



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

Autoridades de la Carrera
de Ingeniería Ambiental

Dirección

Mg. Ing. Diana Mielnicki

Coordinación

Ing. Soledad Villaverde

PROYECTO FINAL INTEGRADOR

GESTIÓN Y VALORIZACIÓN TÉRMICA
DE RESIDUOS EN EL BARRIO DE LA BOCA

María Eugenia Odorico

TUTORA
Ing. Ruth Rodríguez

GESTIÓN Y VALORIZACIÓN TÉRMICA DE RESIDUOS EN EL BARRIO DE LA BOCA

María Eugenia Odorico
Ingeniería Ambiental
Universidad Nacional de San Martín (UNSAM)

2022

Adhiero a los principios de igualdad de derechos y oportunidades.

Para facilitar la lecto-comprensión y evitar la categorización binaria de los géneros, no se utilizaron en este documento @, x, e, ni los pronombres femenino y masculino en simultáneo.

Resumen

Actualmente la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y 45 municipios de la provincia de Buenos Aires depositan sus residuos en rellenos sanitarios administrados por la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). El mayor relleno, conocido como Complejo Ambiental Norte III, recibe aproximadamente el 86% de los residuos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA). El ritmo de disposición actual de residuos, sumado al crecimiento poblacional, provocaría el colapso de los rellenos pertenecientes al Complejo Ambiental Norte III dentro de los próximos años. Esto obliga a replantear un sistema de gestión de residuos que optimice el desempeño actual.

Para disminuir la cantidad de residuos que actualmente se transportan hacia el Complejo Ambiental Norte III, se propone implementar medidas que fomenten la separación de residuos en origen en el barrio de La Boca. Aquellos con capacidad para reciclarse se recepcionarán en plazas de la zona y se acopiarán en una estación de enfardado. Por otro lado, los restos alimenticios y los residuos de poda se depositarán en contenedores y se transportarán al Centro de Reciclaje de la Ciudad, ubicado en Villa Soldati. La fracción restante de residuos se depositará en otros contenedores y se trasladará hacia una central termoeléctrica. Allí se valorarán térmicamente para generar energía eléctrica en forma complementaria a uno de los ciclos combinados que se encuentran actualmente en funcionamiento.

Los gases de combustión pueden contener diversas sustancias contaminantes, por lo que se propone instalar un sistema de tratamiento de gases. Esto aseguraría el cumplimiento de los límites establecidos por las leyes vigentes de calidad atmosférica.

Según los cálculos realizados, se estima que se necesitarán aproximadamente US\$71.468.000 en lo que respecta a la inversión inicial del proyecto, mientras que su mantenimiento requerirá US\$4.300.000 anuales. Además, se estima que La Boca podría recibir US\$1.343.377 anuales en concepto de venta de materiales reciclables.

En este documento también se incluye el estudio de impacto ambiental del proyecto, en el que se identificaron y cuantificaron sus impactos ambientales y se propusieron lineamientos de plan de gestión ambiental. Según lo analizado, puede concluirse que el mismo es compatible con el ambiente. Es una tecnología que, aplicándose apropiadamente y de manera integral por todos los actores involucrados, brindaría beneficios capaces de ser percibidos a corto y largo plazo.

Índice

1. Introducción	7
1.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires	7
1.2 La Boca	8
1.3 Gestión de residuos en Buenos Aires	12
1.4 Marco legal	15
1.5 Proyecto de incineración de residuos en Buenos Aires de 2018	16
2. Diagnóstico	19
3. Análisis de alternativas	26
3.1 Medidas dirigidas a evitar la generación de RSU, reducir y reutilizar los materiales	27
3.2 Medidas dirigidas a incentivar el reciclado y compostaje	28
3.3 Alternativa 1: Valorización energética y disposición en vertedero controlado	31
3.4 Alternativa 2: Disposición en vertedero controlado sin previa valorización energética	35
3.5 Comparación de alternativas	36
4. Memoria descriptiva	38
4.1 Reciclables	39
4.2 Compostables	48
4.3 Termovalorizables	51
4.3.1 Generación y recolección	51
4.3.2 Recepción de los residuos	52
4.3.3 Incineración	54
4.3.4 Recuperación de energía	55
4.3.5 Tratamiento de gases de combustión	56
5. Memoria de cálculo	65
5.1 Cantidad de residuos a 2040	65
5.2 Rutas de recolección	66
5.3 Toneladas a termovalorizar	67
5.4 Fosa y grúa	72
5.5 Aire a ingresar en el horno	72
5.6 Quemadores auxiliares	74
5.7 Incinerador	74
5.8 Recuperación de energía	75
5.9 Tratamiento de gases de combustión	77
5.9.1 Cantidad de amoníaco para reducir NOx	79
5.9.2 Cantidad de hidróxido de calcio para reducir gases ácidos	81
5.9.3 Lavador por atomización	83
5.9.4 Cantidad de carbón activado para reducir Hg y PCCD/F	84
5.9.5 Filtro de mangas	85
5.9.6 Cantidad de cenizas	86
5.10 Chimenea	87

6. Presupuesto	91
6.1 Inversión	91
6.2 Operación y mantenimiento	91
6.3 Venta de reciclables	93
6.4 Comparación de montos	95
7. Estudio de impacto ambiental	97
7.1 Línea de base	97
7.2 Identificación de acciones con potenciales impactos	100
7.3 Matriz de impactos ambientales	101
7.4 Plan de gestión ambiental	103
7.5 Conclusiones del estudio de impacto ambiental	104
8. Conclusiones	106
9. Referencias bibliográficas	107
10. Anexo	111
10.1 Anexos ley 1356 CABA - Calidad atmosférica	111
10.2 Rutas de recolección de residuos compostables y termovalorizables	113
10.3 Especificaciones de la grúa	123
10.4 Planos	124

Siglas

AMBA: Área Metropolitana de Buenos Aires

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires

CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado

ECRSU: Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires

EPA: Agencia de Protección Ambiental

INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos

GCBA: Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

PCCD/F: Policlorodibenzodioxinas y policlorodibenzofuranos

PCI: Poder Calorífico Inferior

PFI: Proyecto final integrador

PM: Material particulado

RMBA: Región Metropolitana de Buenos Aires

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SNCR: Reducción selectiva no catalítica

UBA: Universidad de Buenos Aires

UNSAM: Universidad Nacional de San Martín

1. Introducción

1.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires

La Ciudad de Buenos Aires o Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) —también llamada Capital Federal por ser sede del gobierno federal— es la capital de la República Argentina. Está situada en la región centro-este del país, sobre la orilla occidental del Río de la Plata (figura 1.1). Buenos Aires fue fundada en un área atravesada por los vientos denominados Pampero y Sudestada, y por las cuencas de ríos y arroyos. Su precipitación promedio anual es de 1146 mm y se encuentra en el límite de la llanura pampeana, con una pendiente escasa y poca evacuación natural de las aguas. El clima de Buenos Aires es templado pampeano, con veranos calurosos e inviernos frescos y temperaturas medias anuales de 17°C.

Los resultados del censo de 2010 estiman la población de la ciudad en 2.890.151 habitantes, y la de su aglomerado urbano, el Gran Buenos Aires, en 12.801.364 habitantes; siendo la mayor área urbana del país y la segunda de Sudamérica.

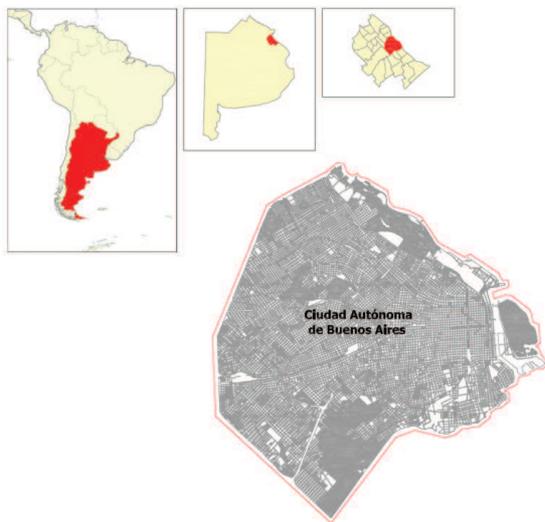


Figura 1.1: Ubicación de CABA

Fuente: ECRSU



Figura 1.2: Comunas y barrios de CABA

Fuente: GCBA

La metrópolis es una ciudad autónoma que constituye uno de los 24 distritos en los que se divide el país. El tejido urbano se asemeja a un abanico que limita al sur, oeste y norte con

la provincia de Buenos Aires y al este con el río. Sus casi tres millones de habitantes residen en la ciudad distribuidos en 48 barrios que, desde el punto de vista político-administrativo, se agrupan en 15 comunas (figura 1.2).

El barrio de La Boca, junto con Barracas, Nueva Pompeya y Parque Patricios, forman parte de la Comuna 4. Como puede observarse en la figura 1.3, La Boca está comprendido por las calles Regimiento de Patricios, Av. Martín García, Av. Paseo Colón, Brasil, la Dársena Sur y el Riachuelo.

1.2 La Boca

Hasta principios del siglo XIX, lo que hoy es el barrio de La Boca se mantuvo poco habitado, siendo entre los años 1830 y 1852 cuando comenzaron a instalarse las primeras familias. Al ser una zona de gran tránsito de barcos, a finales del siglo XIX se asentaron allí muchos inmigrantes italianos que le dieron al barrio su fisonomía actual. Los inmigrantes se agruparon en forma colectiva en los denominados “conventillos” y modificaron la fachada de sus viviendas empleando los sobrantes de pintura de los barcos. Los conventillos de La Boca se caracterizaban por ser construcciones de chapas de metal acanaladas, montadas muchas veces sobre pilotes o cimientos altos debido a las frecuentes inundaciones. En su interior contaban con gran cantidad de pequeñas habitaciones, además de una cocina y un baño que eran compartidos por todos los inquilinos.

En 1876 el ingeniero Luis A. Huergo dirigió los trabajos de canalización del Riachuelo que comprendían el ensanche, profundización, apertura de una nueva boca y construcción de nuevos muelles. Estas mejoras permitieron el normal acceso de buques de ultramar, potenciando las posibilidades que ofrecía el Riachuelo como puerto natural de la ciudad. Sin embargo, en 1880 con la federalización de la ciudad de Buenos Aires, el Riachuelo se estableció como frontera entre la provincia y la nación y en 1882 Eduardo Madero presentó un proyecto para el nuevo puerto de Buenos Aires (actual Puerto Madero) que funcionaría como un frente definitivo para la ciudad Capital. La construcción de Puerto Madero, Dock-Sud, Puerto Nuevo y el Puerto de La Plata acentuó la pérdida del rol estratégico que hasta entonces había tenido el puerto del Riachuelo.

En la década de 1950 un grupo de vecinos decidió recuperar un antiguo callejón de 150 m por el que solía circular el ferrocarril Ensenada. Finalmente, en 1959 el gobierno municipal inauguró “Caminito”, una calle-museo en el que se exhibían obras de arte donadas por sus propios autores. El pintor Benito Quinquela Martín sugirió a los vecinos la utilización de

colores más vivos y variados que los originales empleados por los primeros inmigrantes, lo que brindó una nueva imagen a todo el entorno.

Hacia 1970 se produjeron profundas modificaciones en el paisaje del sur de CABA debido a la transformación socioeconómica. Por un lado, se cerraron gran cantidad de plantas, generando el abandono de los antiguos establecimientos fabriles. El proceso de exclusión propició la implantación de sitios precarios de residencia, en los que en la actualidad viven gran cantidad de personas. Las casas se fueron deteriorando y el espacio público recibió escasas inversiones. La década de los noventa presenta para estos barrios las mismas características que para otros emplazamientos urbanos. Por un lado, se reforzó la degradación territorial en áreas y, por el otro, se recibieron inversiones asociadas al nuevo paradigma tecnológico productivo.

A finales del siglo XX se inició un proceso de mayor inversión pública en La Boca por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA). Se realizaron algunas obras de saneamiento en la cuenca del Riachuelo y se reconstruyó la avenida costanera Don Pedro de Mendoza, incorporando defensas de contención para prevenir inundaciones. Las obras de la ribera dieron un importante impulso a la actividad turística: a las atracciones históricas como Caminito, el Museo Quinquela Martín, el Teatro de la Ribera o la Cancha de Boca se sumaron el espacio Fundación PROA, la Usina del Arte, locales gastronómicos y diversos negocios destinados a los visitantes. Además, en noviembre de 2012 la Legislatura Porteña aprobó la creación del “Distrito de las Artes” en los barrios de La Boca, San Telmo y parte de Barracas para favorecer al sector artístico.

Si bien La Boca es uno de los principales puntos turísticos de CABA, en los últimos años se vieron incrementados los hechos de inseguridad como asaltos y arrebatos. Los visitantes extranjeros son los que suelen resultar afectados por este tipo de delitos.

Según el censo realizado en el año 2010, La Boca cuenta con una población residente de 45.113 personas y una densidad poblacional de aproximadamente 13.700 habitantes/km². A su vez, el 12,7% de los hogares de la Comuna 4 presentan Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), la segunda con mayor proporción de la ciudad, después de la Comuna 1 (15,9%). Las NBI representan un indicador socioeconómico que publica el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) en los resultados de los censos poblacionales, el cual identifica a la pobreza como el resultado de un cúmulo de privaciones materiales esenciales, más allá de la insuficiencia de ingresos.



Figura 1.3: Mapa del barrio de La Boca

Fuente: GCBA

El río Matanza-Riachuelo es un curso de agua de aproximadamente 60 km que nace en la provincia de Buenos Aires. Su nombre desde su nacimiento hasta la avenida General Paz es río Matanza y, más adelante, río Riachuelo. Constituye el límite sur de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y desemboca en el Río de la Plata. Esta desembocadura es la que origina el nombre del barrio porteño de La Boca.

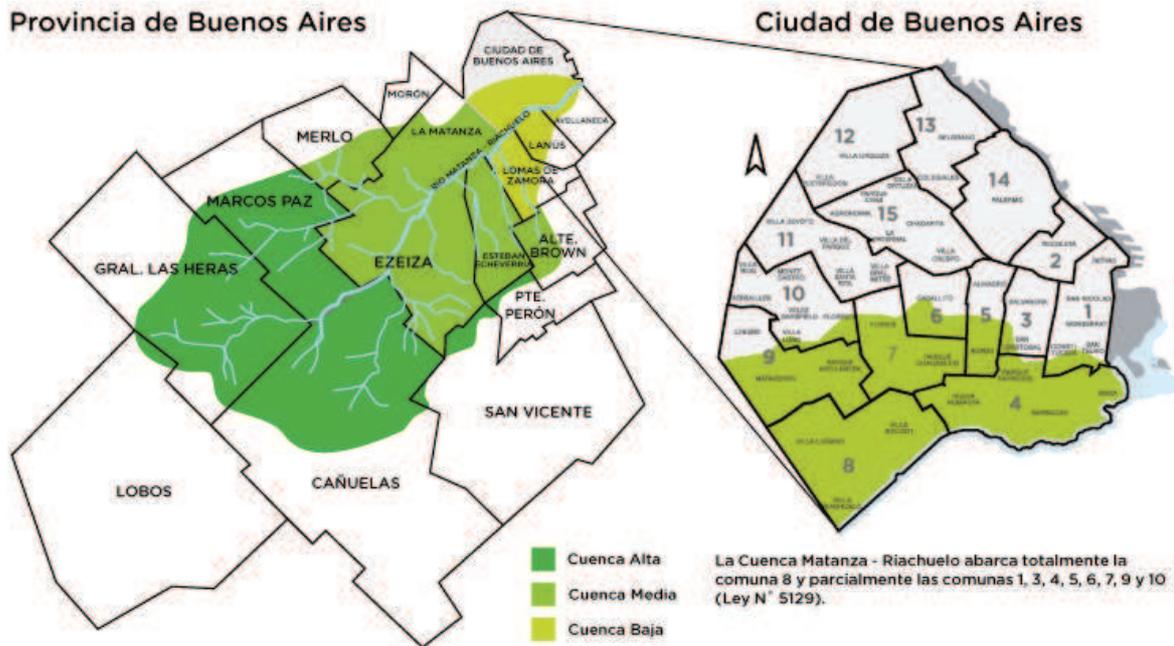


Figura 1.4: Cuenca del río Matanza-Riachuelo

Fuente: GCBA

La cuenca Matanza-Riachuelo (figura 1.4) es la cuenca fluvial más contaminada de la Argentina y el problema ambiental más visible del país. Los niveles de contaminación fueron aumentando de manera constante junto con la urbanización del área metropolitana de Buenos Aires y el crecimiento industrial concomitante dentro de la cuenca. Se estima que existen más de 4.000 establecimientos industriales ubicados en las secciones media e inferior de la cuenca. Muchas de estas industrias vierten efluentes sin tratar en el sistema de drenaje o directamente en el río. La aguda degradación ambiental y social de la cuenca es resultado de limitadas inversiones en infraestructura pública, deficiente gestión ambiental y falta de una adecuada planificación urbana e industrial. Esta situación ha dado lugar a serios riesgos para la salud, en especial para los grupos sociales altamente vulnerables.

1.3 Gestión de residuos en Buenos Aires

Desde 1978 la ciudad de Buenos Aires y un número creciente de municipios bonaerenses depositan sus residuos en rellenos sanitarios administrados por la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), una empresa estatal que pertenece en partes iguales a la ciudad y la provincia de Buenos Aires. La CEAMSE tiene a su cargo el manejo de los rellenos sanitarios que reciben y procesan los residuos sólidos urbanos (RSU) de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA). En la Ciudad de Buenos Aires la CEAMSE ejerce las funciones de supervisión y control de los servicios de higiene urbana prestados por las distintas empresas concesionarias.

El mayor relleno (compuesto en realidad por un grupo de rellenos contiguos conocido como Complejo Ambiental Norte III o José León Suárez) se encuentra en el límite entre los municipios de General San Martín, San Miguel y Tigre (figura 1.5), y recibe aproximadamente el 86% de los residuos de la RMBA, incluidos todos los generados en CABA. Los denominados Complejos Ambientales son predios con diversas instalaciones que reciben los RSU para su tratamiento y disposición final. Estas actividades incluyen la separación y clasificación de residuos mediante tratamiento mecánico-biológico, la captación del biogás, el tratamiento de los líquidos lixiviados y la fabricación de Compost o enmienda orgánica.

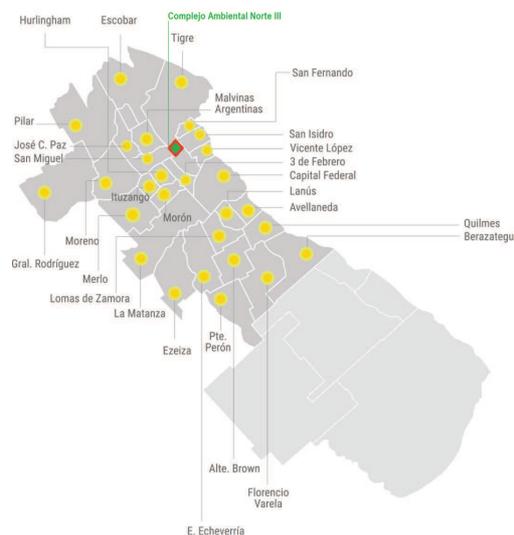


Figura 1.5: Distritos que disponen sus residuos en el Complejo Ambiental Norte III

Fuente: CEAMSE

El tratamiento mecánico-biológico (TMB) permite procesar diariamente 1000 Tn de residuos sólidos urbanos provenientes de CABA (figura 1.6). En una primera etapa de trituración se

abren las bolsas y se ingresa el residuo al proceso. Luego, equipos que seleccionan los materiales por peso y por volumen permiten la separación de la fracción orgánica de los residuos. De la fracción restante se separan aquellos materiales que tienen posibilidad de ser valorizados mediante reciclado. El residuo orgánico se coloca en biomódulos donde se le aplica un proceso aeróbico. Esto permite que la materia orgánica se degrade y estabilice para ser utilizada principalmente como reemplazo de tierra en el relleno sanitario. Se estima que de las 1000 Tn diarias que se tratan, se recuperan 180 de materiales reciclables como papel, plástico y vidrio con el objetivo de posteriormente enfardarlas y comercializarlas (figura 1.7).

Actualmente en Norte III se encuentra en operación un único módulo destinado a la disposición final de residuos. Comprende una superficie de 100 ha, donde distintos distritos depositan aproximadamente 420.000 Tn/mes de residuos.

A su vez, en el Complejo Ambiental Norte III se aprovecha el biogás que los residuos producen para generar energía eléctrica. La planta que interviene en este aprovechamiento tiene una capacidad instalada de 11,796 MW. El equipamiento de generación de energía eléctrica está constituido por 6 unidades impulsadas por motores alternativos de combustión interna alimentados con biogás proveniente del relleno sanitario, el cual es suministrado en cantidad suficiente para hacer funcionar la totalidad de los generadores y garantizar el pleno despacho de la central. Los generadores están vinculados eléctricamente a la red de 13.2 kV de la empresa distribuidora Edenor.

Una vez capturado y pretratado el biogás, este es enviado como combustible para alimentar los motogeneradores. El excedente de dicha alimentación, en caso de existir, se trata mediante la incineración controlada en antorchas de llama oculta, según lo establece el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto.

El líquido que se filtra procedente de los residuos dispuestos se denomina líquido lixiviado. Debido a su carga bacteriológica y química los lixiviados deben ser tratados antes de verterlos en medios naturales ya que pueden contaminar las aguas superficiales, subterráneas o el suelo. Mediante un sistema automático de bombeo, en Norte III los líquidos lixiviados se dirigen a tanques de equalización. Luego son procesados bajo tecnologías de nanofiltración y ultrafiltración, obteniendo, finalmente, un agua cristalina, que no es potable, pero sí reutilizable. La planta tiene una capacidad diaria de tratamiento de 2000 m³. El agua obtenida se vuelca a los cursos de agua, o bien se emplea para riego de caminos y limpieza de equipos.

La planta de compostaje procesa aproximadamente 800 Tn/mes de residuos de poda que ingresan de forma diferenciada. En primer lugar, el material se tritura, luego se fermenta y se dirige hacia la etapa de maduración. Finalmente se emplea un tamizador para separar el desperdicio del producto final: la enmienda orgánica. Esta se destina a la parquización del complejo ambiental, además de ser entregada gratuitamente a instituciones educativas y organizaciones no gubernamentales.



Figura 1.6: Planta de tratamiento mecánico biológico de Norte III

Fuente: Infobae. 24 fotos del proceso de tratamiento de residuos metropolitanos (Adrián Escandar)

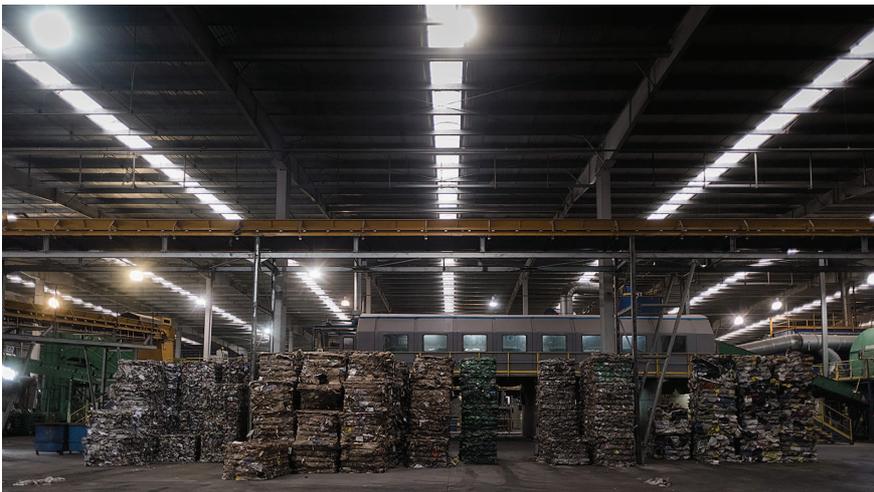


Figura 1.7: Material enfardado en planta de TMB de Norte III

Fuente: Infobae. 24 fotos del proceso de tratamiento de residuos metropolitanos (Adrián Escandar)

1.4 Marco legal

A continuación se menciona la normativa aplicable al proyecto:

- **Artículo 41 de la Constitución Nacional:** establece que “Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras”. A su vez, “Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos”.
- **Ley 24.051 de residuos peligrosos:** regula el ámbito de aplicación y las disposiciones generales en el manejo de los residuos peligrosos.
- **Ley 25.612 de Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios:** Establece los presupuestos mínimos sobre el tratamiento de los residuos industriales y crea registros de sus generadores.
- **Ley 25.675 - Ley general del ambiente:** establece 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.
- **Ley 25.916 de Gestión de residuos domiciliarios:** establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Regula la generación, disposición inicial, recolección, transporte, tratamiento, transferencia y disposición final. Designa autoridades de aplicación.
- **Ley 1356 de Calidad atmosférica (CABA):** regula la preservación del recurso aire y la prevención y control de la contaminación atmosférica, de modo de orientar las políticas y planificación urbana en salud y la ejecución de acciones correctivas o de mitigación. Establece estándares de calidad de aire ambiente.
- **Ley 1854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (CABA):** establece el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes. La Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero" (reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos

urbanos, con plazo y metas concretas por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación, el reciclado y la valorización).

- **Ley 2214 de residuos peligrosos (CABA):** regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Entiende como residuo peligroso a todo aquel que se encuentre comprendido dentro del Anexo A y/o que posea alguna de las características enumeradas en el Anexo B. Quedan excluidos de los alcances de esta ley los residuos sólidos urbanos, entre otros.
- **Ley 4859 (CABA):** modifica la ley 1854, obligando a los grandes generadores de residuos de la CABA a inscribirse en el Registro de Generadores Especiales, desde donde se arbitran los mecanismos para derivar los residuos secos a los Centros Verdes gestionados por cooperativas de recuperadores. Los grandes generadores comprenden hoteles de cuatro y cinco estrellas, edificios de más de 40 unidades funcionales, bancos, shoppings y otros comercios, industrias y locales de actividad privada comercial que generen más de 500 litros por día.

1.5 Proyecto de incineración de residuos en Buenos Aires de 2018

A principios del año 2018, el gobierno porteño presentó un proyecto para reformar la ley 1854, conocida como "Basura cero", con intención de cambiar el sistema de disposición final de residuos del área metropolitana de Buenos Aires (AMBA), que incluía la incineración o termovalorización y fijaba nuevos plazos para terminar con el enterramiento de reciclables. Esta ley, sancionada en 2005, preveía la prohibición de enviar basura a los rellenos sanitarios para 2020.

El artículo 52, que en la ley original se refería a la incineración, se pretendió redactarlo de tal modo que se aclare que "en el caso de la combustión para generación energética, se contemplará la maximización de recupero de materiales, garantizando la protección de la salud de las personas y el ambiente".

En mayo de 2018, en medio de críticas de recolectores urbanos y representantes de ONG ambientalistas (figuras 1.8 y 1.9), el bloque oficialista obtuvo los votos necesarios para reformar la ley de "basura cero", por lo que se habilitaba la incineración de residuos en la ciudad de Buenos Aires. La nueva norma establecía un cronograma de reducción de

residuos, incluía a los recolectores urbanos como actores exclusivos a cargo de la recolección diferenciada y prohibía que se incinerara cualquier residuo que pudiera ser reciclable. También se creó un organismo que sería el encargado de medir las emisiones generadas por las plantas de valorización térmica.

En junio del mismo año, la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), Greenpeace, el Observatorio del Derecho a la Ciudad y organizaciones y cooperativas de recicladores y recuperadores urbanos, presentaron un amparo colectivo a efectos de pedir la nulidad y la inconstitucionalidad de la reforma. Según FARN, “la quema de basura significa una fuente de emisión de compuestos tóxicos para la salud, a la vez que compite de manera directa contra el reciclaje” (2019).



Figura 1.8: Activistas de la organización ambientalista Greenpeace desplegando una pancarta desde un balcón de la legislatura porteña

Fuente: Raúl Ferrari / JR



Figura 1.9: Marcha de recuperadores urbanos

Fuente: FACyR - CTEP

Finalmente, después de un año y tres meses de que se dejara en suspenso la aplicación de la reforma de la ley “basura cero”, la justicia declaró ese proceso nulo e inconstitucional. El fallo además exhortó al gobierno y a la Legislatura a tomar en cuenta el principio precautorio para la evaluación de proyectos o tecnologías que pudiera generar un daño al ambiente y a la salud en sentido integral.

En la sentencia la jueza manifestó que la ley había sido sancionada sin el procedimiento de doble lectura y audiencia pública, procedimientos requeridos para cuestiones de planeamiento urbano según la Constitución de la Ciudad. Además, estableció que la norma no tenía en cuenta la Ley General del Ambiente ni la Ley Nacional de Residuos Domiciliarios, en tanto que violaba los principios de progresividad y de no regresión del derecho a la salud y a un ambiente sano.

2. Diagnóstico

Entre los servicios de higiene urbana que están a cargo del Gobierno de la Ciudad se encuentra la recolección domiciliar de los residuos. La misma se realiza de domingos a viernes, generalmente por la noche. Los residuos voluminosos como heladeras, muebles, restos de obra y de poda también son recolectados, previa solicitud de retiro de manera telefónica.

