y Totems se calcularon en función de la tasa de recambio establecida por datos estimados de la DGREC;
- los costos asociados a los insumos varios (bolsones y vestimenta) se calcularon en función de la información provista por la DGREC;
- las erogaciones asociadas a las inversiones a realizar en los Centros Verdes, en función de la información provista por la DGREC;
- el servicio de mantenimiento edilicia, maquinaria fija y maquinaria móvil, en función de información provista por la DGREC;
- la limpieza y los insumos varios se obtuvieron en función de información provista por la DGREC;

- los costos de adquisición y gerenciamiento de los camiones para las cooperativas, se calcularon según las diferentes contrataciones que presenta la DGREC, la cual tramita por Licitación Pública N° 8503-1009-LPU18 y Licitación Pública N° 8503-1652-LPU18;
- los costos de adquisición de la línea MRF y mantenimiento se tomaron en función de las diferentes contrataciones que presenta la Dirección General de Tratamiento y Nuevas Tecnologías (en adelante, DGTNT), tomando como referencia la Licitación Pública N° 2015-1860585-DGTALMAEP.

Es importante destacar que todos los costos se encuentran en moneda dólar y se utiliza el valor al momento de la contratación o a valores redeterminados a la última fecha que corresponda.

Por otro lado, en relación a las erogaciones correspondientes a los recursos humanos, se consideró el valor abonado por el GCABA en diciembre de 2018 a las Cooperativas, contemplando los siguientes conceptos: Recuperadores Ambientales, choferes, operarios de logística, coordinador, operarios y auxiliares, administrativos, jefe de planta, vuelta mecánica, Obra Social (OSAMOC y otras), guardería, sepelios y comisiones (1,55% sobre subtotal). A modo de referencia, en todos los modelos de gestión evaluados se consideró que todos los Recuperadores formales se encuentran categorizados únicamente como Recuperadores Ambientales (todos los Recuperadores Urbanos se convierten a Recuperadores Ambientales).

Para el modelo de gestión BAU se plantea mejorar el sistema de gestión actual, incrementando la cantidad de material reciclable recuperado a 520 tpd y con las cooperativas como fuente de trabajo.

Por ello, la propuesta toma en consideración como costos de inversión:

- a todas las obras civiles a realizar en los Centros Verdes, tales como: acondicionamiento de red de incendios, acondicionamiento del semicubierto, baños, vestuarios, comedor, pintura interna y/o externa, entre otros;
- incorporación de nuevas Campanas Verdes; y,
- adquisición de nuevos camiones de recolección según la Licitación Pública en curso.

Es importante mencionar que en los tres modelos se asume que la tasa de recupero por Campana Verde se calcula en función de la generación promedio actual, implementando la fórmula 2 y 3:

$$h = q/s \quad [2]$$

$$S = (F_f - F_i)/h \quad [3]$$

Donde:

- q: cantidad de materiales reciclables gestionados por el circuito de campanas, a valores de diciembre 2018;
- s: campanas instaladas en la CABA, a valores de diciembre de 2018;
- S: cantidad de campanas a instalar;
- F_i: cantidad de toneladas totales gestionadas, a valores de diciembre de 2018;
- F_f: cantidad de toneladas esperadas a gestionar con el modelo.
- h: tasa de recupero por campana;

En relación a los costos de operación, se consideran:

- los costos de operación, mantenimiento y limpieza de todos los Puntos Verdes, Campanas Verdes y tótems;
- el mantenimiento edilicio, el mantenimiento de la maquinaria fija y móvil, la limpieza interna, los insumos varios, seguros de Caucción Ambiental y estudios para la obtención y renovación del Certificado de Aptitud Ambiental y el mantenimiento de las plantas MRF vigentes;
- el gerenciamiento de los camiones de recolección según la Licitación Pública en curso;
- el costo de mantenimiento de las plantas MRF según Licitación Pública 1512/SIGAF/2014; y,
- los costos asociados a los recursos humanos destinados al sistema.

Con dicha información, se corre el VAN considerando un plazo de 14 años y una tasa de descuento del 9% asimilable a otros proyectos del GCABA.

El modelo tecnificado contempla incrementar a 660 tpd de materiales reciclables, mediante la incorporación de nuevas Campanas Verdes y la tecnificación de los Centros Verdes, mantenimiento a las cooperativas como fuente de trabajo. Para ello, se plantean dos etapas, siendo la primera desde 2019 a 2022 y la segunda desde 2023 a 2032. Durante el primer periodo (2019-2022) se mantiene las características del modelo BAU, mientras

que en el segundo periodo se desarrolla un modelo más complejo centrado en la operación de 4 MRF y Centros Verdes tecnificados.

En particular, en la segunda etapa, los Centros Verdes Balbastro, Bonavena, Constituyentes, Corrales, Cortejarena, De la Rosa, José Martí, Retiro, Río Cuarto, Solís, Yermal y Montes de Oca dejan de operar como centros de separación y preparación de materiales reciclables, y la operación se centra en cuatro plantas MRF ubicadas en el Norte (se encuentra en construcción), Este (Centro Verde Chilavert), Sur (Centro Verde Barracas) y Oeste (a definir locación) de la CABA.

Para los costos de inversión de las plantas MRF se toma como referencia el presupuesto oficial de la Licitación Pública N°8503/0270 de la DGTNT correspondiente a la “provisión, instalación y puesta en marcha, llave en mano, de una línea automática completa para la recepción, separación y preparación de materiales reciclables, así como la adaptación de las instalaciones existentes”.

En relación a los costos asociados a los recursos humanos, se considera un 40% de aumento a los sueldos de los Recuperadores Ambientales.

Finalmente, para el modelo privado de gestión de materiales reciclables, se realiza el VAN contemplando rentabilidad para las empresas y una generación total capaz de tratar el material estimado por el presente estudio para el año 2023.

Es importante mencionar que el presente modelo de gestión se basa en que el GCABA pague solamente un costo por el material seco recuperado y por la disposición del rechazo; mientras que el privado asume todos los costos de inversión y operación del sistema.

Nuevamente, se plantean dos etapas, siendo la primera desde 2019 a 2022 y la segunda desde 2023 a 2032. La primera etapa se basa en que el sistema de gestión actual se mantiene constante sin modificaciones (420 tpd), mejorando únicamente las cuestiones edilicias relacionadas con la red de incendios, pintura e impermeabilización. No se incorporarán Campanas Verdes, pero sí se considerará la adquisición de nuevos camiones recolectores. Durante este periodo se realizarán todos los procesos administrativos para permitir que el sector privado gestione los materiales reciclables.

Para la segunda etapa se contempla que el privado implementará mejoras en el sistema de acopio que permitirá captar todos los materiales reciclables actualmente gestionados tanto por el sistema formal como informal. De esta manera, la premisa de este modelo es que la generación será superior a los valores estimados en el presente estudio.

Para ello, el presente modelo contempla la incorporación de contenedores con identificación y de una flota de camiones bilaterales que permita la recolección diferenciada y automatizada de los residuos secos.

Los contenedores con identificación consisten en contenedores similar a los que actualmente se utilizan para la contenerización de los materiales húmedos, con la incorporación de un sistema que permite la apertura mediante dispositivo identificatorio (tarjeta o llave eléctrica). Esto permitirá mejorar el control de la disposición de los materiales reciclables, así como reducirá la acción de los Recuperadores informales. Este sistema se implementa en diversos países europeos y permite tener información remota sobre la cantidad de material que separa cada ciudadano.

Los costos del contenedor fueron consultados a la empresa AESA para el tipo Nord Engineering Contenitori New City Accesso Controllato (sistema EASY); mientras que se averiguó con la empresa Dorlet el costo para incluir en los contenedores un sistema remoto de carga de información para el procesamiento de manera virtual denominado RFID. El costo por contenedor con identificación es de 3.500 USD/unidad.

Por otra parte, los mismos deben ser recolectados por camiones de carga bilateral, que también fueron consultados a la empresa AESA, el cual declaró que el costo asciende a 448.500 USD/camión.

En relación a la cantidad de contenedores a implementar se consideró la densidad promedio de los materiales reciclables (se asume $0,08 \text{ t/m}^3$), el volumen total de los contenedores (3.200 litros o su equivalente $3,2 \text{ m}^3$) y el grado de llenado promedio (se asume 0,4), siguiendo la fórmula 4:

$$Q_{\text{cont}} = Q_{\text{rec}} / (d * \text{vol} * g) \quad [4]$$

Donde:

Q con: cantidad de contenedores;

Q rec: cantidad de materiales reciclables gestionados por el circuito;

d: densidad de materiales reciclables;

vol: volumen del contenedor; y,

g: grado de llenado promedio.

Asimismo, la cantidad de rutas estará definida por la densidad promedio de los materiales reciclables, el grado de compactación que presentan los camiones bilaterales (600%) y el volumen del camión bilateral (se estima $18 \text{ m}^3/\text{camión}$), siguiendo la fórmula 5:

$$Q_{rutas} = Q_{rec} / (d * comp * V) \quad [5]$$

Donde:

Q rutas: cantidad de contenedores;

Q rec: cantidad de materiales reciclables gestionados por el circuito;

d: densidad de materiales reciclables;

comp: compactación del camión;

V: volumen del camión;

Todo costo asociado a dicho sistema estará a cargo de la empresa adjudicataria del servicio.

Por otro lado, para calcular los ingresos es necesario tener en cuenta dos variables: la venta del material reciclable recuperado y la tarifa por el procesamiento del material que deberá ser abonada por el GCABA.

En particular, para calcular los ingresos que presenta el privado por la venta de material, se tomará la composición de materiales reciclables según la caracterización realizada en el punto “4.2) Estimación de la composición de los materiales reciclables” del presente estudio, las cantidades recuperadas según definición del modelo y el precio de cada subcomponente según lo que establece el Observatorio de Reciclaje en su página Web relativa a julio 2018 / enero 2019 ^[43].

Para calcular la tarifa de procesamiento del material, se asumirá como premisa que el VAN deberá ser mayor a 1.000.000 USD al final de 10 años de operación y la tasa de retorno mayor al 15%.

Una vez que se presenta la evaluación económica del privado, y por consiguiente la tarifa asociada por la recuperación del material reciclable, se aplica el VAN para el GCABA.

Para ello, se plantean dos escenarios:

- i. uno con la cooperativa incorporada al Sistema de Higiene Urbana como inspectores de gestión (húmedos y secos);
- ii. el segundo sin considerar a las cooperativas como parte del sistema, asumiendo que los mismos pueden ser reubicados en nuevas áreas del GCABA sin presentar un costo adicional.

En el primer escenario se deberá asumir como costos de operación aquellos asociados a los salarios de los cooperativistas con un 40% de incremento, a la tarifa por tonelada recuperada por el privado y los costos asociados a la disposición del rechazo en relleno sanitario.

En el segundo escenario se deberá asumir como únicos costos de operación aquellos asociados a la tarifa de recupero por el privado y los costos de disposición del rechazo en relleno sanitario.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Estimación de la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA y proyecciones a futuro

Para estudiar la generación de materiales reciclables en la CABA se estimó la cantidad de residuos secos gestionados por los circuitos existentes: Recuperadores Formales, Recuperadores Informales y Estación de Transferencia.

En el Gráfico 2 se observa la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA, valor que ha incrementado considerablemente desde el año 2001 hasta el año 2015, presentando una estimación de generación inicial de 1.164 tpd para el año 2001, hasta alcanzar su pico en el año 2015 con 2.071 tpd.

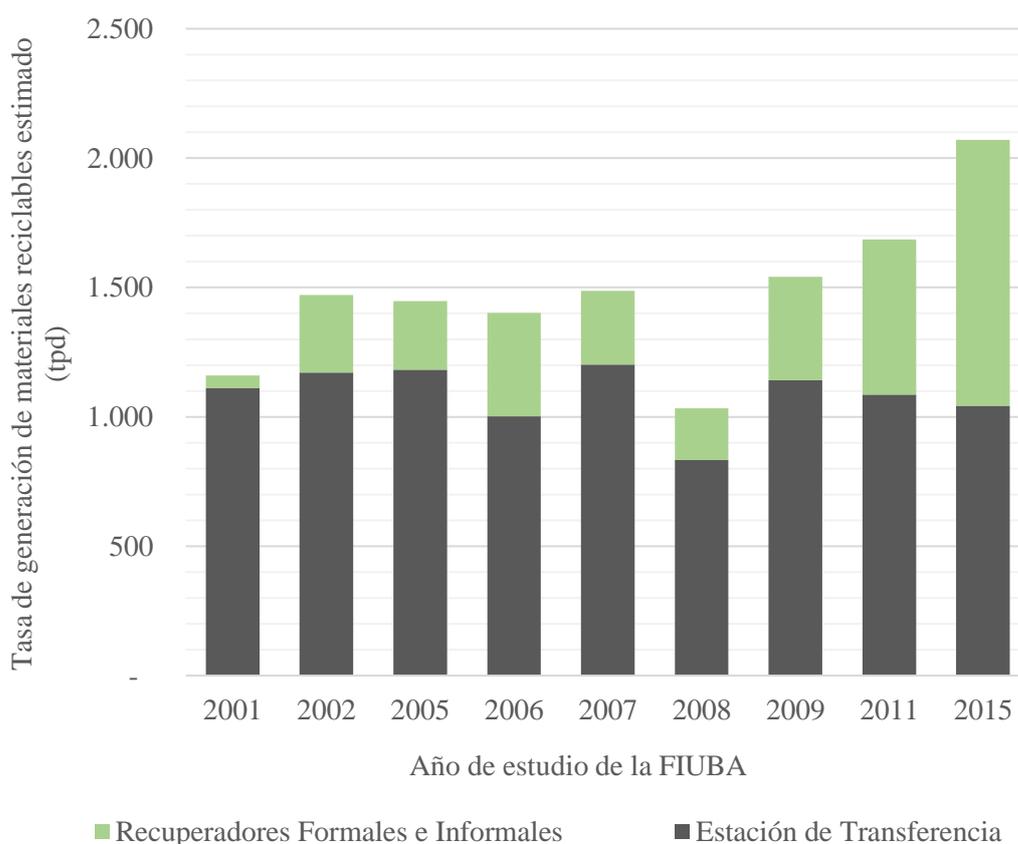


Gráfico 2: Estimación de la tasa de generación en función de los Estudios de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos realizados por la FIUBA, tomando como referencia los datos de disposición de la CEAMSE.

En particular, tal como establece el “Estudio de calidad de residuos sólidos urbanos” realizado por la FIUBA a fines de 2005, siempre existió un circuito informal de recolección de papel y cartón en las zonas de alta generación, tales como: microcentro y zonas comerciales de Caballito, Flores, Belgrano y Palermo. No obstante, durante el periodo de convertibilidad, el precio de venta del papel y cartón era poco competitivo, no siendo atractivo para la separación y recuperación por parte de los Recuperadores Informales.

Con la crisis económica de fines del año 2001 y el salto del valor del dólar, los materiales reciclables comenzaron a presentar un mayor valor en el mercado volviéndose atractivos de recuperación. De esta manera, se comienza a generar un mercado de compra y venta de materiales reciclables que muchas veces se encuentra en la ilegalidad, el cual se ha visto incrementado considerablemente, hasta alcanzar su máximo valor en el año 2015.

Asimismo, y asociado a la caída en la composición, en el año 2008 se observa un decrecimiento de la cantidad de materiales reciclables generados, posiblemente relacionado a la crisis económico financiera internacional y, en particular, al aumento en precio del combustible. Ello genera un impacto directo sobre la cantidad de materiales plásticos presentes en los residuos, punto que será analizado con mayor profundidad en el estudio de composición de materiales reciclables.

Se puede observar que, desde la creación de la DGREC, la cantidad de material reciclable recuperado ha incrementado consistentemente y a una mayor tasa, alcanzando un recupero mayor a las 1.000 tpd en el año 2015, asociadas tanto al circuito formal como informal. Del total, poco más del 41% es recuperado por el sistema formal, mientras que el 59% restante es recuperado por el sistema informal. Es dable destacar que ambos circuitos utilizan los medios dispuestos por el GCABA para recuperar los materiales, lo que demuestra cierta eficiencia en las estrategias propuestas en calle, en contraposición a la baja eficiencia en la declaración realizada por las Cooperativas de Recuperadores Formales a la DGREC.

A partir de estos datos se puede estimar que para el año 2015 la tasa de participación ciudadana fue del 20%, siendo la misma la relación entre la cantidad de materiales reciclables recuperados por el sistema formal (420 tpd) y el total de materiales reciclables generados (2.071 tpd).

Por otro lado, al estudiar las proyecciones a futuro sobre la curva y suponiendo que se mantiene la tendencia en la transición de los años que no se presenta información, se

obtiene que la línea de tendencia que presenta mayor coeficiente de determinación (R^2) y una proyección más conservadora es la ecuación lineal (Gráfico 3).

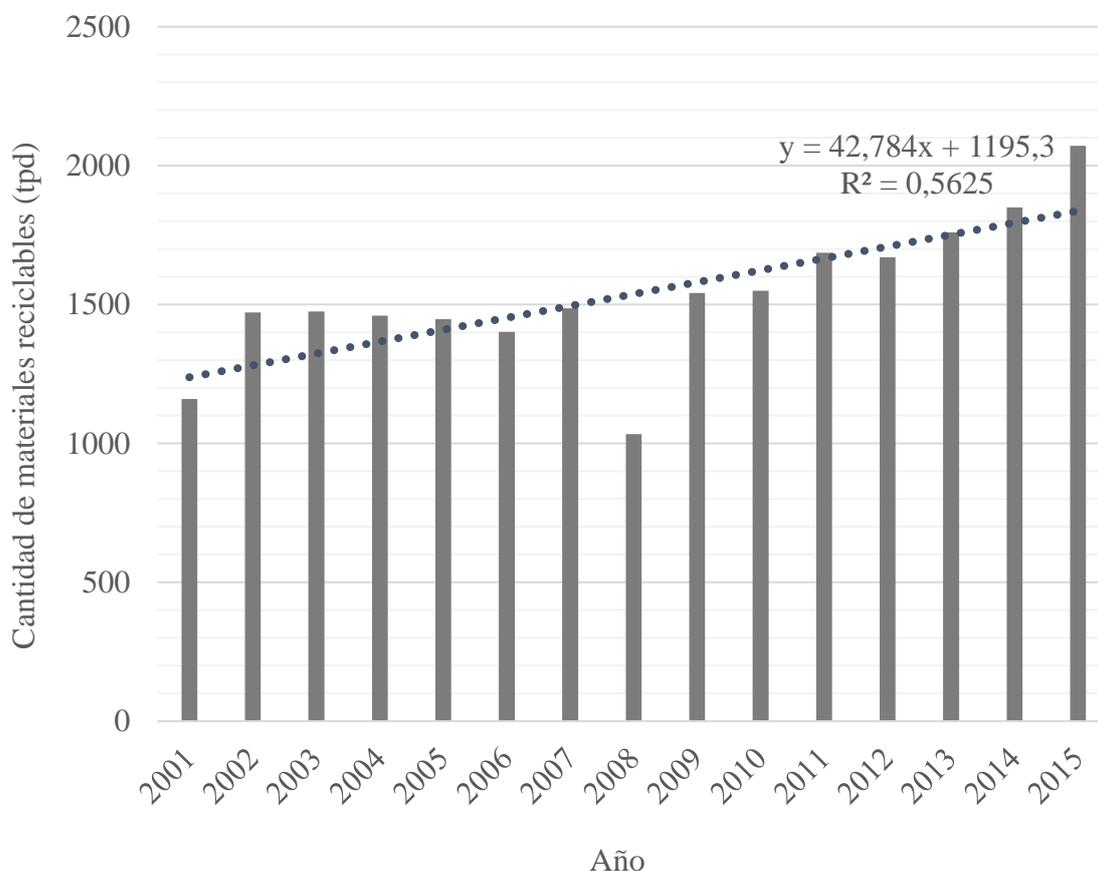


Gráfico 3: Curva de proyección en función de la tasa de generación estimada.