Desde la sanción de la ley “Basura Cero” en 2006, la política que promueve el GCBA respecto a la gestión de los residuos sólidos urbanos se orienta a reducir la generación, recuperarlos y reciclarlos, con el fin de lograr la eliminación progresiva de los rellenos sanitarios.

El artículo 14 de dicha ley (N° 1854/05) establece que “el generador de residuos sólidos urbanos debe realizar la separación en origen (...) de manera tal que los residuos pasibles de ser reciclados, reutilizados o reducidos queden distribuidos en diferentes recipientes o contenedores, para su recolección diferenciada y posterior clasificación y procesamiento”.

La Ciudad de Buenos Aires cuenta actualmente con un sistema de captación y recolección diferenciada de residuos. Este permite llevar a cabo la recuperación de los materiales reciclables y garantiza que los residuos que son separados y dispuestos correctamente reciban una nueva vida útil. Cada zona de la Ciudad realiza la recolección de los reciclables según sus características y nivel de generación de residuos. En algunas, la recolección se realiza a través de los contenedores verdes, en otras trabajan exclusivamente los Recuperadores Urbanos, mientras que en otras zonas la gestión es mixta (figura 2.1).

Los vecinos de la zona suroeste de la ciudad cuentan con contenedores verdes diseñados para disponer los reciclables, como el que se observa en la figura 2.2. El barrio de La Boca cuenta con 48 de estos contenedores mecánicos. Todo el material reciclable que se recolecta por los diferentes medios de captación es destinado a los Centros Verdes con una frecuencia de dos veces por semana. Actualmente la ciudad cuenta con 15 espacios destinados especialmente para la recepción de los reciclables. Allí se los clasifica por tipo y condición, se los pesa, enfarda y prepara para su venta y reinserción dentro del circuito productivo como materia prima. Dichos Centros Verdes son gestionados con las cooperativas de recuperadores urbanos. Los recuperadores forman parte del sistema de gestión de residuos de la Ciudad y son los encargados de clasificar, acondicionar y enfardar los materiales reciclables que los vecinos separan en origen.

Los materiales reciclables son:

- Papel y Cartón: cajas, envases, sobres, revistas, diarios, folletos, envases de tetrabrick.
- Plásticos: botellas y envases de distinto tipo, tapitas, sachets, film, vajilla descartable.
- Metales: latas de aluminio, conservas, latas de bebidas, desodorantes, llaves.
- Vidrio: botellas y frascos que no estén rotos.

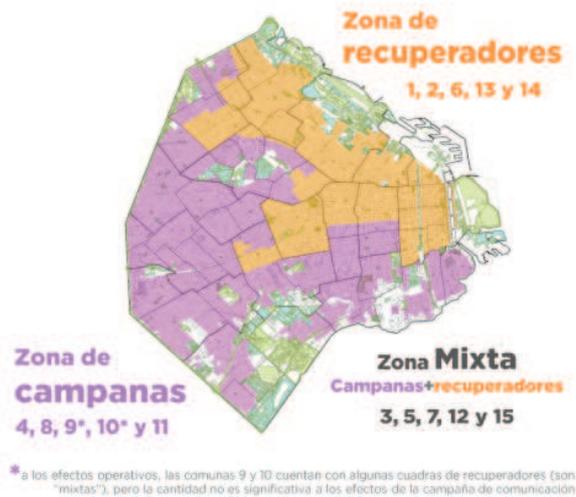


Figura 2.1: Zonas de CABA, según su sistema de captación de residuos reciclables

Fuente: Visión Sustentable

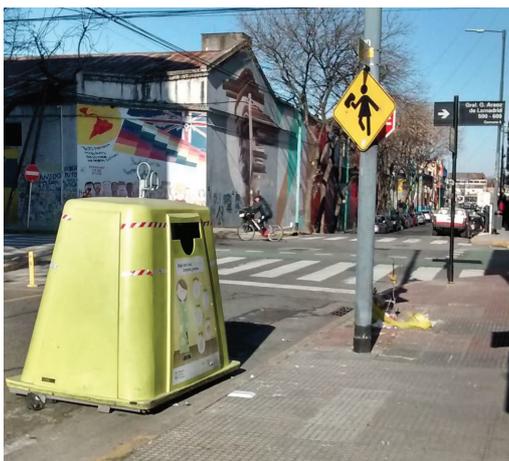


Figura 2.2: Contenedor en el que se depositan los residuos reciclables

Elaboración propia



Figura 2.3: Contenedor en el que se depositan los residuos no reciclables

Elaboración propia

En el barrio porteño de Villa Soldati se encuentra el Centro de reciclaje de la Ciudad. Este consta de un predio de 6 hectáreas en donde se trata una fracción de los residuos que se generan en CABA. Este espacio cuenta con:

- Una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición que trata más de 3000 Tn diarias de residuos áridos. Los escombros generados dentro de la Ciudad se reintroducen en el desarrollo de obras civiles y viales, o se emplean como materia prima para hacer hormigón.
- Una planta de tratamiento de botellas PET (tereftalato de polietileno) cuya capacidad de tratamiento de 16 Tn por día. Las botellas que ingresan son trituradas a escamas para ser utilizadas en la fabricación de nuevas botellas, cerdas para escobillones, contenedores plásticos, buzos polar y camisetas.
- Una planta de tratamiento de residuos forestales que recibe todo el material generado por la poda de la Ciudad. Este es chipeado para ser reutilizado con diferentes fines como estructurante de suelos o en la fabricación de munch, que es utilizado en parques en forma decorativa, y tiene la particularidad de retener humedad y mejorar las condiciones del suelo. Dependiendo de la época del año, la planta de poda puede procesar entre 80 y 100 toneladas por día.
- Una planta de tratamiento de residuos orgánicos en la cual se tratan 10 toneladas diarias de material proveniente de un circuito exclusivo de recolección de 80 locales, entre restaurantes, patios de comida y hoteles. Luego de hacer una separación visual del material no apto, por ejemplo, bolsas de plástico, este ingresa a una tolva de alimentación donde se dosifica, una parte orgánica y una parte de poda, para dar la mezcla nitrógeno-carbono que permite compostar el material dentro de un biorreactor cerrado. Allí se aloja unos 12 días, y el producto final es almacenado en un galpón de acopio para que termine su maduración y sea apto para utilizar como compost o mejorador de suelos. Si bien la planta de orgánicos procesa 10 Tn/día, está construida en manera modular, de forma que se puede ampliar su capacidad para procesar hasta 40 Tn diarias.
- Una planta automática de separación de residuos reciclables denominada M.R.F. (Material Recovery Facility), cuya capacidad de procesamiento es de 10 Tn/h. Todos los materiales que son colocados en las campanas verdes arriban a esta planta y, a través de diferentes mecanismos automáticos, son separados en las diferentes fracciones: papel, cartón, plásticos, metales, vidrio, etc. Dichos materiales son

compactados en fardos y reintroducidos en la industria del reciclaje para la fabricación de nuevos productos.

- Un Centro de Información y Promoción del Reciclado (CIPR) destinado a acercar a la ciudadanía, de forma simple, entretenida y significativa los conceptos y las prácticas de la reutilización, valorización, reciclaje y compostaje de las diferentes fracciones de los residuos sólidos urbanos.

Los residuos que no son reciclables son depositados por los vecinos en contenedores negros de carga lateral. Los mismos tienen una capacidad de 3200 litros y poseen pedal para facilitar el levantamiento de su tapa (figura 2.3) De domingos a viernes son recolectados por vehículos de la empresa urBASur y luego trasladados a la Estación de Transferencia de Carga que se encuentra ubicada en el barrio de Nueva Pompeya. Allí se colocan en camiones de mayor capacidad para su transporte a Disposición Final, siendo previamente pesados.

La mayoría de los contenedores negros observados poseían sus pedales, pero al presionarlos no se levantaban sus tapas. En algunos casos los vecinos colocaron objetos para sujetar las tapas y así lograr que los contenedores permanecieran constantemente abiertos.

En el año 2016 la CEAMSE, el GCBA y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) publicaron “Estudio de Calidad de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires” (E CRSU). Según este informe, el 46,82% de los RSU que se generan en el barrio de La Boca son desechos alimenticios. En términos de composición másica, le siguen los plásticos y el papel (10,94 y 10,70% respectivamente). El resto de los componentes pueden observarse en la tabla 2.1.

Según la CEAMSE, en 2018 cada habitante de CABA generó 1,49 kg diarios de RSU. La misma entidad publica los valores de las toneladas anuales que dispone cada distrito de la RMBA en el Complejo Ambiental Norte III. A partir de esta información se generó un gráfico (Figura 2.4) en el que se pueden apreciar las alzas y caídas en la disposición de RSU de CABA a lo largo del tiempo.

En la figura se puede observar que las toneladas dispuestas alcanzaron su máximo en el año 2011. Luego, las mismas decrecieron hasta el año 2016 inclusive, pero de modo cada vez menos pronunciado. La caída más fuerte se produjo en 2013, como consecuencia de la instalación de la planta de tratamiento mecánica biológica en Norte III. En 2017 la Ciudad Autónoma envió 1.101.203 toneladas de RSU al relleno sanitario, un 0,6% más que en 2016. En 2018 se logró una disminución que ronda el 2,7% con respecto a 2017.

Tabla 2.1: Composición física de los RSU de La Boca

Fuente: CEAMSE. GCBA. FIUBA. Estudio de Calidad de los RSU de CABA (2016)

Componentes	Boca
Papeles y Cartones	10,70%
Diarios y Revistas	0,96%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	1,24%
Papel Mezclado	6,40%
Cartón	1,70%
Envases Tetrabrick	0,40%
Plásticos	10,94%
PET (1)	1,27%
PEAD (2)	0,82%
PVC (3)	0,09%
PEBD (4)	5,04%
PP (5)	2,00%
PS (6)	1,46%
Otros (7)	0,25%
Vidrio	2,65%
Verde	1,72%
Ambar	0,20%
Blanco	0,73%
Plano	0,00%
Metales Ferrosos	1,19%
Metales No Ferrosos	0,55%
Materiales Textiles	5,57%
Madera	1,29%
Goma, cuero, corcho	0,67%
Pañales Descartables y Apositos	4,56%
Materiales de Construcción y Demolición	8,94%
Residuos de Poda y Jardín	4,86%
Residuos Peligrosos	0,05%
Residuos Patógenos	0,00%
Medicamentos	0,00%
Desechos Alimenticios	46,82%
Miscelaneos Menores a 25,4 mm	0,00%
Aerosoles	0,00%
Pilas	0,00%
Material Electronico	0,01%
Otros	1,22%
Peso Volumetrico (kg/m³)	0,408

En contraste con las cifras mencionadas, se encuentran las metas propuestas en la ley “Basura Cero”. La normativa promulgada en 2006 fijó “un cronograma de reducción progresiva de la disposición final de residuos sólidos urbanos” con el fin de disminuir la cantidad de desechos a ser depositados en rellenos sanitarios. Estas metas a cumplir eran de “un 30% para el 2010, de un 50% para el 2012 y un 75% para el 2017, tomando como

base los niveles enviados al CEAMSE durante el año 2004". Estos objetivos pueden compararse con las cifras reales alcanzadas mediante un gráfico como el de la figura 2.4.

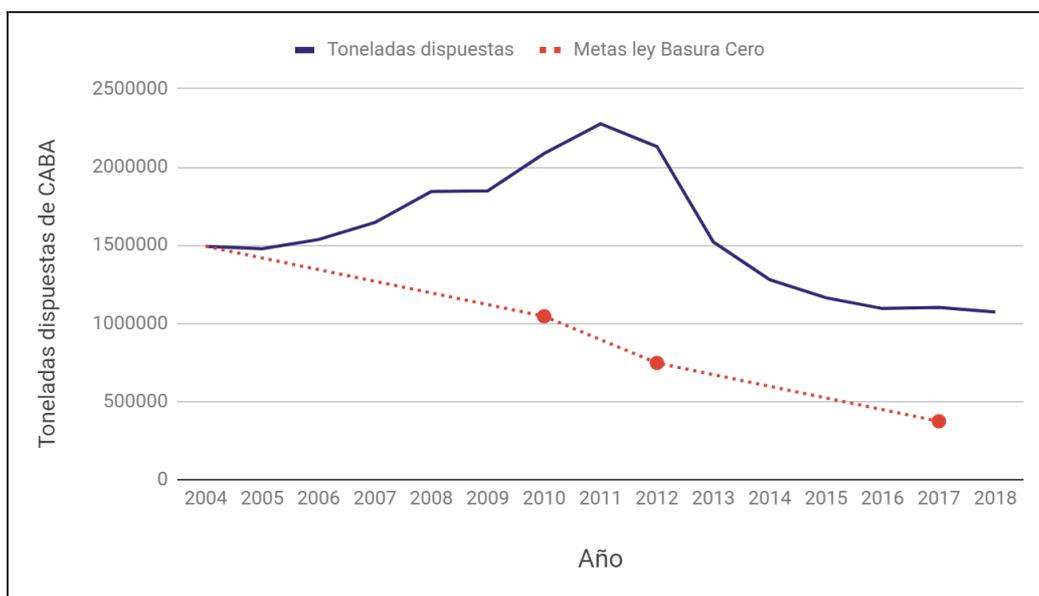


Figura 2.4: Evolución de disposición de RSU de CABA vs metas establecidas por la ley "Basura Cero"

Fuente: Elaboración propia según ley N° 1854/05 y estadísticas publicadas por CEAMSE

Ahora bien, dejando de lado las metas propuestas por la ley N° 1854/05 y evaluando solo las cifras publicadas por CEAMSE en los últimos años, la tendencia indicaría que las toneladas a disponer en un corto o mediano plazo tendrían valores similares a los registrados entre 2015 y 2018, a menos que se tomen medidas lo suficientemente eficaces que logren modificar el rumbo de la gestión de los RSU de la ciudad.

Según las autoridades de la CEAMSE, el ritmo de disposición actual de residuos, sumado al crecimiento poblacional, provocaría el colapso de los rellenos pertenecientes al Complejo Ambiental Norte III para el año 2023. Gustavo Coria, presidente de la CEAMSE, afirmó en 2018 que, si bien se llevan a cabo obras de infraestructura y ampliación, la capacidad receptiva de los complejos ambientales se terminará en los próximos años. En entrevistas con los medios manifestó: "el camino es tratar residuos y recuperar lo más que se pueda, en el medio hay miles de alternativas y tecnologías. Hoy tenemos que plantear que estamos ante un verdadero problema y que si no lo afrontamos va a ser inabordable. A 2023 los rellenos empiezan a tener una crisis, principalmente el Norte III, el más importante".

En 2018 el ministro de Ambiente y Espacio Público de la Ciudad de Buenos Aires, Eduardo Macchiavelli, también hizo declaraciones al respecto: "tenemos cinco años para encontrar

propuestas superadoras. Estamos estudiando aplicaciones que se utilizan en el mundo y hay que insistir en la separación en origen, el tratamiento de los residuos en los hogares para minimizar lo que ingrese a los rellenos sanitarios".

En conclusión, la capacidad operativa del Complejo Ambiental Norte III, junto con el modo en el que los habitantes de la RMBA disponen sus RSU y las medidas adoptadas para alcanzar los objetivos propuestos por la ley "Basura Cero" obliga a replantear un sistema de gestión de residuos que optimice el desempeño actual.

3. Análisis de alternativas

Las medidas existentes para gestionar los residuos de la manera más sustentable posible se rigen en un orden conocido como “escalera de Lansink” o “jerarquía de residuos” (figura 3.1). Este enfoque otorga un orden de prioridad a los mecanismos disponibles para un correcto manejo de los residuos sólidos, impulsando la sustentabilidad y la prevención.

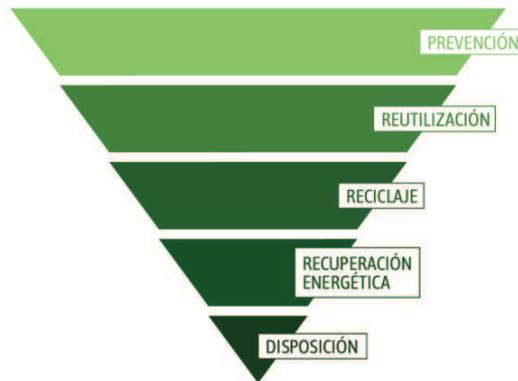


Figura 3.1: Jerarquía para el tratamiento de RSU

Fuente: Fundación Ambiente y Recursos Naturales (2018)

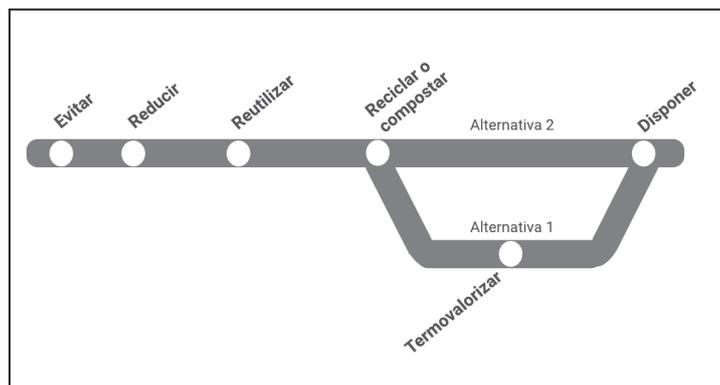


Figura 3.2: Alternativas propuestas para mejorar la gestión de RSU

Elaboración propia

Mediante este proyecto se pretende maximizar el aprovechamiento de materiales llevando a cabo estrategias cuyo primer objetivo sea evitar la generación de cualquier tipo de residuo. Caso contrario, la reducción del mismo. La reutilización representaría una nueva instancia frente a una hipotética imposibilidad de reducir los desperdicios. Si el material no puede ser

reutilizado, quizás puede formar parte de algún proceso de reciclado o compostado. De no ser así, una de las alternativas que se proponen en este informe consiste en aprovechar el poder calórico de los materiales para poder generar energía. La fracción que no pertenece a ninguna de las corrientes mencionadas anteriormente se dispondría en forma controlada. Una opción alternativa a la valorización energética es la construcción de un nuevo vertedero de residuos ante el inminente colapso de los rellenos que conforman el Complejo Ambiental Norte III (“alternativa 2”, ver figura 3.2).

3.1 Medidas dirigidas a evitar la generación de RSU, reducir y reutilizar los materiales

Para evitar la utilización innecesaria de envoltorios, se propone realizar una convocatoria a comerciantes del barrio (encargados de panaderías, verdulerías, restaurantes de comida por peso, almacenes, entre otros) en la que se debata la propuesta de otorgar descuentos a aquellos clientes que realicen sus compras con recipientes llevados por ellos mismos (envases plásticos con cierre hermético, bolsas de tela, frascos, etc). Dependiendo del rubro comercial, la misma convocatoria invitaría a evaluar el uso de envases retornables y la venta a granel.

La convocatoria consiste en realizar reuniones semanales con comerciantes del mismo rubro. En las mismas se presentarían estudios de caso en los que se logró disminuir la cantidad de residuos generados, entre ellos los envoltorios. Se evaluarían ventajas y desventajas de cada sistema, aspectos a comparar (higiene, cantidad de empleados, gastos y espacio físico) y calidad del producto. Además, estas reuniones representarían un espacio de intercambio de ideas entre los mismos comerciantes y, a su vez, de ellos con la comisión organizadora.

Una vez desarrolladas las reuniones y compartidas las sugerencias e inquietudes, cada comerciante debería manifestarse sobre si estaría dispuesto o no a modificar su modo de trabajo en pos de evitar y reducir la generación de residuos. Aquellos que asuman el compromiso, contarían con financiación para la inversión de nuevo mobiliario, asesoramiento profesional gratuito para implementar los nuevos mecanismos, colaboración en la evaluación de su desempeño y beneficios impositivos.

3.2 Medidas dirigidas a incentivar el reciclado y compostaje

Para simplificar la clasificación de los componentes de los residuos publicados en el Estudio de Calidad de los RSU de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (tabla 2.1) se proponen las corrientes que se presentan en la tabla 3.1.

Los residuos pueden ser clasificados de diversas maneras. En una primera aproximación se decidió caracterizarlos según la clase de material que compone cada fracción. Luego, cada componente se agrupó en una categoría relacionada con una vía posible de tratamiento: mediante reciclado, valorización energética o compostaje.

Tabla 3.1: Composición de RSU en La Boca

Componentes según Estudio de Calidad de RSU de 2015	Clasificación propuesta	Composición física (%)	Tratabilidad	Composición según tratabilidad (%)
Papeles y cartones	Papel y cartón	11	Reciclable	33
Plásticos	Plástico	11		
Vidrio	Vidrio	3		
Metales ferrosos	Metal	2		
Metales no ferrosos				
Materiales textiles	Material textil	6		
Madera	Otros	1	Valorizable energéticamente	15
Goma, cuero y corcho				
Pañales y apósitos descartables	Pañales y apósitos descartables	5		
Materiales de construcción y demolición	Materiales de construcción y demolición	9		
Residuos de poda y jardín	Residuos de poda y jardín	5	Compostable	52
Desechos alimenticios	Desechos alimenticios	47		

Para disminuir la cantidad de residuos que actualmente se transportan hacia el Complejo Ambiental Norte III, se propone, como primera medida, priorizar la separación en origen otorgando incentivos a aquellos vecinos que dispongan sus residuos en forma diferenciada. Estos incentivos consisten en reconocer el trabajo que implica separar los residuos reciclables mediante descuentos y beneficios en locales comerciales.

Actualmente algunos habitantes del sur de la Ciudad separan los reciclables, los limpian y los depositan en los contenedores verdes, situados en algunos casos a 500 m de sus domicilios. Otros vecinos, por el contrario, colocan la totalidad de sus residuos en los contenedores negros. El impuesto que cobra el Gobierno de la Ciudad vinculado a la higiene urbana es el mismo en ambos casos, independientemente de haber separado los residuos o no. Además, los materiales que son enfardados y luego comercializados representan la materia prima de los procesos de reciclado. A través de estos se generan productos cuyos materiales vuelven a ser adquiridos por los consumidores, lo que implica abonar nuevamente parte del costo del material.

Esta situación desalienta económicamente la separación de los residuos en origen, ya que los precios de los objetos reciclados no son competitivos con los de los productos fabricados a partir de recursos no renovables y, a su vez, el esfuerzo que realizan los consumidores cuando disponen sus residuos de manera diferenciada no se manifiesta en beneficios impositivos para los mismos.

A continuación se presentan estrategias que incentivan el reciclado y el compostaje.

3.2.1 Reciclado

Los materiales que comprenden el conjunto de los reciclables son: papel y cartón, plástico, vidrio, metal y material textil. Los objetos fabricados con materiales reciclables cuentan con la posibilidad de ser sometidos a procesos para ser transformados en nuevos objetos, de diferente o igual uso que el anterior.

Para incentivar la separación de los reciclables se propone instalar puntos de recepción en espacios verdes en donde los consumidores entreguen estos materiales para poder acceder a descuentos en comercios. Las personas pertenecientes a las cooperativas de recuperadores urbanos serían las encargadas del control, recepción y clasificación de los reciclables. Los vecinos que participen obtendrían descuentos proporcionales al peso del material reciclable que aporten. Para ello, será necesario que en el momento se tome

registro del número de DNI de la persona que resida en La Boca y del peso del material acercado al “punto limpio”.

Los materiales recibidos por los recuperadores serían trasladados a un sitio apropiado para su clasificación y enfardado. Luego se retirarían con vehículos idóneos hacia las industrias recicladoras para ser comercializados. A su vez, este sitio de acopio contaría con espacios dedicados a capacitaciones, reuniones de personal, talleres de educación ambiental y charlas informativas para visitas del público en general.

Esta modalidad de recolección de reciclables, a diferencia de la actual, permitiría no solo beneficiar a los vecinos que separan sus residuos sino también poder llevar un mejor control acerca del estado en el que se encuentren los materiales. A su vez, disminuiría el volumen de los residuos reciclables en las calles, ya que los vecinos de La Boca tendrían acceso a beneficios mediante la entrega de “basura” en los puntos limpios.

3.2.2 Compostaje

La recuperación y valorización de restos orgánicos, a través de técnicas como el compostaje, tiene la ventaja de ser una práctica sencilla y que puede ser realizada en diversos ámbitos con una ganancia doble: ambiental y económica. Los residuos compostables se entienden en el marco de este proyecto como desechos alimenticios y restos de poda y jardín.

La estrategia en este caso consiste en, en primer lugar, dictar talleres de compostaje domiciliario en los que los vecinos que así lo deseen puedan capacitarse en esta técnica. De este modo se busca disminuir la cantidad de desperdicios orgánicos recolectados. Además de esta herramienta, se propone instalar contenedores en los que se depositen exclusivamente los residuos compostables. Estos serían recolectados por un vehículo apropiado cuatro veces por semana.

Estos restos cumplen con las mismas características que los desechos que son sometidos a tratamiento de residuos orgánicos en el Centro de Reciclaje de la Ciudad. Es por este motivo que se sugiere transportar esta corriente de residuos hasta el predio ubicado en Villa Soldati. Si bien actualmente allí se procesan solamente 10 Tn/día, la planta cuenta con la posibilidad de ser ampliada y cuadruplicar su capacidad.

3.3 Alternativa 1: Valorización energética y disposición en vertedero controlado

Los sistemas de aprovechamiento térmico son una alternativa a considerar para el tratamiento de los residuos recolectados en masa, o para aquellas fracciones de residuos que no se pueden valorizar y cuyo destino final sería, por lo tanto, un relleno sanitario.

A pesar del rechazo social generalizado, estos sistemas de tratamiento ofrecen ventajas innegables como una gran reducción de masa y volumen de los residuos y la posibilidad de recuperar energía.

En la figura 3.3 puede observarse un esquema básico de una planta de valorización energética de residuos. Inicialmente se transportan los residuos sólidos hacia el área de almacenamiento empleando vehículos con caja de transferencia. Los residuos depositados se trasladan mediante grúas hasta una tolva conectada con un horno, donde se produce su combustión de manera controlada a más de 1000 °C. Los gases resultantes de la combustión intercambian calor con agua para generar vapor de alta presión y temperatura. Este vapor es el que alimenta la turbina gracias a la cual se produce la generación de electricidad. Luego, el vapor de agua de la salida de la turbina se enfría hasta alcanzar el estado líquido en los aerocondensadores. El agua resultante regresa al inicio del proceso, conformando así un ciclo cerrado sin descargas líquidas.

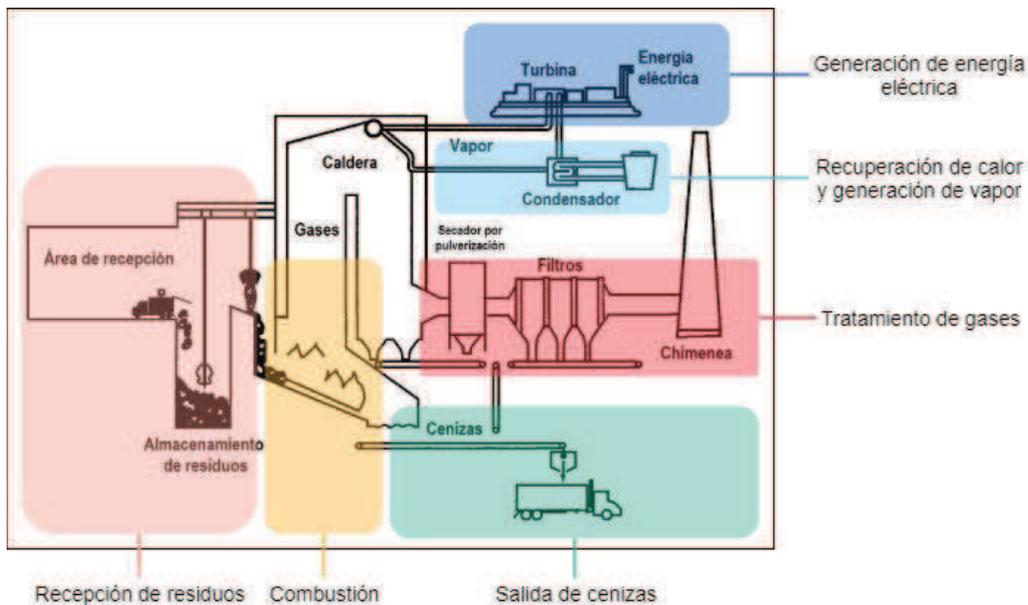


Figura 3.3: Esquema básico de una planta de valorización energética de residuos sólidos

Elaboración propia

Las características de los residuos suministrados a la instalación determinan las técnicas apropiadas y el grado en que la energía puede ser recuperada eficientemente. En la selección del proceso se consideran las características tanto físicas como químicas. La tabla 3.2 indica los rangos de poder caloríficos netos para algunos tipos de residuos. A modo comparativo, el poder calorífico de los combustibles que actualmente se utilizan en las centrales termoeléctricas es de 0,0347 GJ/m³ en el caso del gas natural y 43,12 GJ/t para el diésel.

Los gases de combustión, dependiendo de la composición de los propios RSU, pueden contener diversas sustancias contaminantes: gases ácidos, metales pesados, compuestos orgánicos y polvo en forma de partículas. Estos gases se depuran antes de ser liberados a la atmósfera.

Tabla 3.2: Rangos y poder caloríficos netos típicos para algunos residuos de entrada en incineradoras

Fuente: Comisión Europea (2011)

Tipo de residuos de entrada	Comentarios y ejemplos	PCN en la sustancia original (humedad incluida)	
		Rango GJ/t	Media GJ/t
Residuos sólidos urbanos (RSU) mixtos	Residuos domésticos mixtos	6,3-10,5	9
Residuos voluminosos	ej. mobiliario, etc. entregado a IRSU	10,5-16,8	13
Residuos similares a RSU	Residuos de naturaleza similar a los RSU pero procedentes de comercios, oficinas, etc.	7,6-12,6	11
RSU residuales tras operaciones de reciclaje	Fracciones descartadas de compostaje y procesos de recuperación de materias	6,3-11,5	10
Residuos comerciales	Fracciones de recogida selectiva de establecimientos y oficinas, etc.	10-15	12,5
Residuos de envases	Recogida selectiva de envases	17-25	20
RDF-combustibles derivados de residuos	Material en pellets o copos producido a partir de residuos urbanos y otros residuos no peligrosos similares	11-26	18
Residuos industriales específicos de productos	ej. residuos de la industria de producción de plástico o papel	18-23	20
Residuos peligrosos	También denominados residuos químicos o especiales	0,5-20	9,75

Las emisiones de HCl, HF, SO₂, NO_x y metales pesados dependen del tipo de residuo y del equipo de depuración de los gases. Las emisiones de CO y COV dependen en gran parte de los parámetros técnicos del horno y el grado de heterogeneidad del residuo en el momento de la combustión. El diseño y las condiciones de operación del horno afectan en gran medida a las emisiones de NO_x. Las emisiones de partículas dependen principalmente del rendimiento del equipo de depuración de los gases de escape. Las emisiones de dioxinas y furanos dependen del tipo de residuo, del horno (temperatura y tiempo de residencia), de las condiciones de operación de la planta y del rendimiento del equipo de depuración de los gases de escape.

Los gases de salida son sometidos a tratamiento de emisiones, de modo de asegurar el cumplimiento de las normativas ambientales. En la tabla 3.3 se mencionan las tecnologías que suelen utilizarse para el tratamiento de los gases de combustión de incineración de residuos.

Tabla 3.3: Principales sistemas de tratamiento de gases utilizados en plantas de valorización térmica de residuos

Fuente: Themelis et al (2013)

Sólidos suspendidos	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclones • Precipitador electrostático (húmedo - seco) • Filtros de bolsa
Gases ácidos	<ul style="list-style-type: none"> • Sorción seca • Sorción semi seca • Depuradores húmedos
Oxido de nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción selectiva no catalítica • Reducción catalítica selectiva

Los ciclones utilizan fuerzas centrífugas para separar las partículas de la corriente de gas. El flujo de gas entra en el separador tangencialmente y sale desde un conducto central. Los sólidos son forzados al exterior del ciclón y se recogen a los lados para su eliminación.

Los precipitadores electrostáticos funcionan mediante la exposición del gas a un campo eléctrico de manera que las partículas sólidas se vean afectadas en su trayectoria respecto de la del resto del gas y colisionen con una placa colectora. En el caso de los precipitadores electrostáticos húmedos, el polvo precipitado de las placas colectoras de lava mediante un líquido, generalmente agua.

Los filtros de bolsa, también conocidos como filtros de manga o filtros de tejido, se utilizan ampliamente en plantas de incineración de residuos. Su principio de funcionamiento consiste en circular los gases de combustión por un tejido que hace de medio filtrante, el cual debe tener características adecuadas de resistencia térmica, física y química. La tensión mecánica y térmica sobre el material de filtro determina su vida útil, así como sus requisitos de energía y mantenimiento.

Para reducir las concentraciones de gases ácidos mediante procesos secos, se suele agregar un agente de sorción al flujo de gas de combustión, generalmente cal hidratada. Tanto el agente de sorción como el producto de la reacción son secos.

En los procesos semisecos (también denominados semihúmedos), el agente de absorción agregado al flujo de gases de combustión es una solución acuosa (por ejemplo, lechada de cal) o una suspensión (por ejemplo, en forma de pasta acuosa). La solución acuosa se evapora y los productos de reacción son secos. El residuo sólido puede luego ser recirculado para mejorar la utilización de los reactivos.

En el caso de los depuradores húmedos, el flujo de gas de combustión es alimentado con agua, peróxido de hidrógeno y/o una solución que contiene parte del reactivo (por ejemplo, solución de hidróxido sódico). El producto de la reacción es acuoso. Generalmente, los lavadores húmedos tienen al menos dos etapas efectivas, la primera a pH bajo, que elimina principalmente HCl y HF, la segunda con dosificación de cal o hidróxido sódico y pH de 6-8 principalmente para la eliminación de SO₂. Es importante resaltar que, dado que una parte de la solución de lavado debe eliminarse del circuito en forma de residuos, el uso de procesos húmedos genera carga contaminante adicional sobre el tratamiento de efluentes líquidos.

En la reducción no catalítica selectiva (RNCS), el agente reductor (por ejemplo, amoníaco) es inyectado en el horno y reacciona con los óxidos de nitrógeno. Las reacciones ocurren a temperaturas de entre 850 y 1000 °C.

La reducción catalítica selectiva (RCS) consiste en hacer circular el gas de combustión con un agente reductor a través de una malla catalizadora, la cual suele ser de platino o TiO₂. A diferencia de la metodología sin catalizador, los procesos de RCS suelen instalarse a continuación de los sistemas de eliminación de partículas y tratamiento de ácidos.

Además de los sistemas de tratamiento de sólidos suspendidos, gases ácidos y óxidos de nitrógeno, deben mencionarse procesos de reducción de emisiones de dioxinas y furanos (PCDD/F). Entre ellos se encuentran la adsorción sobre reactivos con carbón activado, el uso de plásticos impregnados con carbón en el lavador húmedo, la eliminación de dioxinas durante la RCS y la utilización de filtros de manga catalíticos.

Una de las alternativas en la disminución de la concentración de PCDD/F consiste en inyectar carbón activado en el flujo de gas, mezclándolo con los gases de combustión. La adsorción de PCDD/F se produce en la corriente de gas y en la capa de reactivo formada cuando se utilizan filtros de barrera (por ejemplo, filtros de manga). Esta técnica absorbe tanto los PCDD/F como mercurio, generando en ambos casos emisiones por debajo de la normativa internacional.

Otra de las alternativas se basa en la utilización de un relleno de columna en el lavador que contenga polipropileno impregnado con carbón para ofrecer un medio de absorción selectiva de PCFF/F.

Actualmente las plantas cuentan con sistemas de monitoreo de emisiones en tiempo real, garantizando así el control de los valores dentro de los niveles permisibles. Estos deberán cumplir con la ley 1356 de calidad atmosférica de CABA, la cual establece los estándares de calidad de aire ambiente, presentes en el anexo de este documento. Cabe señalar que en este tipo de proyectos las cenizas resultantes del proceso se gestionan de manera responsable, pudiendo utilizarse, por ejemplo, como agregado a material de construcción. Se estima que las cenizas poseen un volumen 10 veces menor y una reducción de masa de 75% en relación al residuo inicial.

3.4 Alternativa 2: Disposición en vertedero controlado sin previa valorización energética

La disposición de residuos en rellenos sanitarios es una de las alternativas más elegidas para medianas y grandes ciudades. Su finalidad es darle un destino cierto y seguro a los residuos sólidos que se generan en los núcleos urbanos.

Una vez realizados los procesos orientados a reducir el volumen de RSU, los mismos son depositados en lo que se denomina vertedero controlado. Dichos procesos incluyen la separación y clasificación de residuos y la fabricación de compost o enmienda orgánica.

Generalmente el diseño del vertedero está orientado a evitar la contaminación del subsuelo, por lo que su fondo se impermeabiliza mediante una barrera de arcilla y una membrana de polietileno de alta densidad. Sobre esa barrera debe colocarse una capa de suelo y un sistema de captación de líquidos lixiviados.

En la elección de la localización de un vertedero controlado se deben considerar:

- Dimensiones y morfología del terreno.

- Distancias de transporte.
- Accesos para tránsito pesado.
- Proximidad a áreas habitadas, cursos de agua o sitios protegidos.
- Nivel de capas freáticas.
- Estructura y composición del suelo.

Un relleno sanitario puede ejecutarse sin inconvenientes en sectores aledaños a zonas urbanizadas. No obstante, se debe tener muy en cuenta la aceptación pública para la ubicación del mismo. Además, las normativas suelen establecer distancias mínimas a los centros urbanos y aeropuertos.

Una vez alcanzada la vida útil de un módulo de un relleno sanitario, debe continuarse su monitoreo. Durante la descomposición de los residuos depositados, los mismos disminuyen su volumen, descendiendo el nivel superior del módulo cerrado. En vista de la heterogeneidad de los residuos, se pueden producir asentamientos en distintas áreas del relleno, generándose así desniveles o hundimientos en los que se puede acumular agua que luego podría entrar al relleno y sumar volumen al líquido lixiviado. Se debe controlar y corregir la producción de estos asentamientos diferenciales. Asimismo, las ocasionales pérdidas de líquido lixiviado deben ser rápidamente corregidas e impedir que el líquido salga fuera de los límites del módulo. Durante la etapa post-cierre también continúa la extracción y tratamiento de gases y líquidos lixiviados. Permanentemente se debe controlar el estado de los canales de desagüe y alcantarillas, efectuando las tareas de limpieza que fueran necesarias para mantenerlos permanentemente operativos.

3.5 Comparación de alternativas

El vertido y aislamiento es el método de gestión de residuos más utilizado históricamente por ser considerado el más económico. Sin embargo, sería necesario tener en cuenta, además de los costos de operación de un vertedero, aquellos derivados de sus impactos sobre el entorno y los que implica el control tras su clausura.

La Ciudad de Buenos Aires actualmente dispone sus residuos en un espacio externo a su jurisdicción. Si bien en los últimos años ha implementado medidas dirigidas a disminuir la cantidad de sus RSU, aproximadamente un 25% de las toneladas que se disponen en Norte III proviene de CABA. Las consecuencias que acarrea la disposición de residuos en un

relleno sanitario perjudica, bajo este sistema de gestión, a agentes que poco se relacionan con el sitio en donde se generaron los residuos.

Tanto el área como el presupuesto necesarios para desarrollar alguna de las dos alternativas propuestas resultan secundarios si ambas se evalúan teniendo en cuenta factores como la sostenibilidad en el tiempo y las implicancias ambientales a largo plazo. La construcción de un nuevo vertedero de tecnología similar a aquella presente en Norte III inevitablemente derivará en las mismas problemáticas que acontecen en la actualidad: colapso de los rellenos, necesidad de incrementar espacios, cierre de complejos ambientales con futuro incierto, entre otros.

El concepto de obtener provecho de los residuos mediante su empleo como combustible es para muchos el motivo por el cual podría instalarse la idea de que un incremento de la generación de residuos implica mayor disponibilidad de energía, por lo tanto, mayor beneficio para la sociedad, desmotivando así prácticas como el ecodiseño, la reutilización de materiales o el reciclaje. Sin embargo, esta idea no se establecería de llevarse a cabo una correcta implementación de la escala de jerarquía para el tratamiento de residuos.

La termovalorización de RSU tiene la cualidad de proveer soluciones tanto a los sectores encargados de gestionar los residuos como a aquellos responsables del abastecimiento energético. Es una tecnología que, aplicándose apropiadamente y de manera integral por todos los actores involucrados, brindaría beneficios capaces de ser percibidos a corto y largo plazo.

En conclusión, ante la problemática expuesta acerca del colapso del sistema de disposición final de residuos de la Ciudad de Buenos Aires, se desarrollará en los siguientes capítulos la alternativa 1. Se opta por esta tecnología debido a que no solo consta de una vía que propone un uso más eficiente del espacio de la ciudad, sino que también proporciona soluciones a largo plazo tanto en materia energética como de higiene urbana.

En los siguientes capítulos se desarrollará con detalle el proyecto propuesto mediante la alternativa 1: clasificación de residuos, rutas de recolección, sitios de tratamiento, contribución a la red eléctrica nacional, costos estimados, entre otros.

4. Memoria descriptiva

La optimización del sistema de gestión de residuos actual implica tomar medidas en distintas instancias: desde incentivos tendientes a su reducción hasta la mejora en los métodos de disposición final.

Partiendo de una producción de residuos per cápita de 1,49 kg/día y una población estimada de 40.805 habitantes en La Boca para el año 2040, se calculó que allí se generarán 61 Tn diarias de RSU. Empleando la información provista en el ECRSU de CABA (tabla 3.1), se hallaron las cantidades diarias que se generarían de cada componente (tabla 4.1). Los valores detallados pueden encontrarse en la sección dedicada a la memoria de cálculo.

Según su tratabilidad, los residuos domiciliarios fueron clasificados en tres categorías: reciclables, termovalorizables y compostables. En el marco de este proyecto se diseñó un destino para cada una de estas corrientes: una estación de enfardado previa a la comercialización industrial de los reciclables, una planta de termovalorización y el Centro de reciclaje de la Ciudad, respectivamente. La figura 4.1 ilustra las diferentes corrientes en el sistema de gestión de RSU. A la izquierda de la imagen se pueden observar los componentes de los residuos sólidos. Los mismos se agruparon en bloques, dando origen a las corrientes de materiales, y finalmente se ubicó cada corriente en su correspondiente sitio de tratamiento. A continuación se describen los procesos de cada corriente.

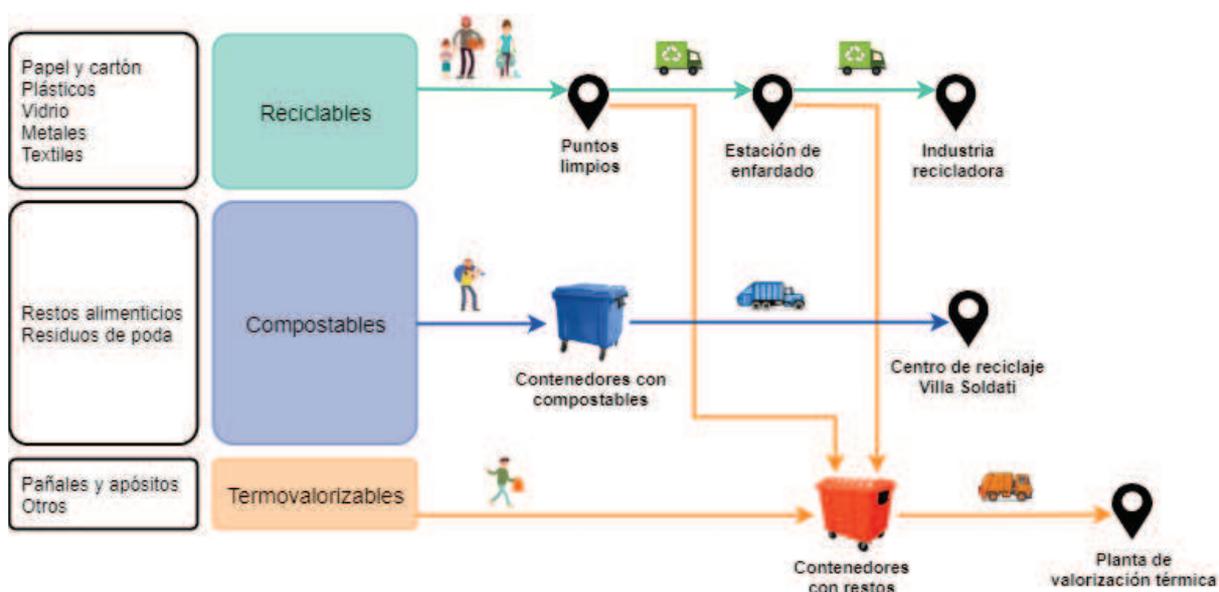


Figura 4.1: Diagrama de flujo del sistema de gestión de RSU propuesto

Elaboración propia

Tabla 4.1: Composición de RSU en La Boca - Estimación año 2040

Habitantes La Boca 2040	40.805	
Generación diaria per cápita (kg/hab.día)	1,49	
Generación RSU La Boca (kg/día)	60.800	
Componentes	Masa (kg/día)	Composición másica (%)
Reciclables	20.064	33
Papeles y cartones	6.688	11
Plásticos	6.688	11
Vidrio	1.824	3
Metales	1.216	2
Materiales textiles	3.648	6
Termovalorizables	9.120	15
Pañales descartables y apósitos	3.040	5
Materiales de construcción y demolición	5.472	9
Otros	608	1
Compostables	31.616	52
Residuos de poda y jardín	3.040	5
Desechos alimenticios	28.576	47

4.1 Reciclables

Para la corriente denominada “reciclables” se propone instalar puestos en espacios verdes en donde los vecinos de La Boca puedan entregar sus materiales. Estos “puntos limpios” serán atendidos por personal capacitado, quienes se encargarán de brindar información, recibir y clasificar los residuos reciclables que se encuentren limpios y secos.

Los puntos limpios se ubicarán en plazas del barrio y se distribuirán de manera tal que permita que cada vecino se encuentre a menos de 500 m de distancia de los mismos. La ubicación elegida para los puntos limpios puede verse en la figura 4.1.1 y en la tabla 4.1.1.

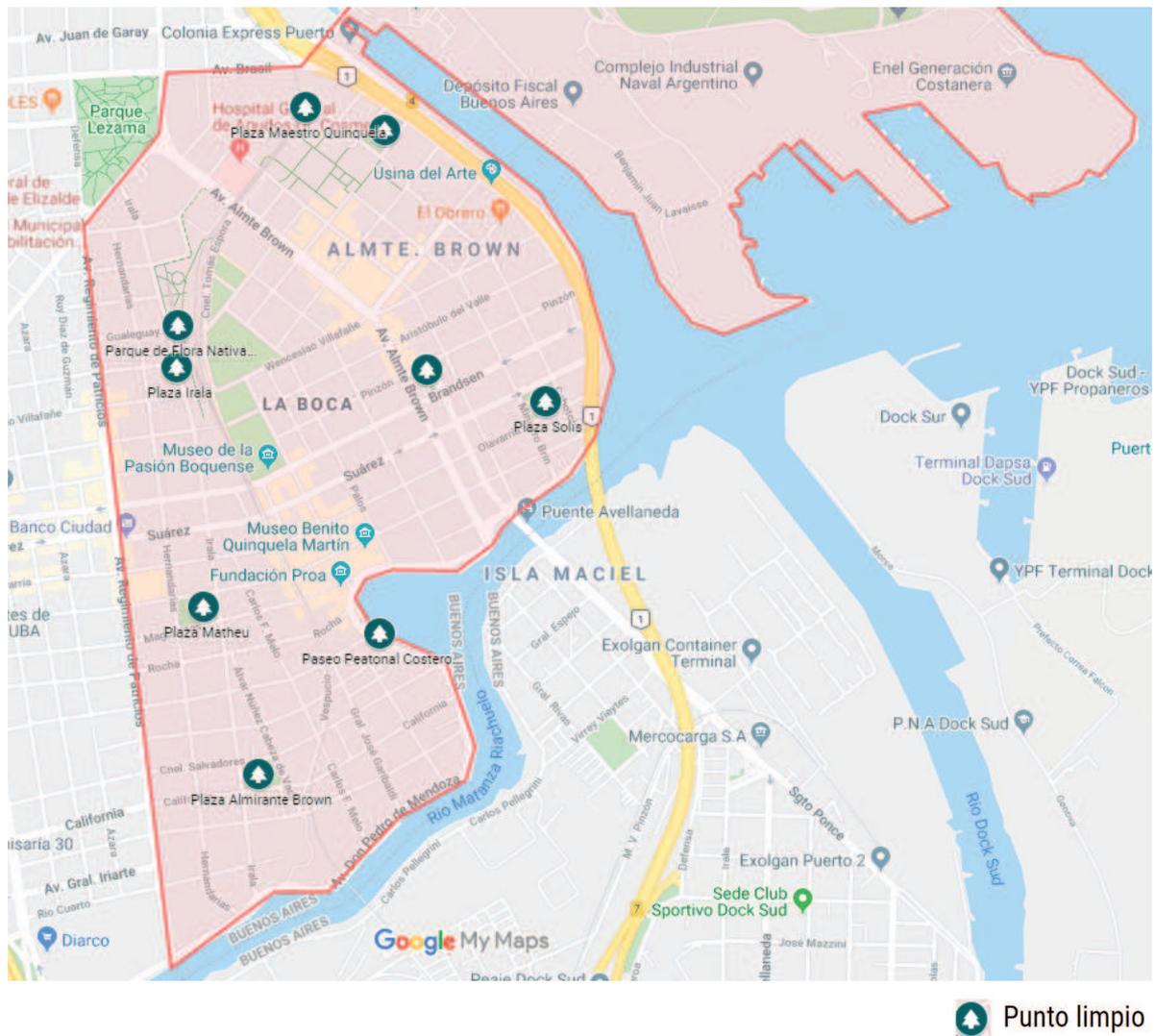


Figura 4.1.1: Mapa con ubicación de los puntos limpios

Elaboración propia

Estos sitios consistirán en contenedores marítimos reutilizados, similares a los puntos verdes que actualmente se encuentran instalados en algunos parques de la Ciudad de Buenos Aires (figura 4.1.2). Allí habrá una persona encargada de recibir los materiales, contabilizarlos y depositarlos en bolsas de rafia de 1 m³ según su clasificación. El personal cargará en una base de datos la cantidad de material reciclable recibido y el DNI del vecino, quien deberá poseer domicilio en La Boca. Se sugiere que la atención se brinde de miércoles a domingos de 11 a 19 hs para permitir que los habitantes concurren durante los fines de semana.

Se optó por implementar un modo de clasificación en los puntos limpios que esté conformado por los grupos papel y cartón, plástico, vidrio, metal y textil. A su vez, cada uno de estos 5 grupos deberán ser clasificados en la estación de enfardado según lo que puede observarse en la figura 4.1.3. El motivo por el cual se optó por esta clasificación está relacionado con las condiciones en las que deben encontrarse los materiales para ser correctamente recepcionados por las empresas recicladoras.

Tabla 4.1.1: Ubicación de los puntos limpios

Punto limpio	Coordenadas	Dirección
Maestro Quinquela	(-34.6262;-58.36317)	Arnaldo D Esposito 101
Islas Malvinas	(-34.62685;-58.36054)	Caboto 301
Flora Nativa	(-34.63227;-58.36747)	Irala 400
Irala	(-34.63344;-58.36752)	Irala 600
Molfetteses	(-34.63351;-58.35911)	Pinzón 400
Solís	(-34.63442;-58.35514)	Palos 315
Matheu	(-34.64011;-58.36661)	Lamadrid 1040
Almirante Brown	(-34.6448;-58.36478)	Cnel Salvadores 1040
Paseo Peatonal Costero	(-34.64086;-58.36071)	Don Pedro de Mendoza 2100



Figura 4.1.2: Punto verde (estación a la que actualmente se acercan los residuos reciclables en CABA)

Fuente: En Crudo (2019)

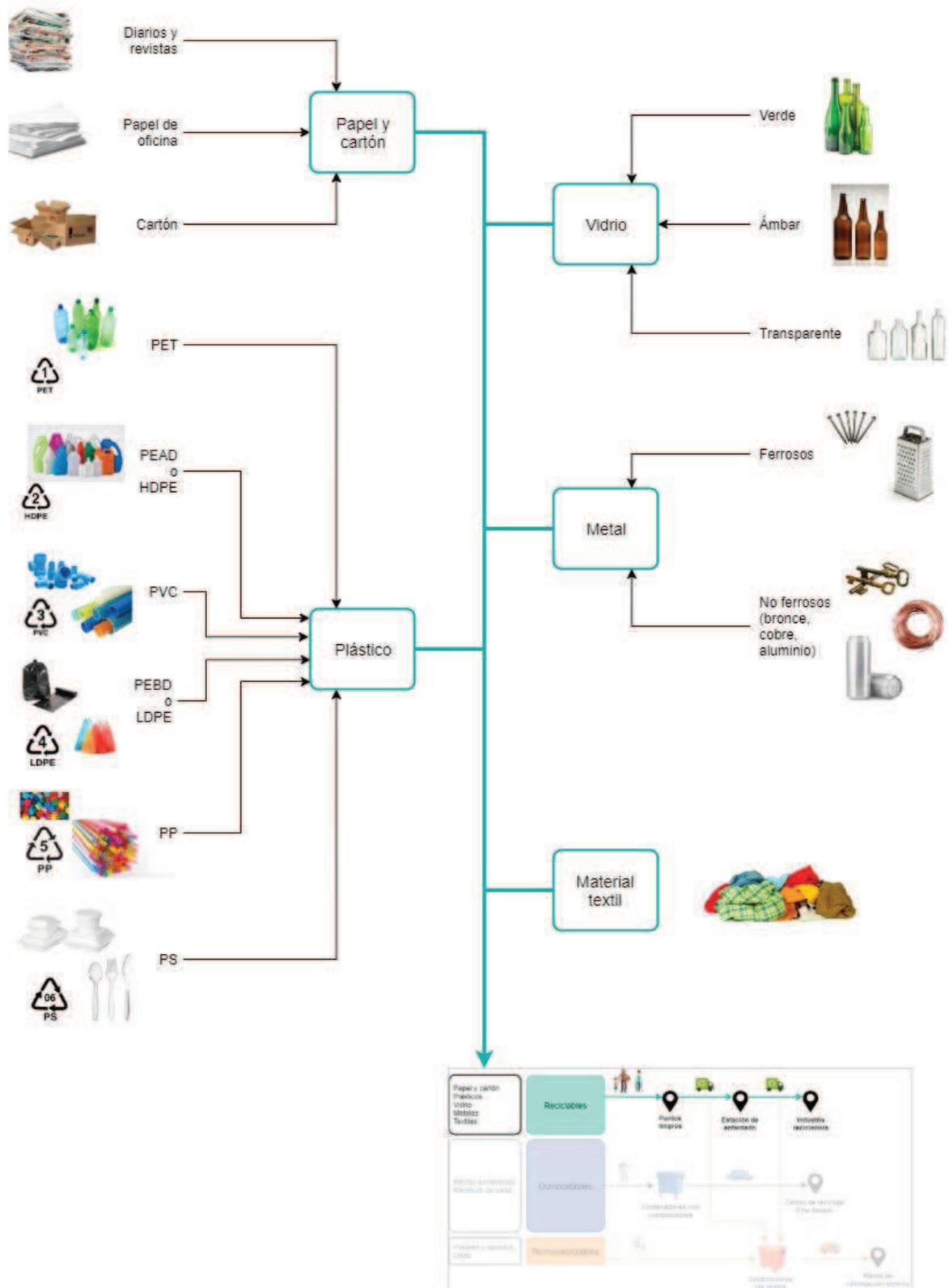


Figura 4.1.3: Clasificación propuesta para la corriente de residuos reciclables

Elaboración propia

El grupo denominado “Papel y cartón” comprende, a su vez, 3 subgrupos:

- Diarios y revistas: incluye papel de diario, revistas y guías telefónicas.
- Papel de oficina: hojas de papel (impresas o no), sobres, folletos, papel copiativo, entre otros.
- Cartón

El plástico reciclable se clasifica, según IRAM 13700 en:

1. PET (polietileno tereftalato): presente en botellas de bebidas. Es liviano y resistente.
2. PEAD o HDPE (polietileno de alta densidad): se encuentra en envases de productos de limpieza, baldes y bidones. Posee buena resistencia tanto química como al impacto.
3. PVC (policloruro de vinilo): forma parte de tubos de drenaje, ventanas, aislante de cables, entre otros, ya que cuenta con buena resistencia mecánica y baja conducción eléctrica.
4. PEBD o LDPE (polietileno de baja densidad): muy utilizado para la fabricación de bolsas y envolturas de alimentos debido a que es flexible y liviano.
5. PP (polipropileno): es un material relativamente rígido que se suele emplear en la fabricación de envases de yogur, tapas para botellas y otros contenedores de alimentos.
6. PS (poliestileno): plástico utilizado mayormente principalmente para mantener el calor de los alimentos. Puede encontrarse en vasos para bebidas calientes, envases de helado y cubiertos descartables.

Para poder reciclar el vidrio es imprescindible realizar una clasificación por colores (verde, ámbar y transparente). El vidrio plano presente en ventanas o espejos no debe ser recepcionado en los puntos limpios porque tiene una temperatura de fundición diferente a la de los recipientes como botellas o frascos, lo que entorpecería el proceso de reciclado.

Los objetos metálicos constituidos por hierro y aleaciones del mismo (por ejemplo, acero) pueden encontrarse en los desechos domiciliarios en latas de atún, salsa de tomate y conservas, así como en herramientas de uso doméstico y algunos productos de ferretería. Estos deberán ser clasificados diferenciados de otros metales no férreos como cobre (presente en forma de alambre en los cables eléctricos) y aluminio (comúnmente usado en latas de bebidas y en forma de lámina en gastronomía).

Los puntos limpios también estarían habilitados para recibir restos textiles. Este material puede acondicionarse para ser reutilizado dentro de los puntos limpios o en el sitio de enfardado. Algunas opciones son: bolsas para guardado y traslado de los materiales,

relleno de almohadones o trapos de limpieza. También es posible realizar trabajos junto a organizaciones benéficas para fabricar mantas, abrigo o relleno de colchones.