De los datos del Gráfico 3 se obtiene que la generación total para los años 2023 y 2030 será de:

<p>Año 2023: 2.179 tpd</p> <p>Año 2032: 2.564 tpd</p>

No obstante, no todo el material generado puede ser recuperado ya que gran parte depende de la participación del ciudadano en segregar los materiales reciclables en los acopios transitorios dispuestos para tal fin. Para ello, se realizaron diferentes escenarios de participación y se obtuvo la generación de materiales reciclables para los años 2023 y 2030 (Tabla 7).

Tabla 7: Cantidad de materiales reciclables generados por el circuito de Recuperadores y Estación de Transferencia, en función de distintos grados de participación ciudadana.

Año 2023							
Circuitos de recolección	Grado de participación ciudadana (tpd)						
	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Recuperadores	1.082	1.104	1.126	1.148	1.170	1.193	1.215
Formal	442	464	486	508	530	553	575
Informal	640	640	640	640	640	640	640
Estación de Transferencia	1.085	1.063	1.041	1.019	997	975	952
Año 2032							
Circuitos de recolección	Grado de participación ciudadana (tpd)						
	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Recuperadores	1.273	1.299	1.325	1.351	1.377	1.403	1.429
Formal	520	546	572	598	624	650	676
Informal	753	753	753	753	753	753	753
Estación de Transferencia	1.291	1.265	1.239	1.213	1.187	1.161	1.135

Se toma en consideración en el presente estudio que, en caso de que no se modifique el sistema de reciclado y que la tendencia de generación continúe para los años 2023 y 2032, se obtienen distintos tipos de recuperación de materiales reciclables en función de diversos grados de participación ciudadana.

Es importante mencionar que se asume como premisa que únicamente el circuito formal va a ser aquel afectado por el nivel de participación ciudadana y que la relación determinada en el año 2015 entre el material que se gestiona por los Recuperadores y el material que se envía a la estación de transferencia se mantiene a futuro.

En particular, considerando el grado de participación ciudadana actual del 20%, se asume conservador obtener para el año 2023 una tasa del 25% y, por lo tanto, una generación de 1.100 tpd por el circuito de Recuperadores formales e informales; mientras que para el año 2032 se asume una tasa de participación del 40% y, por lo tanto, una generación de 1.380 tpd por el circuito de Recuperadores formales e informales.

Para el presente estudio se toman en consideración dichos datos de generación para realizar las proyecciones de los modelos privados para los años 2023 y 2032.

5.2 Estudio de composición de los materiales reciclables

5.2.1 Composición de materiales reciclables en Estación de Transferencia

Tomando como referencia los estudios de la FIUBA, se desarrolla la Tabla 8 en donde se estima la composición de materiales reciclables que arriban a Estación de Transferencia.

Tabla 8: Composición de los materiales reciclables en Estación de Transferencia desde el año 2001 hasta el 2015, utilizando como base los estudios de la FIUBA.

Año del Estudio	2001	2002		2005	2006		2007		2008		2009	2011	2015
Tipo de estudio (*)	ET	BV	ET	ET	ET	BV	ET	BV	ET	BV	ET	ET	ET
Composición (%)													
Papeles y cartones	24,1	24,3	16,3	18,2	17,2	25,7	16,3	24,3	14,6	21,8	18,4	16,6	14,4
Plásticos	13,8	20,5	21,0	19,1	13,1	12,8	21,0	20,5	10,5	10,0	19,7	18,5	12,6
Vidrio	5,2	4,8	5,5	5,6	5,8	5,1	5,5	4,8	5,5	5,3	3,5	3,1	3,9
Metales Ferrosos	1,6	1,7	1,9	1,3	1,0	0,9	1,9	1,7	0,9	0,9	1,3	1,2	1,3
Metales No Ferrosos	0,9	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Otros	54,5	48,3	55,0	55,4	62,6	55,2	55,0	48,3	68,3	61,8	56,8	60,3	67,4
Total	45,5	51,7	45,0	44,6	37,4	44,8	45,0	51,7	31,7	38,2	43,2	39,7	32,6

(*) BV implica que el estudio se realizó sobre Basura Viva mientras que ET implica que el estudio se realizó sobre Estación de Transferencia.

Tal como se observa en la Tabla 8, el porcentaje de materiales reciclables en los residuos que se generan en los domicilios disminuye desde el año 2001, donde presenta una composición del 45% en Estación de Transferencia y mayor al 50% en Basura Viva, hasta alcanzar valores inferiores al 33% en Estación de Transferencia.

Dicha disminución puede estar asociada a una mayor concientización y mejores tasas de separación de materiales reciclables, así como a un mayor grado de recupero por parte de los Recuperadores Informales.

Al estudiar cada componente se observa que los papeles y cartones representan el porcentaje más grande del total de los materiales reciclables, encontrándose en proporción mayor en Basura Viva que en Estación de Transferencia ya que los Recuperadores Informales se centran principalmente en recuperar esta fracción.

En segundo lugar, el componente con mayor representación en el total de materiales reciclables es el plástico. El mismo ha variado considerablemente a través del tiempo, aumentando su proporción en los años 2002, 2005, 2007 y 2011 y disminuyendo en los años 2006 y 2008. Estos saltos pueden verse asociados al precio del combustible, el cual fluctúa en función de la economía internacional. Es importante destacar que en el año 2008 el porcentaje de plásticos disminuyó de manera considerable. Si bien no se conoce la causa directa, se estima que la crisis financiera internacional de principios de 2008 pudo afectar el precio del combustible, y con ello impactar directamente sobre el costo en la producción del plástico. Tal como lo establece el informe de Sebastián Laffaye, denominado “La crisis financiera: origen y perspectivas” publicado en el año 2008 ^[44], las primeras consecuencias sociales de la crisis fueron: el desempleo, el cual incrementó en el segundo semestre de 2008 en donde se perdieron unos 600.000 puestos de trabajo, así como un incremento en el precio de los alimentos, el combustible y el enorme endeudamiento de la familia.

Por otro lado, se puede observar que la proporción del vidrio en la composición total disminuye a través del tiempo, asociado a un posible reemplazo del material por otros más baratos y fáciles de manipular, así como un posible reemplazo al vidrio retornable.

En relación a los metales ferrosos y no ferrosos, las composiciones de los mismos se mantienen relativamente estable en el tiempo.

Estas tres últimas corrientes son las menos interesantes para recuperar por parte de los Recuperadores en los circuitos no tecnificados de gestión y por ello no existe grandes diferencias entre los porcentajes que se encuentran en Basura Viva y en Estación de Transferencia.

5.2.2 Composición de materiales reciclables en Campanas Verdes

Durante fines de 2017 y mediados de 2018 se realizó un estudio de composición del material proveniente de las Campanas Verdes, el cual es recolectado por camiones carga lateral y dispuestos en la planta MRF Chilavert para su procesamiento.

Esta composición se tomará como referencia para el estudio económico del modelo privado (Tabla 9).

Tabla 9. Análisis estadístico de la composición física de los materiales reciclables provenientes de las Campanas Verdes.

Componentes	Composición porcentual (% p/p)	Desvío Standard (%p/p)	Límite Inferior (% p/p)	Límite Superior (% p/p)
Papel y Cartón	39,01	17,35	21,66	56,36
Papeles varios	13,31	5,37	7,94	18,68
Cartones	24,49	11,62	12,87	36,11
Envases TetraBrik	1,21	0,36	0,85	1,57
Plásticos	25,28	8,11	17,17	33,39
PET	12,28	3,5	8,87	15,78
Livianos	5,12	1,3	3,82	6,42
Otros	7,88	3,31	4,57	11,19
Vidrio	11,20	4,17	7,03	15,37
Metales Ferrosos	4,98	6,67	0,00	11,65
Metales No Ferrosos	0,81	0,58	0,23	1,39
Otros	18,72	9,39	9,33	28,11

A continuación, se realiza un análisis de la tratabilidad de los materiales reciclables:

- i) Principal componente: papeles y cartón.

Tal como se puede observar en la Tabla 9, el componente con mayor representatividad en los materiales reciclables gestionados por el circuito de Campanas Verdes son el papel y el cartón, los cuales representan el 39% del total de los residuos. Al estudiar los subcomponentes se observa que el cartón representa cerca del 65% del material separado en esta categoría, seguido por los papeles en un 34% y finalmente el TetraBrik en un 1,3%. La gran representatividad del cartón se condice con el hecho de que la sociedad ha internalizado el requerimiento de papel y cartón por parte de los Recuperadores, los cuales eran denominados originalmente como “cartoneros”. El mismo consiste en un material con gran peso, bajo volumen y alto precio de venta, convirtiéndose así en uno de los materiales más eficientes de gestionar. Asimismo, el cartón se encuentra ampliamente distribuido en el mercado como material de envase y embalaje y presenta numerosos circuitos de compra, siendo fácil su reinsertión en el mercado.

El segundo subcomponente en importancia dentro del grupo es el papel, el cual representa el 34% del material separado en esta categoría. El papel, al igual que el cartón, presenta gran peso, bajo volumen y alto precio de venta, convirtiéndose así en una fracción de fácil recuperación. No obstante, si bien el papel se encuentra ampliamente distribuido, presenta mayor heterogeneidad de forma – diario, revista, blanco, entre otros -, y no todas ellas se venden al mismo precio en el mercado. En particular, el papel blanco es el que presenta mayor precio, mientras que el resto de las fracciones (diarios, revistas, otros) presentan un valor considerablemente menor y se los suele denominar como material de segunda. Un caso especial es el de los envases Tetrabrik, cuyo porcentaje de separación en esta categoría es significativamente bajo: sólo un 1,21%. El mismo se usa para contenidos líquidos, tales como vino, leche o jugos de frutas y están compuestos de múltiples laminas compactas (una capa de aluminio, una capa de papel Kraft y varias capas de polietileno) que les confieren larga vida a los productos sin refrigeración. Es dable destacar que el poco material que reciben los Recuperadores, lo mezclan y los venden principalmente a la industria del cartón, ya que no presenta un mercado propio.

ii) Componente secundario: plásticos

El segundo componente en importancia dentro de la fracción de materiales reciclables es el plástico, el cual representa el 25% del total del material reciclable gestionado por el circuito de Campanas Verdes. El uso del plástico se encuentra ampliamente distribuido para el uso de envases y embalajes.

Bajo este componente se observa que cerca del 49% del plástico recuperado corresponde a botellas de PET, entendiendo que las mismas se encuentran ampliamente presentes en la industria alimenticia, principalmente en la distribución de bebidas. Dicho material presenta bajo peso y gran volumen, siendo de una dificultad media para la separación y recolección por parte de los Recuperadores.

Por otro lado, si bien existe una industria del reciclado que se encuentra dispuesta a absorber todo el material recuperado, el precio del mismo se encuentra sujeto al precio del barril del petróleo, siendo un material de variable competitividad para la recuperación por parte del Recuperador.

No obstante, es de destacar que, en vista de que el material evaluado en el presente estudio es una fiel demostración de la separación en los domicilios sin previa intervención del Recuperador, el alto porcentaje de PET dentro de la composición del material reciclable demuestra que, en el consciente de la población, el mismo es un material valioso de recuperación.

El segundo subcomponente en importancia dentro de este grupo son los denominados “otros plásticos”, cuya composición se basa principalmente en polipropileno, polietileno y poliestireno (incluido el expandido). Este subcomponente representa el 30% de todos los plásticos separados en las Campanas Verdes debido a que se usan principalmente como insumos en la industria alimenticia y de limpieza (potes de yogur, potes de queso crema, envases de limpieza y telgopor para conservar los helados). Lamentablemente esta fracción viene muchas veces contaminada con trazas de residuos orgánicos y, debido a la especificidad de sus usos, no pueden ser reinsertados en el mercado. De esta manera, hasta tanto no exista un mercado capaz de abastecerla, esta fracción no debería ingresar en el sistema de recuperación de materiales reciclables. La misma contamina los otros materiales con mayor potencial de recuperación, reduce los espacios disponibles para otras fracciones, aumenta los costos de transporte y procesamiento y además debe ser luego transportado y dispuesto en relleno sanitario.

Por último, el tercer subcomponente en importancia dentro de los plásticos son los “livianos” que corresponden principalmente a polietileno en forma de bolsas y films. Esta fracción se encuentra representada en un 20% de todos los plásticos recolectados mediante el sistema de Campanas Verdes y presenta muy poco peso, bajo volumen y un mercado limitado para su reinsertión. Asimismo, se estima que la modificación de la normativa relativa a la prohibición de la entrega de bolsas plásticas en los supermercados de la CABA ha impactado positivamente reduciendo la cantidad de polietileno que ingresa al sistema de Campanas Verdes.

iii) Tercer componente: el vidrio.

El tercer componente en importancia es el vidrio, el cual representa cerca del 12% del total de los materiales recuperados. A diferencia de los plásticos, el vidrio presenta un peso muy alto y un volumen bajo, lo que implica que pocas unidades de botellas de vidrio pesan mucho en el total de la muestra.

Bajo este contexto, se estima que a la planta MRF arriban cerca de 4.000 unidades de botellas de vidrio por día, mientras que ingresan 100.000 unidades diarias de PET, entendiéndose que ambos se encuentran representados (en porcentaje) de manera similar en el total del material reciclado por el sistema de Campanas Verdes.

iv) Cuarto componente: metales ferrosos y no ferrosos.

Por último, encontramos que los metales ferrosos y no ferrosos representan menos del 6% del total de los materiales reciclables gestionados por medio de Campanas Verdes, siendo el principal componente los metales ferrosos con una representación del 80%.

En particular, los metales ferrosos se encuentran distribuidos principalmente para la conservación de los alimentos y los aerosoles; mientras que los metales no ferrosos se encuentran en forma de latas de gaseosa y llaves de bronce.

v) Otros componentes

Cerca del 18% de material que ingresa a las Campanas Verdes no es susceptible de ser reciclable, asociado a una inadecuada separación en origen. Se ha encontrado gran cantidad de material orgánico (yerba y comidas varias), así como también mucho material misceláneo de difícil recuperación. También se ha encontrado tachos de pintura (residuos peligrosos), bombitas de luz (residuos peligrosos), pañales (residuos especiales), jeringas (residuos peligrosos) y hasta un teclado de computadora (residuos especiales). La presencia de estos residuos dificulta la posterior recuperación de los materiales reciclables, pone en peligro la salud de los Recuperadores encargados de la clasificación, así como también demuestra que se requiere de mayores campañas de concientización para mejorar la segregación domiciliaria.

5.2.3 Comparación de la composición de materiales reciclables en Campanas Verdes y Estación de Transferencia.

En la Tabla 10 se detalla una comparación en la composición de materiales reciclables entre los resultados del presente informe y aquello evaluado en Estación de Transferencia según estudio de caracterización de RSU realizado por la FIUBA en el año 2015. Es importante mencionar que los datos en Estación de Transferencia solo consideran la fracción de materiales reciclables y no todas las fracciones analizadas.

Tabla 10: Composición física promedio de los materiales reciclables provenientes de las campanas verdes y de Estación de Transferencia (estudio de la FIUBA, Año 2015).

Componentes	Composición porcentual (% p/p) - Campanas Verdes	Composición porcentual (% p/p) – Estación de Transferencia
Papel y Cartón	39,01	44,15
Papeles varios	13,31	33,84
Cartones	24,49	8,71

Tabla 10: Composición física promedio de los materiales reciclables provenientes de las campanas verdes y de Estación de Transferencia (estudio de la FIUBA, Año 2015)
(continuación).

Componentes	Composición porcentual (% p/p) - Campanas Verdes	Composición porcentual (% p/p) – Estación de Transferencia
Envases TetraBrik	1,21	1,60
Plásticos	25,28	38,66
PET	12,28	4,97
Livianos	5,12	20,77
Otros	7,88	12,92
Vidrio	11,20	11,84
Metales Ferrosos	4,98	3,96
Metales No Ferrosos	0,81	1,38
Otros	18,72	N/C

La Tabla 10 demuestra que la representación de los componentes tanto en Campanas Verdes como en Estación de Transferencia es similar, hallándose en orden decreciente de la siguiente manera: papel y el cartón, plásticos, vidrio, metales ferrosos, y finalmente metales no ferrosos.

En particular, el papel y el cartón es el principal componente tanto en Campanas Verdes como en Estación de Transferencia. De igual forma, al estudiar la presencia de los subcomponentes se puede observar que la mayor parte del cartón es recuperado en Campanas Verdes, mientras que el principal subcomponente que se pierde en Estación de Transferencia son los papeles. Ello es de esperarse ya que, tal como se mencionó previamente en el trabajo, el principal componente a recuperar por el circuito de Recuperadores es el cartón, siendo la fracción que los ciudadanos más asocian con su potencial recuperado. En contraparte, el papel de diarios y revistas y papel mezclado no presenta tanto valor comercial y para el ciudadano se encuentra menos relacionado con su potencial reciclable, lo que hace que gran parte termine dispuesto en relleno sanitario. Es importante destacar que los materiales de tetraBrik se encuentran poco representados tanto en Estación de Transferencia como en Campanas Verdes, y ello se debe a una baja presencia de dicho material en el mercado.