El material que se encuentre en el punto limpio será trasladado a la estación de enfardado en función de la cantidad de reciclables que se acumulen en las bolsas de rafia. Esto dependerá de la participación de los ciudadanos y los comercios en el programa. La frecuencia de recolección estará supeditada también al volumen de reciclables que recepcione cada punto limpio. Es por esto que resulta imprescindible realizar una prueba piloto en la que se informen con regularidad las cantidades acumuladas en cada punto limpio, a fin de poder establecer a futuro una frecuencia de traslado de los materiales a la estación de enfardado. La recolección de los materiales reciclables se realizará por dos rutas: una que retire los residuos de las plazas ubicadas al oeste y otra correspondiente a los puntos limpios ubicados hacia el este. Las plazas en las que se inicien cada uno de los recorridos serán Flora Nativa Benito Quinquela Martín y Malvinas, respectivamente. Ambas rutas y la ubicación de la estación de enfardado (simbolizado con un camión) pueden verse en la figura 4.1.4 y en la sección de planos.

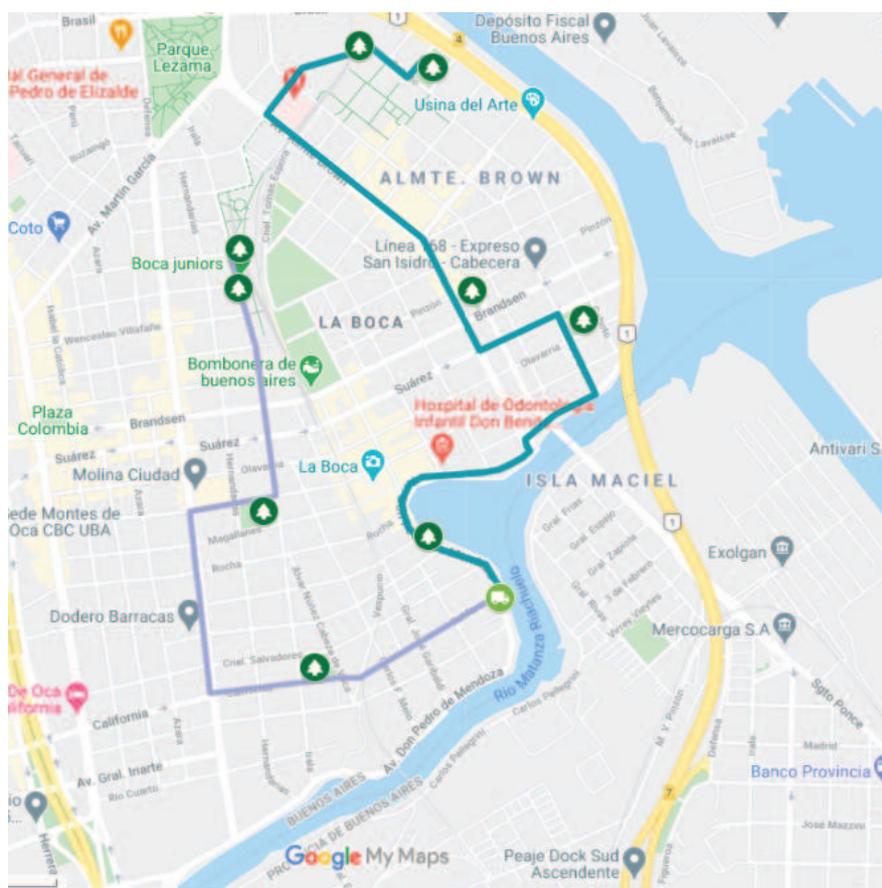


Figura 4.1.4: Rutas de recolección desde los puntos limpios hacia la estación de enfardado

Elaboración propia

El material será transportado en vehículos de 20 m³ hacia la estación de enfardado. Allí será descargado, se verificará que la clasificación haya sido correcta y posteriormente se almacenará. Debe considerarse el prensado de los materiales antes de trasladarlos a la industria recicladora para ser comercializados. El plástico, el papel y los recipientes metálicos de uso domiciliario suelen ser objetos voluminosos y de poco peso. Con una compactación adecuada, el volumen de una parte de estos materiales puede reducirse considerablemente. Este aumento de la densidad permite llevar a cabo un traslado más eficiente, disminuyendo los costos de transporte. Una vez compactado el material, este debe ser colocado en una balanza para verificar y registrar el peso de los fardos a vender.

Se propone una estación de enfardado con espacio suficiente para realizar la carga y descarga de materiales de los vehículos. Considerando la cantidad de material reciclable que se genera y tomando como referencia publicaciones de Eva Röben acerca del circuito económico de los materiales recuperables, se estima que este espacio deberá contar con 500 m². El lugar podría ubicarse en la zona industrial del barrio, sobre la avenida Don Pedro de Mendoza entre las calles Cerri y California, debido a la disponibilidad del predio y a la cercanía con los accesos a autopistas y avenidas principales. Cada tipo de reciclable dispondrá de un área dedicada a acondicionar y almacenar el material previo a su enfardado. Este sitio, a su vez, contará con espacios para el personal y un salón para recibir visitantes y realizar las reuniones regulares. Un esquema de la estación de enfardado puede visualizarse en la figura 4.1.5 y en la sección de planos.

Para el prensado de los materiales reciclables, se recomienda emplear una compactadora electrohidráulica de modelo vertical que genere fardos de 1 m³, tal como suelen solicitarlo las empresas recicladoras. Un ejemplo de modelo que se encuentra disponible en el mercado puede observarse en la figura 4.1.6.

En cuanto a la balanza, esta deberá tener capacidad para pesar los fardos compactados en la prensa, que suelen ir desde los 100 kg (plástico) hasta los 500 kg (papel). Es por esto que sería conveniente operar en la estación de enfardado con una balanza manual de 1000 kg.

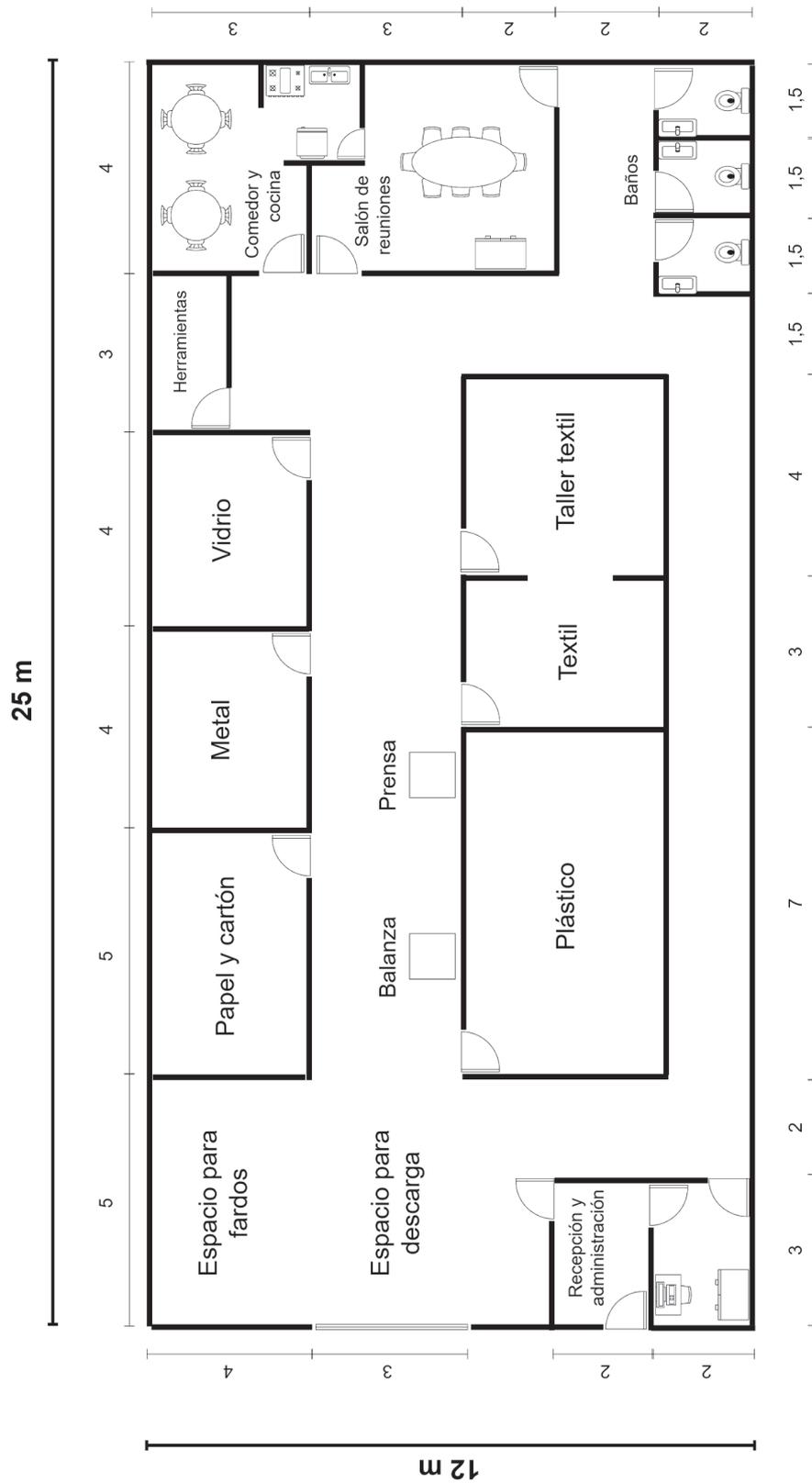


Figura 4.1.5: Esquema de la estación de enfiado (en metros)

Elaboración propia



Figura 4.1.6: Prensa electrohidráulica para compactar material reciclable

Fuente: Mecanizados Tandil

El proyecto busca incentivar a los habitantes de La Boca no solamente a disminuir y separar sus residuos, sino también a realizar el traslado de los reciclables a sitios donde sean recibidos por personal idóneo. De esta manera se simplificarían las clasificaciones de los materiales reciclables que actualmente se realizan en los centros verdes.

Este proyecto sugiere pesar los residuos reciclables a cambio de “quinques” que permitirán acceder a beneficios en comercios adheridos al programa. Por cada kilogramo de material reciclable recibido en los puntos limpios se entregarán 100 quinques que se agregarán a una cuenta vinculada con el número de DNI del vecino que acerque el material. El personal que atiende en el punto limpio registrará los datos y los quinques correspondientes. El envío de un correo electrónico confirmará su acreditación en la cuenta.

Los comercios que se sumen a esta iniciativa ofreciendo beneficios como descuentos o productos de regalo contarán con la ventaja de formar parte de un catálogo virtual publicitario y recibir beneficios tributarios en función de los quinques entregados. El beneficio impositivo será definido por la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires. Además, los comercios que se adhieran atraerán más clientes que respalden su compromiso ambiental. El valor del descuento que realice el comerciante a cambio de 100 quinques será decisión del mismo.

4.2 Compostables

La corriente compostable en el marco de este proyecto está constituida por los restos alimenticios y los residuos de poda. Como puede observarse en la tabla 4.1, estos últimos representan el 5% del total de masa de residuos, mientras que los restos alimenticios lo hacen en un 47%, lo que los convierte en la fracción mayoritaria.

Una de las bases de este proyecto es realizar la separación en origen de los residuos. Es por esto que se propone que los vecinos depositen sus residuos compostables en contenedores destinados solo para ese fin, ya que su destino será el Centro de Reciclaje de la Ciudad, ubicado en Villa Soldati. Los vecinos de La Boca tendrían contenedores ubicados a menos de 100 m de su domicilio y los mismos serían descargados en vehículos transportistas de residuos cuatro veces a la semana.

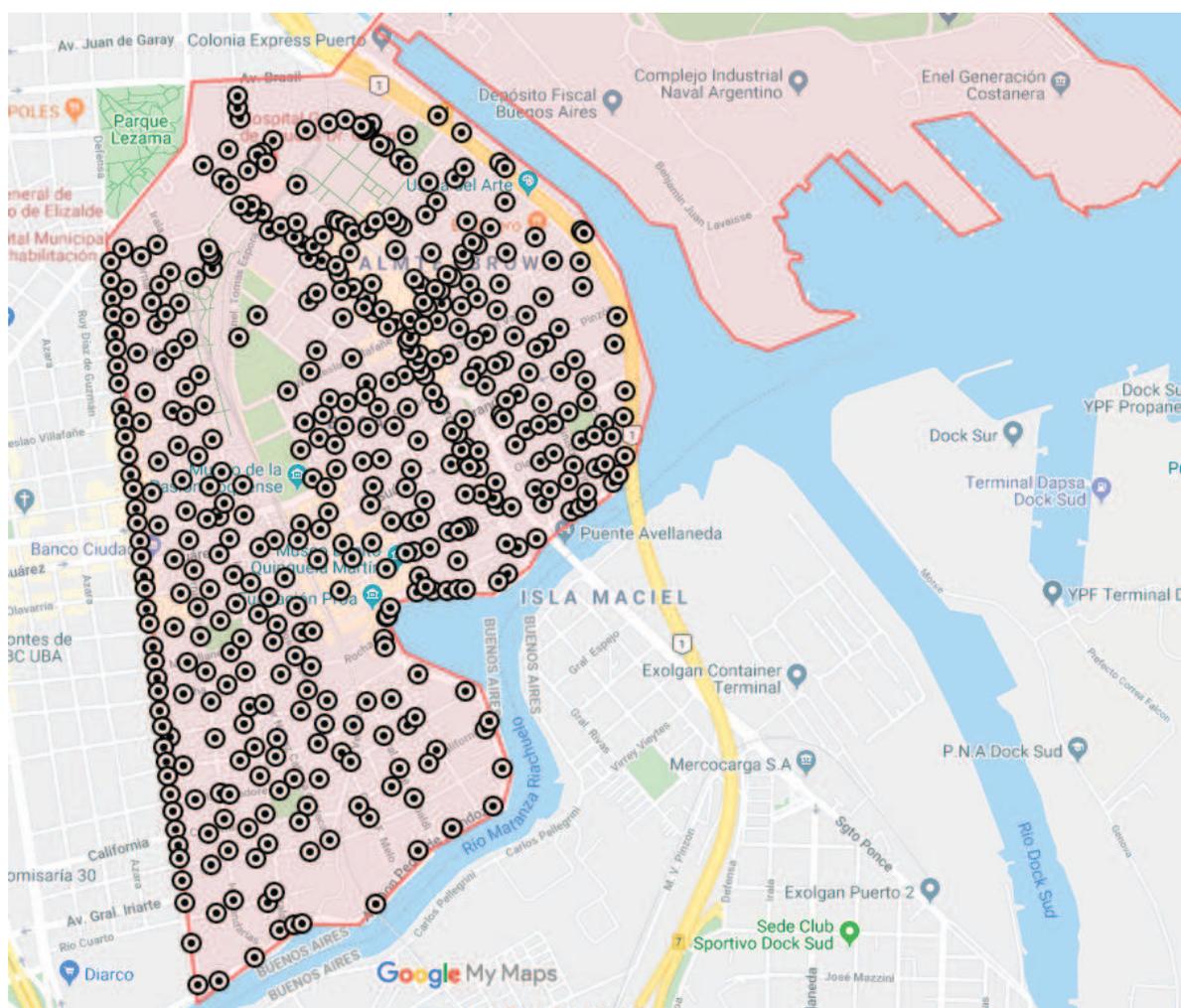


Figura 4.2.1: Ubicación propuesta para los contenedores

Elaboración propia

Se propone instalar al menos un contenedor de residuos compostables por cuadra (Figura 4.2.1). En función de las características habitacionales de cada zona del barrio, por ejemplo, presencia de edificios de departamentos, se ubicaron entre 3 y 4 contenedores adicionales para contar con capacidad suficiente para depositar los desechos. Las avenidas Regimiento de Patricios, B. Pérez Galdós y Almirante Brown también concentran cantidad de residentes por superficie, por lo que se sugiere colocar al menos dos sitios de recepción cada 100 m. Teniendo en consideración estos criterios, se deberían instalar 430 contenedores en total.

Se recomienda que los mismos sean metálicos de recogida lateral y que posean una capacidad de 1800 L (Figura 4.2.2). Además, es imprescindible que la naturaleza de su contenido esté indicada claramente mediante el uso de un color identificatorio e imágenes.

Los camiones recolectores de compostables deberían contar con una capacidad de 21 m³ y compactador de carga lateral automatizado mediante un brazo robot extensible de alta precisión con sistema de ajuste hidroelectrónico. La descarga en este tipo de vehículos se realiza a través de pala expulsora de movimiento lineal hacia atrás, con apertura e izaje de tolva trasera (Figura 4.2.3).



Figura 4.2.2: Contenedor propuesto para los residuos compostables

Fuente: Consorcio de Vinalopó



Figura 4.2.3: Camión recolector de carga lateral

Fuente: Econovo

Las rutas propuestas para la recolección pueden observarse en el anexo 10.2 y en la sección de planos de este documento. Los vehículos descargarán los contenedores con compostables 4 días a la semana, mientras que los otros 3 días se encargarán de los residuos termovalorizables. Para optimizar el tránsito del barrio, se propone que circulen 6 camiones recolectores, uno por cada ruta, en forma simultánea. El principal objetivo es que el horario en el que se lleve a cabo la recolección sea de, como máximo, 3:30 horas. Cada uno de los vehículos, luego de realizada la recolección correspondiente, se dirigiría hacia el centro de reciclaje de Villa Soldati accediendo por la Autopista 25 de Mayo, o bien, la Avenida Amancio Alcorta, recorriendo aproximadamente 12 km (Figura 4.2.4).

Finalmente, esta corriente se incorporaría a la línea de residuos orgánicos que se encuentra en el Centro de Reciclaje de la Ciudad. En la planta de orgánicos actualmente los residuos son seleccionados por operarios en una cinta transportadora, ingresan a una tolva de alimentación donde se dosifican con restos de poda para poder obtener mejorador de suelos que se destina a plazas y parques de la ciudad.

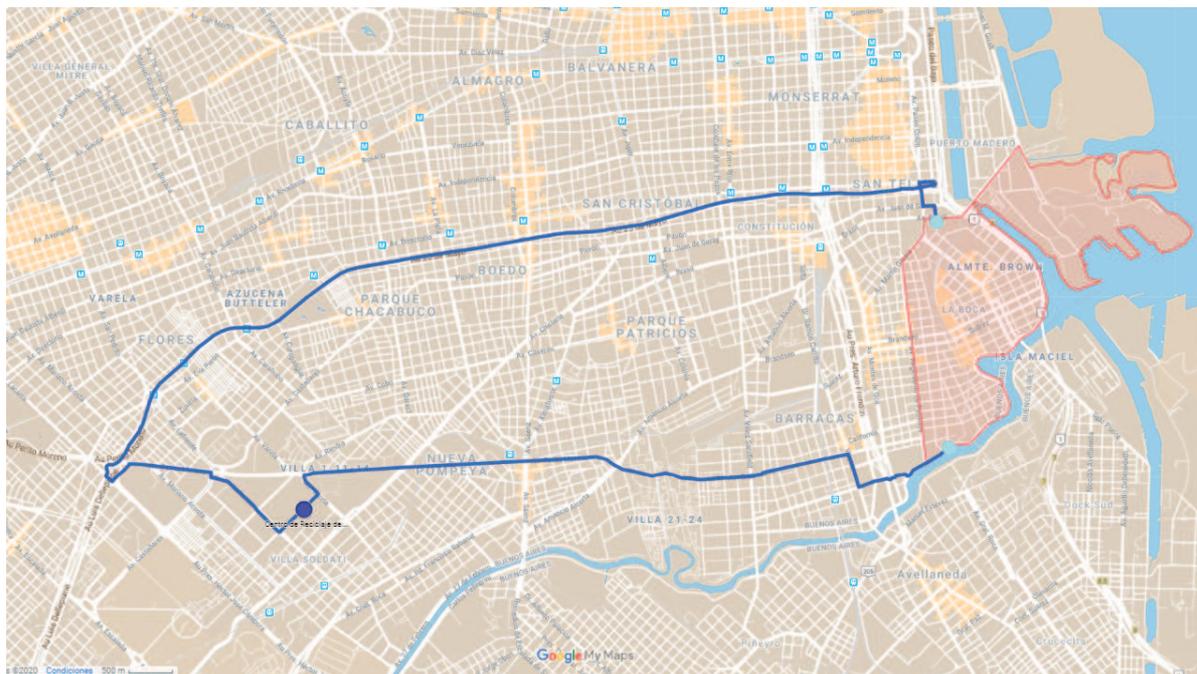


Figura 4.2.4: Vías de acceso al Centro de Reciclaje de la Ciudad desde La Boca

Elaboración propia

4.3 Termovalorizables

Los residuos que en este proyecto se optó por denominar “valorizables térmicamente” o “termovalorizables” son aquellos que por su composición no pueden ser reciclados ni compostados. Estos son, por ejemplo, pañales descartables, servilletas usadas, residuos sanitarios, entre otros. A continuación se describirán las etapas que conforman el proceso de valorización de dicha fracción (figuras 4.3.1 y 4.3.2).



Figura 4.3.1: Etapas que conforman la valorización energética propuesta

4.3.1 Generación y recolección

Los contenedores destinados a estos residuos se encontrarán junto a los contenedores de los compostables. De esta manera, los vecinos se dirigirán a un único punto a depositar sus desechos. Los contenedores de los termovalorizables tendrán la misma capacidad que aquellos destinados al depósito de los residuos compostables (1800 L) y el mismo sistema de recogida lateral. Para poder distinguirlos, serán de diferente color y poseerán distintivos que faciliten aún más su identificación.

La fracción de rechazo proveniente de las corrientes de material reciclable (puntos limpios y estación de enfardado) se depositará en los mismos contenedores destinados a ser térmicamente valorizados que se encuentren más cercanos a estos sitios, como se indica en la figura 4.1.

La recolección de los residuos termovalorizables la realizarán los mismos empleados encargados de la recolección de compostables. Los vehículos y las rutas de recolección de los termovalorizables serán idénticos a aquellos correspondientes a la fracción compostable. Se recolectarán tres veces por semana y se trasladarán a la planta de valorización térmica para su posterior tratamiento.

Para efectuar el ingreso a la planta de termovalorización los vehículos deberán cruzar la dársena sur por la avenida Elvira Rawson de Dellepiane y luego tomar la avenida España (figura 4.3.1.1).

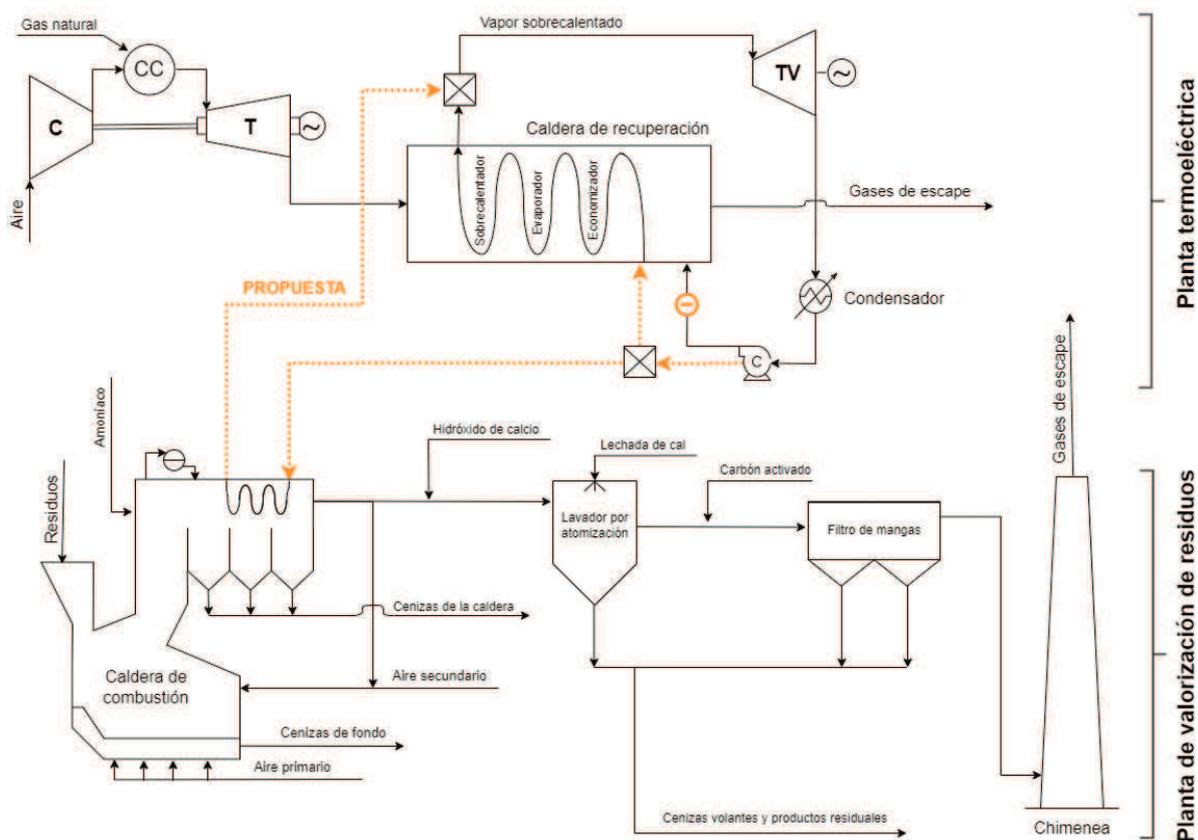


Figura 4.3.2: Esquema de la planta de valorización energética del proyecto

C: Compresor CC: Ciclo combinado T: Turbina de gas TV: Turbina de vapor

4.3.2 Recepción de los residuos

Los camiones recolectores ingresarán a la planta y serán recibidos en un sector de control donde se realizará su pesaje. La cantidad de residuos que trasladen quedará registrada, al igual que el transportista y el número identificador de la unidad. Luego del control, los vehículos se aproximarán hacia la fosa de alimentación, donde descargarán los RSU que fueron recolectados.

Dicha fosa de alimentación estará equipada con una grúa que permitirá mezclar uniformemente los materiales y trasladarlos a la tolva de alimentación. El sistema de alimentación de la materia prima permitirá que se dosifique correctamente la cantidad de residuos que ingresan al incinerador para obtener una combustión estable y continua, logrando niveles más uniformes posibles de energía obtenida. Las puertas del alimentador se abrirán en mayor o menor medida dependiendo de la cantidad de materia a ingresar.

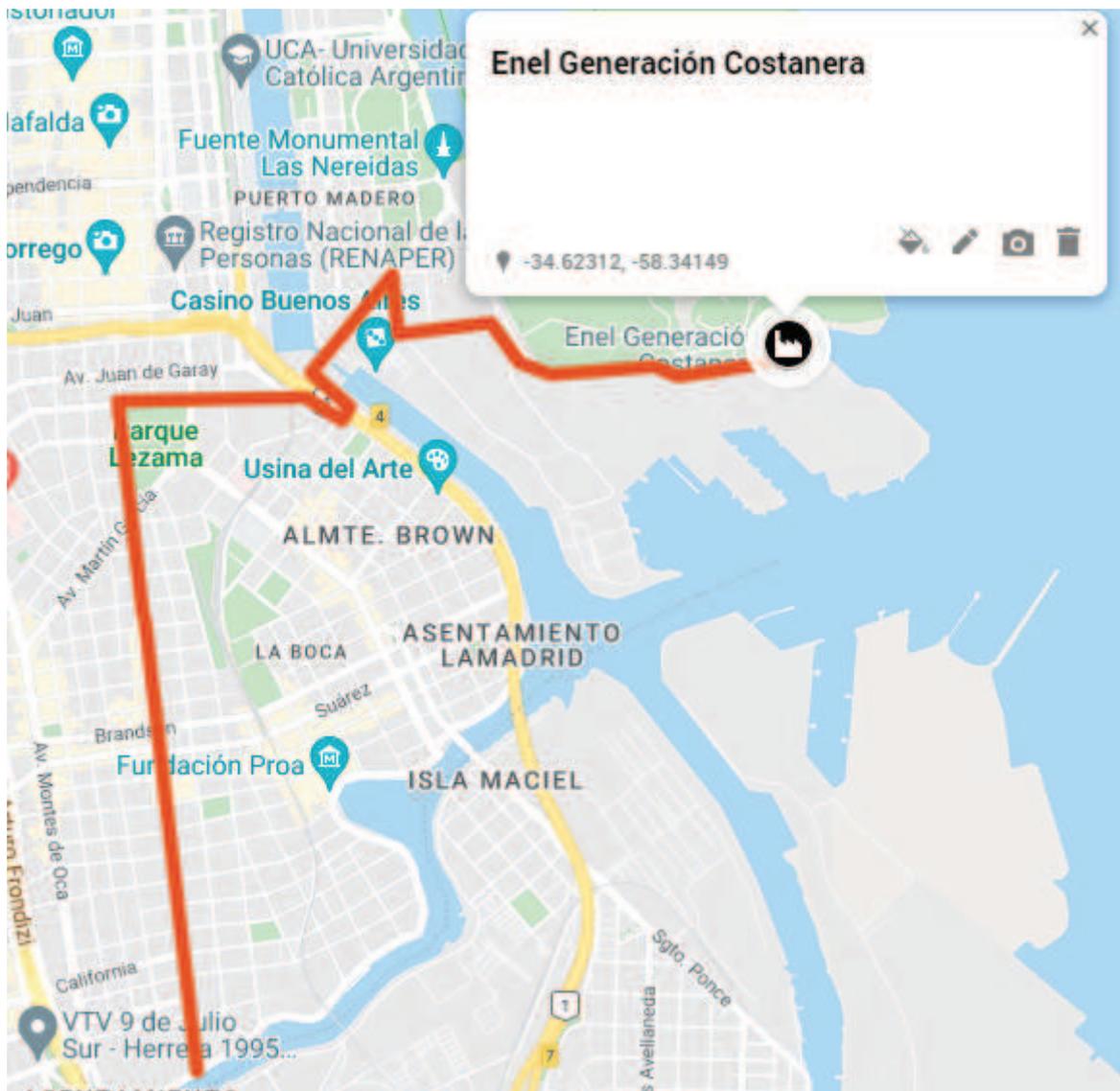


Figura 4.3.1.1: Ubicación y ruta hacia la central termoeléctrica

4.3.3 Incineración

El incinerador será de tipo parrillas móviles, el cual permite que se realice la combustión del material a medida que este avanza. Este tipo de hornos contiene una tolva de carga por la que se reciben los residuos de la fosa de almacenamiento. La desembocadura de esta tolva contiene un conducto aislado térmicamente y una válvula anti-retorno que alimenta la parrilla del horno de tal manera que se asegura la independencia entre la tolva y la parrilla. Al final de este conducto se encuentran los alimentadores del horno, los cuales introducen el residuo realizando movimientos alternados.