En materia de plásticos, al comparar la composición del PET en ambos circuitos, gran parte de las botellas se recuperan por el circuito formal de Recuperadores. No obstante, ello no sucede con los otros plásticos, los cuales se encuentran principalmente en el circuito de Estación de Transferencia (en especial, por su uso para embolsar los residuos). Es importante mencionar que el estudio en Estación de Transferencia se realizó en el año 2015, previa sanción de la normativa relativa a la prohibición en la entrega de bolsas plásticas en supermercados, mientras que el estudio en Campanas Verdes se desarrolló a finales 2017 – principios 2018. Dicha prohibición puede haber afectado la cantidad de materiales livianos generados.

En relación a la composición del vidrio, metales ferrosos y metales no ferrosos, no se observan diferencias entre el porcentaje que se encuentra en Estación de Transferencia y Campanas Verdes.

5.3 Evaluación Económica

A continuación, se evalúan los costos de capital (en adelante, CAPEX) y los costos de operación (en adelante, OPEX), siempre expresados en valores mensuales, para cada uno de los modelos.

5.3.1 Modelo BAU

El modelo BAU contempla continuar con el sistema actual aplicando mejoras edilicias en los Centros Verdes e incorporando mayor cantidad de Campanas Verdes y camiones recolectores. Con estas incorporaciones se espera una gestión de 519 tpd, lo que equivale a 137.016 tpa.

Asimismo, teniendo en consideración la experiencia que presenta la DGREC se estima que, del total de residuos recibidos en los Centros Verdes, el 17% del material ingresado es rechazado y dispuesto en relleno sanitario. En consecuencia, este valor asciende a 23.293 tpa, a un costo de disposición de 21 USD/t.

El presente modelo se centra en los costos para el GCABA y no contempla ingresos por la venta de materiales reciclables ya que ellos se encuentran comercializados y gestionados directamente por las Cooperativas.

En relación al CAPEX se realizan las siguientes consideraciones:

- i. Obras civiles (baños, comedor, sistema contra incendios, entre otros)

Según información provista por la DGREC, para asegurar el funcionamiento óptimo de los Centros Verdes, se deben realizar las siguientes mejoras en infraestructura y maquinaria (Tabla 11).

Tabla 11: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al Modelo Business As Usual.

Centro Verde	Capacidad Óptima (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Balbastro	30	Baños, vestuario, comedor	239.913	10.265
		Tablero eléctrico		
		Acondicionamiento red de incendios		
		Cinta de selección		
Barracas	130	Acondicionamiento Red de incendios	620.833	19.139
		Enfardadora		
		Pintura		
Bonavena	2	Puesta a punto	8.333	9.229
Chilavert	30	Espejo retrovisor	85.397	34.170
		Semicubierto		
		Desagues pluviales		
		Dosificador		
		Pintura		
Constituyentes	15	Acondicionamiento red de incendios	228.264	47.509
		Pintura		
		Fachada		
		Impermeabilización		

Tabla 11: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al Modelo Business As Usual (continuación).

Centro Verde	Capacidad Óptima (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Corrales	10	Otros	1.389	9.229
Cortejarena	30	Pintura	14.653	50.821
De la Rosa	15	Acondicionamiento red de incendios	249.361	9.798
		Enfardadora + entrepiso		
		Pintura		
José Martí	3	Acondicionamiento red de incendios	120.833	9.229
		Pintura		
Nuñez	30	Semicubierto	59.989	44.914
		Pintura		
Retiro	30	N/A	-	28.518
Rio Cuarto	2	Acondicionamiento red de incendios	213.826	9.229
		Enfardadora + entrepiso		
		Pintura		
Solis	2	Baños, vestuario, comedor	396.791	9.229
		Acondicionamiento red de incendios		
		Enfardadora + entrepiso		
		Pintura		
Varela	60	Pintura	19.444	29.396
		Jaulas de acopio		

Tabla 11: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al Modelo Business As Usual (continuación).

Centro Verde	Capacidad Óptima (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Yerbal	N/A	Acondicionamiento red de incendios	366.668	12.589
		Baños, vestuario, comedor		
Norte	130	Instalación de cámaras	27.778	11.111
		Pintura		
Montes de Oca	N/A	N/A	-	17.260
Total	519		2.653.472	361.635

Como premisa del modelo, se estima que las mejoras edilicias y de maquinaria se podrían realizar en los primeros 4 años de gestión (2019 – 2022), lo que corresponde distribuir el capital de 2.653.472 USD equitativamente en dicho período. En consecuencia, en la siguiente etapa no se realizarían erogaciones presupuestarias asociados a los costos inversión.

ii. Sistema de acopio transitorio: incorporación de Campanas Verdes.

Para recuperar las 519 tpd de materiales reciclables, la propuesta considera incrementar 99 tpd mediante la incorporación de Campanas Verdes. Para ello, se debe estimar la tasa actual de recupero, siguiendo la fórmula 2:

$$h = q/s \quad [2]$$

$$h = (40 \text{ tpd}) / 3.200 \text{ unidades}$$

$$h = 0,0125 \text{ tpd} * \text{campana}$$

Con ello se obtiene que actualmente se recuperan 0,0125 tpd de materiales reciclables por el circuito de Campana Verde. Si bien es un valor bajo (cerca de 12,5 kilos diarios por Campana Verde), es el valor más cercano que presentamos de la realidad.

Asimismo, para calcular la cantidad de campanas necesarias para la implementación del modelo se utiliza la fórmula 3:

$$S = (Ff - Fi) / h \quad [3]$$

$$S = (519 \text{ tpd} - 420 \text{ tpd}) / 0,0125 \text{ tpd} * \text{campana}$$

$$S = 7.920 \text{ campanas}$$

Por ende, para recuperar 99 tpd se requieren 7.920 nuevas Campanas Verdes, lo que equivale a una inversión de 9.512.989 USD.

iii. Sistema de recolección

La presente propuesta incorpora 57 nuevos camiones para mejorar la flota de recolección, a un costo de 2.978.204 USD/final.

Todos los costos de CAPEX se encuentran prorrateados en los primeros 4 años.

Por otro lado, en relación al OPEX se debe considerar que:

- i. el mantenimiento de las 11.140 Campanas Verdes es de 33 USD/unidad, el de los 87 Puntos Verdes es de 400 USD/unidad, el costo por la operación de los Puntos Verdes asociados a 98 asistentes es de 511 USD/operario y el costo por el mantenimiento de los 176 tótems es del 4,17 USD/unidad;
- ii. el mantenimiento edilicio, de maquinaria fija y maquinaria móvil se encuentra en la Tabla 11;
- iii. los seguros (de Caución Ambiental y por la maquinaria fija) y estudios (Estudios de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Acústico, Estudio de Impacto Vial, entre otros) a realizar se consideran a un costo prorrateado de 1.667 USD;
- iv. los insumos asociados a la operación de la planta (bolsones e indumentaria) genera un costo de 216.435 USD;
- v. el mantenimiento de tres plantas MRF asciende a 133.333 USD;
- vi. el alquiler de los Centros Verdes genera un gasto que corresponde a 18.519 USD;
- vii. el gerenciamiento de 138 camiones equivale a una erogación de 615.347 USD; y, finalmente,
- viii. los sueldos de los recursos humanos asociados al sistema, considerando un aumento del 20%, asciende a 4.559.985 USD.

Los resultados del presente modelo fueron los siguientes:

Valor Actual Neto Presente: - 610.675.871 USD

Valor Actual Neto Unitario: - 318 USD/t

Costos totales: -1.091.123.952 USD

En el Anexo I se adjunta el análisis del Valor Actual Neto del presente modelo.

5.3.2 Modelo tecnificado

El modelo tecnificado contempla dos etapas que son temporalmente consecutivas: la primera ocurre en los primeros 4 años e incluye la implementación de una serie de mejoras básicas necesarias en los Centros Verdes tradicionales, la tecnificación de dos nuevos Centros Verdes y la incorporación de una cuarta MRF. La segunda etapa ocurre desde el año 2023 al 2032 y se centra en el procesamiento en los dos Centros Verdes tecnificados y en las plantas MRF; el resto de los Centros Verdes se desmantelan progresivamente.

El modelo presenta una gestión de 660 tpd, lo que equivale a 174.240 tpa y se asume que, por la experiencia de la DGREC, el 17% del total de los residuos recibidos en los Centros Verdes es rechazado y dispuesto en relleno sanitario. Este valor asciende a 29.621 tpa, a un costo de disposición de 21 USD/t.

El objetivo del presente modelo es concentrar el tratamiento en seis Centros Verdes para efficientizar los procesos y poder controlar mejor la gestión de los materiales reciclables. Una de las condiciones para que el presente proyecto funcione adecuadamente requiere que las Cooperativas se reagrupen y trabajen de manera asociada e integrada.

Nuevamente, el modelo se centra en los costos asociados al proyecto para el GCABA y no contempla ingresos por la venta de materiales reciclables ya que ellos se encuentran comercializados y gestionados directamente por las Cooperativas.

En particular, el CAPEX de la primera etapa se encuentra asociado a:

i. Obras civiles

El modelo presenta dos objetivos: en los Centros Verdes de menor capacidad se busca acondicionar las instalaciones de la red de incendios y la pintura edilicia. Ello se aplicará a los siguientes Centros Verdes: Balbastro, Bonavena, Constituyentes, Corrales, Cortejarena, De La Rosa, José Martí, Retiro, Río Cuarto, Solís, Yermal y Montes de Oca.

En los Centros Verdes de mayor capacidad, se busca su tecnificación mediante la incorporación de maquinaria. Para ello, se va a trabajar fuertemente en los siguientes Centros Verdes, hasta alcanzar las siguientes capacidades:

- Centro Verde Barracas – planta MRF con una capacidad de 120 tpd;
- Centro Verde Chilavert – planta MRF con una capacidad de 120 tpd;
- Centro Verde Núñez – Centro Verde tecnificado con una capacidad de 90 tpd;
- Centro Verde Varela – Centro Verde tecnificado con una capacidad de 90 tpd;
- Centro Verde Norte – planta MRF con una capacidad de 120 tpd;
- Centro Verde Oeste – planta MRF con una capacidad de 120 tpd;

A continuación, se demuestra en la Tabla 12 las mejoras en obras que se van a implementar en cada Centro Verde.

Tabla 12: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Primer Etapa.

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Balbastro	30	Acondicionamiento red de incendios	138.888	10.265
Barracas	130	Acondicionamiento red de incendios	620.833	19.139
		Enfardadora		
		Pintura		
Bonavena	2	N/A		9.229
Chilavert	90	Espejo retrovisor	585.397	34.170
		Semicubierto		
		Enfardadora		
		Desagues pluviales		
		Dosificador		
		Pintura		

Tabla 12: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Primer Etapa (continuación).

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Constituyentes	15	Acondicionamiento red de incendios	215.278	47.509
		Pintura		
Corrales	10	Otros	1.389	9.229
Cortejarena	30	Pintura	14.653	50.821
De la Rosa	15	Acondicionamiento red de incendios	204.666	9.798
		Pintura		
José Martí	3	Acondicionamiento red de incendios	120.833	9.229
		Pintura		
Nuñez	90	Semicubierto	59.989	44.914
		Pintura		
Retiro	30	N/A	-	28.518
Rio Cuarto	2	Acondicionamiento red de incendios	177.945	9.229
		Pintura		
Solis	2	Acondicionamiento red de incendios	212.739	9.229
		Pintura		
Varela	90	Pintura	19.444	29.396
		Jaulas de acopio		
Yerbal	N/A	Acondicionamiento red de incendios	166.667	12.589

Tabla 12: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Primer Etapa (continuación).

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Norte	131	Instalación de cámaras	27.778	11.111
		Pintura		
Montes de Oca	N/A	N/A	-	17.260
Oeste	N/A – En construcción			N/A
Total	670		2.566.500	361.635

Se estima que las mejoras edilicias se pueden realizar en los primeros 4 años de gestión (2019 – 2022), lo que corresponde a distribuir un capital de 2.566.500 USD equitativamente en dicho período.

Además, el presente modelo incorpora una cuarta MRF a ser ubicada en la zona Oeste, cuyo costo asciende a 11.166.667 USD e incluye los costos por inversión de un galpón típico para este tipo de plantas y la adquisición, instalación y puesta a punto de toda la línea de tratamiento.

Se contempla el inicio de la operación para el año 2022 ya que se considera 24 meses de proceso administrativo (incluye modificación de la zonificación correspondiente al Código de Planeamiento Urbano, los estudios de factibilidad ambiental con su etapa de consulta pública, el diseño y la ejecución de la licitación y trámites administrativo hasta adjudicación del servicio) y entre 9 a 12 meses de construcción y puesta a punto de la planta.

- ii. Sistema de contenerización: incorporación de campanas verdes.

Para recuperar las 660 tpd de materiales reciclables, la propuesta es aumentar en 240 tpd con la incorporación de nuevas Campanas Verdes. Para ello, se debe estimar la tasa actual de recupero utilizando la fórmula 2.

$$h = q/s \quad [2]$$

$$h = (40 \text{ tpd}) / 3.200 \text{ unidades}$$

$$h = 0,0125 \text{ tpd} * \text{campana}$$

Con ello se obtiene que actualmente se recupera 0,0125 tpd por campana y, mediante la fórmula 3 se obtiene la cantidad de campanas requeridas para el modelo es la siguiente:

$$S = (Ff - Fi) / h \quad [3]$$

$$S = (660 \text{ tpd} - 420 \text{ tpd}) / 0,0125 \text{ tpd} * \text{campana}$$

$$S = 19.200 \text{ campanas}$$

Por ende, para recuperar 240 tpd se requieren 19.200 nuevas Campanas, lo que equivale a una inversión de 23.061.792 USD.

iii. Sistema de recolección

El modelo incorpora 57 nuevos camiones para mejorar la flota de recolección a un costo de 2.978.204 USD/final.

Todos los costos de CAPEX se encuentran prorrateados en los primeros 4 años.

Por otro lado, en relación al OPEX en la primera etapa se debe considerar que:

- i. el mantenimiento de las 22.400 Campanas Verdes es de 33 USD/unidad, el de los 87 Puntos Verdes es de 400 USD/unidad, el costo por la operación de los Puntos Verdes asociados a 98 asistentes es de 511 USD/operario y el costo por el mantenimiento de los 176 tótems es del 4,17 USD/unidad;
- ii. el mantenimiento edilicio, de maquinaria fija y maquinaria móvil se encuentra en la Tabla 12;
- iii. los seguros (de Caución Ambiental y por la maquinaria fija) y estudios (Estudios de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Acústico, Estudio de Impacto Vial, entre otros) a realizar se considera un costo prorrateado de 1.667 USD;
- iv. los insumos por la operación de la planta (bolsones e indumentaria) genera un costo de 216.435 USD;
- v. el mantenimiento de tres plantas MRF asciende a 133.333 USD;
- vi. el alquiler de los Centros Verdes genera un gasto que corresponde a 18.519 USD;
- vii. el gerenciamiento de 138 camiones presenta una erogación de 615.347 USD; y, finalmente,

viii. los sueldos de los recursos humanos asociados al sistema, considerando un aumento del 40%, asciende a 5.319.982 USD/mes.

Dado que toda la inversión se realiza en la primera etapa, no se presentan gastos de inversión asociados a la segunda etapa.

En relación al OPEX en la segunda etapa, se debe tener en consideración que el total de los incisos de acopio transitorio de la primera etapa se mantienen fijos.

En materia de Centros Verdes, es importante mencionar que se considera que a partir del cuarto año se invierte en el mantenimiento de los Centros Verdes tecnificados y se reduce progresivamente el mantenimiento de los Centros Verdes de baja capacidad hasta la no inversión para el año 2032. De esta manera, estos Centros Verdes se dejan de utilizar para la segregación de materiales reciclables de manera progresiva, tal que las Cooperativas se reagrupan en los Centros Verdes tecnificados (Tabla 13).

Tabla 13: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Segunda Etapa.

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Tipo de planta (MRF o tecnificado)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Barracas	130	MRF	19.139
Chilavert	100	MRF	34.170
Núñez	90	Tecnificado	44.915
Varela	90	Tecnificado	29.397
Norte	130	MRF	11.111
Oeste	120	MRF	11.111
Total	660		149.843

Tabla 14: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al modelo tecnificado – Segunda Etapa.

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Balbastro	30	10.265
Bonavena	2	9.229
Constituyentes	15	47.509
Corrales	10	9.229
Cortejarena	30	50.821
De la Rosa	15	9.798
José Martí	3	9.229
Retiro	30	28.518
Rio Cuarto	2	9.229
Solis	2	9.229
Yerbal	N/A	12.588
Montes de Oca	N/A	17.260
Total	139	222.904

Por ello, se contempla:

- i. el mantenimiento edilicio, de maquinaria fija y maquinaria móvil se encuentra asociado a los Centros Verdes tecnificados, cuyo valor asciende a 149.843 USD/mes (Tabla 13);
- ii. se asume reducción progresiva del mantenimiento edilicio, de maquinaria fija y maquinaria móvil asociados a los Centros Verdes de baja capacidad - a los fines de la presente evaluación, se considera que cada año se reduce el 10% del total del costo asociado (Tabla 14);
- iii. el mantenimiento de cuatro plantas MRF asciende a 177.778 USD/ mes;
- iv. los seguros (de Caucción Ambiental y por la maquinaria fija) y estudios (Estudios de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Acústico, Estudio de Impacto Vial, entre otros) a realizar en los Centros Verdes tecnificados y las plantas MRF se considera un costo prorrateado de 833 USD;

- v. no se contemplan los costos por alquiler de predios ya que los Centros Verdes tecnificados y las MRF se encuentran en predios del GCABA;

Es importante mencionar que los Centros Verdes de Varela y Núñez se encuentran dimensionados para procesar más material del que actualmente realizan, posiblemente asociados al hecho de que las Cooperativas asignadas logran captar menos material por los circuitos de acopio transitorio.

Los resultados del presente modelo fueron los siguientes:

Valor Actual Neto Presente: - 728.077.582 USD
Valor Actual Neto Unitario: - 298 USD/t
Costos del proyecto: -1.286.947.542 USD

En el Anexo II se adjunta el análisis del Valor Actual Neto del presente modelo.

5.3.3 Modelo privado

El modelo privado contempla dos etapas que son temporalmente consecutivas: la primera ocurre en los primeros 4 años e implica continuar con el sistema de gestión actual sin incorporar mejoras (420 tpd) e implementar diferentes medidas administrativas para permitir la privatización para la segunda etapa.

En la segunda etapa, que ocurre desde el año 2023 al año 2032, el procesamiento se centra en privatizar la gestión de los materiales reciclables, estimando una tasa de generación total por el sistema formal e informal de 1.100 tpd.