Se recomienda este tipo particular de incinerador ya que efectúa una distribución homogénea del aire primario suministrado (que ingresa por debajo) para llevar a cabo la combustión. La dosificación de aire se hace en varios puntos dentro de la cámara de combustión. El aire primario suministra la alimentación de oxígeno necesario para el proceso de combustión, asimismo constituye una fuente de refrigeración para las piezas que componen la parrilla. Es inyectado en el horno desde la parte inferior de los rodillos de la parrilla, circulando a través de estos y del lecho de residuos. Este proceso permite refrigerar las barras de la parrilla y aportar el oxígeno necesario para favorecer una combustión completa. Una vez que han pasado a través del separador ciclónico para el filtrado de partículas, parte de los gases de combustión son recirculados e inyectados en diferentes puntos del hogar como aire secundario. Esto se realiza con el fin de asegurar una turbulencia óptima en la zona de combustión.

La caldera se encontrará configurada de manera tal que los gases de combustión se mantengan a 850°C durante al menos 2 segundos. Esto se realizará con el fin de evitar la formación de dioxinas y furanos. La caldera será de acero y contará con aislación externa y refractarios internos para mejorar el rendimiento y no tener puntos calientes. Dispondrá de plataformas y escaleras para facilitar el acceso a puntos de mando y control, como las cámaras y las mirillas. Además, contará con doble válvula de seguridad con venteo atmosférico para protección de equipos y operarios. Se espera que la temperatura de los gases a la salida se encuentre cercana a los 200 °C.

Las cenizas generadas durante el proceso pueden ser ligeras o pesadas (estas últimas también denominadas “escoria”). La ceniza ligera, o “ceniza volante en polvo”, es arrastrada por el flujo de gases de la combustión hasta que se la retira mediante un dispositivo de recogida o cae en las tolvas. La escoria, en cambio, es producto de la presencia en los RSU de compuestos con alto punto de volatilización, por ejemplo los metales y óxidos de metales. Esta sale por el canal de descarga de la parrilla y cae en un baño de agua con el

fin de apagarse y controlar la pulverización. Luego es empujada y comprimida hacia una sección de escurrido con el propósito de disminuir su humedad.

4.3.4 Recuperación de energía

Según reportes elaborados en 2013 por WSP Environmental Ltd para el Gobierno de Australia acerca de experiencias de valorización térmica de residuos, la cantidad mínima de residuos que se tratan en plantas de esta índole es de 50.000 toneladas anuales. Si bien es posible realizar la combustión por debajo de este valor, la eficiencia en la recuperación de energía es baja. Una planta con una capacidad menor a 50.000 toneladas anuales no sería rentable ya que requeriría un costo de capital específico elevado.

Considerando la generación diaria de RSU per cápita en la Ciudad de Buenos Aires (1,49 kg) y la cantidad de habitantes proyectada para 2040 en La Boca, se estima una generación de 61 toneladas diarias de residuos, lo que equivale a 22.300 toneladas anuales. Como la cantidad de residuos se encuentra por debajo del límite recomendado para esta tecnología, sumado al hecho de que se espera que la masa de RSU se reduzca llevando a cabo las medidas de prevención, reutilización, reciclaje y compostaje, se sugiere implementar una planta de termovalorización en La Boca que reciba los residuos que se generan en otros barrios de CABA.

Además, se propone emplear el calor liberado de la combustión de RSU para complementar las operaciones de una central térmica. Esta compañía termoeléctrica está constituida por 6 unidades monoblock de ciclo convencional a vapor y 2 unidades de ciclo combinado. La misma posee una potencia instalada de 2300 MW y cubre el 5% en promedio de la demanda eléctrica nacional. El predio consta de 25 hectáreas y se encuentra en Avenida España 3301 (figura 4.3.1.1).

Uno de los ciclos combinados (“ciclo combinado número 1”) posee una potencia nominal de 322 MW y transforma la energía térmica de gas natural o biodiésel en electricidad mediante el trabajo conjunto de una turbina de gas (GT-11) y otra de vapor (ST-5).

A grandes rasgos, el proceso de obtención de energía eléctrica producto de combustible tradicional comienza cuando aire procedente del exterior se comprime a alta presión para poder inyectarlo a la cámara de combustión donde se mezcla con el combustible. Luego, los gases de combustión ingresan a una turbina de gas, donde se expanden y producen el movimiento del eje durante el proceso. Por lo tanto, la energía calorífica se transforma en energía mecánica. Posteriormente, los gases que salen de la turbina de gas se llevan a una

caldera de recuperación de calor para producir vapor. Este ingresa a una turbina de vapor, generando nuevamente trabajo mecánico. A la salida de la turbina, el vapor condensa y retorna a la caldera para continuar con el ciclo de producción de vapor.

Lo que se pretende en este proyecto es destinar esta tercera fracción de residuos a un tratamiento térmico y, posteriormente, hacer uso del calor generado para complementar las operaciones de la caldera de recuperación del ciclo combinado número 1 (CC1) de la central térmica. La propuesta es instalar una planta de valorización térmica de residuos que eleve la temperatura de parte de la corriente de agua que sale del condensador del CC1. El vapor se sobrecalentará en paralelo en ambas plantas y se mezclará previo al ingreso de la turbina de vapor de la central térmica, donde se producirá la energía eléctrica.

4.3.5 Tratamiento de gases de combustión

Una vez ocurrido el intercambio de calor que permite generar el vapor necesario para alimentar la turbina, los gases producidos en la caldera deben ser tratados antes de ser liberados a la atmósfera. Las emisiones asociadas al proceso de valorización energética de RSU suelen ser HCl, HF, SO₂, NO_x, metales pesados, material particulado, furanos y dioxinas. Estas dependen fundamentalmente de la composición del residuo y de las condiciones de operación del horno, características que se desarrollarán a continuación.

Con el fin de reducir las emisiones a la atmósfera de los gases mencionados anteriormente, se propone instalar un sistema de reducción selectiva no catalítica, un sistema de inyección de hidróxido de calcio por sorbente seco, uno de adsorción por atomización de lechada de cal, uno de inyección por carbón activado y un sistema de filtros de manga. Se optó por este tratamiento luego de haber analizado distintas fuentes bibliográficas (Agencia de Protección Ambiental de EEUU, Ministerio de Ambiente de España, Branchini), además de estudiar otras experiencias de plantas de valorización térmica de residuos (Attero Moerdijk, Países Bajos). En la figura 4.3.5.1 se puede observar un esquema del tratamiento elegido para los gases de combustión, los reactivos necesarios y los contaminantes objetivo de cada etapa. Las condiciones de operación (presión, temperatura y caudales) se especificarán en el apartado 5.9.

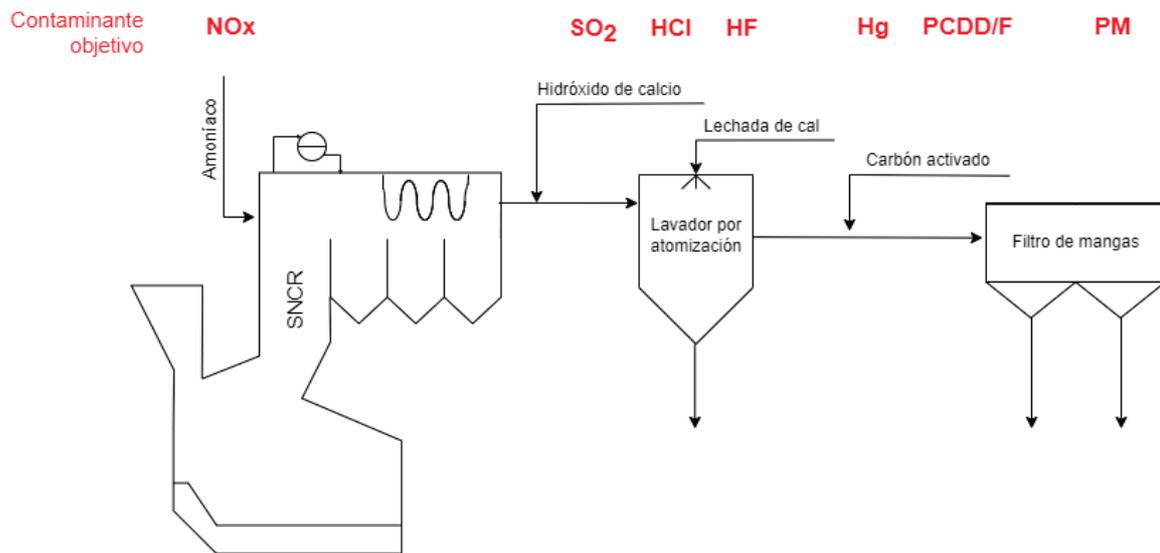
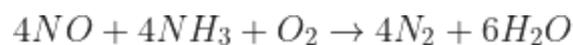


Figura 4.3.5.1: Tratamiento de gases de combustión

Óxidos de nitrógeno · SNCR

Los óxidos de nitrógeno como NO y NO₂ (o en forma general NO_x) son contaminantes gaseosos que se forman principalmente a través de procesos de combustión. Estos generan impacto en el ambiente, ya que son precursores del ozono formador del smog fotoquímico y de la lluvia ácida. La reducción selectiva no catalítica (SNCR) está basada en la reducción química de la molécula de NO_x a nitrógeno molecular (N₂) y vapor de agua (H₂O). Un agente reductor con base en nitrógeno (reactivo), en este caso amoníaco, es inyectado en el gas después de la combustión. El reactivo puede reaccionar con un número de componentes del gas de combustión. Sin embargo, la reacción de reducción de NO_x se favorece sobre otros procesos de reacción química en un rango específico de temperatura y en presencia de oxígeno, por lo tanto, se considera un proceso químico selectivo. La temperatura óptima de reacción del amoníaco con los NO_x se encuentra entre los 850 y 950°C.

Las ecuaciones químicas que representan las reacciones que se producen son:



Generalmente el proceso de SNCR ocurre dentro de la unidad de combustión, la cual actúa como la cámara de reacción. La figura 4.3.5.2 muestra un esquema del interior de una caldera con SNCR. El reactivo es inyectado en el gas de combustión, a través de boquillas

montadas en la pared de la unidad de combustión. Las boquillas de inyección están localizadas generalmente en el área de post-combustión, el área superior del horno y de los pasos convectivos. La inyección causa mezclado del reactivo y el gas de combustión. El calor de la caldera proporciona la energía para la reacción de reducción. Las moléculas de NOx son reducidas y el gas de combustión que reaccionó sale entonces de la caldera.

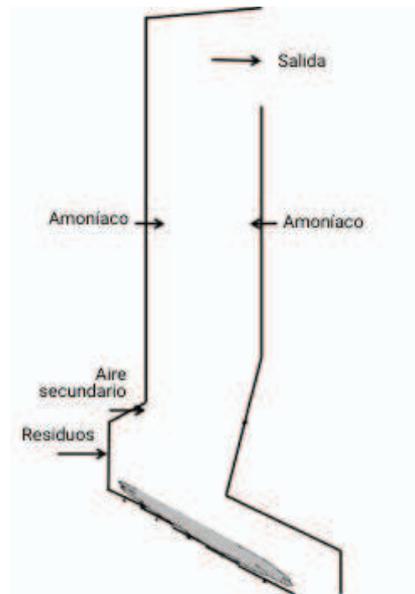


Figura 4.3.5.2: Esquema de caldera con SNCR

Fuente: Locci et al

Gases ácidos (HCl, HF, SO₂) · DSI y SDA

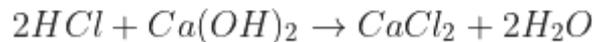
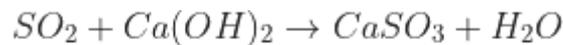
Muchos residuos contienen compuestos orgánicos clorados o cloruros. En residuos urbanos, normalmente un 50% de los cloruros proceden del policloruro de vinilo (PVC). En el proceso de incineración, el componente orgánico de estos compuestos se destruye y el cloro es convertido a ácido clorhídrico (HCl). Parte del HCl puede reaccionar posteriormente formando cloruros metálicos con compuestos inorgánicos también contenidos en los residuos. El HCl es muy soluble en agua y tiene impacto en el crecimiento de las plantas.

El mecanismo de formación del fluoruro de hidrógeno (HF) en plantas de incineración es similar al del HCl. Las fuentes principales de emisiones de HF en las plantas de incineración de residuos urbanos son probablemente plásticos o tejidos fluorados. El HF es muy soluble en agua y tiene impacto en el crecimiento de las plantas. En las plantas de incineración de residuos peligrosos se tratan diversos tipos de residuos fluorados.

Si los residuos a termovalorizar contienen compuestos de azufre, se formará principalmente dióxido de azufre (SO_2) durante el proceso de incineración. En las condiciones de reacción apropiadas, también puede formarse trióxido de azufre (SO_3). Las fuentes comunes de azufre en algunas corrientes de residuos son residuos de papel y placas de yeso (sulfato cálcico). El SO_2 produce acidificación en el ambiente.

La inyección de sorbente seco (DSI) es un proceso de tratamiento de gases de combustión que se basa en la inyección por vía seca de uno o más reactivos en el gas de combustión, previo a una unidad de filtración. En procesos de sorción seca, el agente de absorción (normalmente cal o bicarbonato sódico) se alimenta en el reactor en forma de polvo seco. Los productos de reacción generados son sólidos y deben ser separados del gas de combustión en forma de polvo en una etapa subsiguiente, normalmente un filtro de manga.

Para disminuir las emisiones de gases ácidos como HCl, HF y SO_2 se propone aplicar procesos de tratamiento mediante reactivos alcalinos. Estos consisten en agregar un agente de sorción al flujo de gas de combustión (figura 4.3.5.3). Las ecuaciones químicas que tienen lugar en este proceso son las siguientes:



La segunda etapa de la reducción de ácidos consistirá en un tratamiento semihúmedo a través del Sistema de Secado por Atomización (SDA).

Mediante el proceso de absorción por pulverización, el agente de absorción se inyecta como solución o suspensión en el gas de combustión con un exceso de entre el 50 y el 150% en un reactor de pulverización. Como agente de absorción se hace uso de lechada de cal diluida al 20%, permitiendo la reducción del dióxido de azufre y el ácido clorhídrico a partir de las mismas reacciones que en DSI.

Como puede observarse en la figura 4.3.5.4, los gases de combustión, después de la incorporación de hidróxido de calcio en el DSI, son introducidos en un lavador semihúmedo en el que mediante un atomizador rotativo se introduce la lechada de cal. El atomizador rotativo es el equipo que se encarga de pulverizar la lechada de cal generando una neblina de microgotas que mejora el contacto con los gases de combustión (figura 4.3.5.5). Esto se consigue al expulsar el líquido con una velocidad de giro elevada, lo que provoca su dispersión.

A la salida del SDA podrá encontrarse el hidróxido de calcio que no ha reaccionado, ya que se introduce considerando las máximas concentraciones de ácidos. Este es capaz de

separarse en el filtro de mangas junto a las cenizas volantes y las sales formadas. Además, se aconseja considerar su recirculación para optimizar su consumo.

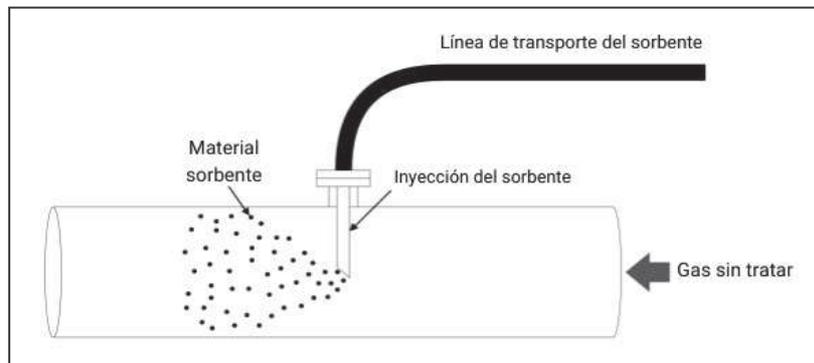


Figura 4.3.5.3: Esquema de configuración DSI para la limpieza de gases ácidos

Fuente: Precision Partners

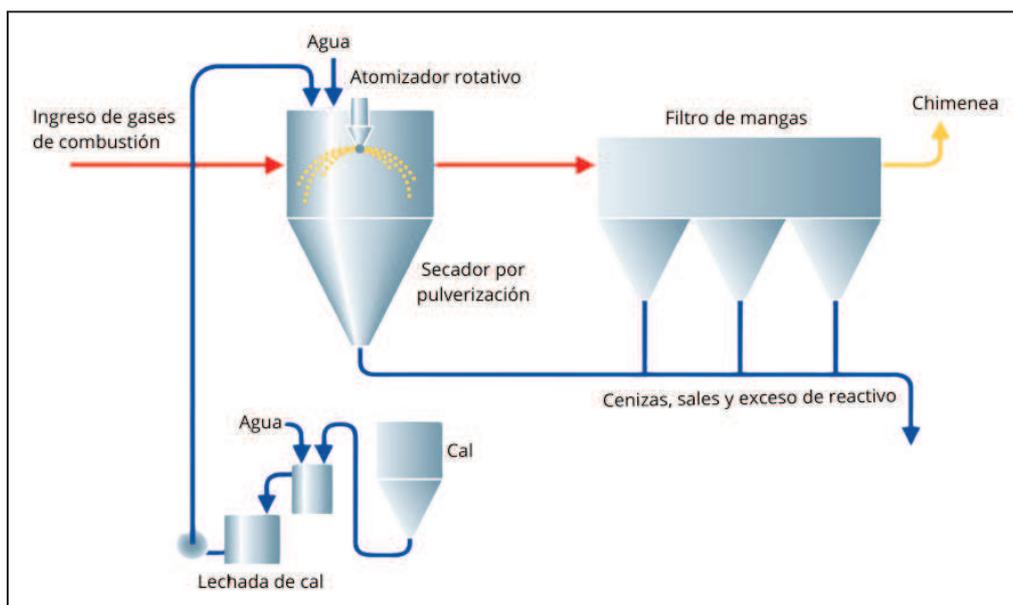


Figura 4.3.5.4: Tratamiento de gases mediante un lavador semihúmedo

Fuente: GEA Engineering

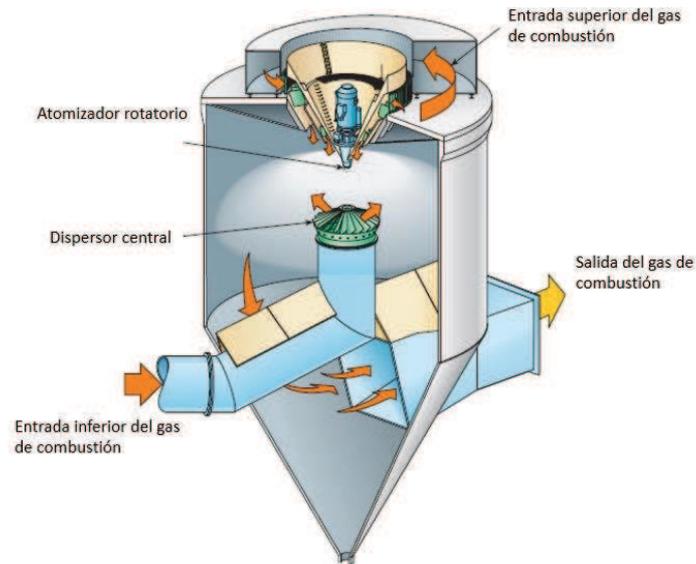


Figura 4.3.5.5: Lavador de gases

Fuente: Cid Coffré (2016)

PCDD/F y Hg · Inyección de carbón activado

Las dioxinas y furanos (PCDD/F) son un grupo de compuestos, algunos de ellos de extrema toxicidad, que se consideran cancerígenos. Dioxinas y furanos han desempeñado un papel primordial en el debate sobre la incineración de residuos durante muchos años. Su producción y emisión no es específica de la incineración de residuos, ocurre en todos los procesos térmicos bajo determinadas condiciones.

En años recientes se han conseguido considerables avances en el control de emisiones de PCDD/F en el sector de incineración de residuos. Mejoras en el diseño y operación de los sistemas de combustión y tratamiento de gases residuales han producido procesos que pueden conseguir de forma fiable valores límite de emisión muy bajos. En plantas correctamente diseñadas y operadas, los balances de materia han demostrado que la incineración elimina efectivamente las dioxinas del entorno. Los PCDD/F que entran en el proceso con los residuos son destruidos de forma muy eficiente si se utilizan temperaturas de incineración suficientemente altas y condiciones de proceso apropiadas. Las dioxinas y furanos encontrados en el gas de combustión crudo de las plantas incineradoras de residuos son resultado de la reacción de recombinación de carbono, oxígeno y flúor. Determinadas sustancias precursoras, por ejemplo clorofenoles, pueden también reaccionar formando dioxinas y furanos. En la formación de sustancias, ciertos catalizadores en forma

de compuestos de metales de transición (por ejemplo, cobre) también juegan un papel importante.

En cuanto a los metales, el mercurio puede encontrarse en la actualidad en residuos urbanos, especialmente en forma de pilas, termómetros, amalgamas dentales, tubos fluorescentes o interruptores de mercurio. La recogida selectiva de los mismos puede ayudar a reducir las cargas globales en RSU mixtos, pero en la práctica no se consiguen índices de recogida del 100%. Las fuentes comunes de cadmio en las plantas incineradoras de residuos urbanos son los aparatos electrónicos, baterías, algunas pinturas y plásticos estabilizados con cadmio. El cadmio es altamente tóxico y puede acumularse en el suelo.

También existen los denominados “metales pesados”, como antimonio, arsénico, plomo, cromo, cobalto, cobre, manganeso, níquel, vanadio y estaño. Los compuestos pertenecientes a este grupo incluyen compuestos metálicos carcinógenos, como compuestos de arsénico (VI) y cromo, así como metales con potencial tóxico. Suelen quedar fijados en el polvo debido a las presiones de vapor de sus compuestos, contenidos en el gas de combustión (principalmente óxidos y cloruros).

Además del reactivo alcalino, se propone introducir carbón activo de modo de que se reduzcan las concentraciones de PCDD/F y Hg mediante adsorción. Este será retirado, junto a los reactivos anteriores, en el filtro de mangas posterior (figura 4.3.5.6). El mercurio metálico se adsorbe (normalmente con una eficacia de eliminación del 95%) produciendo emisiones a la atmósfera inferiores a $30 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

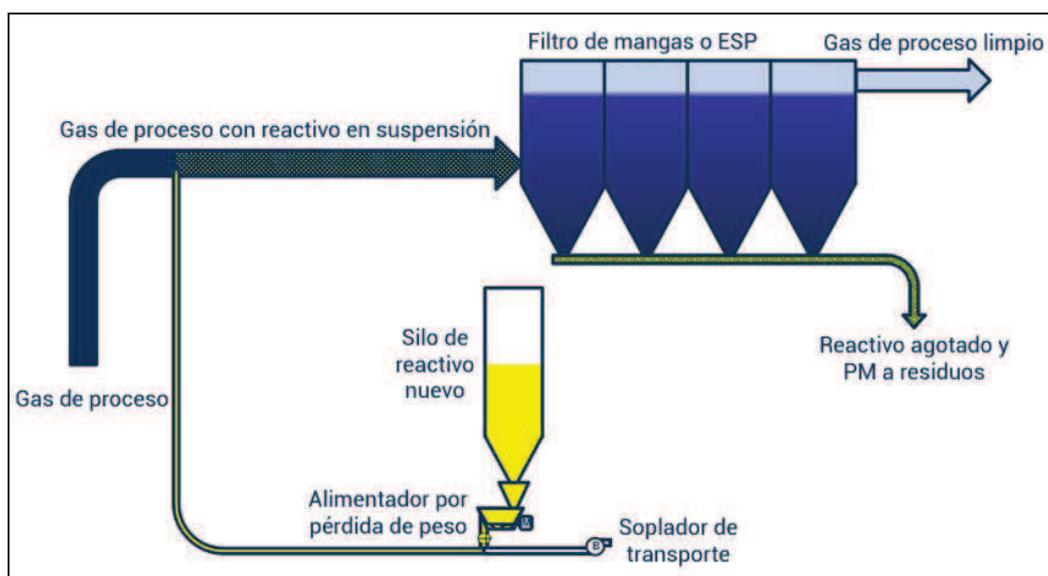


Figura 4.3.5.6: Sistema de inyección de carbón activo

Fuente: LDX Solutions

PM · Filtros de manga

El material particulado (PM, por sus siglas en inglés) es un término que se utiliza para denominar una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas de estas son lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo. El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo. Además, el material particulado puede ser transportado por el viento y provocar efectos en cultivos agrícolas, cuencas fluviales y aguas costeras.

Los filtros de tejido, también denominados filtros de manga o filtros de tela, se utilizan generalmente en plantas de incineración de residuos (figura 4.3.5.7). Las eficiencias de filtración son muy altas para una amplia gama de tamaños de partículas. En el marco de este proyecto se optó por esta alternativa para tratar los metales existentes en la corriente de gases de combustión.

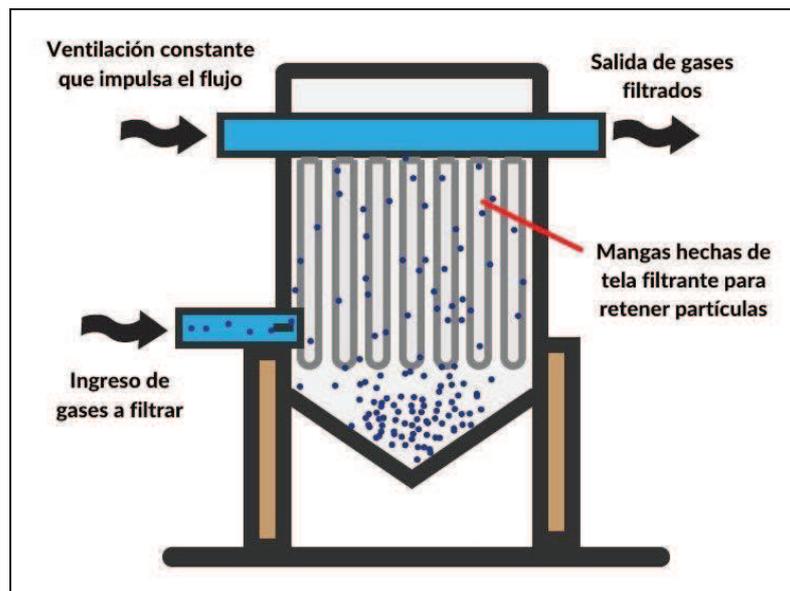


Figura 4.3.5.7: Esquema de un sistema de filtro de mangas

Fuente: Deproin S.A.

Una unidad de filtro de tela consiste de uno o más compartimientos aislados conteniendo hileras de bolsas de tela, en la forma de tubos redondos, planos o formados, o de cartuchos plisados. El gas cargado de partículas pasa generalmente a lo largo del área de las bolsas y luego radialmente a través de la tela. Las partículas son retenidas en la cara de las bolsas corriente arriba y el gas limpio es ventilado hacia la atmósfera. El filtro es operado

cíclicamente, alternando entre períodos de filtrado relativamente largos y períodos cortos de limpieza. Durante la limpieza, el polvo que se ha acumulado sobre las bolsas es removido del área de la tela y depositado en una tolva para su disposición posterior.

Los filtros deberán ser sustituidos cuando se alcance la vida útil o se produzcan daños irreversibles. Esto vendrá determinado por diferentes parámetros como una variación de la pérdida de presión, un análisis microscópico o visual, fugas que provoquen un incremento de las emisiones o cambios en el proceso.