En particular, el CAPEX de la primera etapa se encuentra asociado a:

- i. Obras civiles

El sistema de gestión de materiales reciclables actual requiere hacer las obras edilicias establecidas en la Tabla 15 para asegurar el correcto procesamiento de las 420 tpd gestionadas diariamente.

Tabla 15: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al Modelo Privado.

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Balbastro	30	Tablero eléctrico	149.913	10.265
		Acondicionamiento Red de incendios		
Barracas	80	Acondicionamiento Red de incendios	120.833	19.139
		Pintura		
Bonavena	2	Puesta a punto	8.334	9.229
Chilavert	30	Desagues pluviales	40.278	34.170
		Dosificador de carga		
		Pintura		
Constituyentes	15	Acondicionamiento Red de incendios	224.097	47.509
		Pintura		
		Impermeabilización		
Corrales	10	Otros	1.389	9.229
Cortejarena	30	Pintura	14.653	50.821
De la Rosa	15	Acondicionamiento Red de incendios	204.666	9.798
		Pintura		
José Martí	3	Acondicionamiento Red de incendios	120.833	9.229
		Pintura		
Núñez	30	Pintura	9.722	44.914
Retiro	30	N/A	-	28.518

Tabla 15: Información sobre la capacidad esperada de procesamiento, la infraestructura a realizar y maquinaria adquirir con sus costos asociados y los costos por el servicio de mantenimiento asociados al Modelo Privado (continuación).

Centro Verde	Capacidad (tpd)	Infraestructura / maquinaria	Costos de inversión (USD)	Costo de mantenimiento (USD/mes)
Rio Cuarto	2	Acondicionamiento Red de incendios Pintura	177.945	9.229
Solis	2	Acondicionamiento Red de incendios Pintura	212.739	9.229
Varela	60	Pintura	9.722	29.396
Yerbal	N/A	Acondicionamiento Red de incendios	166.667	12.589
Norte	81	Instalación de cámaras Pintura	27.778	11.111
Montes de Oca	N/A	Otros	-	17.260
Total	420		1.489.569	361.365

Se estima que las mejoras edilicias y de maquinaria se podrían realizar en los primeros 4 años de gestión (2019 – 2022), lo que corresponde a distribuir un capital de 1.489.569 USD equitativamente en dicho período.

ii. Sistema de recolección

La presente propuesta incorpora 57 nuevos camiones para mejorar la flota de recolección, a un costo de 2.978.204 USD/final.

Todos los costos de CAPEX se encuentran prorrateados en los primeros 4 años.

Por otro lado, en relación al OPEX en la primera etapa se debe considerar:

- i. el mantenimiento de las 3.200 Campanas Verdes es de 33 USD/unidad, el de los 87 Puntos Verdes es de 400 USD/unidad, el costo por la operación de los Puntos

- Verdes asociados a 98 asistentes es de 511 USD/operario y el costo por el mantenimiento de los 176 tótems es del 4,17 USD/unidad;
- ii. el mantenimiento edilicio, de maquinaria fija y maquinaria móvil se encuentra asociado a la Tabla 15;
 - iii. los seguros (de Caución Ambiental y por la maquinaria fija) y estudios (Estudios de Impacto Ambiental, Estudio de Impacto Acústico, Estudio de Impacto Vial, entre otros) a realizar se considera un costo prorrateado de 1.667 USD;
 - iv. los insumos asociados a la operación de la planta (bolsones e indumentaria) genera un costo de 216.435 USD;
 - v. el mantenimiento de tres plantas MRF asciende a 133.333 USD;
 - vi. el alquiler de los Centros Verdes genera un gasto que corresponde a 18.519 USD;
 - vii. el gerenciamiento de 138 camiones presenta una erogación presupuestaria de 615.347 USD; y, finalmente,
 - viii. los sueldos de los recursos humanos asociados al sistema, considerando un aumento del 40%, el cual asciende a 5.319.982 USD.

En la segunda etapa, el GCABA no presenta costos de inversión ya que supone que comenzará a funcionar un sistema privado de gestión de materiales reciclables, en el cual el GCABA presenta un sistema de pago por cantidad de material procesado (USD/tonelada procesada).

Para ello, se realizó una Evaluación Económica para la empresa en la cual la premisa fue alcanzar un VAN mayor a 1.000.000 USD y una tasa de retorno mayor al 15%. Esta premisa se logra considerando los ingresos de la venta de los materiales reciclados gestionados y el costo por el procesamiento de los materiales reciclables al GCABA.

A continuación, se detallan el OPEX y CAPEX de la empresa y los ingresos por la venta de material y por la tarifa de procesamiento.

En relación al CAPEX es importante mencionar que:

- i. Sistema de contenerización

Para calcular la cantidad de contenedores requeridos por el modelo se asume que la densidad promedio de los materiales reciclables de 0,08 t/m³, el volumen de los contenedores de 3.200 litros y el grado de llenado del 40%.

$$Q_{cont} = Q_{rec} / (d * vol * g) \quad [4]$$

$$Q_{cont} = 1.100 \text{ tpd} / (0,08 \text{ t/m}^3 * 3,2 \text{ m}^3 * 0,4)$$

$$Q_{cont} = 10.742 \text{ contenedores}$$

Se contempla colocar 10.742 contenedores en la CABA. Es importante destacar que se recomienda colocar contenedores de reciclables con identificación siempre que haya un contenedor de húmedos cercano (como factor limitante), lo que implica reducir la cantidad de contenedores húmedos en las calles.

Dado que cada contenedor cuesta 3.500 USD/unidad, el gasto total asciende a 37.597.000 USD.

ii. Sistema de recolección

La cantidad de rutas se encuentra definida por la densidad promedio de los materiales reciclables (se asume 0,08 t/m³), el grado de compactación que presentan los camiones bilaterales (600%) y el volumen del camión bilateral (se asume 18 m³/camión), siguiendo la fórmula 4:

$$Q \text{ rutas} = Q_{rec} / (d * comp * V) \quad [4]$$

$$Q \text{ rutas} = 1.100 \text{ tpd} / (0.08 \text{ t/m}^3 * 6 * 18 \text{ m}^3/\text{camión})$$

$$Q \text{ rutas} = 128 \text{ rutas}$$

Suponiendo que cada ruta debe ser asignada a un camión, la cantidad de camiones a adquirir es de 128, lo que representa una erogación presupuestaria de 57.408.000 USD.

iii. Plantas de tratamiento

Según la experiencia que se presenta en plantas MRF internacionales, se considera que la capacidad de procesamiento de una línea de tratamiento es de 12 tph. Esto implica que para procesar 1.100 toneladas en una jornada laboral de 12 horas se requieren de 8 plantas. Dado que cada planta presenta un costo de 11.166.667 USD, y asumiendo que el GCABA entrega en comodato las 3 plantas MRF que presenta, la empresa privada deberá invertir 55.833.333 USD.

Por otro lado, en relación al OPEX, se debe considerar que:

- i. el mantenimiento de los 10.742 contenedores con identificación presenta un costo unitario de 58 USD/unidad (se supone un recambio total cada 5 años, basados en experiencia internacional);
- ii. el mantenimiento de los camiones se supone a un costo 800 USD, tomando como referencia los costos que informó el Ente de Mantenimiento Urbano Integral por el mantenimiento de la carga de camiones laterales;
- iii. el consumo de combustible se asume 34.000 litros de gasoil a un valor de 0.8 USD/litro. Entendiendo que un camión por día debe recorrer 130 cuadras, lo que

equivale a 13 kilómetros diarios o 338 kilómetros por mes, y que existe una relación de consumo de 40 litros de gasoil cada 100 kilómetros de recorrido, se estima que la cantidad de litros a consumir mensualmente es de 135 litros cada camión. No obstante, los gastos se pueden duplicar ya que los camiones pueden recorrer el doble de distancia hasta llegar a la planta de tratamiento (escenario más desfavorable). De esta manera, se obtiene que el total de combustible a adquirir es de 34.000 litros mensuales;

- iv. la cantidad de recursos humanos asociados a la recolección es de 3 empleados por camión y cada uno presenta un costo para la empresa de 2.900 USD/operario;
- v. el mantenimiento de las plantas MRF es de 44.444 USD/unidad;
- vi. el costo por los recursos empleados en la planta asume 100 personas (selección del material, maestranza, administrativos menores) que realizan trabajos operativos a un valor de 1.600 USD/operario y 30 personas en cargos gerenciales a un valor de 3.800 USD/operario;

Dentro de los ingresos mensuales, es dable destacar que la venta de material se encuentra asociada a la cantidad de material recuperado (1.100 tpd) y los precios unitarios (Tabla 16).

Tabla 16: Información sobre el precio unitario de cada subcomponente de los materiales reciclables, el porcentaje de participación, la cantidad esperada de recibir por el proyecto privado y la ganancia esperada.

	Porcentaje (%)	Cantidad (tpd)	Precio unitario (\$/t)	Ganancia esperada (\$/día)
Cartón	0.28	246.40	2,330	574,112
Papel Mezcla	0.07	61.60	1,540	94,864
Papel Blanco	0.09	79.20	3,750	297,000
Tetrabrick	0.02	17.60	300	5,280
PET cristal	0.12	105.60	8,630	911,328
PEAD	0.05	44.00	6,650	292,600
Nylon	0.06	52.80	4,500	237,600
PP	0.07	61.60	4,160	256,256
Vidrio mezcla	0.17	149.60	710	106,216

Tabla 16: Información sobre el precio unitario de cada subcomponente de los materiales reciclables, el porcentaje de participación, la cantidad esperada de recibir por el proyecto privado y la ganancia esperada (continuación).

	Porcentaje (%)	Cantidad (tpd)	Precio unitario (\$/t)	Ganancia esperada (\$/día)
Aluminio	0.02	17.60	15,800	278,080
Chatarra	0.05	44.00	630	27,720
Total (\$/mes)				3,081,056
Total (USD/mes)				34,661,880

Por lo expuesto, se obtiene que la Evaluación Económica para la empresa arroja los siguientes resultados:

Valor Actual Neto Presente: 1.813.292 USD
Tasa de retorno: 15,31%
Tarifa por el recupero de los materiales reciclables: 218 USD/t

Por ende, en el modelo privado se debe contemplar un costo para el GCABA por tonelada de recuperada de 218 USD/t.

Dicho estudio se extrapolo para distintas cantidades de materiales reciclables recuperadas por la empresa y se obtuvo el Gráfico 4.

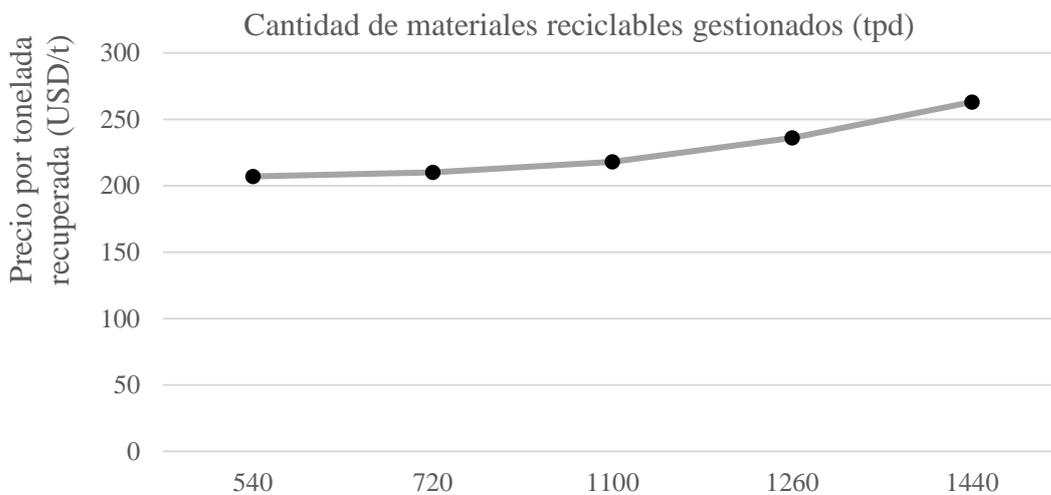


Gráfico 4: Comparación del precio de mercado a abonar por el GCABA por tonelada recuperada en función de diversas tasas de gestión de materiales reciclables.

A partir del costo para el GCABA por tonelada recuperada que establece la empresa, el costo por disposición final y la cantidad de materiales reciclables gestionados, se puede determinar el VAN.

En consecuencia, los resultados para el modelo privado que incorpora a las Cooperativas en el Sistema de Higiene Urbana, arroja los siguientes valores:

Valor Actual Neto Presente: -840.793.954 USD
Valor Actual Neto Unitario: - 212 USD/t
Flujo de fondos: -1.586.646.128 USD

Al estudiar la Evaluación Económica para el modelo privado sin considerar a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana se obtiene que:

Valor Actual Neto Presente: - 550.550.809 USD
Valor Actual Neto Unitario: - 139 USD/t
Flujo de fondos: -948.248.281 USD

En el Anexo III se adjunta ambos análisis del Valor Actual Neto para el GCABA.

5.3.4 Comparación de los distintos modelos de gestión

A continuación, se analizan los distintos modelos de gestión evaluados. A modo de referencia, se ha tomado como base del eje horizontal las toneladas gestionadas para el año 2023 y no las toneladas gestionadas totales por cada modelo.

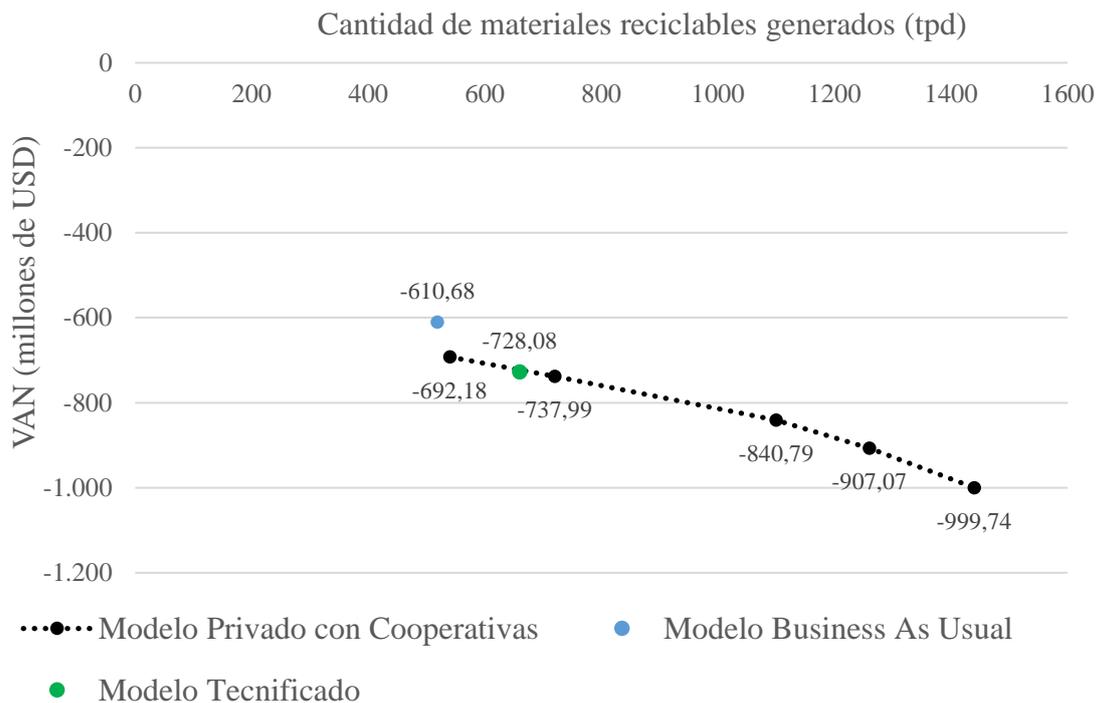


Gráfico 5: Comparación del VAN en función de los modelos de gestión estudiados, considerando a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

En el Gráfico 5, al comparar los VAN se observa que el modelo BAU presenta un VAN negativo de 610 MM USD, seguido por el modelo tecnificado con un VAN negativo de 728 MM USD y finalmente el modelo privado con un VAN negativo de 840 MM USD. En este sentido, el modelo BAU es mucho más económico que los otros dos modelos. Esto se debe a que las inversiones y los costos de operaciones en el modelo tecnificado y el privado son mucho mayores a aquellos asociados al modelo BAU.

Por otro lado, al estudiar el modelo tecnificado, se observa que se encuentra ubicado sobre la curva del modelo privado. Esto demuestra que, si bien el modelo propuesto por la DGREC es público, en términos de las erogaciones presupuestarias se plantea de forma bastante parecida al modelo de gestión privada.

Finalmente, al estudiar el modelo privado para distintas toneladas de materiales secos se observa que el VAN se encarece a medida que aumenta la cantidad de materiales reciclables gestionadas. En este sentido, pasa de un VAN de -692 MM USD para gestionar 540 tpd a un VAN de -999 MM USD para gestionar 1.440 tpd. Es importante mencionar que, si bien el incremento en términos económicos es del 44%, la cantidad de toneladas gestionadas casi se triplica. Esto se debe a que, si bien se requieren mayores inversiones

y costos de operación, también se tienen mayores ingresos por la venta de los materiales reciclables.

Por otro lado, al estudiar la eficiencia del sistema en términos económicos contemplando la cantidad de toneladas gestionadas, la relación mencionada de los modelos se modifica considerablemente (Gráfico 6)

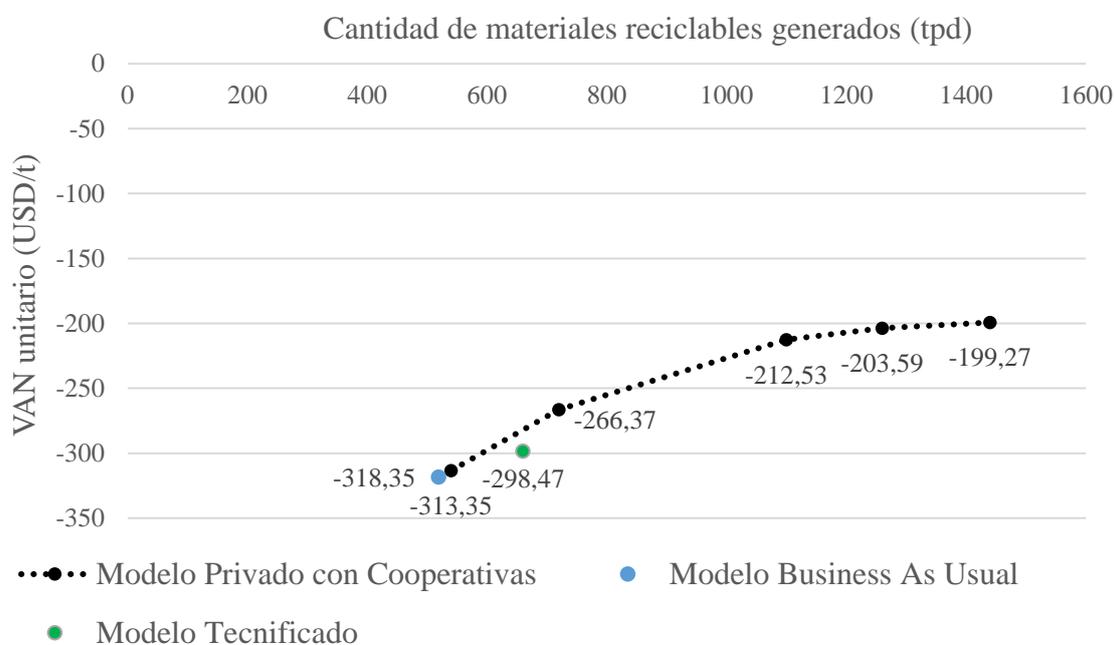


Gráfico 6: Comparación del VAN por tonelada tratada en función de los modelos de gestión estudiados, considerando a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

Al comparar los valores que se presentan en el Gráfico 6, se observa que el modelo privado presenta un VAN unitario para 1.100 tpd de -212 USD/ tonelada, seguido por el modelo tecnificado con un VAN unitario de -298 USD/tonelada y finalmente el modelo BAU con un VAN unitario de -318 USD/tonelada. De esta manera, en términos de eficiencia de gestión, el costo por tonelada para el modelo privado es el más barato, seguido por el modelo tecnificado y finalmente, el modelo BAU se convierte en el más caro. Esto demuestra que, si bien el VAN es más pequeño para el modelo BAU, ya que requiere menores costos de inversión y operación, es poco eficiente por tonelada gestionada. En cambio, los modelos privados y tecnificados presentan un VAN mayor, pero son más eficientes por tonelada procesada.

Es importante destacar que la diferencia entre el modelo tecnificado y privado para 660 tpd radica en que se toma como criterio de gráfico las toneladas gestionadas en el año

2023 y no las toneladas totales gestionadas durante todo el modelo. Es por ello que, si bien los dos presentan el mismo VAN, las toneladas gestionadas totales por ambos modelos son distintas (recordar que ambos modelos presentan dos etapas consecutivas con distintas cantidades gestionadas en cada una).

Por otro lado, al estudiar el modelo privado para distintas cantidades de materiales reciclables se observa que es más barato el VAN unitario a mayor cantidad de toneladas gestionadas. Esto se debe a que, a mayor cantidad de materiales reciclables gestionados, mayores son los ingresos por la venta del material procesado. De esta manera, el VAN unitario decrece al aumentar el material gestionado por el circuito privado, alcanzando el menor valor en un modelo de gestión de 1.440 toneladas diarias con un VAN unitario de -199 USD/t.

En este sentido, frente al escenario de gestionar mayor cantidad de materiales reciclables, siempre es conveniente privatizar la gestión, aun cuando el VAN sea menos competitivo.

Por otro lado, al comparar los modelos de gestión BAU y tecnificado versus el modelo privado sin las cooperativas, se observa que el VAN del modelo privado siempre es significativamente más competitivo que los otros modelos (Gráfico 7).

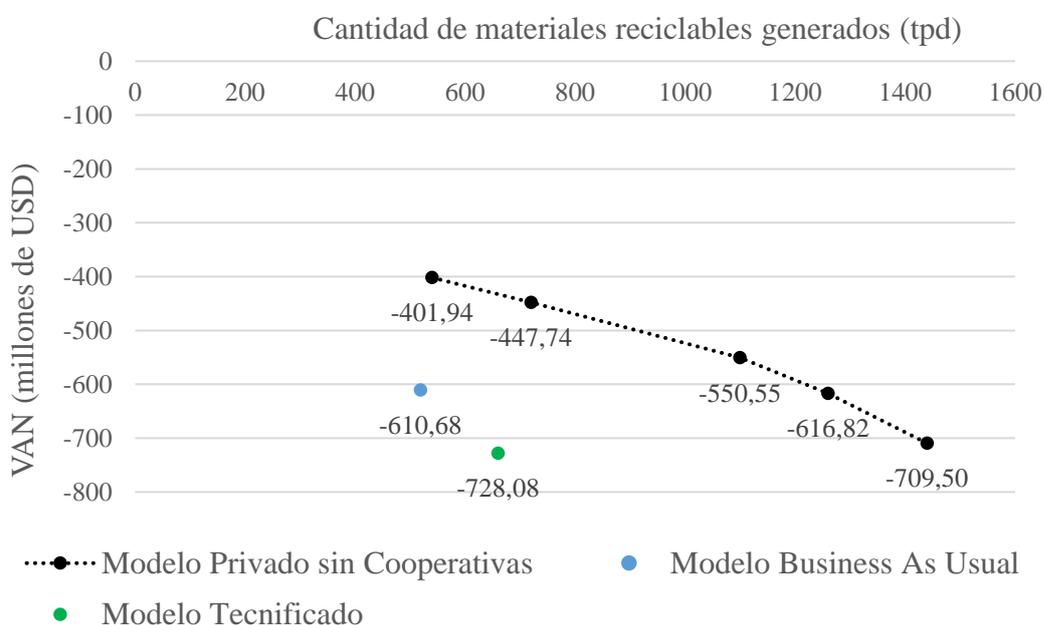


Gráfico 7: Comparación del VAN en función de los modelos de gestión estudiados, sin considerar a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

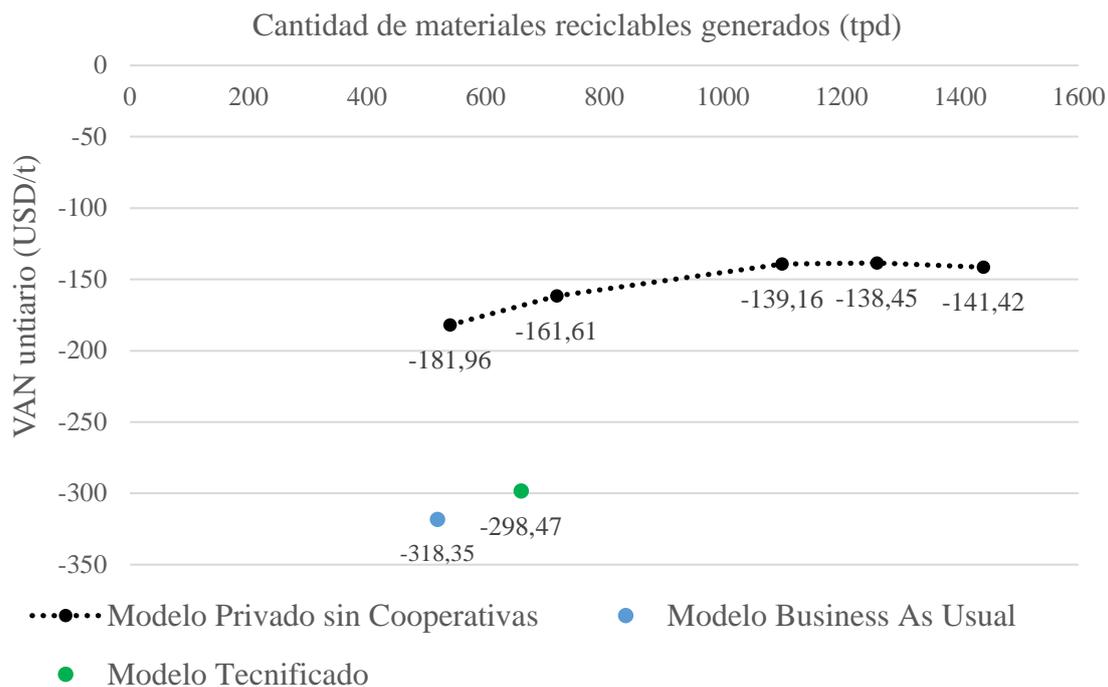


Gráfico 8: Comparación del VAN por tonelada tratada en función de los modelos de gestión estudiados, sin considerar a las Cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana.

De esta manera, al comparar los gráficos 7 y 8, aquello observado en los gráficos 5 y 6 se acrecienta ya que estos modelos no contemplan los costos asociados a los recursos humanos de las Cooperativas. Los mismos impactan directamente sobre los costos de los modelos BAU y tecnificado, siendo la principal causa de erogación sostenida en el tiempo.

6. CONCLUSIÓN

En materia de gestión de residuos secos, basado en la Ley N° 992, el GCABA ha desarrollado un modelo que permite la integración de los Recuperadores al Sistema de Higiene Urbana, a la vez que promueve la recuperación de los materiales reciclables. Para ello, ha implementado diversas medidas en materia de acopio transitorio, recolección y tratamiento que permite gestionar más de 1.000 tpd en el circuito formal e informal.

Actualmente, se cuenta con más de 6.500 Recuperadores incorporados en el Servicio de Higiene Urbana, numerosos sistemas de acopio transitorio, una flota de camiones de 138 unidades, 13 Centros Verdes y 3 plantas MRF. No obstante, el sistema presenta algunos inconvenientes a resolver, asociados a las características intrínsecas del sistema, entre

ellas se destacan: cada cooperativa funciona de manera particular; reticencia a ceder información sobre la cantidad de material gestionado; inadecuado uso de los recursos (humanos, económicos y materiales), escasa participación por parte del GCABA; y, una crisis económica que acrecienta las necesidades de la industria a comprar materiales en la ilegalidad e incrementa la cantidad de Recuperadores asociados al circuito informal.

En materia económica, se obtiene que el costo por tonelada procesada actualmente es de 558 USD mientras que, si se lo compara con sistemas de gestión de residuos secos en distintos lugares de Estados Unidos, ninguna de las grandes urbes supera erogaciones de 280 USD por tonelada. De igual forma, al comparar la eficiencia en recursos humanos entre los diversos sistemas de gestión de residuos secos, se observa que en sistemas automatizados se requiere menos de 1 persona por tonelada procesada; mientras que el sistema actual presenta una eficiencia de 16 personas por tonelada procesada, considerando solamente el circuito formal.

Estudiando las experiencias en gestión de materiales reciclables en el mundo, surge el principio REP, el cual se basa en trasladar la responsabilidad por el reciclaje y la disposición final de los residuos a los productores. Éstos deben desarrollar e implementar sistemas de gestión para la recuperación de los materiales reciclables, fomentando la valorización de cada fracción. Para ello, el mismo consiste en un principio político para elegir la combinación de instrumentos normativos a ser implementados en cada caso en particular. De esta manera, la REP tiene dos vertientes fundamentales: la primera está asociada al diseño del producto, la cual promueve la ecoeficiencia y el ecodiseño; la segunda instancia se aplica a posteriori del consumo: se trata de los medios de recuperación, reciclaje y eventual disposición final de los productos, y el financiamiento de esta cadena.

En particular, los siguientes países presentan normativa REP o similar para la gestión de envases y embalajes: España, diversos estados de Estados Unidos, Canadá, Colombia, Uruguay, Chile, Japón, Corea del Sur y Taiwán. Si bien las formas de implementar las REP son diversas, en todos los casos se apunta a promover la valorización de los residuos y responsabilizar a los distintos agentes de la cadena a realizar una adecuada gestión.

En este sentido, si bien el GCABA presenta intención de sancionar una normativa que promueva la implementación de una REP, se encuentra limitada al hecho de que la mayoría de las industrias productoras e importadoras se encuentran fuera del ejido de la CABA, generando una necesaria relación con las principales economías nacionales, tales

como la Provincia de Buenos Aires, Córdoba y Rosario). En este marco, hasta tanto no se regule a nivel nacional, es de difícil implementación a nivel municipal.

Asimismo, al estudiar sistemas de gestión de materiales reciclables con integración de Recuperadores en el sistema de higiene urbana, se observa que países como Colombia y Brasil cuentan con sistemas bastante avanzados. No obstante, las experiencias son parecidas al del GCABA presentando los mismos inconvenientes mencionados previamente que limitan mejorar la gestión.

6.1 Generación de datos de gestión

En este sentido, para estudiar la generación de materiales reciclables en la CABA se estimó la cantidad de residuos secos gestionados por los circuitos existentes: Recuperadores Formales, Recuperadores Informales y Estación de Transferencia.

Siguiendo la información provista por la FIUBA y la CEAMSE, se obtiene que la cantidad de materiales reciclables que se generan en la CABA ha incrementado considerablemente desde el año 2001 hasta el año 2015, presentando una estimación de generación inicial de 1.164 tpd para el año 2001 y alcanza su pico en el año 2015 con 2.071 tpd.

Desde la creación de la DGREC, la cantidad de material reciclable recuperado ha incrementado consistentemente, alcanzando un recupero mayor a las 1.000 tpd en el año 2015 asociadas tanto al circuito formal como informal. Del total, poco más del 41% es recuperado por el sistema formal, mientras que el 59% restante es recuperado por el sistema informal.

A partir de estos datos se puede estimar que para el año 2015 la tasa de participación ciudadana era del 20%, siendo un valor relativamente bajo para los años que presenta el GCABA implementando un sistema de doble segregación domiciliaria. No obstante, es importante mencionar que el concepto de “participación ciudadana” incluye, en este caso, aquel material que se recupera por segregación proveniente de grandes generadores (y no de ciudadanos propiamente).

Por otro lado, al estudiar las proyecciones a futuro, suponiendo que se mantiene la tendencia en la transición de los años que no se presenta información, se obtiene la generación total para los años 2023 y 2030 será de 2.179 tpd y 2.564 tpd respectivamente. No obstante, no todo el material generado puede ser recuperado ya que gran parte depende de la participación ciudadana en segregar los materiales reciclables en los sitios de acopio transitorio dispuestos para tal fin. Para ello, se realizaron diferentes escenarios y se obtuvo que para el 2023, con una tasa de participación ciudadana del 25%, la gestión será de

1.100 tpd por el circuito de Recuperadores; mientras que para el año 2032 se asume una tasa de participación del 40% y, por lo tanto, una gestión de 1.380 tpd por el circuito de Recuperadores. Estos valores sirven como referencia al plantear el sistema de gestión de materiales reciclables para el modelo privado.

Asimismo, es necesario conocer la composición de los residuos secos y por ello se realizó un estudio del material proveniente de Campanas Verdes. Dicha composición se tomó como referencia para el estudio económico del modelo de gestión privado.

Se pudo determinar que el componente con mayor representatividad en los materiales reciclables gestionados por el circuito de Campanas Verdes son los materiales asociados a la industria del papel:

- el cartón es un material con gran peso, bajo volumen, alto precio de venta, se encuentra ampliamente distribuido en el mercado como material de envase y embalaje y presenta numerosos circuitos de compra;
- seguido se encuentra el papel que, al igual que el cartón, presenta gran peso, bajo volumen y alto precio de venta, convirtiéndose así en una fracción de fácil recuperación. No obstante, si bien el papel se encuentra ampliamente distribuido, presenta mayor heterogeneidad de forma y no todas sus formas se venden al mismo precio en el mercado;
- por último, los envases tetrabrik presentan baja representatividad en el mercado y un sistema de difícil recuperación por la cantidad de láminas que presenta.

El segundo componente en importancia dentro de la fracción de materiales reciclables es el plástico ya que se encuentra ampliamente distribuido para el uso de envases y embalajes. Bajo este componente se observa que cerca del 49% del plástico recuperado corresponde a botellas de PET, entendiéndose que las mismas se encuentran ampliamente presentes en la industria alimenticia. Dicho material presenta bajo peso y alto volumen, siendo de una dificultad media para la separación y recolección por parte de los Recuperadores. Es importante mencionar que, si bien existe una industria del reciclado que se encuentra dispuesta a absorber todo el material recuperado, el precio del mismo se encuentra sujeto al precio del barril del petróleo, siendo un material de variable competitividad para la recuperación por parte de los Recuperadores.

Los “otros plásticos” se encuentra en una representación media pero lamentablemente vienen muchas veces contaminada con trazas de residuos orgánicos y, debido a la especificidad de sus usos, son de difícil reinsertión en el mercado. De esta manera, hasta

tanto no exista un mercado capaz de absorberla, esta fracción no debería ingresar en el sistema de recuperación de materiales reciclables. La misma contamina los otros materiales con mayor potencial de recuperación, reduce los espacios disponibles en los acopios transitorios, aumenta los costos de transporte y procesamiento y además debe ser luego transportado y dispuesto en relleno sanitario.

Por último, el tercer subcomponente en importancia dentro de los plásticos son los “livianos” que corresponden principalmente a polietileno en forma de bolsas y films. Esta fracción se encuentra representada en un 20% de todos los plásticos recolectados mediante el sistema de Campanas Verdes. Es de destacar que esta fracción presenta muy poco peso, bajo volumen y un mercado limitado para su re inserción.

El tercer componente en importancia es el vidrio, el cual representa cerca del 12% del total de los materiales recuperados. A diferencia de los plásticos, el vidrio presenta un peso muy alto y un volumen bajo, lo que implica que pocas unidades de botellas de vidrio pesan mucho en el total de la muestra.

Por último, encontramos que los metales ferrosos y no ferrosos representan menos del 6% del total de los materiales reciclables gestionados por medio de Campanas Verdes.

Es importante mencionar que existe cerca de un 18% de material que ingresa a las Campanas Verdes que no es reciclable, asociado a una inadecuada separación en origen. Se ha encontrado gran cantidad de material orgánico (yerba y comidas varias), así como también mucho material misceláneo de difícil recuperación. También se ha encontrado tachos de pintura (residuos peligrosos), bombitas de luz (residuos peligrosos), pañales (residuos especiales), jeringas (residuos peligrosos) y hasta un teclado de computadora (residuos especiales). La presencia de estos residuos dificulta la posterior recuperación de los materiales reciclables, pone en peligro la salud de los Recuperadores encargados de la clasificación, así como también demuestra que se requiere de mayores campañas de concientización para mejorar la segregación domiciliaria.

Al comparar dichos valores con el estudio de calidad de residuos que realizó la FIUBA en el año 2015 en Estación de Transferencia, se observa que la relación en composición es similar, hallándose en orden decreciente de la siguiente manera: papel, cartón, plásticos, vidrio, metales ferrosos, y finalmente metales no ferrosos.