Una vez que los gases de combustión hayan sido tratados en los procesos mencionados anteriormente, estos podrán ser liberados siempre y cuando se cumpla con los límites de emisión de los contaminantes criterio establecidos por la ley 1356 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (detalle en Anexo).

5. Memoria de cálculo

5.1 Cantidad de residuos a 2040

Para poder determinar la cantidad de residuos que se generarán en los próximos años, fue necesario estimar el número de habitantes que tendrá La Boca a futuro. Para ello se recurrió al método de proyección demográfica por tasa decreciente, el cual consiste en calcular la tasa media anual de proyección a partir de los datos proporcionados por los censos poblacionales (tabla 5.1.1).

Mediante la ecuación 1 se calcularon las tasas medias anuales (i) entre los años 1991-2001 (I) y 2001-2010 (II).

$$P_n = P_0 \cdot (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 1}$$

P_0 corresponde a la población base, mientras que P_n simboliza la cantidad de habitantes luego de n años. (Tabla 5.1.2)

Tabla 5.1.1: Datos censales de La Boca publicados por el INDEC

Año censal	Cantidad de habitantes
1991	46277
2001	46494
2010	45113

Tabla 5.1.2: Valores adoptados y calculados mediante el método de proyección demográfica

	P_0	P_n	n	i
I (1991-2001)	46277	46494	10	0,000468
II (2001-2010)	46494	45113	9	-0,003340

Se adoptó i_{II} por ser menor a i_I para poder calcular la población proyectada en La Boca para el año 2040, resultando en 40.805 habitantes.

Multiplicando esta última cantidad de habitantes por la generación de residuos per cápita informada por CEAMSE (1,49 kg/hab.día) se obtuvo una producción de 60.800 kg/día de RSU. A partir de este valor se calcularon las fracciones de residuos correspondientes a cada componente mostradas en la tabla 4.1.

5.2 Rutas de recolección

El recorrido de los vehículos recolectores del material compostable y termovalorizable se diseñó en base a la generación de residuos proyectada para La Boca (m_{RSU} , aproximadamente 61 Tn diarias) y la capacidad que suelen tener los camiones ($V_{CAMIÓN}$, 21 m^3).

Si bien la central térmica recibirá material proveniente de distintas zonas de la Ciudad Autónoma, el recorrido de los camiones recolectores fuera de La Boca queda fuera del alcance de este proyecto.

Considerando un grado de compactación de los camiones (GC) de 500 kg/m^3 , el volumen de residuos compactados totales es de 126 m^3 por día (V_{RSU}). Así, el número de camiones necesarios para hacer los recorridos de recolección se calculó mediante la ecuación 2, resultando en 6 unidades.

$$NroCamiones = \frac{V_{RSU}}{V_{CAMION}} = \frac{m_{RSU} \cdot GC}{V_{CAMION}} \quad \text{Ecuación 2}$$

V_{RSU} : volumen de RSU

$V_{CAMIÓN}$: capacidad volumétrica de un camión

m_{RSU} : generación másica diaria de residuos

GC: grado de compactación de los camiones

Por lo tanto, se trazaron 6 rutas de recolección y se calculó la distancia que posee cada una (tabla 5.2.1).

La cantidad de tiempo que se necesita para recolectar residuos está dada por la longitud de la ruta, la cantidad de contenedores que se deben descargar y la velocidad del camión.

Para una velocidad vehicular de 20 km/h , la presencia de un contenedor cada 100 m y una cantidad de tiempo promedio de 2 minutos que se requiere para la apertura y descarga de cada contenedor, se calculó el tiempo que se necesita para que se recolecten los residuos para cada ruta, utilizando un único vehículo.

El tiempo que se requiere para que una persona realice un recorrido completo de recolección de una determinada ruta es el resultado de la adición del lapso de tiempo que significa transitarla ($t_{transitar}$) y la demora que implica detenerse ante la presencia de cada contenedor ($t_{contenedores}$), es decir,

$$t_{recolect} = t_{transitar} + t_{contenedores}$$

$$t_{recolect} = \frac{Longitud}{Velocidad} + Longitud * \frac{1cont}{100m} * 2min$$

Ecuación 3

De este modo se calculó la cantidad de tiempo que implica realizar la recolección en cada ruta mediante la ecuación 3, obteniéndose los resultados que se observan en la tabla 5.2.1.

Tabla 5.2.1: Longitudes y lapsos de tiempo de cada ruta de recolección

Código de ruta	Longitud (m)	Tiempo de recolección estimado (h)
10060	4729	1:50
10070	5971	2:15
10080	8162	3:10
10090	4770	1:50
10100	8604	3:20
11270	5723	2:10

El horario de recolección de residuos en la Ciudad de Buenos Aires comienza a las 21:00 hs. Se sugiere que los camiones circulen hasta las 00:30 hs, de modo que no se produzcan ruidos que entorpezcan el descanso de los vecinos. Dado el tiempo de recolección estimado de cada ruta, se requerirán 6 vehículos circulando en forma simultánea entre las 21:00 y las 00:30 hs.

5.3 Toneladas a termovalorizar

De los 322 MW de potencia nominal del ciclo combinado 1 de la central térmica, se propone proveer 75 MW de potencia derivada de la incineración de residuos.

Los rendimientos de una incineradora de RSU pueden observarse en la tabla 5.3.1. De allí se calculó la cantidad de residuos necesaria para complementar el ciclo combinado 1 de la central térmica.

Tabla 5.3.1: Rendimientos de una incineradora de RSU

Fuente: Castells, Xavier Elías. Tratamiento y valorización térmica de los residuos (2005)

Consideraciones energéticas	
1 tonelada de residuos secos/h	→ 16.0 GJ/h = 4.4 MW
1 tonelada de residuos (30% humedad)/h	→ 13.8 GJ/h = 3.8 MW
1 tonelada de residuos (50% humedad)/h	→ 9.0 GJ/h = 2.5 MW

Considerando para este proyecto que los residuos a incinerar poseen un 50% de humedad, se estimó el caudal de RSU que se requiere para alcanzar una potencia de 75 MW de potencia mediante la ecuación 4. De allí resulta que el caudal de RSU necesario sería de aproximadamente 30 Tn/h (685 Tn/día).

$$\frac{1 \text{ Tn/h}}{2,5 \text{ MW}} = \frac{\text{Caudal}_{RSU}}{\text{Potencia}_{RSU}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Asumiendo una generación diaria de RSU de 1,49 kg por habitante (*GDPC*), 685 Tn/día representa la cantidad de residuos que generan aproximadamente 460.000 personas en un día, sin realización de una correcta clasificación de residuos.

Continuando y actualizando los programas orientados a la separación de residuos en toda la Ciudad de Buenos Aires, es esperable un incremento en las cantidades de material destinado a reciclaje y compostaje. Por esta razón se calculó, mediante la ecuación 5, la cantidad de habitantes que generarían 685 Tn/día (hab_{tot}), según el grado de adhesión a las iniciativas de separación de RSU (*Adh*).

Para obtener la ecuación 5 se consideraron, en principio, dos corrientes a ingresar en la planta de valorización térmica: aquella proveniente de los residuos no clasificados en origen ($m_{sin \text{ clasif}}$) y otra considerada “resto” (m_{resto}), aportada por los vecinos que separaron sus RSU (hab_S). Esta última corresponde, según lo expuesto en la tabla 3.1, a una fracción másica del 15%. Luego, se expresaron dichas corrientes en función de la cantidad de habitantes y la generación diaria per cápita de residuos. El cociente entre la cantidad de habitantes que separan sus residuos y la cantidad total de habitantes se definió como *Adh*, en otras palabras, la fracción de adhesión a programas de separación de residuos en origen.

$$\begin{aligned}
 m_{ingr} &= m_{sin\ clasif} + m_{resto} \\
 m_{ingr} &= (hab_{total} - hab_S) * GDPC + hab_S * GDPC * 0,15 \\
 \frac{m_{ingr}}{hab_{tot}} &= \left(1 - \frac{hab_S}{hab_{tot}}\right) * GDPC + \frac{hab_S}{hab_{tot}} * GDPC * 0,15 \\
 \frac{m_{ingr}}{hab_{tot}} &= (1 - Adh) * GDPC + Adh * GDPC * 0,15 \\
 hab_{tot} &= \frac{m_{ingr}}{GDPC * (1 - 0,85 * Adh)}
 \end{aligned}$$

Ecuación 5

hab_{tot} : cantidad total de habitantes

m_{ingr} : masa de residuos que ingresará a la planta de valorización térmica

$GDPC$: generación diaria de residuos per cápita

Adh : fracción de adhesión vecinal a las iniciativas de separación de residuos

Se graficó el número total de habitantes que destinarían sus residuos a la planta de valorización térmica en función del porcentaje de adhesión vecinal a las iniciativas de separación de RSU (figura 5.3.1), considerando que deberán ingresar 685 Tn/día de material (m_{ingr}) para alcanzar los 75 MW de potencia. A medida que se incremente la participación en los programas de separación de residuos, se desviarán más residuos a las corrientes de reciclables y compostables. En consecuencia, la fracción termovalorizable disminuirá, por lo que será necesario incorporar más material proveniente de otros barrios porteños.

Realizando cálculos similares a los mencionados en la sección 5.1, se estimó el número de habitantes para 2040 por barrio y comuna (tabla 5.3.2) mediante proyecciones por tasa de decrecimiento.

A raíz de lo observado, se propone una primera etapa en la que la central térmica recepcione los residuos de la comuna 3 (Balvanera y San Cristóbal), la comuna 4 (Barracas, La Boca, Nueva Pompeya y Parque Patricios), Constitución, San Telmo y Montserrat. Como puede verse en la figura 5.3.2, estos son los barrios más próximos a la central térmica. Además, se espera que entre ellos concentren una cantidad de habitantes cercana a 460.000 para el año 2040. Durante esta primera etapa la diferenciación domiciliar de los residuos será aún incipiente. A medida que la clasificación de los residuos por parte los vecinos se incremente, y, por lo tanto, la fracción conocida como “restos” disminuya, se

sugiere incorporar los RSU de más zonas de la ciudad en forma paulatina. Una vez que el 10% de los 460.000 habitantes separen correctamente sus residuos, podrían incorporarse los RSU del barrio de San Nicolás. El barrio de Retiro se sumaría cuando el grado de adhesión alcance el 30%, con un total de aproximadamente 630.000 vecinos formando parte del proyecto. Seguirían Puerto Madero, Lugano, Villa Riachuelo y Villa Soldati en el momento en el que el 60% de sus 920.000 habitantes clasifiquen sus residuos.

Tabla 5.3.2: Proyección de cantidad de habitantes en CABA para 2040

Comuna 1		Comuna 10	
Constitución	40.358	Floresta	35.221
Montserrat	31.637	Monte Castro	34.525
Puerto Madero	15.000	Velez Sarsfield	33.840
Retiro	135.364	Versalles	13.304
San Nicolás	22.593	Villa Luro	34.741
San Telmo	12.370	Villa Real	12.224
Comuna 2		Comuna 11	
Recoleta	111.159	Santa Rita	34.557
Comuna 3		Villa del Parque	49.193
Balvanera	122.494	Villa Devoto	59.499
San Cristobal	48.450	Villa Gral Mitre	34.134
Comuna 4		Comuna 12	
Barracas	124.158	Coghlan	18.131
Boca	43.719	Saavedra	47.771
Nueva Pompeya	13.385	Villa Pueyrredón	38.931
Parque Patricios	40.163	Villa Urquiza	100.536
Comuna 5		Comuna 13	
Almagro	120.621	Belgrano	109.301
Boedo	46.257	Colegiales	44.435
Comuna 6		Nuñez	53.440
Caballito	166.174	Comuna 14	
Comuna 7		Palermo	186.613
Flores	215.838	Comuna 15	
Parque Chacabuco	52.355	Agronomía	790
Comuna 8		Chacarita	29.045
Lugano	181.953	Parque Chas	24.081
Villa Riachuelo	13.074	Paternal	19.951
Villa Soldati	73.116	Villa Crespo	70.865
Comuna 9		Villa Ortuzar	20.252
Liniers	43.356	Total	
Mataderos	64.438	2.898.955	
Parque Avellaneda	55.543		

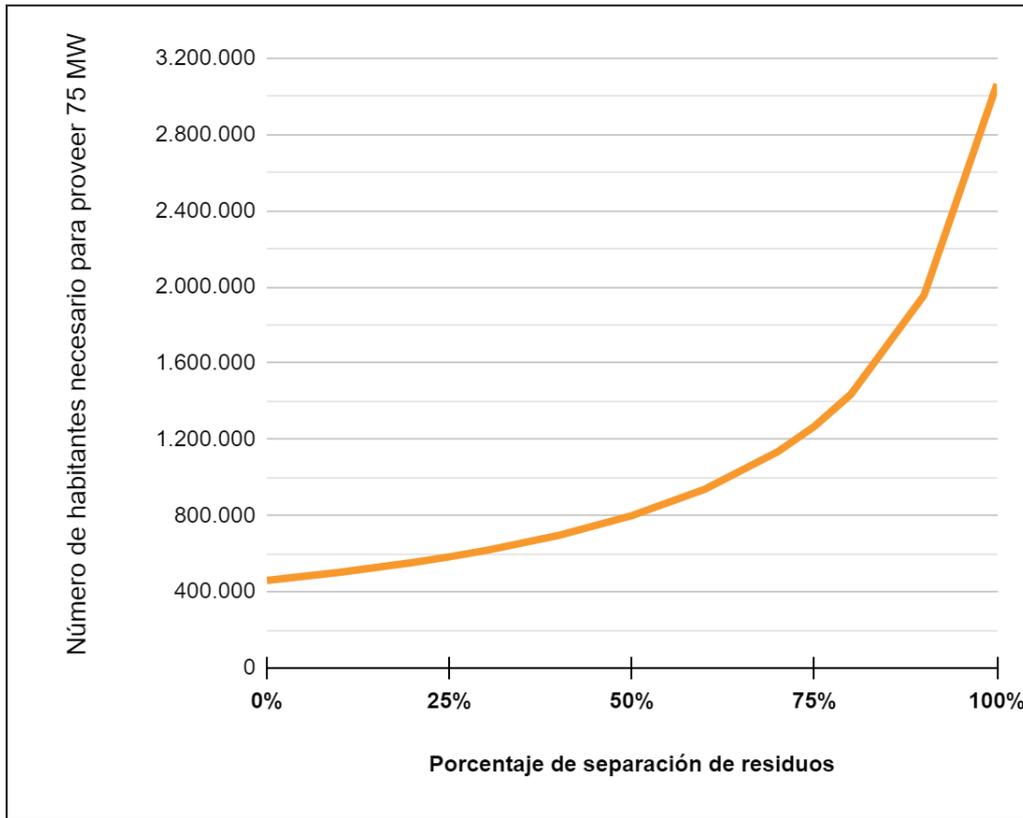


Figura 5.3.1: Cantidad de habitantes que generarán 685 Tn/día de material termovalorizable vs grado de participación en las iniciativas de separación de RSU

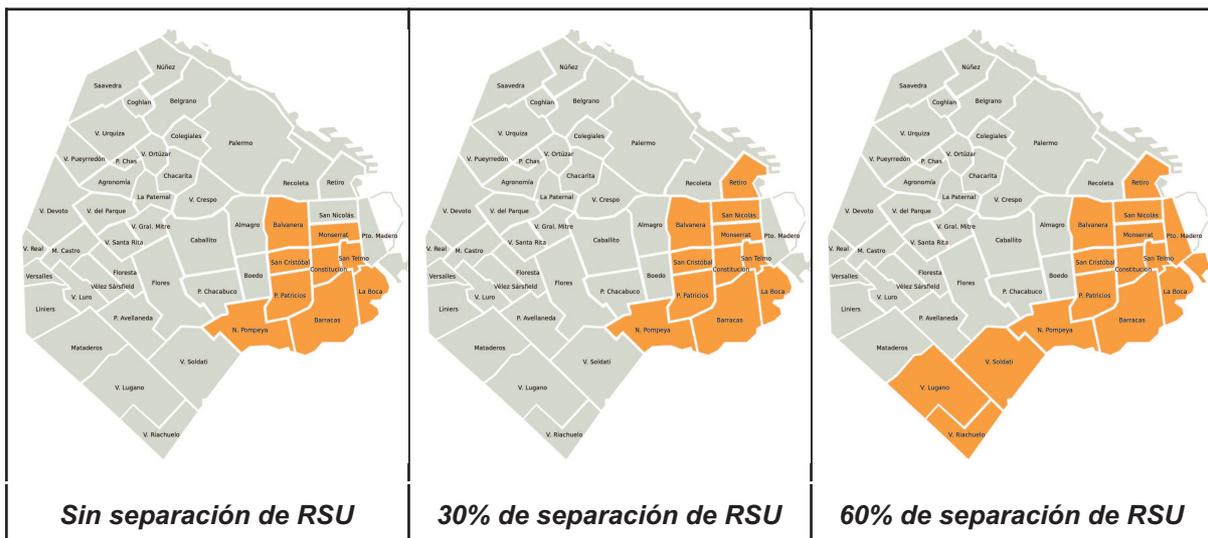


Figura 5.3.2: Barrios porteños que participarían en el proyecto, según el grado de clasificación correcta de RSU por parte de sus habitantes

5.4 Fosa y grúa

Los camiones con los RSU que serán termovalorizados llegarán a la entrada de la planta, donde el material se pesará y controlará. Este se descargará en una fosa con capacidad de almacenamiento máximo equivalente a 3 días de la capacidad final de la planta. Considerando una densidad de residuos medianamente compactados de $0,4 \text{ Tn/m}^3$ y una cantidad de residuos diaria de 685 Tn, se calculó el volumen de la fosa mediante la ecuación 6, obteniéndose como resultado 5.140 m^3 .

$$V_{fosa} = \frac{Cant_{RSU}}{densidad_{RSU}} \cdot 3d \quad \text{Ecuación 6}$$

Para dimensionar el largo, el ancho y la profundidad de la fosa se tuvo en cuenta las características que necesita la grúa para poder operar. Según las especificaciones técnicas de la misma (detalles en el anexo de este documento), su profundidad máxima de descenso es de 35,8 m, mientras que el recorrido medio es de 21 m. Para alcanzar un volumen levemente mayor al calculado para la fosa, se propone un ancho de 7 m.

La fosa deberá ser de hormigón e impermeable, evitando así posibles filtraciones. Es importante mencionar que tanto el interior de la fosa como la zona de descarga tendrán que contar con todas las medidas de prevención de incendios, como cableado de material ignífugo y sistemas de control de incendios en la sala de control.

5.5 Aire a ingresar en el horno

Como se mencionó anteriormente, el aire que se suministra al horno de parrillas móviles cumple diferentes objetivos: aportar oxígeno, refrigerar, evitar la formación de escoria en el horno y mezclar los gases de combustión.

El denominado “aire primario” provendrá de la fosa, reduciendo de este modo el polvo y los malos olores que puedan generarse por la descomposición de los residuos. Se emplean ventiladores que llevan el aire hacia el área ubicada debajo de la parrilla, donde se distribuye y se introduce en el horno. Por otro lado, el aire secundario generalmente se suministra a altas velocidades para favorecer la mezcla de los gases de combustión. Se propone recircular entre un 10 y 20% en volumen de los gases de combustión como medida para reducir las pérdidas de calor, la formación de NOx y aumentar la eficiencia energética.

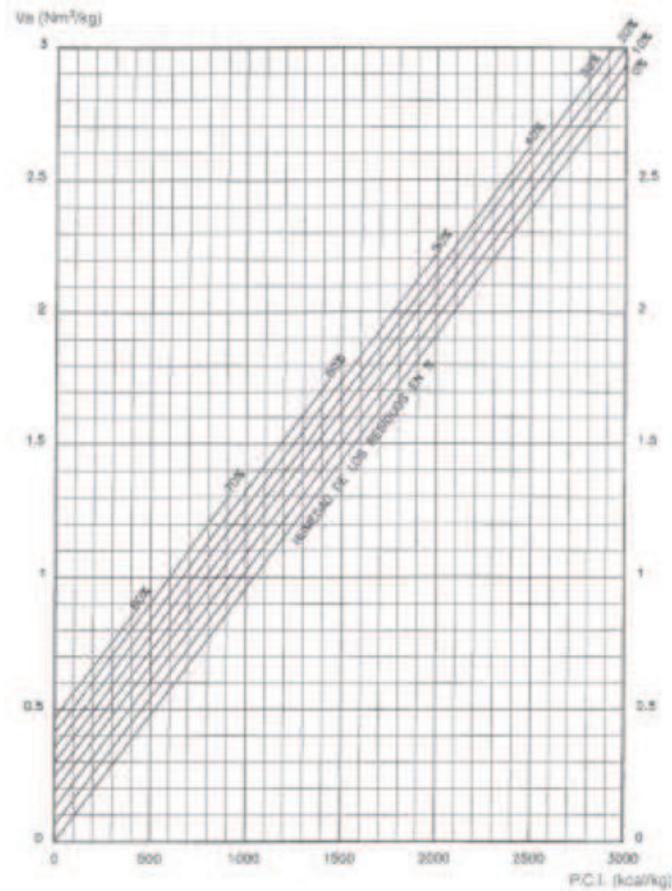


Figura 5.5.1: Volumen de aire teórico para la combustión neutra en función del PCI de los residuos y del contenido de agua

Fuente: Jaime Nieto Ressa (1996)

Para poder calcular el aire necesario se recurrió a gráficos publicados por Jaime Nieto Resa (figura 5.5.1). Gracias a ellos fue posible estimar la cantidad de aire a partir del poder calorífico inferior (PCI) de los residuos y su porcentaje de humedad.

La gran variabilidad y heterogeneidad de los residuos dificulta establecer valores únicos y universales para sus propiedades como peso específico, contenido de humedad, contenido energético, etc. Por este motivo se propone tomar aquellos datos típicos disponibles en *Gestión integral de residuos sólidos* del autor George Tchobanoglous. Según este, el contenido energético de los RSU como recogida es de 2.500 kcal/kg, es decir, unos 10.500 kJ/kg. A su vez, el contenido de humedad se encuentra entre 15 y 40%, por lo que se opta por adoptar su valor más alto, debido a que representaría la circunstancia más desfavorable.

Según lo que puede observarse en la figura 5.5.1, la cantidad de aire teórica necesaria para un residuo con un PCI de 2.500 kcal/kg y 40% de contenido de humedad es de 2,6 Nm³/kg. Por lo tanto, el volumen de aire teórico necesario para 685 Tn diarias de RSU es de 1.781.000 Nm³ (74.200 Nm³/h).

Considerando un 80% de exceso de aire para asegurar una combustión adecuada, el caudal total de aire deberá ser de 133.575 Nm³/h. Además, para optimizar la combustión se recomienda que el 30% del aire calculado sea secundario y el resto, primario. Finalmente, el caudal de aire primario deberá ser de 93.500 Nm³/h, mientras que el secundario será de 40.075 Nm³/h.

5.6 Quemadores auxiliares

Los quemadores auxiliares se emplean para precalentar el horno hasta una temperatura mínima de 850 °C antes de introducir los residuos. Esto asegura que los mismos permanezcan al menos 2 segundos a dicha temperatura. Cuando el horno se encuentra apagado, los quemadores se activan para garantizar la incineración de probables residuos que no hayan sido quemados previamente en el interior.

Se sugiere disponer de diésel como combustible auxiliar para que pueda ser incorporado al proceso en los arranques y paradas o en aquellos casos en los que la temperatura se reduzca por debajo de 850 °C.

Según documentos con las mejores técnicas disponibles para la prevención y el control de la contaminación ambiental por parte de las industrias europeas, el consumo típico es de entre 1 y 4 litros de combustible diésel por tonelada de RSU incinerado.

5.7 Incinerador

Se propone el incinerador Hitachi Zosen Inova Grate, el cual consta de una parrilla recíproca, un sistema de refrigeración con aire y flujo de tipo central, además de un descargador de cenizas en seco. En cuanto a sus dimensiones, su longitud es de 10,26 m, mientras que su ancho es de 4,8 m.

En la figura 5.7.1 puede observarse un esquema del incinerador sugerido. Los residuos ingresan por la tolva de carga (1) y se desplazan por la parrilla recíproca (2) hasta llegar como cenizas al descargador en seco (5). Por la parrilla se introduce aire primario (3) y, en

la parte superior, el secundario (4). Una vez que los gases de combustión abandonan la cámara, son conducidos a la zona de recuperación de energía (6).

En la parrilla los residuos pasan por cuatro zonas diferentes: las tres primeras tienen una inclinación de 10° por las que se desplazan los desechos hasta caer en la cuarta, área en la que la incineración se realiza de manera horizontal.

La alimentación en la tolva se controla de manera independiente, asegurando que en la parrilla exista un espesor de residuos constante, lo que permite una carga térmica uniforme, una combustión estable y una larga vida útil de la parrilla.

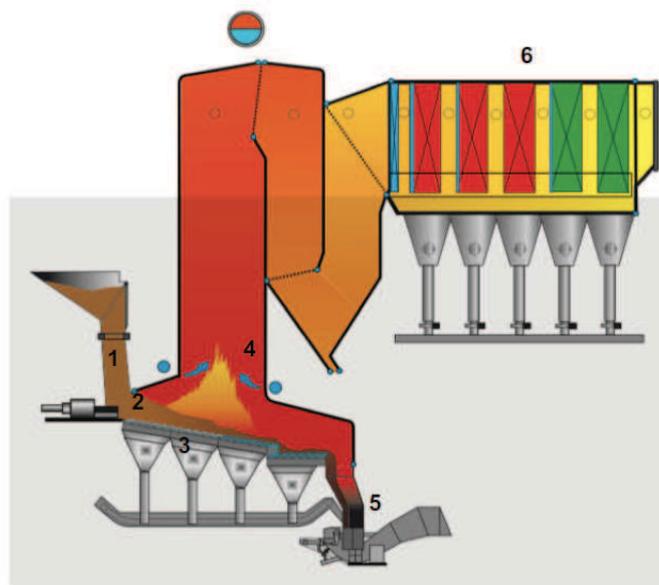


Figura 5.7.1: Incinerador Hitachi Zosen Inova Gate

Fuente: Hitachi Zosen Inova

5.8 Recuperación de energía

La temperatura requerida en el ingreso de la turbina de vapor 5 en la central térmica es de 400 °C.

Como se mencionó en la memoria descriptiva, la caldera viene incorporada con el incinerador de residuos Hitachi Zosen Inova Gate y será utilizada para recuperar el calor de los gases de combustión. Comparando diferentes instalaciones de Hitachi Zosen Inova de características similares a este proyecto, se opta por una caldera horizontal que garantice una adecuada transferencia de calor y genere vapor a 400 °C.

A partir de las fichas técnicas de los equipos y de los datos aportados por la central térmica, se sabe que el caudal másico de vapor sobrecalentado que ingresa a la turbina de vapor es de 280 Tn/h (punto 6, figura 5.8.1). Además, la temperatura a la salida de la caldera de recuperación (punto 4) es de 400 °C, mientras que su presión es de 50 bar. Considerando despreciables las pérdidas de carga en las tuberías, la presión a la entrada de la caldera de recuperación (punto 2) es de 50 bar. La temperatura del vapor en este punto es de 160 °C.

Por lo tanto, la presión en los puntos 1-6 será de 50 bar. En cuanto a la temperatura, se estima que el vapor en los puntos 1-3 se encontrará a 160 °C, mientras que la de los puntos 4-6, 400 °C.

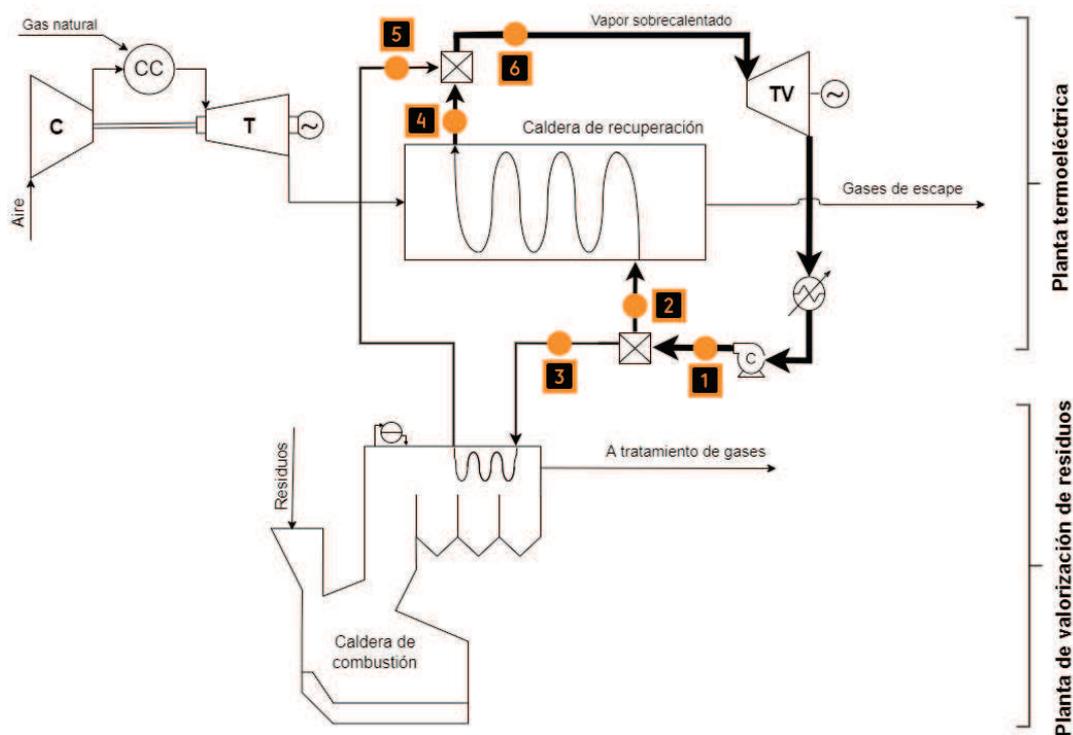


Figura 5.8.1: Esquema del proceso de recuperación de energía

Con los datos obtenidos de presión y temperatura en los 6 puntos indicados en la figura 5.8.1, se estimaron los valores de entalpía empleando una planilla de cálculo con información sobre características termodinámicas del vapor de agua. La entalpía en el punto 3 es de 678,2 kJ/kg, mientras que la del punto 5 es de 3196,6 kJ/kg.