Ello es de esperarse ya que, tal como se mencionó previamente en el trabajo, el principal componente a recuperar por el circuito de Recuperadores es el cartón, siendo la fracción que los ciudadanos más asocian con su potencial recupero. En contraparte, el papel de diarios, revistas y papel mezclado no presenta tanto valor comercial y para el ciudadano

se encuentra menos relacionado con su potencial reciclable, lo que hace que gran parte termine dispuesto en relleno sanitario.

En materia de plásticos, al comparar la composición del PET en ambos circuitos, gran parte de las botellas se recuperan por el circuito formal de Recuperadores. No obstante, ello no sucede con los otros plásticos, los cuales se encuentran principalmente en el circuito de Estación de Transferencia.

En relación a la composición del vidrio, metales ferrosos y metales no ferrosos, no se observan diferencias entre el porcentaje que se encuentra en Estación de Transferencia y Campanas Verdes.

6.2 Evaluación de escenarios a implementar para la gestión de materiales secos

Finalmente, al estudiar las evaluaciones económicas de los diversos sistemas de gestión se observa los siguientes valores:

- modelo BAU, VAN: -610 MM USD, gestiona 519 tpd;
- modelo tecnificado, VAN: -728 MM USD, gestiona 660 tpd; y,
- modelo privado con cooperativas, VAN: -840 MM USD, gestiona 1.100 tpd;

En el modelo privado, se asume como premisa que la rentabilidad para la empresa debe ser mayor al 15% y el VAN debe ser mayor al millón de dólares.

Al comparar los distintos VAN, se observa que el modelo BAU es el más económico, seguido por el modelo tecnificado y finalmente el modelo privado con las cooperativas integradas al Sistema de Higiene Urbana. No obstante, al comprar el VAN en función de la cantidad de toneladas gestionadas, se pueden observar los siguientes valores:

- modelo BAU, VAN unitario: -318 MM USD/t, gestiona 519 tpd;
- modelo tecnificado, VAN unitario: -298 MM USD/t, gestiona 660 tpd; y,
- modelo privado con cooperativas, VAN unitario: -212 MM USD/t, gestiona 1.100 tpd;

De esta manera se observa que la eficiencia económica por tonelada procesada es menor para el sistema privado, seguido por el modelo tecnificado y finalmente, el más costoso termina siendo el modelo BAU. Esto se debe a que el modelo BAU es poco eficiente en el uso de sus recursos.

En contraposición, el modelo privado es el más eficiente ya que contempla un mejor uso de sus recursos, aun cuando representa una mayor erogación presupuestaria que el resto de los modelos.

Finalmente, es importante mencionar que el modelo tecnificado representa un modelo intermedio entre el modelo BAU y privado, siendo una buena alternativa en el caso de no poder acceder a la privatización de la gestión o a la imposibilidad de aumentar la cantidad de toneladas procesadas.

Por otro lado, al estudiar el modelo privado sin cooperativas, el VAN a cualquier tonelada gestionada es considerablemente menor al resto de los modelos. De igual forma, el VAN unitario siempre es menor para el modelo privado que para el modelo BAU y tecnificado. Esto se debe a que los costos asociados a los cooperativistas son elevados y sostenidos en el tiempo, impactando negativamente sobre el total de las erogaciones asociadas a cada modelo.

Es importante mencionar que, el modelo privado que no contempla a los Recuperadores como parte del Sistema de Higiene Urbana no implica que los echa, sino que les asigna nuevas tareas en otras áreas que así lo requieran, tales como: guardianes de plazas, inspectores de higiene urbana, entre otros. En ese sentido, el objetivo es valorizar el trabajo que realizan y darles mejores condiciones que las que realizan al gestionar los residuos secos. Actualmente en la separación de los residuos secos se encuentran muchas veces residuos hospitalarios (tales como jeringas, gasas, agujas), vidrio de diversas procedencias partido, materia orgánica en descomposición (cascara de frutas y verduras, carnes), pañales, apósitos, entre otros. Esto dificulta la separación y la calidad de los distintos subproductos y expone a los Recuperadores a peligros.

En este contexto, se recomienda al GCABA implementar un modelo similar al privado sin cooperativas, asegurando así una mejor eficiencia en la gestión de materiales reciclables, pero asegurando una mejora en la calidad de trabajo de las cooperativas.

6.3 Recomendaciones al GCABA sobre la gestión de residuos secos

La presente propuesta de trabajo presenta varias premisas que se deberían evaluar, entre ellas, sería conveniente estudiar la posibilidad de implementar una normativa relacionada a la REP. Esto permitiría no solo reducir los costos asociados a la gestión de residuos secos y mejorar la cantidad de materiales recuperados, sino que fomentaría la implementación de diseños sustentables.

No obstante, asumiendo el caso de no poder implementar una normativa REP, se recomienda evaluar la factibilidad de modificar el sistema de gestión de residuos secos ya que es poco eficiente en términos económicos. En este sentido, el GCABA debería cambiar el enfoque que realiza sobre la gestión de residuos secos, evaluando

fehacientemente la posibilidad de implementar una gestión privada con un rol estatal del tipo fiscalizador. Esto implica revisar y reasignar el rol de las Cooperativas en el Sistema de Higiene Urbana, así como aplicar medidas para controlar el circuito informal.

De igual forma, actualmente no se tiene control sobre la comercialización ni los mercados de los distintos subproductos, desfavoreciendo la recuperación de algunas de las corrientes menos atractivas en términos económicos. Cambiar el rol del Estado permitirá que el GCABA se centre en fomentar la recuperación de todas las fracciones al implementar medidas que hagan más competitivos los precios de los materiales reciclables en el mercado.

7. REFERENCIAS

- [1] Argentina. Ley Nacional N° 25.916/2004, de 4 de agosto, de Protección Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios. *Boletín Oficial del Estado*, 07 de septiembre, número: 30479, página: 1.
- [2] Argentina. Constitución Nacional Argentina, reforma de 1994, de 22 de agosto. *Boletín Oficial del Estado*, 23 de agosto de 1994.
- [3] Argentina. Ley Nacional N° 25.675/2002, de 6 de noviembre, General de Ambiente. *Boletín Oficial del Estado*, 28 noviembre, número: 30036, página: 2.
- [4] Argentina. Ley Nacional N° 25.831, de 26 de noviembre, Acceso a la Información Pública Ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, 7 de enero de 2004, número: 30312, página: 1.
- [5] Argentina. Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 01 de octubre de 1996. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, 18 de febrero de 1997, número: 47.
- [6] Argentina. Ley N° 1.854/2005, de 24 de noviembre, de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos, modificada por la Ley N° 5.966. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, número: 2357.
- [7] Argentina. Decreto N° 2.075/2007, de 10 de diciembre. Aprobación de la estructura orgánico funcional del GCABA. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, 11 de diciembre, número: 2829.
- [8] Argentina. Ley N° 5.966/2018, de 03 de mayo, modificatoria de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, número: 5379.
- [9] Argentina. Decreto N° 639/2007, de 04 de mayo, de Reglamentación de la Ley N° 1.854 Gestión Integral De Residuos Sólidos Urbanos. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, número: 2680.
- [10] Argentina. Ley N° 992/2002, de 12 de diciembre, del Sistema de Higiene Urbana. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, 29 de enero de 2003, número: 1619.
- [11] Argentina. Concurso Público N° 1/SIGAF/2010, Servicio de Recolección de Residuos Sólidos Urbanos Fracción Secos. Disponible en: http://www.ba.gov.ar/areas/med_ambiente/archivos/secos_web.pdf. Visto: 29 de diciembre de 2018.

- [12] Argentina. Decreto N° 329/GCABA/16, 01 de junio, de Modificación del Ministerio de Ambiente y Espacio Público. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, 03 de junio, número: 4896.
- [13] Mapa de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires dividido en las 15 comunas. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Comunas_de_la_ciudad_de_Buenos_Aires. Visto: 29 de diciembre de 2018.
- [14] Instituto Nacional de Estadística y Censo, República Argentina. Disponible en: https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135. Visto: 29 de diciembre de 2018.
- [15] Argentina. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Buenos Aires en números 2017*, número 4, mayo de 2017. Disponible en: http://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2017/05/2017_05_buenosaires_en_numeros.pdf. Visto: 29 de diciembre de 2018.
- [16] Argentina. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Producto geográfico bruto de la ciudad de buenos aires. Datos correspondientes a 2016*. Informe de resultados 1224, enero de 2018. Disponible en: https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2018/01/ir_2017_1224.pdf. Visto: 29 de diciembre de 2018.
- [17] Argentina. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Buenos Aires Data. Disponible en: <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset?groups=medioambiente>. Visto: 18 de diciembre de 2018.
- [18] Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad de Estado. Año 2009 al 2018. Disponible en: <http://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>
- [19] Argentina. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Año: 2018. Disponible en: <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudadverde/separacion/donde-se-llevan-los-materiales-reciclables/puntos-verdes> Visto: 18 de diciembre de 2018.
- [20] Argentina. Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Dirección General de Reciclado, y Página Web del GCABA – Ciudad Verde. Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/la-ciudad-junto-las-cooperativas-de-recicladores-urbanos> y en <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/centros-clasificacion-residuos>. Visto: 15 de abril de 2019.
- [21] Argentina. Ley N° 5915/2017 y planillas anexas, 30 de noviembre, de Presupuestos de la Administración. *Boletín Oficial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires*, 27 de diciembre, número: 5282.

[22] Biddle, D. (2001). *Comparing Recycling Programs in Major U.S. cities*. Revista Biocycle, Publicado en septiembre 2001, página 34 a 38.

[23] Algunas referencias son:

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Los cartoneros y la estatización de su condición como población sobrante para el capital por intermedio de las cooperativas*. Disponible en:

<https://www.unse.edu.ar/trabajosociedad/23%20Villanova%20Nicolas%20Los%20cartoneros.pdf>

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Trabajo, asociatividad y acción colectiva: el caso de las cooperativas de Recuperadores urbanos*. Disponible en:

<https://www.unse.edu.ar/trabajosociedad/19%20MALDOVAN%20trabajo%20asociatividad%20accion%20colectiva.pdf>. Visto: 10 de abril de 2019.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Recuperadores Urbanos de Residuos (cartoneros), inclusión social y sustentabilidad*.

<http://cdsa.aacademica.org/000-066/1065.pdf>. Visto: 10 de abril de 2019.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *La sustentabilidad de las cooperativas de Recuperadores urbanos: Reflexiones sobre las relaciones de Poder en la gestión y revalorización de residuos*. Disponible en:

http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.5312/ev.5312.pdf. Visto: 10 de abril de 2019.

[24] Banco Mundial (2018), *What a Waste 2.0: A global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Disponible en:

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Visto: 10 de abril de 2019.

[25] Garces D. y Silva U. Responsabilidad Extendida del Productor en la Gestión de Residuos Electrónicos, un modelo replicable en Chile. Disponible en:

http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/Jornada_derecho_REP_chile.pdf. Visto: 15 de abril de 2019.

[26] Unión Europea. Directiva 94/62/CE, 20 de diciembre, relativa a los envases y residuos de envases. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 31 de diciembre, número: 365, páginas 10 a 23.

[27] España. Ley 11/97, de 24 de abril, de envases y residuos de envases. *Boletín Oficial de España*, 25 de abril, número: 99/1997.

[28] Estados Unidos. BottleBill Org. *The Bottle Bill Resource Guide*. Disponible en: <http://www.bottlebill.org/index.php/current-and-proposed-laws/usa/additional-links>.

Visto: 10 de diciembre de 2018.

[29] Canadá. Plan de Acción para la Responsabilidad Extendida del Productor. Disponible en:

https://www.ccme.ca/files/current_priorities/waste/pn_1499_epr_cap_e.pdf

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/overview-extended-producer-responsibility/introduction.html>

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/overview-extended-producer-responsibility.html>

Visto: 30 de diciembre de 2018

[30] Canadá. *Product Stewardship Plan: Stewardship or program plan*. Disponible en:

<https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/managing-reducing-waste/overview-extended-producer-responsibility/introduction.html>

[31] Uruguay. Ley N° 17.849, 29 de noviembre, de Uso de Envases No Retornables. *Diario Oficial de Uruguay*, 29 de diciembre, número: 26.660.

[32] Chile. Ley N° 20.920, 17 de mayo, de la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje. *Diario Oficial de Chile*, 1 de junio.

[33] Colombia. Resolución N° 1.407/2008, de 26 de julio, de Gestión Ambiental de los residuos de envases y empaques”.

[34] Naciones Unidas Medio Ambiente. *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*, octubre de 2018.

[35] Mujeres en Empleo Informal Globalizado y Organizado. Recicladores y Reciclatoras. Disponible en:

<http://espanol.wiego.org/economiainformal/ocupaciones/recicladores/>. Visto: 15 de diciembre de 2018.

[36] Brasil. Rodas J. C. - Director del Departamento de Limpieza Pública, (41) 3313-5750 – Curitiba – 7/11/2018

[37] Colombia. Decreto 440/2009, de 7 de mayo. Disponible en: https://www.medellin.gov.co/normograma/docs/d_alcamed_0440_2009.htm. Visto: 29 de diciembre de 2018.

[38] Colombia. Zambrano Benavides, D. (10 de agosto de 2017). *Recicladores ya no “escarbarán” un pago justo*, El Colombiano. Disponible en: <http://www.elcolombiano.com/antioquia/recicladores-ya-no-escarbaran-un-pago-justo-CM7086217> Visto: 29 de diciembre de 2018.

[39] Colombia. Municipio de Medellín, Secretaria de Medio Ambiente. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos- PGIRS*, Año: 2016 – 2027. Disponible en: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/AtencionCiudadana1/Publicaciones/Shared%20Content/Documentos/2015/PGIRS%20MEDELLIN%20C3%8DN%202016-2027.pdf. Visto: 29 de diciembre de 2018.

[40] Colombia. Secretaria de Gestión y Control Territorial, *Actualización del Plan De Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Medellín dando cumplimiento a la Resolución 0754 del 25 de noviembre de 2014*, Universidad De Medellín. Año: 2015. Disponible en: https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/AtencionCiudadana1/ProgramasyProyectos/Shared%20Content/Documentos/2015/DOCUMENTOACTUALIZACIONPGIRS%20MEDELLIN%20C3%8DNPARACONSULTA.pdf. Visto: 29 de diciembre de 2018.

[41] American Standard Test Method N° 5231 92 “Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste” e IRAM 29523 03 “Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo”.

[42] ASTM 5231 92 “*Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*” e IRAM 29523 03 “*Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo*”^[43].

[43] Argentina. Plataforma Recicladores: Observatorio del Reciclaje. Disponible en: <http://recicladores.com.ar/sitio/home/observatorio>. Visto: diciembre de 2019

[44] Laffaye S., *La crisis financiera: origen y perspectivas*, Revista del CEI, número 13. Año: 2008.

ANEXO I

Parámetros

Plazo (años)	14
Tasa de descuento (%)	9,0
Tasa de retorno (%)	0
IVA (%)	0
Impuesto a las ganancias (%)	0
CAPEX (USD)	15.144.665
OPEX (USD)	76.366.516
Toneladas tratadas (tpd)	519
Toneladas tratadas (tpa)	137.016
Toneladas rechazadas (tpa)	23.293
Costo por disposición en la CEAMSE (USD/t)	21

Tabla 17: Evaluación Económica del modelo BAU.

Costos	0	1	2	3	4	5	6	7
CAPEX		3.786.166	3.786.166	3.786.166	3.786.166			
OPEX		76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516
Costos de disposición		489.147	489.147	489.147	489.147	489.147	489.147	489.147
IVA								
EBITDA		-80.641.830	-80.641.830	-	-80.641.830	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
Amortización								
EBIT		-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
Impuestos								
Ingreso Neto		-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
Inversión								
Amortización								
Flujo de caja		-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-80.641.830	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
Valor Presente		-73.983.330	-67.874.615	-62.270.289	-57.128.705	-49.950.908	-45.826.521	-42.042.680
Valor Presente Acumulado		-73.983.330	-141.857.945	-204.128.233	-261.256.938	-311.207.846	-357.034.367	-399.077.047

Tabla 17: Evaluación Económica del modelo BAU (continuación)

Costos	8	9	10	11	12	13	14
CAPEX							
OPEX	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516	76.366.516
Costos de disposición	489.147	489.147	489.147	489.147	489.147	489.147	489.147
EBITDA							
Amortización	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
EBIT							
Impuestos	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663	-76.855.663
Ingreso Neto	-76.855.663						
Inversión							
Amortización							
Flujo de caja	-76.855.663						
Valor Presente	-38.571.266	-35.386.482	-32.464.663	-29.784.094	-27.324.857	-25.068.676	-22.998.786
Valor Presente Acumulado	-437.648.313	-473.034.795	-505.499.458	-535.283.552	-562.608.409	-587.677.086	-610.675.871

Valor Actual Presente (USD)	-USD 610.675.871
Valor Actual Presente (USD/t)	-USD 318
Flujo de Caja (USD)	-USD 1.091.123.952

ANEXO II

Parámetros

Plazo (años)	14
Tasa de descuento (%)	9,0
Tasa de retorno (%)	0
IVA (%)	0
Impuesto a las ganancias (%)	0

PRIMERA ETAPA

CAPEX (USD)	39.773.163
OPEX (USD)	89.990.485

SEGUNDA ETAPA

CAPEX (USD)	
OPEX (USD)	87.750.086

Toneladas tratadas (tpd)	660
Toneladas tratadas (tpa)	174.240
Toneladas rechazadas (tpa)	29.621
Costo por disposición en la CEAMSE (USD/t)	21

Tabla 18: Evaluación Económica del modelo Tecnificado.

Costos	0	1	2	3	4	5	6	7
CAPEX		9.943.291	9.943.291	9.943.291	9.943.291			
OPEX (fijo)		89.990.485	89.990.485	89.990.485	89.990.485	87.750.086	87.750.086	87.750.086
OPEX (variable)						200.613	178.323	156.032
Costos de disposición		622.037	622.037	622.037	622.037	622.037	622.037	622.037
IVA								
EBITDA		-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-88.572.736	-88.550.445	-88.528.155
Amortización								
EBIT		-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-88.572.736	-88.550.445	-88.528.155
Impuestos								
Ingreso Neto		-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-88.572.736	-88.550.445	-88.528.155
Inversión								
Amortización								
Flujo de caja		-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-100.555.813	-88.572.736	-88.550.445	-88.528.155
Valor Presente		-92.253.040	-84.635.816	-77.647.538	-71.236.273	-57.566.201	-52.799.737	-48.427.932
Valor Presente Acumulado		-92.253.040	-176.888.856	-254.536.393	-325.772.666	-383.338.867	-436.138.604	-484.566.537

Tabla 18: Evaluación Económica del modelo Tecnificado (continuación)

Costos	8	9	10	11	12	13	14
CAPEX							
OPEX (fijo)	87.750.086	87.750.086	87.750.086	87.750.086	87.750.086	87.750.086	87.750.086
OPEX (variable)	133.742	111.452	89.161	66.871	44.581	22.290	0
Costos de disposición	622.037	622.037	622.037	622.037	622.037	622.037	622.037
EBITDA							
Amortización	-88.505.865	-88.483.574	-88.461.284	-88.438.994	-88.416.703	-88.394.413	-88.372.122
EBIT							
Impuestos	-88.505.865	-88.483.574	-88.461.284	-88.438.994	-88.416.703	-88.394.413	-88.372.122
Ingreso Neto	-88.505.865	-88.483.574	-88.461.284	-88.438.994	-88.416.703	-88.394.413	-88.372.122
Inversión							
Amortización							
Flujo de caja	-88.505.865	-88.483.574	-88.461.284	-88.438.994	-88.416.703	-88.394.413	-88.372.122
Valor Presente	-44.418.109	-40.740.296	-37.367.002	-34.273.015	-31.435.208	-28.832.370	-26.445.045
Valor Presente Acumulado	-528.984.646	-569.724.941	-607.091.943	-641.364.959	-672.800.167	-701.632.537	-728.077.582

Valor Actual Presente (USD)	-728.077.582
Valor Actual Presente (USD/t)	-298,47
Flujo de Caja (USD)	-1.286.947.542

ANEXO III

Evaluación Económica del modelo privado.

Parámetros

Plazo (años)	14
Tasa de descuento (%)	9,0
Tasa de retorno (%)	0
IVA (%)	0
Impuesto a las ganancias (%)	0

PRIMERA ETAPA

CAPEX (USD)	4.467.773
OPEX (USD)	82.310.485

SEGUNDA ETAPA

CAPEX (USD)	
OPEX (USD/t)	285
Toneladas tratadas (tpd)	1.100
Toneladas tratadas (tpa)	343.200
Toneladas rechazadas (tpa)	68.640
Costo por disposición en la CEAMSE (USD/t)	21

Tabla 19: Evaluación Económica del modelo Privado sin incorporar a las Cooperativas en la gestión de residuos secos.

Costos	0	1	2	3	4	5	6	7
CAPEX		2.233.886	2.233.886	-	-			
OPEX		82.310.485	82.310.485	82.310.485	82.310.485	59.854.080	59.854.080	59.854.080
Costos de disposición		395.842	395.842	395.842	395.842	1.441.440	1.441.440	1.441.440
IVA								
EBITDA		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Amortización								
EBIT		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Impuestos								
Ingreso Neto		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Inversión								
Amortización								
Flujo de caja		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Valor Presente		-77.926.801	-71.492.478	-63.864.459	-58.591.247	-39.837.882	-36.548.516	-33.530.748
Valor Presente Acumulado		-77.926.801	-149.419.280	-213.283.739	-271.874.986	-311.712.869	-348.261.385	-381.792.133

Tabla 19: Evaluación Económica del modelo Privado sin incorporar a las Cooperativas en la gestión de residuos secos (continuación).

Costos	8	9	10	11	12	13	14
CAPEX							
OPEX	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080
Costos de disposición	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440
EBITDA	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Amortización							
EBIT	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Impuestos							
Ingreso Neto	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520	-61.295.520
Inversión							
Amortización							
Flujo de caja	-61.295.520						
Valor Presente	-30.762.155	-28.222.160	-25.891.890	-23.754.028	-21.792.686	-19.993.290	-18.342.468
Valor Presente Acumulado	-412.554.288	-440.776.448	-466.668.338	-490.422.365	-512.215.051	-532.208.341	-550.550.809

Valor Actual Neto (USD)	- 550.550.809
Valor Actual Presente (USD/t)	-139,16
Flujo de Caja (USD)	- 948.248.281

Tabla 20: Evaluación Económica del modelo Privado con las Cooperativas incorporadas en la gestión de residuos secos.

Costos	0	1	2	3	4	5	6	7
CAPEX		2.233.886	2.233.886	-	-			
OPEX		82.310.485	82.310.485	82.310.485	82.310.485	59.854.080	59.854.080	59.854.080
Costos de disposición		395.842	395.842	395.842	395.842	1.441.440	1.441.440	1.441.440
Costos asociados a Recursos Humanos						63.839.785	63.839.785	63.839.785
IVA								
EBITDA		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-125.135.305	-125.135.305	-125.135.305
Amortización								
EBIT		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-125.135.305	-125.135.305	-125.135.305
Impuestos								
Ingreso Neto		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-125.135.305	-125.135.305	-125.135.305
Inversión								
Amortización								
Flujo de caja		-84.940.214	-84.940.214	-82.706.327	-82.706.327	-125.135.305	-125.135.305	-125.135.305
Valor Presente		-77.926.801	-71.492.478	-63.864.459	-58.591.247	-81.329.362	-74.614.094	-68.453.297
Valor Presente Acumulado		-77.926.801	-149.419.280	-213.283.739	-271.874.986	-353.204.348	-427.818.442	-496.271.739

Tabla 20: Evaluación Económica del modelo Privado con las Cooperativas incorporadas en la gestión de residuos secos (continuación).

Costos	8	9	10	11	12	13	14
CAPEX							
OPEX	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080	59.854.080
Costos de disposición	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440	1.441.440
Costos asociados a Recursos Humanos	63.839.785	63.839.785	63.839.785	63.839.785	63.839.785	63.839.785	63.839.785
EBITDA	-125.135.305						
Amortización							
EBIT	-125.135.305						
Impuestos							
Ingreso Neto	-125.135.305						
Inversión							
Amortización							
Flujo de caja	-125.135.305						
Valor Presente	-62.801.190	-57.615.770	-52.858.505	-48.494.041	-44.489.946	-40.816.464	-37.446.298
Valor Presente Acumulado	-559.072.929	-616.688.699	-669.547.204	-718.041.245	-762.531.192	-803.347.656	-840.793.954

Valor Actual Neto (USD)	-840.793.954
Valor Actual Presente (USD/t)	212,53
Flujo de Caja (USD)	- 1.586.646.128



Instituto Tecnológico
de Buenos Aires

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE MODELOS DE GESTIÓN INTEGRAL DE
RESIDUOS SECOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

TESIS PRESENTADA PARA EL CUMPLIMIENTO PARCIAL DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA EL TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Tesista: Lic. Melisa Soledad Wilkinson

Tutor: Mg. Lic. Liliana María Bertini

Director de Carrera: Ing. Julio Torti



ÍNDICE

1. Características generales del proyecto
2. Estado de la tecnología
3. Metodología
4. Resultados y discusión
5. Conclusión y recomendaciones



CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO

ITBA CARACTERÍSTICAS DEL SITIO



Cantidad de residentes: **2.981.300**

Cantidad de ingresantes: **1.600.000**

Fuente: INDEC, extrapolado a año 2018

Producto Geográfico Bruto: **22,1%**

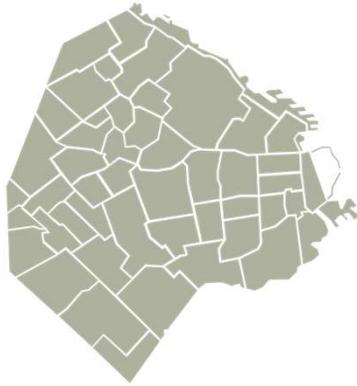
Producto Geográfico Bruto per cápita: **33.140 USD/ anuales**

Fuente: Estadística de la Ciudad, año 2016

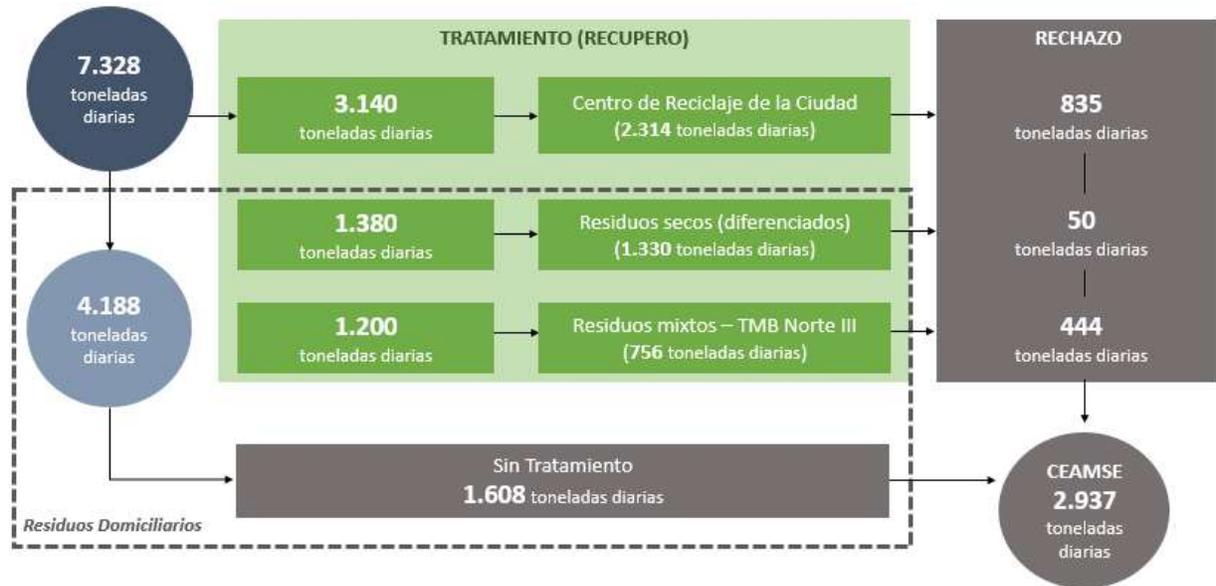


7.328 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos





- Ley Nacional N° 25.916/04 de Gestión de Residuos Domiciliarios
- Ley CABA N° 1.854/05 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos
- Ley CABA N° 992/02



Fuente: GCABA, promedio año 2018.

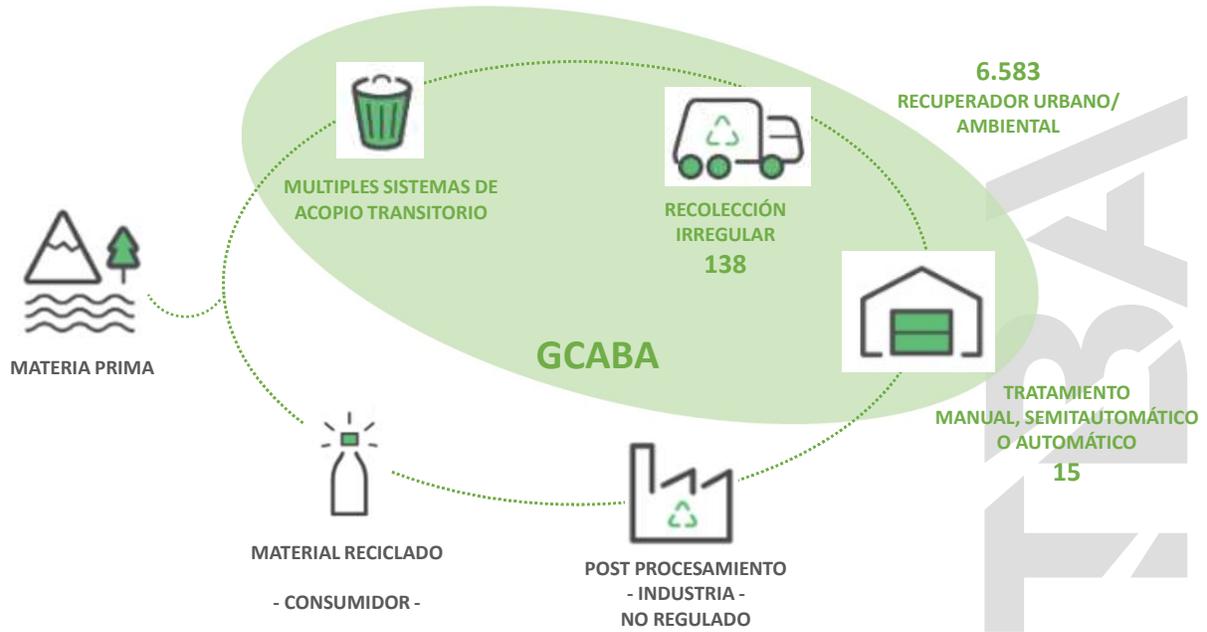


Tabla 1: Circuito de recolección de residuos secos (valores a agosto 2018)

Canal de recolección	Cantidad (tpm)	Cantidad (tpd)
Puntos Verdes	96,3	4,4
Campanas	874,6	39,8
Puerta a Puerta	1.149,4	52,2
Grandes Generadores	2.127,3	96,7
Ingreso a Centro Verde	4.247,6	193,1
Recuperadores Urbanos	5.060,0	230,0
Total	9.307,6	423.1

Fuente: Dirección General de Reciclado.

DESAFÍOS

- cada cooperativa presenta un funcionamiento particular y especial;
- ausencia de información certera sobre la generación de materiales reciclables;
- escasa participación por parte del GCABA sobre la gestión de los residuos secos;
- crisis económica argentina.

ÍNDICE DE GESTIÓN

Costo unitario de gestión de residuos secos CABA: **558** USD/t Relación RRHH por tonelada gestionada CABA: **16** personas/t
Costo unitario de gestión de residuos secos USA: **50 - 260** USD/t Relación RRHH por tonelada gestionada USA: **1** persona/t
Costo unitario de gestión por residuos húmedos CABA: **358** USD/t

Fuente: Presupuesto 2018 - Dirección General de Reciclado y Dirección General de Limpieza

OBJETIVOS GENERALES

Identificar un sistema de gestión que sea económica y técnicamente eficiente para implementar como Plan de Gestión 2023 y 2032, tomando como línea base la gestión actual.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1 Estimar la cantidad y composición de materiales reciclables.
2. Evaluar los siguientes modelos de gestión mediante una Evaluación Económica – Valor Actual Neto:
 - a. continuar el sistema actual (Business As usual);
 - b. tecnificar; y,
 - c. Privatizar
 - i. con las cooperativas incorporadas al Sistema de Higiene Urbana
 - ii. Sin las cooperativas incorporadas al Sistema de Higiene Urbana

Países que presentan Recuperadores integrados al sistema de gestión de residuos secos.



1. Estudio de cantidad de Residuos Sólidos Urbanos

- a) Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
Años: 2001 a 2015, en Estación de Transferencia y Basura Viva.
- b) Declaración de la Dirección General de Reciclado.

2. Estudio de composición de Residuos Sólidos Urbanos

- a) Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires
Años: 2001 a 2015, en Estación de Transferencia y Basura Viva
- b) Estudio de la composición de Campanas Verdes.



Basado en las normas ASTM 5231 92 “*Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*” e IRAM 29523 03 “*Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo*”



Unidad muestral primaria
Camión recolector



Unidad muestral secundaria
200 kilos



Unidad muestral terciaria
50 kilos



ITBA ESTUDIO DE COMPOSICIÓN DE CAMPANAS VERDES

Basado en las normas ASTM 5231 92 “Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste” e IRAM 29523 03 “Determinación de la composición de los residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo”



Unidad muestral primaria
Camión recolector



Unidad muestral secundaria
200 kilos



Unidad muestral terciaria
50 kilos

Tabla 2: Análisis de los componentes del estudio en Campanas Verdes

Componente	Subcomponente
Papel y cartón	Papeles varios
	Cartones
	Envases Tetrabrik
Plásticos	PET
	Plásticos livianos
	Otros plásticos
Vidrio	Incluye: blanco, verde, ámbar y plano
Metales Ferrosos	
Metales No Ferrosos	
Otros	Incluye: misceláneos, residuos orgánicos, materiales mixtos, materiales no reciclables

ITBA MÉTODO

1. Estudio de cantidad de Residuos Sólidos Urbanos

- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
Años: 2001 a 2015, en Estación de Transferencia y Basura Viva.
- Circuito formal: Declaración de la Dirección General de Reciclado.

2. Estudio de composición de Residuos Sólidos Urbanos

- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
Años: 2001 a 2015, en Estación de Transferencia y Basura Viva.
- Estudio de la composición de Campanas Verdes.

3. Evaluación Económica

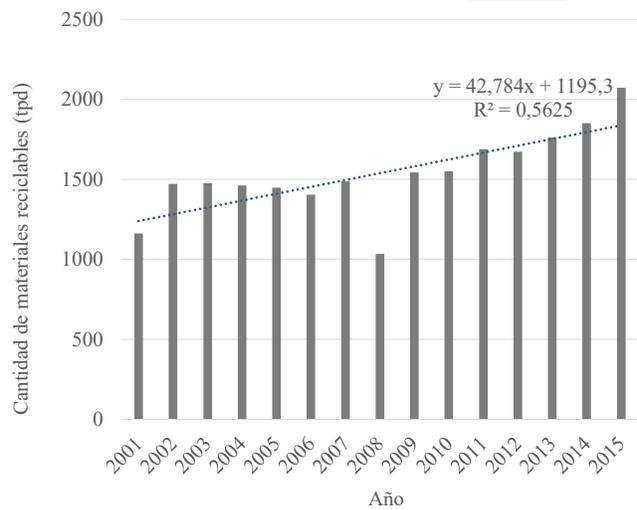
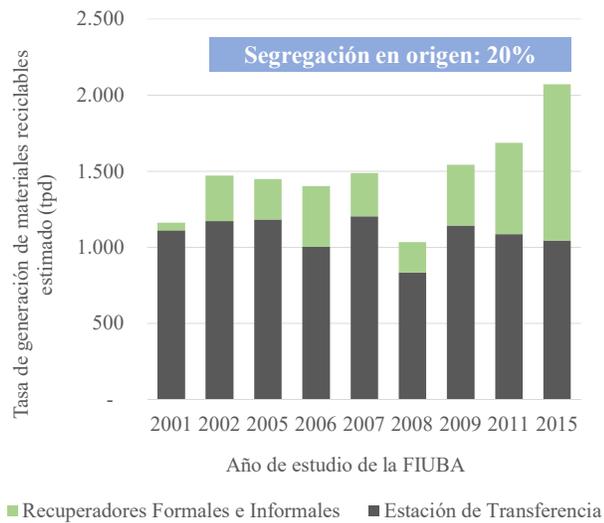
- Información proveniente de la Dirección General de Reciclado.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

CANTIDAD DE RESIDUOS SECOS GESTIONADOS

Gráfico 1: Análisis de generación de materiales reciclables.