El rendimiento de la caldera de valorización de RSU puede interpretarse como el cociente entre la potencia útil y el calor de combustión. Considerando un rendimiento del 80%, se procedió a calcular el caudal másico de agua en el punto 3 mediante la ecuación 7.

$$\eta = \frac{m_3 \cdot (h_5 - h_3)}{m_{RSU} \cdot PCI_{RSU}} \quad \text{Ecuación 7}$$

η : rendimiento de la caldera (80%)

m_3 : caudal másico de vapor en el punto 3

m_{RSU} : caudal másico de RSU que ingresa (30 Tn/h)

h_5 : entalpía del vapor sobrecalentado (3196,6 kJ/kg)

h_3 : entalpía en el punto 3 (678,2 kJ/kg)

PCI_{RSU} : poder calorífico inferior de los residuos (10.500 kJ/kg, información desarrollada en el apartado 5.5)

Realizando los cálculos, se estima que el caudal másico de vapor de agua en el punto 3 es de 100 Tn/h. Por lo tanto, el caudal másico en el punto 2 será la diferencia entre el caudal másico del punto 1 y el del punto 3, es decir, 180 Tn/h.

5.9 Tratamiento de gases de combustión

Generalmente las plantas de valorización térmica producen entre 4500 y 6000 m³ de gases de combustión por cada tonelada de RSU ingresada, según informes de la Comisión Europea publicados en el año 2004. Dado que el diseño de este proyecto contempla un ingreso de 30 toneladas de residuos por hora, se espera que el caudal de gases de combustión se encuentre entre 135.000 y 180.000 m³/h.

En la tabla 5.9.1 pueden observarse los rangos típicos de emisiones que generan los procesos de termovalorización luego de la caldera de combustión pero antes de ingresar a los equipos destinados al tratamiento de gases. En la columna contigua, se encuentran los valores usuales de las concentraciones de los gases luego del tratamiento.

En la tabla 5.9.2 se detallaron los valores límite de emisión a la atmósfera según distintas normativas vigentes a nivel tanto nacional como internacional, junto a las concentraciones que se proponen en el desarrollo del presente proyecto.

Debido a la importancia de liberar concentraciones gaseosas que no superen los límites propuestos en la tabla 5.9.2, resulta sumamente necesario instalar los correspondientes

sistemas de monitoreo continuo antes de su salida por la chimenea. Cabe señalar que la central térmica cuenta actualmente con sistemas de monitoreo continuo de emisiones tanto en las unidades turbo/vapor como en las de los ciclos combinados.

**Tabla 5.9.1: Rangos típicos de concentración de gases emitidos por plantas de valorización térmica de residuos.
Promedio anual en condiciones de referencia 273 K, 101 kPa, 11% oxígeno**

Fuente: Comisión Europea (2004)

Emisiones	Unidades	Concentración pre tratamiento	Concentración post tratamiento
PM	mg/m ³	1000 - 5000	0,1 - 4
HCl	mg/m ³	500 - 2000	0,1 - 6
HF	mg/m ³	5 - 20	0,01 - 0,1
CO	mg/m ³	5 - 50	2 - 30
SOx	mg/m ³	200 - 1000	0,2 - 20
NOx	mg/m ³	250 - 500	80 - 180
Cd + TI	mg/m ³	< 3	0,0002 - 0,03
Hg	mg/m ³	0,05 - 0,50	0,0002 - 0,05
Otros metales pesados	mg/m ³	< 50	0,0002 - 0,05
PCDD/F	ng TEQ/m ³	0,5 - 10	0,0002 - 0,08

TEQ: factor de equivalencia tóxica

Tabla 5.9.2: Límites máximos permitidos en emisiones de gases, según ley 24.051 y normativa europea

Emisiones	Unidades	Ley 24.051 *	Normativa europea **	Propuesta proyecto
NOx	mg/m ³	N/E	200	80
HCl	mg/m ³	0,001	10	0,0001
HF	mg/m ³	N/E	1	0,01
SOx	mg/m ³	N/E	50	0,2
Hg	mg/m ³	0,00003	0,05	< 0,03
PM	mg/m ³	0,00002	10	

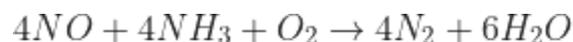
* Concentraciones máximas permisibles en los gases de emisión en los procesos de incineración de residuos peligrosos. Decreto 831/93. Reglamentación de la ley 24.051 de residuos peligrosos de la República Argentina.

** Valores límite de emisión a la atmósfera para las instalaciones de incineración de residuos. Directiva 2010/75/UE del parlamento europeo.

A continuación se desarrollarán los cálculos necesarios para estimar las cantidades de reactivos necesarias para tratar los gases de combustión. Al final de la memoria de cálculo puede observarse un esquema conteniendo las condiciones de operación (tabla 5.9.3 y figura 5.9.1).

5.9.1 Cantidad de amoníaco para reducir NOx

Como se mencionó en el apartado 4.3, el amoníaco (NH₃) se emplea para reducir la concentración de NOx (principalmente NO y NO₂) en el caudal de gases de combustión, según puede observarse en las siguientes ecuaciones químicas:



Los incineradores de residuos sólidos urbanos pueden producir, como máximo, 6000 m³ de gases de combustión por tonelada ingresada. Teniendo en cuenta que ingresarán a la planta 30 Tn/h de residuos, se calcula que el caudal máximo esperado de gases será de 180.000 m³/h.

Partiendo de una concentración de NOx antes del tratamiento de 500 mg/m³ y, considerando una concentración posterior al tratamiento de 80 mg/m³, se calcula que

reaccionan, como máximo, 420 mg de NO_x por metro cúbico de gas de combustión. Al esperar un caudal de 180.000 m³/h, se estima que 75,6 kg de NO_x por hora reaccionen con amoníaco.

La mayor cantidad de los óxidos de nitrógeno generados (90%) se encuentra como monóxido de nitrógeno (NO), mientras que la fracción restante se compone de dióxido de nitrógeno (NO₂). Es por esto que se estima que 68,04 kg de NO y 7,56 kg de NO₂ reaccionarán por hora.

A partir de la relación estequiométrica que puede observarse en las ecuaciones químicas, se calcula que se requieren 38,55 kg/h y 5,59 kg/h de amoníaco para reducir las cantidades de NO y NO₂, respectivamente, por lo que se obtiene un total de 44,15 kg/h de NH₃.

Por último, debe tenerse en cuenta que por motivos de seguridad el amoníaco requiere ser suministrado al 25%. Por esta razón se precisarán 176,58 kg/h de amoníaco a una dilución del 25% para el tratamiento de los óxidos de nitrógeno.

El depósito de almacenamiento de la solución de amoníaco tendrá una capacidad suficiente para operar durante 15 días. Considerando una densidad de 0,91 g/cm³, el caudal necesario será de 0,196 m³/h. Proponiendo un 20% de sobredimensionamiento de tanque, se calcula que el depósito tendrá capacidad para almacenar 85 m³ de solución amoniacal. Se sugiere que el tanque sea de poliéster, ya que es el material recomendado para almacenarlo en forma segura. Además, la resina de poliéster reforzada con fibra de vidrio permite almacenar líquidos a temperaturas extremas (figura 5.9.1.1). En el mercado es posible adquirir tanques de 90 m³, cuya altura suele ser de 8 m y su diámetro, 4 m.



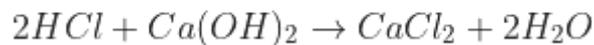
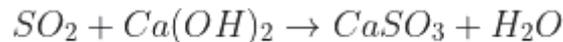
Figura 5.9.1.1: Tanques de resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio

Fuente: MAYPER

5.9.2 Cantidad de hidróxido de calcio para reducir gases ácidos

El consumo de hidróxido de calcio se encontrará determinado por la concentración de gases ácidos presentes en los gases de combustión, principalmente dióxido de azufre y ácido clorhídrico.

Como se mencionó anteriormente, las reacciones involucradas en esta etapa son las siguientes:



Las concentraciones típicas, expuestas en la tabla 5.9.1, permitirán calcular, junto con las relaciones estequiométricas, la cantidad de hidróxido de calcio necesario.

→ DSI (Inyección de sorbente seco)

Según el documento “Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos” de 2011, se necesita 1 kg de hidróxido de calcio por tonelada de residuo para el tratamiento por inyección de sorbente seco. Por lo tanto para esta etapa del tratamiento se estima que se necesitarán 30 kg/h de hidróxido de calcio.

→ SDA (Sistema de adsorción por atomización)

En esta etapa se trata el efluente de salida del DSI mediante un proceso semihúmedo. En el documento “Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos” se encuentran los índices de consumo requeridos durante la limpieza de gases de combustión mediante SDA. Estos pueden observarse en la tabla 5.9.2.1.

Se consideró una concentración de HCl pre tratamiento de 2000 mg/m³ ya que es la cantidad máxima de HCl que puede encontrarse en un efluente gaseoso típico (tabla 5.9.1). Según los requisitos mínimos para incineración presentes en la ley 24.051, la concentración máxima permisible de ácido clorhídrico en los gases de emisión es de 100 ng/m³. Por lo tanto, se fijó dicha concentración como valor objetivo a la salida del tratamiento de gases.

Tabla 5.9.2.1: Cálculo estequiométrico de las cantidades de hidróxido de calcio utilizadas para adsorción durante la limpieza de gases de combustión (reactivos expresados al 100 % de concentración y pureza).

Fuente: Comisión Europea (2011)

Contaminante	Ca(OH) ₂		Productos residuales	
	kg	kg		kg
HCl	1	1,014	CaCl ₂	1,521
HF	1	1,850	CaF ₂	1,950
SO ₂	1	1,156	CaSO ₄	2,125

En el caso del ácido fluorhídrico y del dióxido de azufre, se asumieron concentraciones iniciales de 20 y 1000 mg/m³ respectivamente. Los valores propuestos una vez finalizado el tratamiento de gases son de 0,01 y 0,2 mg/m³.

Para calcular la cantidad de ácido que debe reaccionar en cada caso, se restaron las concentraciones iniciales y finales. Estas diferencias se expresaron como caudales másicos para poder estimar la cantidad de hidróxido de calcio necesaria, según la información aportada en la tabla 5.9.2.1. Los resultados calculados se pueden observar en la tabla 5.9.2.2. Allí se estima que se requiere un total de 580 kg/h de hidróxido de calcio.

Tabla 5.9.2.2: Caudales másicos de hidróxido de calcio necesarios para tratar los gases ácidos y sus productos residuales correspondientes (reactivos expresados al 100 % de concentración y pureza)

Contaminante (kg/h)	Ca(OH) ₂ (kg/h)	Productos residuales (kg/h)	
HCl	360,00	365,04	547,56 CaCl ₂
HF	3,60	6,66	7,02 CaF ₂
SO ₂	179,96	208,04	382,42 CaSO ₄

Por seguridad, se aconseja operar con hidróxido de calcio diluído al 20%. Esto implica un total de 2900 kg/h de solución diluída de hidróxido de calcio, también llamada lechada de cal.

Se propone almacenar el hidróxido de calcio en un silo con una capacidad para operar durante 15 días. Por hora se requieren 30 kg para el sistema DSI y 580 kg para el DSA, lo que arroja un total de 610 kg. Aplicando un sobredimensionamiento del 20% y considerando

una densidad del Ca(OH)_2 sólido de $2,2 \text{ g/cm}^3$, se calcula que el silo deberá tener una capacidad mínima de 100 m^3 .

Para almacenar el hidróxido de calcio se seleccionó un silo metálico de $5,20 \text{ m}$ de diámetro y $6,30$ de altura (figura 5.9.2.1).



Figura 5.9.2.1: Silo metálico sugerido para almacenar hidróxido de calcio

Fuente: Silos Metálicos Limit 21



Figura 5.9.2.2: Silo metálico sugerido para almacenar carbón activado

Fuente: Silos Metálicos Limit 21

Para el SDA será necesario preparar la lechada de cal a partir del hidróxido de calcio. Para ello se propone disponer de un tanque en el que se preparará la solución cada dos días. Considerando un 20% de sobredimensionamiento y una densidad de la solución de hidróxido de calcio al 20% de 1275 kg/m^3 , se estima que se requerirá un tanque de por lo menos 131 m^3 .

En el mercado es posible adquirir tanques de resina de poliéster de 150 m^3 de capacidad. Estos rondan los 13 m de altura y 4 m de diámetro.

5.9.3 Lavador por atomización

Para diseñar el equipo en el que se llevará a cabo el proceso semihúmedo de tratamiento de gases ácidos, se recurrió a la información publicada por Huang et al en "Spray-Dryer Flue-Gas-Cleaning System Handbook".

Considerando un caudal volumétrico de gases de combustión de 153.000 m³/h (90.052,4 ft³/min), se calcularon los valores del diámetro y largo del lavador interpolando los datos incluidos en la tabla 5.9.3. Estos resultaron ser de 25,85 ft (aproximadamente 8 m) y 42,9 ft (13 m), respectivamente. Los mismos corresponden a un tiempo de residencia de 10 s y un volumen de 425 m³. En la sección de planos pueden verse un corte del equipo.

Tabla 5.9.3: Dimensiones de lavadores de gases por atomización

Fuente: Huang et al (1988)

Caudal de gases (ft ³ /min)	Volumen (ft ³)	Diámetro (ft)	Longitud St. (ft)	Longitud total (ft)
25,000	4,167	17.0	13.6	28.2
75,000	12,500	24.5	19.6	40.7
125,000	20,833	29.0	23.2	48.3
175,000	29,167	32.4	25.9	54.0
225,000	37,500	35.3	28.2	58.8
275,000	45,833	37.7	30.2	62.8
325,000	54,167	39.9	31.9	66.4
375,000	62,500	41.8	33.4	69.7
425,000	70,833	43.6	34.9	72.6
475,000	79,167	45.2	36.2	75.4
525,000	87,500	46.8	37.4	77.9
575,000	95,833	48.2	38.6	80.3

5.9.4 Cantidad de carbón activado para reducir Hg y PCCD/F

El carbón activado se inyecta en la corriente del gas con el objetivo de reducir las emisiones de PCCD/F y mercurio. En Waste Treatment and Disposal (Williams, 2005) se sugiere adicionar concentraciones de carbón activado entre 0,1 y 0,5 g por metro cúbico de gas de combustión. Empleando dicho rango se ha registrado una eficiencia de captura de mercurio superior al 95%, obteniéndose niveles de emisión inferiores a 0,03 mg/m³.

Adoptando una concentración de 0,3 g/m³, considerando un caudal de gases de combustión de 180.000 m³/h, se calcula que se necesitarían incorporar al proceso 54 kg/h de carbón activado.

El silo en donde se encontrará el carbón activado tendrá capacidad de almacenamiento de 30 días. Considerando que posee una densidad de 500 kg/m³ y un sobredimensionamiento del 20%, se estima que se requerirá un volumen de 94 m³ para su almacenaje. En este caso se propone un silo metálico de 4,20 m de diámetro y 7 m de altura (figura 5.9.2.2).

5.9.5 Filtro de mangas

Para la reducción de las partículas presentes en los gases de combustión, procedentes de las cenizas volantes, se propone instalar un sistema con filtro de mangas. El medio filtrante debe tener una resistencia térmica, física y química adecuada para una operación óptima, siendo determinantes las características del gas de combustión, su temperatura y el caudal.

Dado que la temperatura de operación es cercana a los 200 °C, se seleccionaron las mangas de aramida (poliamida aromática) ácido-resistentes que suelen usarse en las plantas de incineración de residuos.

Teniendo en cuenta que las dimensiones típicas de las mangas se encuentran en 13-15 cm de diámetro y 2-6 m de longitud, se seleccionó una manga de 14 cm de diámetro y 4 m de longitud. Suponiendo geometría cilíndrica de la manga, se calculó su área (A_{manga}) mediante la ecuación 8, obteniéndose como resultado 1,76 m².

$$A_{manga} = \pi \cdot D \cdot L \quad \text{Ecuación 8}$$

Considerando una velocidad de filtración (v_{fil}) de 2 ft/min y un caudal de aire (Q) de 180.000 m³/h (105.944 ft³/min), el área de filtración (A_{fil}) resultó ser de 4921,26 m² (52.972 ft²), luego de emplear la ecuación 9.

$$A_{fil} = \frac{Q}{v_{fil}} \quad \text{Ecuación 9}$$

Para estimar el número de mangas, se calculó el cociente entre el área de filtración y el área de la manga, resultando un total de 2797 mangas.

Como puede observarse en la tabla 5.9.5, se sugiere distribuir el total de mangas en 9 compartimentos, según lo recomendado en "Air pollution control: A design approach" (Cooper, C.D., Alley, F.C.). De esta manera en cada compartimento se ubicarán 315 mangas instaladas en 15 filas y 21 columnas. Tomando como referencia las dimensiones típicas de las mangas, se realizaron esquemas en los que se presentan las medidas del equipo de filtros de manga sección de planos).

Tabla 5.9.5: Cantidad de compartimentos (number of compartments) en función del área de filtración (net cloth area)

Fuente: Cooper, C.D., Alley, F.C. (2011)

Net Cloth Area, ft ²	Number of Compartments
1–4000	2
4000–12,000	3
12,000–25,000	4–5
25,000–40,000	6–7
40,000–60,000	8–10
60,000–80,000	11–13
80,000–110,000	14–16
110,000–150,000	17–20
>150,000	>20

5.9.6 Cantidad de cenizas

Como se mencionó en la memoria descriptiva, existen distintos tipos de cenizas generadas en todo el proceso de valorización térmica. Aquellas más ligeras que son arrastradas por los gases de combustión se conocen como “volantes”. El resto de las cenizas, al ser más pesadas, se extraen en etapas previas al tratamiento de gases.

En la tabla 5.9.6.1 pueden observarse las cantidades usuales de cenizas que se obtienen en las plantas de incineración de RSU, clasificadas según el sitio de donde se extraen.

Tabla 5.9.6.1: Producción típica de cenizas en plantas incineradoras de residuos municipales

Fuente: Cabrera (2020)

Tipo de cenizas	Producción típica (kg/Tn RSU)
Cenizas de fondo (se depositan en el fondo del horno)	250
Cenizas de la caldera	6
Cenizas volantes	20

A partir de estos datos fue posible calcular las cantidades de cenizas que se generarán.

Además de las cenizas volantes, los filtros de mangas retendrán los productos residuales formados en las etapas anteriores del tratamiento de gases. Los valores totales pueden encontrarse en la tabla 5.9.6.2.

Tabla 5.9.6.2: Cenizas y productos residuales que se generarán en la planta

Producto	Cantidad (kg/h)
Cenizas de fondo	7500
Cenizas de la caldera	180
Cenizas volantes	600
CaCl ₂	365,04
CaF ₂	6,66
CaSO ₄	382,42
Carbón activado	54

5.10 Chimenea

Según los cálculos realizados anteriormente, se estima que se producen un total de 180.000 m³/h de gases de combustión. Estos, luego de atravesar los distintos equipos de tratamiento, serán liberados a la atmósfera mediante una chimenea.

La agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA) sugiere calcular el diámetro de la chimenea (D_s) mediante la ecuación 10.

$$D_s = 1.128 \left(\frac{Q_c}{u_c} \right)^{1/2} \quad \text{Ecuación 10}$$

D_s: diámetro de la chimenea

Q_c: caudal de gases

u_c: velocidad de salida de la chimenea

La velocidad de salida de la chimenea, u_c, afecta la altura y la distancia que la pluma adopta una vez que salen los gases. Generalmente, se recomienda que u_c debe valer 1,5 veces la velocidad del viento. Típicamente, velocidades de salida de diseño de 55 a 73 km/h son adecuadas.

Para un caudal Q_c de 180.000 m³/h y adoptando una velocidad de salida de 60 km/h, el diámetro de la chimenea deberá ser de 1,95 m.

La altura de la chimenea debe asegurar que las emisiones no resulten en concentraciones excesivas de cualquier contaminante del aire en los alrededores de la planta. Según la documentación de la EPA, la altura de la chimenea debe ser la mayor de (1) 65 metros (213 pies) o (2) la altura demostrada por un estudio de campo que asegure que las emisiones de la chimenea no causan excesivas concentraciones de contaminantes por precipitaciones ambientales, ventarrones, efectos de remolinos, etc. Al no poseer estudios de campo, se propone instalar una chimenea de 65 m de altura. De todos modos, se sugiere considerar realizar los estudios de campo correspondientes a fin de realizar una estimación de altura de chimenea menos conservadora.

Tabla 5.9.3: Condiciones de operación del proceso de valorización térmica de residuos

	Punto	Caudal	Temperatura (°C)	Presión (bar)
Residuos	1	30 Tn/h	20	1
Amoníaco (25%)	2	177 kg/h	20	1
Aire primario	3	93.000 m³/h	20	1
Cenizas de fondo	4	7.500 kg/h		
Aire secundario	5	40.075 m³/h	20	1
Cenizas de la caldera	6	180 kg/h		
Recirculación de gases de combustión	7	27.000 m³/h	170	
Gases de combustión	8	180.000 m³/h	170	
Hidróxido de calcio	9	30 kg/h	20	1
Lechada de cal (20%)	10	2.900 kg/h	20	1
Carbón activado	11	54 kg/h	20	1
Gases de combustión	12	153.000 m³/h	150	
Cenizas volantes y productos residuales	13	1.408 kg/h		
Gas natural	14	60.000 m³/h	20	1
Vapor sobrecalentado	15	100 Tn/h	400	50
Vapor sobrecalentado	16	180 Tn/h	400	50
Vapor sobrecalentado	17	280 Tn/h	400	50
Vapor	18	280 Tn/h		
Líquido saturado	19	280 Tn/h		
Agua líquida	20	180 Tn/h	160	50
Agua líquida	21	100 Tn/h	160	50

6. Presupuesto

En esta sección se presentarán las inversiones necesarias para llevar a cabo el proyecto que se describió en los capítulos anteriores. Esto incluye maquinaria, equipos, tecnología y terreno para la estación de enfardado. A su vez, se expondrán los valores calculados relacionados con el mantenimiento anual de los servicios de recolección, transporte y tratamiento de los residuos.

6.1 Inversión

En la tabla 6.1 puede verse en detalle la inversión necesaria para realizar el proyecto de optimización de gestión de RSU en el barrio de La Boca. El valor de cada uno de los ítems fue consultado a distintos proveedores nacionales con experiencia en el rubro de gestión de residuos. En algunos casos se tomaron valores de referencia presentes en otros proyectos de similares características.

Se estima que se necesitarán aproximadamente 71.468.000 dólares estadounidenses (US\$) en lo que respecta a la inversión inicial del proyecto.

6.2 Operación y mantenimiento

El costo de operación de la planta incluye gastos relacionados con la compra de materias primas, operación de los equipos, su mantenimiento y tratamiento de cenizas volantes. Estos pueden observarse en la tabla 6.2. Las materias primas involucradas en el tratamiento de los gases de combustión son amoníaco, hidróxido de calcio y carbón activado.

Es pertinente mencionar que se requiere un mantenimiento regular de los equipos para optimizar su tiempo de vida útil y garantizar un correcto funcionamiento de los mismos. Uno de los gastos más elevados de mantenimiento se encuentra en el ítem del filtro de mangas. Esto ocurre debido a la necesidad de renovar frecuentemente los filtros y evitar emisiones gaseosas indeseadas.

Tabla 6.1: Valores de inversión estimados para el proyecto

	Descripción	Cantidad	Valor unitario (US\$)	Total (US\$)
Reciclables				
Puntos limpios	Contenedor marítimo	9 unidades	2.500	22.500
	Computadora	9 unidades	500	4.500
Transporte	Vehículo	2 unidades	40.000	80.000
Estación de enfardado	Adquisición espacio			500.000
	Estructura playón			12.500
	Estructura oficinas			50.000
	Compactadora	1 unidad	27.800	27.800
	Balanza	1 unidad	19.000	19.000
Compostables				
	Contenedor 1800 L	430 unidades	1.200	516.000
	Vehículo	6 unidades	447.000	2.682.000
Termovalorizables				
	Contenedor 1800 L	430 unidades	1.200	516.000
	Grúa	1 unidad	212.500	212.500
	Caldera de combustión			40.000.000
	Construcción fosa			1.600.000
	Equipamientos incinerador/caldera			3.750.000
	Cañerías			400.000
Tratamiento de gases	Tratamiento NOx			7.500.000
	Sistema carbón activado			1.000.000
	Tanque de amoníaco	1 unidad	10.000	10.000
	Sistema inyección cal			3.000.000
	Tanque de hidróxido de calcio	1 unidad	10.000	10.000
	Lavador por atomización			5.800.000
	Tanque de carbón activado	1 unidad	10.000	10.000
	Filtro de mangas			2.700.000
	Instrumentación y control			800.000
	Chimenea			180.000
	Tractor pala (cenizas)	1 unidad	65.000	65.000
			Total inversión	71.467.800

Tabla 6.2: Valores de operación y mantenimiento estimados para el proyecto

	Descripción	Cantidad	Valor anual unitario (US\$)	Total (US\$)	
Reciclables					
Puntos limpios	Personal	10 recuperadores	3.700	37.000	
Transporte	Combustible	12000 L	0,53	6.360	
	Chofer	2 conductores	5.800	11.600	
Estación de enfiado	Coordinadores	2 coordinadores	5.500	11.000	
	Operarios	15 operarios	3.700	55.500	
Compostables y termovalorizables					
Transporte	Chofer	8 conductores	5.800	46.400	
	Asistente de chofer	14 asistentes	4.500	63.000	
	Combustible	13500 L	0,53	7.155	
	Mantenimiento vehículos			4.500	
Termovalorizables					
Mantenimiento	Grúa			4.000	
	Caldera de combustión			500.000	
	Equipamientos incinerador/caldera			75.000	
	Cañerías			7.000	
	Tratamiento NOx			58.000	
	Sistema carbón activado			308.000	
	Sistema inyección cal			318.000	
	Filtro de mangas			600.000	
	Instrumentación y control			10.000	
	Tractor pala (cenizas)			1.000	
	Combustible quemador auxiliar	21900 L	0,53	11.607	
	Personal planta	Personal gerencial	2 gerentes	7.100	14.200
		Personal supervisor	4 supervisores	6.800	27.200
Personal técnico		20 operarios	6.200	124.000	
Tratamiento de gases	Amoniaco	385 Tn	520	200.429	
	Hidróxido de calcio	5344 Tn	130	694.668	
	Carbón activado	473 Tn	400	189.216	
	Tratamiento cenizas y subproductos	12300 Tn	73	897.900	
			Total mantenimiento anual	4.282.735	

6.3 Venta de reciclables

Al implementar medidas que fomenten la separación de residuos, es viable comercializar aquellos materiales que son reciclables. Estos son papeles y cartones, plástico, vidrio y metales.

En primer lugar, se consultaron los precios de fardos de material reciclable publicados periódicamente en la web Conexión Reciclado (tabla 6.3.1). Estos se agruparon según las

categorías de materiales propuestas para este proyecto y se estimó un promedio del precio por kilogramo. Cartón 1ra, papel mezcla y papel blanco se agruparon en “Papeles y cartones”; PET, PEAD, PEBD y PP en “Plásticos”, mientras que aluminio y chatarra fueron considerados dentro del grupo “Metales”.

Tabla 6.3.1: Precios de referencia de materiales reciclables

Fuente: Conexión Reciclado (2022)

MATERIAL	May-21	Sep-21	May-22
Cartón 1ra	\$23.82	\$26.50	\$38.50
Papel Mezcla	\$23.78	\$26.50	\$27.75
Papel Blanco	\$31.33	\$35.00	\$44.33
Tetra Brik	\$4.17	\$4.17	\$6.67
PET Cristal	\$53.50	\$60.00	\$76.00
Soplado (PEAD)	\$82.50	\$85.00	\$88.14
Nylon (PEBD)	\$52.50	\$61.67	\$80.00
Tapita (PP)	\$40.00	\$40.00	\$55.00
Bazar (PP)	\$40.00	\$40.00	\$78.05
Aluminio 1ra (perfiles)	\$170.00	\$200.00	\$220.00
Aluminio 2da (latas)	\$70.00	\$110.00	\$150.00
Chatarra	\$15.50	\$20.33	\$21.67
Vidrio			\$5.00

Luego, se calcularon los precios por kilogramo en dólares estadounidenses al tipo de cambio del 24 de mayo de 2022, según el sitio web del Banco de la Nación Argentina (AR\$124,84 = US\$1). Finalmente, se realizaron los cálculos necesarios para conocer una cifra aproximada de la cantidad de material que se genera en La Boca que podría ser vendido a empresas recicladoras, según el grado de adhesión a las iniciativas de separación de residuos (tabla 6.3.2).