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, e información de referencia de CEAMSE



CANTIDAD DE RESIDUOS SECOS GESTIONADOS

Tabla 3: Tasa de generación de residuos secos en función de distintos grados de participación ciudadana.

Año 2023							
Circuitos de recolección	Grado de participación ciudadana (tpd)						
	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Recuperadores	1.082	1.104	1.126	1.148	1.170	1.193	1.215
Formal	442	464	486	508	530	553	575
Informal	640	640	640	640	640	640	640
Estación de Transferencia	1.085	1.063	1.041	1.019	997	975	952
Año 2032							
Circuitos de recolección	Grado de participación ciudadana (tpd)						
	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Recuperadores	1.273	1.299	1.325	1.351	1.377	1.403	1.429
Formal	520	546	572	598	624	650	676
Informal	753	753	753	753	753	753	753
Estación de Transferencia	1.291	1.265	1.239	1.213	1.187	1.161	1.135

COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SECOS

Tabla 4: Estudio de composición de residuos secos en Estación de Transferencia y Basura Viva.

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Año del Estudio	2001	2002		2005	2006		2007		2008		2009	2011	2015
Tipo de Estudio	ET	BV	ET	ET	ET	BV	ET	BV	ET	BV	ET	ET	ET
COMPOSICIÓN (%)													
Papeles y cartones	24,1	24,3	16,3	18,2	17,2	25,7	16,3	24,3	14,6	21,8	18,4	16,6	14,4
Plásticos	13,8	20,5	21,0	19,1	13,1	12,8	21,0	20,5	10,5	10,0	19,7	18,5	12,6
Vidrio	5,2	4,8	5,5	5,6	5,8	5,1	5,5	4,8	5,5	5,3	3,5	3,1	3,9
Metales Ferrosos	1,6	1,7	1,9	1,3	1,0	0,9	1,9	1,7	0,9	0,9	1,3	1,2	1,3
Metales No Ferrosos	0,9	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Otros	54,5	48,3	55,0	55,4	62,6	55,2	55,0	48,3	68,3	61,8	56,8	60,3	67,4
Total	45,5	51,7	45,0	44,6	37,4	44,8	45,0	51,7	31,7	38,2	43,2	39,7	32,6

Tabla 4: Estudio de composición de residuos secos en Estación de Transferencia y Basura Viva.

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Año del Estudio	2001		2002		2005	2006		2007		2008		2009	2011	2015
Tipo de Estudio	ET	BV	ET	ET	ET	ET	BV	ET	BV	ET	BV	ET	ET	ET
COMPOSICIÓN (%)														
Papeles y cartones	24,1	24,3	16,3	18,2	17,2	25,7	16,3	24,3	14,6	21,8	18,4	16,6	14,4	
Plásticos	13,8	20,5	21,0	19,1	13,1	12,8	21,0	20,5	10,5	10,0	19,7	18,5	12,6	
Vidrio	5,2	4,8	5,5	5,6	5,8	5,1	5,5	4,8	5,5	5,3	3,5	3,1	3,9	
Metales Ferrosos	1,6	1,7	1,9	1,3	1,0	0,9	1,9	1,7	0,9	0,9	1,3	1,2	1,3	
Metales No Ferrosos	0,9	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Otros	54,5	48,3	55,0	55,4	62,6	55,2	55,0	48,3	68,3	61,8	56,8	60,3	67,4	
Total	45,5	51,7	45,0	44,6	37,4	44,8	45,0	51,7	31,7	38,2	43,2	39,7	32,6	

Tabla 4: Estudio de composición de residuos secos en Estación de Transferencia y Basura Viva.

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Año del Estudio	2001		2002		2005	2006		2007		2008		2009	2011	2015
Tipo de Estudio	ET	BV	ET	ET	ET	ET	BV	ET	BV	ET	BV	ET	ET	ET
COMPOSICIÓN (%)														
Papeles y cartones	24,1	24,3	16,3	18,2	17,2	25,7	16,3	24,3	14,6	21,8	18,4	16,6	14,4	
Plásticos	13,8	20,5	21,0	19,1	13,1	12,8	21,0	20,5	10,5	10,0	19,7	18,5	12,6	
Vidrio	5,2	4,8	5,5	5,6	5,8	5,1	5,5	4,8	5,5	5,3	3,5	3,1	3,9	
Metales Ferrosos	1,6	1,7	1,9	1,3	1,0	0,9	1,9	1,7	0,9	0,9	1,3	1,2	1,3	
Metales No Ferrosos	0,9	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
Otros	54,5	48,3	55,0	55,4	62,6	55,2	55,0	48,3	68,3	61,8	56,8	60,3	67,4	
Total	45,5	51,7	45,0	44,6	37,4	44,8	45,0	51,7	31,7	38,2	43,2	39,7	32,6	

Tabla 5: Estudio de composición de residuos secos en Campanas Verdes

Componentes	Composición porcentual (% p/p)	Desvío Standard (%p/p)	Límite Inferior (% p/p)	Límite Superior (% p/p)
Papel y Cartón	39,01	17,35	21,66	56,36
Papeles varios	13,31	5,37	7,94	18,68
Cartones	24,49	11,62	12,87	36,11
Envases Tetrabrik	1,21	0,36	0,85	1,57
Plásticos	25,28	8,11	17,17	33,39
PET	12,28	3,5	8,87	15,78
Livianos	5,12	1,3	3,82	6,42
Otros	7,88	3,31	4,57	11,19
Vidrio	11,20	4,17	7,03	15,37
Metales Ferrosos	4,98	6,67	0,00	11,65
Metales No Ferrosos	0,81	0,58	0,23	1,39
Otros	18,72	9,39	9,33	28,11

Tabla 5: Estudio de composición de residuos secos en Campanas Verdes y en Estación de Transferencia. Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.

Componentes	Composición porcentual (% p/p) - Campanas Verdes	Composición porcentual (% p/p) - Estación de Transferencia
Papel y Cartón	39,01	44,15
Papeles varios	13,31	33,84
Cartones	24,49	8,71
Envases Tetrabrik	1,21	1,60
Plásticos	25,28	38,66
PET	12,28	4,97
Livianos	5,12	20,77
Otros	7,88	12,92
Vidrio	11,20	11,84
Metales Ferrosos	4,98	3,96
Metales No Ferrosos	0,81	1,38
Otros	18,72	N/C

1

BUSINESS AS USUAL

2

TECNIFICADO

3

PRIVADO

1

BUSINESS AS USUAL

2019 - 2022

Capacidad: 519 toneladas diarias.

Centros Verdes: 17

Camiones: 138

Costos de Inversión (CAPEX)

- Incluye todas las infraestructuras necesarias.
- 7.920 campanas

Costos de operación (OPEX)

- Mantenimiento de acopio transitorio
- Mantenimiento de maquinaria y plantas
- Recursos Humanos (20% de aumento)

2023 - 2032

2

TECNIFICADO

2019 - 2022

2023 - 2032

Camiones: 138

Costos de Inversión (CAPEX)

- Infraestructura mínima en Centros Verdes Tradicionales.
- Infraestructura en MRF (4) y Centros Verdes Tecnificados (2)
- 19.200 campanas

Costos de operación (OPEX)

- Mantenimiento de acopio transitorio
- Mantenimiento de maquinaria y plantas.
- Recursos Humanos (40% de aumento)

Capacidad: 660 toneladas diarias

Costos de operación (OPEX)

- Mantenimiento de acopio transitorio
- Mantenimiento de maquinaria y plantas
- Recursos Humanos (40% de aumento)



- MRF
- Centro Verde Tecnificado

3

PRIVADO

2019 - 2022

2023 - 2032

Capacidad: 420 toneladas diarias

Centros Verdes: 17

Diseño, armado y ejecución de la contratación.

Costos de Inversión (CAPEX)

- Incluye la inversión por infraestructura mínima en Centros Verdes.

Costos de operación (OPEX)

- Mantenimiento de acopio transitorio
- Mantenimiento de maquinaria y plantas.
- Recursos Humanos (40% de aumento)

PRIVADO – Costos de inversión y mantenimiento

Capacidad: 1.100 toneladas diarias

Camiones bilaterales: 128

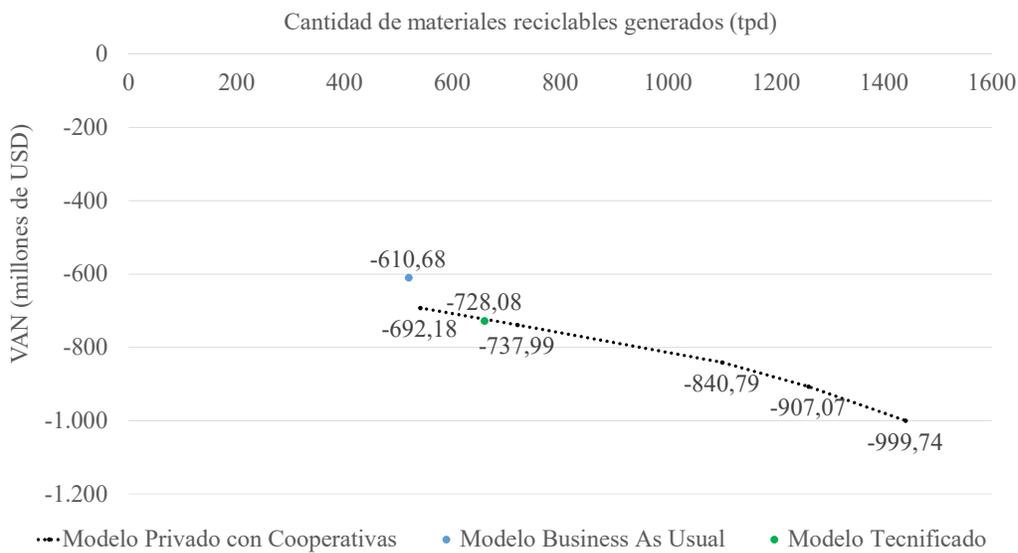
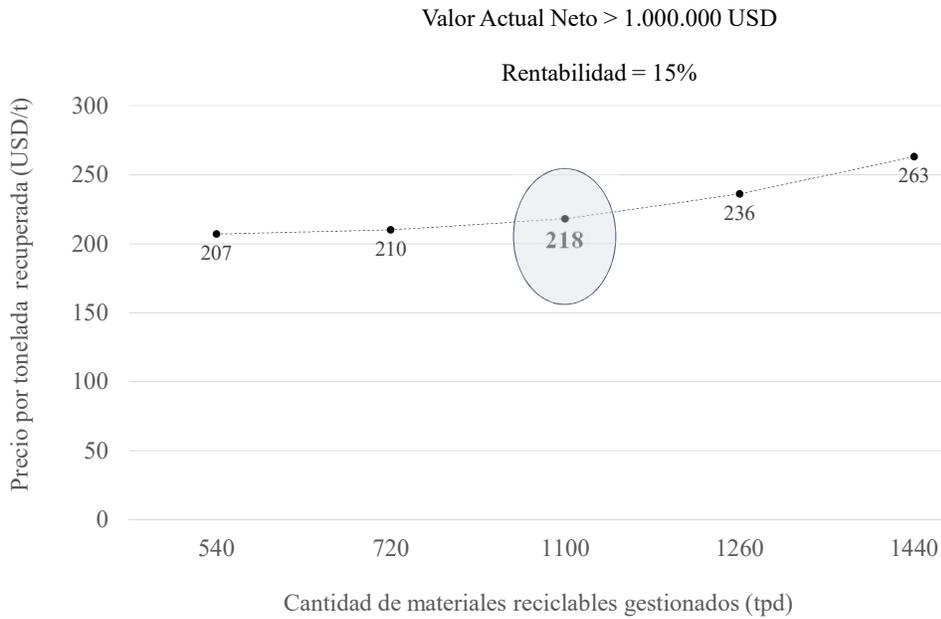
Contenedores con etiqueta: 10.745

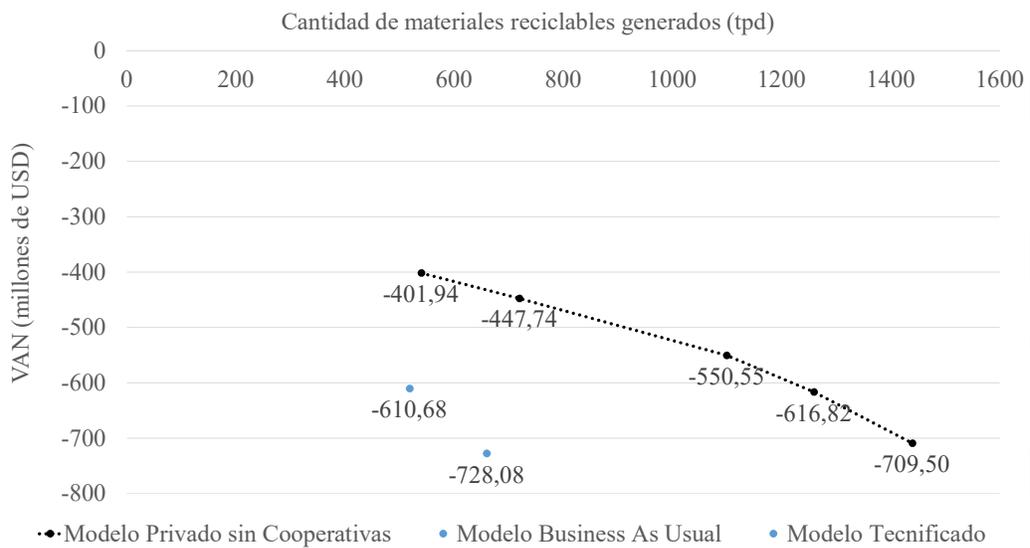
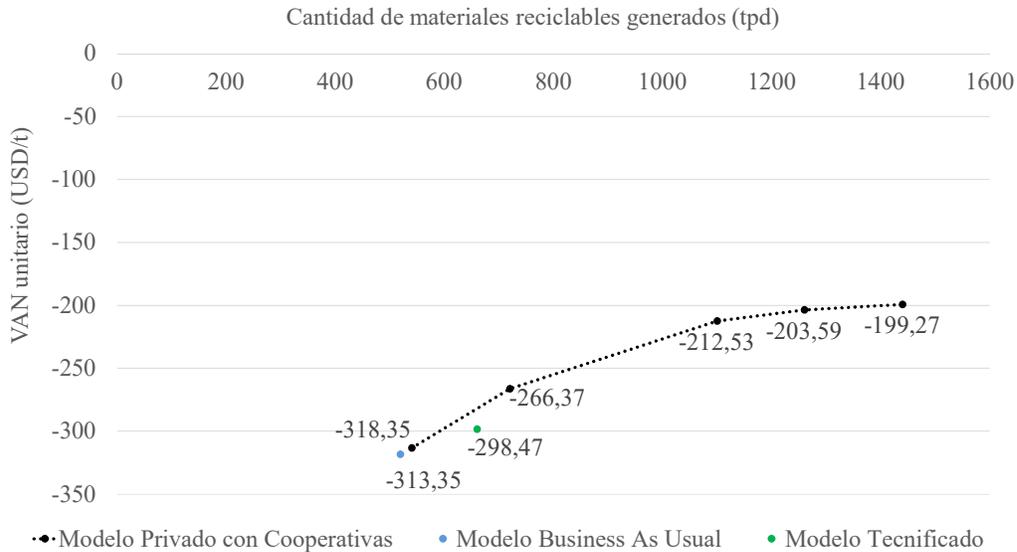
Plantas MRF: 8

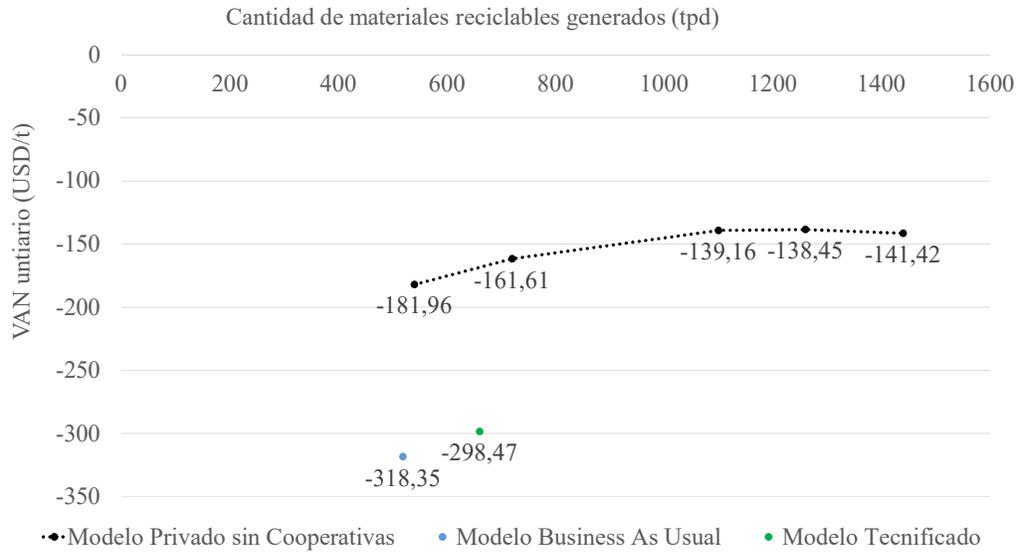
Ingresos por la venta del material

ESTADO - Costos de operación (OPEX)

- Pago por tonelada tratada y no dispuesta
- Pago por tonelada enviada a relleno sanitario.
- Recursos Humanos (40% de aumento) – sólo con el modelo con las Cooperativas incluidas en el Sistema de Higiene Urbana







CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

- Baja eficiencia en recursos humanos y económicos en el sistema de gestión actual;
- Relación entre el circuito formal e informal a partir de la creación de la Dirección General de Reciclado;
- Baja segregación en origen;
- Reducción en la composición de los materiales reciclables en Estación de Transferencia;
- Gran porcentaje de papeles, cartones y plásticos en Campanas Verdes;

Evaluación económica

VAN privado sin cooperativas < VAN Business As usual < VAN Tecnificado < VAN privado con cooperativas

VAN unitario privado sin cooperativas < VAN unitario privado con cooperativas < VAN unitario Tecnificado < VAN unitario Business As Usual



RECOMENDACIONES

Se recomienda al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires implementar normativa relacionada al principio de Responsabilidad Extendida al Productor.

Se recomienda al Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires evaluar el modelo privado como estrategia de gestión para el periodo 2023 a 2032

ITBA

Instituto Tecnológico
de Buenos Aires

¡MUCHAS GRACIAS!

MÁS INFORMACIÓN > wilkinsonmelisa@gmail.com