Tabla 6.3.2: Ingresos estimados por venta de material reciclable generado en La Boca

	Generación (kg/día)	Precio por kilo		Ingreso anual por venta de material (US\$)		
		(AR\$)	(US\$)	10% Adhesión	50% Adhesión	100% Adhesión
Papeles y cartones	6.688	36,86	0,30	72.076,00	360.380,02	720.760,04
Plásticos	6.688	75,44	0,60	147.515,29	737.576,47	1.475.152,94
Vidrio	1.824	5,00	0,04	2.666,45	13.332,27	26.664,53
Metales	1.216	130,56	1,05	46.417,61	232.088,07	464.176,15
Total anual venta reciclables (US\$)				268.675,37	1.343.376,83	2.686.753,66
Total anual venta reciclables per cápita (US\$)				6,58	32,92	65,84

6.4 Comparación de montos

Como se detalló en los apartados anteriores, el monto estimado de inversión del proyecto es de US\$71.467.800, mientras que el costo de operación y mantenimiento anual sería de US\$4.282.735.

Según un informe de abril de 2022 realizado por la consultora Aresco, el 48,1% de los vecinos de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires separa los residuos reciclables “siempre”, mientras que el 21,9% lo hace “a veces”. Suponiendo válido este dato y asumiendo que el porcentaje de adhesión a los programas de separación de RSU es similar en todos los barrios porteños, se estima que La Boca podría recibir US\$1.343.377 anuales en concepto de venta de materiales reciclables.

De llevarse a cabo el proyecto, se necesitaría menos gas natural en el ciclo combinado 1 de la central termoeléctrica para alcanzar los 322 MW de potencia. Actualmente se consumen 60.000 Nm³/h de gas natural en la turbina de gas 11. Implementando un sistema de valorización térmica de residuos, el caudal de vapor requerido en la caldera de recuperación disminuiría de 280 a 180 Tn/h, lo que representa una reducción del 36%. Por lo tanto, se estima que el caudal necesario de gas natural será de 38.400 Nm³/h, por lo que se ahorrarían 21.600 Nm³/h. Este último caudal volumétrico tiene un valor de AR\$225 millones que, sumado al cargo fijo cobrado por la empresa MetroGAS y a una cotización de AR\$145 = US\$1, equivaldría a un total de US\$1.554.151,90 de ahorro mensual. Las tarifas adoptadas corresponden a julio de 2022 y pueden verse en la tabla 6.4.1.

Por último, según un informe de Francisco Olivera para el diario La Nación, la Ciudad de Buenos Aires tenía previsto destinar US\$450.000.000 al sector vinculado a gestionar los residuos, monto que representa el 5,5% del presupuesto total de 2022. En la tabla 6.4.2 se realizó una comparativa con los valores necesarios para la inversión y operación y mantenimiento anual de la planta de valorización térmica de residuos. Allí puede observarse que la inversión necesaria para instalar la planta presentada en el proyecto equivale al 15,88% del presupuesto anual de residuos para CABA.

Tabla 6.4.1: Tarifas de gas natural



ANEXO DE LA RESOLUCIÓN N° 214/22

TARIFAS FINALES A USUARIOS RESIDENCIALES y SGP⁽¹⁾ (P1, P2, P3⁽²⁾) Y SDB ABASTECIDOS CON GAS NATURAL - SIN IMPUESTOS

VIGENTES A PARTIR DEL: 1 DE JUNIO DE 2022

USUARIOS ABASTECIDOS CON GAS NATURAL

CARGO FIJO		
CATEGORÍA / SUBZONA	CAPITAL FEDERAL	BUENOS AIRES
R1	374,265498	375,755144
R2 1°	395,587139	397,076783
R2 2°	452,339222	453,956550
R2 3°	511,495584	513,198036
R3 1°	666,599334	668,386903
R3 2°	773,207536	774,995106
R3 3°	1035,963192	1038,006128
R3 4°	1675,612415	1677,655354
P1-P2	938,067161	939,893942
P3	3545,814550	3547,727415
SDB	11244,912221	11245,524690

CARGO POR M3 DE CONSUMO		
CATEGORÍA / SUBZONA	CAPITAL FEDERAL	BUENOS AIRES
R1- R2 1°	16,174909	16,348467
R2 2°	17,298441	17,501720
R2 3°	17,763098	17,996099
R3 1° - R3 2°	19,235091	19,527535
R3 3° - R3 4°	21,580259	21,951955
P1 y P2	0 a 1.000 m3	14,132211
	1.001 a 9.000 m3	13,957733
	más de 9.000 m3	13,783273
P3	0 a 1.000 m3	15,084367
	1.001 a 9.000 m3	14,787754
	más de 9.000 m3	14,491171
SDB ⁽³⁾	2,237735	2,399222

Tabla 6.4.2: Comparación entre el presupuesto destinado a residuos para 2022 y los valores de inversión y operación de la planta de termovalorización de residuos

	US\$	Porcentaje del presupuesto destinado a residuos
Inversión	71.467.800	15,88%
Mantenimiento y operación planta	4.040.220	0,90%
Presupuesto residuos	450.000.000	

7. Estudio de impacto ambiental

De acuerdo con la Ley General del Ambiente N° 25.675, se presenta a continuación el estudio de impacto ambiental del proyecto. Este estudio contiene una descripción general del proyecto, un análisis de línea de base ambiental y social, la identificación y valoración de los potenciales impactos en el corto, mediano y largo plazo, así como la previsión de la gestión ambiental para abordarlos (prevención, mitigación y/o compensación).

El objetivo del proyecto es la optimización de la gestión de residuos en el barrio porteño de La Boca. Para ello se propone implementar medidas que fomenten la separación de residuos en origen. Aquellos con capacidad para reciclarse se recepcionarán en plazas de la zona y se acopiarán en una estación de enfardado ubicada en la zona industrial del barrio, sobre la avenida Don Pedro de Mendoza entre las calles Cerri y California. Por otro lado, los restos alimenticios y los residuos de poda se depositarán en contenedores y se transportarán al Centro de Reciclaje de la Ciudad, ubicado en Villa Soldati. La fracción restante de residuos se depositará en otros contenedores y se trasladará hacia la central termoeléctrica, localizada en Avenida España 3301. Allí se valorarán térmicamente para generar energía eléctrica en forma complementaria a uno de los ciclos combinados que se encuentran actualmente en funcionamiento.

7.1 Línea de base

El estudio de línea de base consta de un diagnóstico de la situación ambiental y social en el área en la que se propone desarrollar el proyecto. A continuación se describirán estos aspectos sin considerar la implementación del proyecto.

El clima de la zona sur de CABA es templado húmedo. Las temperaturas medias anuales son mayores a los 18°C, presentando una variación de 20°C en enero y alrededor de 10-12°C en junio, con un amplio período estival, perfil típico de los climas templados, donde las diferencias más pronunciadas corresponden al monto y régimen de las precipitaciones. Los inviernos no son muy rigurosos, pero el elevado contenido de humedad produce una sensación térmica considerablemente inferior.

En general, las mayores velocidades del viento se observan durante el verano y las mínimas en el invierno. Con respecto a la dirección de los vientos, en verano la dirección más frecuente corresponde a la del sector Noreste-Este, mientras que en invierno aumenta la frecuencia de vientos provenientes del sector Sur-Oeste. Además de los vientos

permanentes provenientes del anticiclón del Atlántico Sur, dentro de la región circulan vientos locales que producen efectos regionales, entre los que se destacan la Sudestada, el viento Pampero y el viento del Norte.

La Sudestada es un fenómeno climático que se caracteriza por la ocurrencia de vientos provenientes del sector Sur-Este, que soplan con persistencia regular y con intensidades de moderadas a fuertes. Esta situación afecta principalmente a la zona del Río de la Plata y está generalmente acompañada por temperaturas relativamente bajas y generalmente precipitaciones de variada intensidad. Estos vientos provenientes del sudeste, atraviesan la región con velocidades de 20 a 40 km/h, en el caso de las sudestadas leves, y con más de 70 km/h en los casos más intensos.

El promedio anual de lluvias supera 1100 mm, con valores ligeramente mayores para los meses de verano. Los valores de precipitaciones acumuladas presentan un patrón estacional, siendo mayores para los meses más cálidos (entre octubre y mayo) y menores para los meses más fríos (entre junio y septiembre). En cuanto a las frecuencias de las precipitaciones, se observa una leve estacionalidad dado que, de junio a agosto, en los meses más secos, se presentan los valores más bajos de frecuencia media, y los meses más húmedos, presentan los más altos.

El área en cuestión se encuentra localizada en el borde oriental, sobre el margen derecho del estuario Paraná Plata, de la región geomorfológica conocida como Pampa Ondulada. Esta se extiende desde el Sur de la ciudad de La Plata hasta el Norte de la Provincia de Buenos Aires y Sur de la de Santa Fe. En el conglomerado urbano, tal es el caso del área de estudio, el suelo funciona básicamente como el soporte físico de la infraestructura construida, lo cual lleva a una profunda modificación de sus características originales. Desde el punto de vista del ambiente geológico, la unidad aflorante en el área analizada es el relleno antrópico heterogéneo. Son terrenos inestables y poseen altas tasas de subsidencia. A su vez, la presencia de sedimentos arcillosos y la humedad propia de estas áreas dificulta la compactación de los terrenos.

El sitio en el que desarrolla el proyecto se encuentra dentro del Sistema Fluvial del Río de la Plata, que se extiende con una superficie aproximada de 3.100.000 km² y confluye sus aguas en este río, formando un extenso estuario.

El Río de la Plata está localizado en la costa este de América del Sur, aproximadamente entre las latitudes 34° S y 36° S y las longitudes 54° 50' O y 58° 30' O, determinando el límite entre Uruguay y Argentina. Descarga las aguas de los ríos Paraná y Uruguay (sus mayores afluentes) al Océano Atlántico y se desarrolla en dirección NO-SE en una longitud

de aproximadamente 290 km. Su ancho varía desde 40 km en la región más estrecha, próxima al delta del río Paraná, hasta 220 km en la desembocadura.

La profundidad media del río frente a Buenos Aires es de 2,5 m; mantiene en su cauce superior y medio un promedio de 5 m de profundidad, mientras que en su límite exterior aumenta, llegando hasta los 18 m. El caudal medio del Río de la Plata es del orden de los 23.000 m³/s. Las mareas que afectan al río son de escasa magnitud, generalmente menores a 1 m entre bajante y pleamar. Sin embargo, las sudestadas pueden hacer ascender el agua a más de 4 m sobre el nivel normal, provocando el anegamiento de las zonas bajas y dificultando la descarga de los cursos fluviales que desembocan en el Río de la Plata.

Es muy alta la concentración de habitantes en ambas márgenes del río por estar ubicadas allí ciudades populosas como Buenos Aires, Montevideo, La Plata, entre otras. Producto de la actividad humana, la zona interna es la más afectada por la descarga de afluentes cloacales y tributarios con sustancias contaminantes.

Las características geográficas y meteorológicas de la ciudad ayudan a la purificación de su aire. Según especialistas del Centro de Investigaciones del Mar y de la Atmósfera, "Buenos Aires tiene buenas características dispersivas, dadas por la intensidad del viento, las condiciones de estabilidad atmosférica y la altura en la que se mezclan los contaminantes". Además, sostienen "que el Área Metropolitana de Buenos Aires esté ubicada en terreno llano y rodeada por áreas no urbanas es también importante para que pueda llegar aire limpio que disminuye la concentración de contaminantes". Los especialistas coinciden en que en la ciudad de Buenos Aires no hay problemas graves de contaminación atmosférica y en que la fuente principal de polución del aire porteño es el tránsito vehicular.

A partir de la sanción de la Ley 1356 de Calidad Atmosférica, surgió la necesidad de desarrollar un monitoreo atmosférico continuo de la Ciudad que brinde información de fácil acceso. Para alcanzar dicho objetivo, la Ciudad de Buenos Aires implementó una Red de Monitoreo de Aire y Ruido para controlar la calidad ambiental del entorno urbano a través de un monitoreo permanente y continuo de los niveles de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y PM10, según normas EPA. Los niveles diarios de concentración de estos componentes son registrados por distintas estaciones y están disponibles a través de un sistema de consulta en línea.

En cuanto a la calidad acústica, las principales fuentes emisoras de ruido en el medio urbano son: el tránsito vehicular, las obras en construcción, los eventos en el estadio Boca Juniors, entre otros. Los entornos urbanos frecuentemente reproducen condiciones de

hábitat donde su población se encuentra sometida a altos niveles sonoros de modo prolongado, pudiendo ocasionar trastornos auditivos.

La Ciudad de Buenos Aires cuenta con un marco normativo orientado tanto a regular la emisión de sonidos hacia el exterior, como a regular las emisiones sonoras de los vehículos. La Ley 1540 de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Decreto Reglamentario 740/07 brindan definiciones para la evaluación acústica y fija niveles máximos de emisión al exterior. Sin embargo, el marco normativo no fija claramente un objetivo para los niveles sonoros alcanzar en el espacio exterior. Tampoco define claramente cómo interpretar las emisiones de las arterias viales ni, por tanto, interpretar los efectos de aquellos proyectos que las desarrollan. Si interpretamos que el nivel máximo permitido de emisión sonora se asemeja al nivel sonoro exterior deseado, se puede verificar una predominancia en la Ciudad de Buenos Aires de condiciones sonoras adversas, es decir, donde los niveles sonoros medios diurno y nocturno sobrepasan los límites fijados.

Los espacios verdes del barrio comprenden las plazas que figuran en la tabla 4.1.1 y el área que ocupaba la Ex Ciudad Deportiva de Boca, ubicado a orillas del Río de la Plata y lindero con la Reserva Ecológica Costanera Sur. Este último predio comprende 70 hectáreas, en las que se planea desarrollar un proyecto inmobiliario que incluirá viviendas, oficinas, comercios y un parque público de 48 hectáreas.

7.2 Identificación de acciones con potenciales impactos

Para poder analizar los potenciales impactos ambientales que implicaría el proyecto, es necesario identificar las acciones que se realizarán durante las distintas etapas del mismo. A continuación se observan dichas acciones, clasificadas según formen parte de la etapa de construcción u operación del proyecto.

Etapas de construcción

- Transporte e instalación de contenedores marítimos en los puntos limpios
- Transporte de material de construcción hacia la estación de enfardado
- Construcción de la estación de enfardado
- Instalación de contenedores nuevos
- Transporte de personal y material de construcción hacia la central termoeléctrica
- Construcción de fosa e instalación de caldera de combustión y equipos de tratamiento de gases

Etapa de operación

- Operación de los puntos limpios
- Operación de la estación de enfardado
- Operación de la planta de valorización térmica de residuos

7.3 Matriz de impactos ambientales

En base a las acciones asociadas al proyecto con un potencial impacto ambiental, se crea una matriz en la que se intersecan las tareas y los factores ambientales susceptibles a ser afectados. Los impactos se caracterizan y valoran de acuerdo a ciertos atributos para conformar la denominada "Matriz de Interacciones de Leopold".

La escala que se utiliza para la valoración de la importancia de los impactos se basa en los criterios que pueden observarse en la figura 7.3.1. Finalmente, la importancia de cada impacto se calcula según la fórmula que se aprecia en la misma figura. A su vez, el valor que toma la importancia puede clasificarse según lo que se expone en la figura 7.3.2.

En la figura 7.3.3 se encuentra la matriz de interacciones de Leopold que se realizó para este proyecto. Las celdas en blanco representan que tales acciones no generan un impacto apreciable sobre los factores ambientales. Allí puede observarse que la mayoría de los impactos negativos se concentran en la etapa de construcción. Además, los únicos valores que corresponden a la categoría "impacto moderado" están relacionados con la planta de valorización térmica de residuos. Esto está vinculado al hecho de que la incineración de RSU está prevista que se realice en una central termoeléctrica que actualmente está en operación. Gracias a esto, los cambios implicados se llevarían a cabo en una zona industrial, alejada de los espacios residenciales y muy próxima al río de la Plata. En cuanto a las descargas a la atmósfera, las mismas serán mínimas y cumplirán con la legislación vigente debido al sistema de tratamiento de gases y a su monitoreo constante.

Cabe señalar también que en la matriz no se encuentran valores de importancia clasificados como "impacto severo" o "impacto crítico".

NATURALEZA: signo		INTENSIDAD (I): grado de destrucción	
- Impacto beneficioso	+	- Baja	1
- Impacto perjudicial	-	- Media	2
		- Alta	4
		- Muy alta	8
		- Total	12
EXTENSIÓN (EX): área de influencia		MOMENTO (MO): plazo de manifestación	
- Puntual	1	- Largo plazo	1
- Parcial	2	- Medio plazo	2
- Extenso	4	- Inmediato	4
- Total	8	- Crítico	(+4)
- Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE): permanencia del efecto		REVERSIBILIDAD (RV)	
- Fugaz	1	- Corto plazo	1
- Temporal	2	- Medio Plazo	2
- Permanente	4	- Irreversible	4
SINERGIA (SI): regularidad de la manifestación		ACUMULACIÓN (AC): incremento progresivo	
- Sin sinergismo (simple)	1	- Simple	1
- Sinérgico	2	- Acumulativo	4
- Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF): relación causa-efecto		PERIODICIDAD (PR): regularidad de la manifestación	
- Indirecto (secundario)	1	- Irregular o aperiódico y discontinuo	1
- Directo	4	- Periódico	2
		- Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC): reconstrucción por medios humanos		IMPORTANCIA DEL IMPACTO	
- Recuperable de manera inmediata	1	$I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	91
- Recuperable a medio plazo	2		
- Mitigable	4		
- Irrecuperable	8		

Figura 7.3.1: Criterios y escalas que se utilizan para la valoración de la importancia de los impactos

Fuente: Aramayo (2014)



Figura 7.3.2: Magnitud de los impactos valorizados en la matriz de interacciones

Etapa	Acción	Factores ambientales											
		Aire		Suelo		Agua			Medio socioec				
		Emisión de gases	Material particulado	Generación de olores	Ruido	Calidad del suelo	Relieve	Superficial	Subterránea	Biodiversidad	Conservación del paisaje	Generación de empleo	Infraestructura de servicios
Construcción	Transporte e instalación de contenedores marítimos en los puntos limpios				-21							(+)	
	Transporte de material de construcción hacia la estación de enfardado	-17	-22		-21							(+)	
	Construcción de la estación de enfardado				-17						(+)	(+)	
	Instalación de contenedores nuevos										(+)	(+)	
	Transporte de personal y material de construcción hacia la central termoeléctrica	-17	-22		-21							(+)	
	Construcción de fosa e instalación de caldera de combustión y equipos de tratamiento de gases		-22		-18	-17	-23	-21	-21		-28	(+)	(+)
Operación	Operación de los puntos limpios										(+)	(+)	(+)
	Operación de la estación de enfardado				-17						(+)	(+)	(+)
	Operación de la planta de valorización térmica de residuos	-36	-20	-26	-18					-17	(+)	(+)	(+)

Figura 7.3.3: Matriz de Leopold del proyecto

7.4 Plan de gestión ambiental

Con el fin de minimizar los potenciales impactos ambientales negativos del proyecto, es necesario ejecutar un plan de gestión ambiental. El mismo está compuesto por un plan de prevención y uno de mitigación.

7.4.1 Plan de prevención

Para evitar o disminuir los efectos previstos sobre el ambiente vinculados al proyecto, se proponen a continuación lineamientos sobre los que se basen los programas del plan de prevención.

Durante la etapa de construcción:

- Realizar campañas de difusión y reuniones en las que se informe a los ciudadanos los aspectos más relevantes del proyecto: objetivos, costos, modificaciones e implicancias.
- Invitar a los ciudadanos a involucrarse en el proyecto, por ejemplo, laboralmente.
- Transportar los materiales en horarios que minimicen complicaciones en tránsito.
- Capacitar y controlar los requisitos en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Mantener las condiciones generales de limpieza y orden.
- Instalar elementos de señalización que resulten efectivos en la comunicación.

Durante la etapa de operación:

- Generar campañas de comunicación masiva sobre el manejo de los residuos.
- Fomentar la participación de los comerciantes en los programas de canje de reciclables.
- Señalar con claridad el material que debe depositarse en cada contenedor.
- Invitar a las cooperativas de recuperadores urbanos a participar activamente en las medidas propuestas para optimizar la obtención y comercialización de material reciclable.
- Realizar mantenimiento constante de las instalaciones.

7.4.2 Plan de mitigación

Además del plan de prevención, el plan de gestión ambiental debe contar con un plan que cuente con respuestas delineadas ante eventuales emergencias o accidentes que puedan ocurrir bajo las condiciones y los procesos de cada etapa del proyecto. Por este motivo se proponen las medidas que se mencionan a continuación.

- Desarrollar un plan de evacuación.
- Designar coordinadores responsables de cada sector en caso de emergencias.
- Elaborar procedimientos específicos en caso de derrame de las sustancias químicas adquiridas para el tratamiento de los gases de combustión.
- Monitorear constantemente los parámetros de los gases de la chimenea.

7.5 Conclusiones del estudio de impacto ambiental

Luego de haber expuesto la línea de base de la zona involucrada con el proyecto, de haber identificado y cuantificado sus impactos ambientales y de proponer lineamientos de plan de gestión ambiental, puede concluirse que el mismo es compatible con el ambiente.

Los potenciales impactos negativos sobre el ambiente se categorizaron entre leves y moderados, lo cual es esperable para cualquier obra de gran envergadura. Teniendo en cuenta lo urgente que resulta plantear nuevas estrategias de gestión de residuos que sean perdurables a largo plazo, que los impactos ambientales del proyecto no son severos, y que es posible implementar acciones de prevención y mitigación, el escenario se ve favorable.

8. Conclusiones

El escenario actual en materia de residuos es alarmante: toneladas de plástico en los océanos, basurales a cielo abierto, rellenos sanitarios colapsados, entre otros. Esto representa un problema a nivel mundial, y la Ciudad de Buenos Aires no es la excepción. Si bien han habido acciones concretas que mejoran la situación, como la promulgación de la ley 1854, la instalación de la planta de tratamiento mecánica biológica en el Complejo Ambiental Norte III, la implementación de Centros Verdes gestionados con las cooperativas de recuperadores urbanos, o la puesta en marcha del Centro de reciclaje de la Ciudad, los resultados no tienen el impacto suficiente para revertir la situación.

Si se desea no caer nuevamente en una problemática de larga data, las potenciales soluciones deben ser, al menos, distintas. Además, estas deben ser anunciadas debidamente a la ciudadanía, brindando el tiempo necesario para que la información sea correctamente difundida y para que las personas se involucren en este tipo de proyectos de los que son inevitablemente partícipes.

A lo largo de este documento se han desarrollado propuestas que mejorarían el desempeño de la gestión actual de los residuos domiciliarios. Quizás el punto más controversial, el de la valorización térmica de RSU, fue descrito a fin de demostrar que este tipo de tratamiento, llevado a cabo de forma correcta, no solamente es capaz de cumplir con los requisitos de calidad de aire más exigentes sino que puede coexistir con el reciclaje. Es capaz de generar trabajo, disminuir el volumen de residuos que se disponen y sustituir los combustibles tradicionales que se emplean en la industria energética.

En este proyecto se propuso, además de tratar los residuos mediante incineración, aprovechar su capacidad calorífica e incorporar esta característica a la operación de una central termoeléctrica ya instalada, de manera de ocasionar el menor impacto posible en el entorno. Constituye una alternativa capaz de brindar soluciones a largo plazo que, a diferencia de la actual disposición de residuos en vertederos, no representa un obstáculo que deban atravesar las generaciones futuras.

Se valora el aporte de todos aquellos que, de alguna u otra manera, colaboraron en la ejecución de este trabajo. A su vez, entendiendo al Estado como comunidad social con una organización común soberana e independiente, se agradece al Estado Argentino por gestionar y financiar la educación pública universitaria, sin la cual no habría sido posible la realización de este proyecto.

9. Referencias bibliográficas

- Agencia de Protección Ambiental de EEUU. Oficina de Normas y Planeación de la Calidad del Aire. Manual de Costos de Control de Contaminación del Aire (2000).
- Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires. Plan de acción Buenos Aires 2030. (2009). Disponible en https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/pacc.php?menu_id=32408
- Alsúa S., Bonavento, F., Diehl, M., Figueroa, A., Foche, R. y Valdemoros, F. (2019). Análisis de prefactibilidad de planta de valorización térmica de RSU. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Bonmatí, A. (2008). Gestión y tratamiento de residuos sólidos urbanos. Documenta universitaria. Recuperado de http://www.creaf.uab.es/propies/pilar/LibroRiesgos/09_Cap%C3%ADtulo8.pdf
- Branchini, L. (2015). Waste-to-Energy: Advanced Cycles and New Design Concepts for Efficient Power Plants.
- Buenos Aires Ciudad. Buenos Aires Data. Campanas verdes. Recuperado de <https://data.buenosaires.gob.ar/dataset/campanas-verdes>
- Buenos Aires Ciudad. La ciudad. Ciudad de Buenos Aires. Recuperado de <https://www.buenosaires.gob.ar/laciudad/ciudad>
- Buenos Aires Ciudad. Ministerio de gobierno. Gestión de residuos sólidos urbanos. Mapa interactivo disponible en <https://www.buenosaires.gob.ar/gobierno/amba/rsu>
- Buenos Aires Ciudad. Noticias. Día del agua: cómo el Ceamse convierte los líquidos de la basura. Recuperado de <https://www.buenosaires.gob.ar/laciudad/noticias/dia-del-agua-como-el-ceamse-convierte-los-liquidos-de-la-basura>
- Buenos Aires Ciudad. Noticias. Inauguramos una planta para el tratamiento de residuos. <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/inauguramos-una-planta-para-el-tratamiento-de-residuos>
- Cabrera, A. (2020). Valorización energética de los residuos municipales de la isla de Tenerife.
- Calise, F. (2019). Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de Tandil.
- Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP). Tipos de plásticos. Recuperado de <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- Castells, X. (2005). Tratamiento y valorización energética de residuos. Ediciones Díaz de Santos.
- CEAMSE. Cómputos. Estudios de calidad de Residuos Sólidos Urbanos Dispuestos (RSU) por año. Disponible en <http://www.ceamse.gov.ar/estadisticas/>
- CEAMSE. Generamos energía eléctrica para 25 mil hogares a partir del biogás de la basura (2014). Recuperado de

<http://www.ceamse.gov.ar/generamos-energia-electrica-para-25-mil-hogares-a-partir-del-biogas-de-la-basura/>

CEAMSE. Gestión de los residuos en Buenos Aires - Guía para educadores. Gerencia de relaciones institucionales (2015). Recuperado de <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2015/06/guia-educadores1.pdf>

CEAMSE. Planta de tratamiento mecánico biológico (TMB) - Norte III (2017). Recuperado de <http://www.ceamse.gov.ar/planta-de-tratamiento-mecanico-biologico/>

CEAMSE. GCBA. FIUBA. Estudio de Calidad de los RSU de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2016). Recuperado de <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/10/I.Final-ECRSU-CABA-FIUBA-2015-NOV-16.pdf>

CEDEM (2003) El sur en la Ciudad de Buenos Aires: Caracterización económica territorial de los barrios de La Boca, Barracas, Nueva Pompeya, Villa Riachuelo, Villa Soldati, Villa Lugano y Mataderos. Recuperado de https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/wp-content/uploads/2015/04/cuadernos_cedem_2003_006.pdf

Conexión Reciclado. Listado de precios de materiales reciclables post consumo por kilo. Recuperado de <https://conexionreciclado.com.ar/precios-reciclables-de-septiembre-indice-trimestral-de-precios-mr-pc/>

Cooper, C.D. y Alley, F.C. (2011). Air pollution control: A design approach. Waveland Press, Inc.

Decreto 831/93. Reglamentación de la ley 24.051 de residuos peligrosos de la República Argentina. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/recurso/12830/texact/htm>

Diagrama de Mollier de vapor de agua. Disponible en: <http://www.henrikdamp.dk/>

Directiva 2010/75/UE del parlamento europeo sobre las emisiones industriales. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:02010L0075-20110106&from=EN#tocl101>

EPA. Campanas, ductos y chimeneas. Disponible en <https://www3.epa.gov/ttn/catc/cica/files/cs2ch1-s.pdf>

Escandar, A. (30 de julio de 2017). 24 fotos del proceso de tratamiento de residuos metropolitanos. Infobae. Recuperado de <https://www.infobae.com/deportes-2/fotos-100/2017/07/30/24-fotos-del-proceso-de-la-tratamiento-de-residuos-metropolitanos/>

Fabric filter design review. Recuperado de <http://cementassociation.ir/library/28.pdf>

Fundación Ambiente y Recursos Naturales. La incineración de basura en la Ciudad de Buenos Aires es INCONSTITUCIONAL (2019).

Giambartolomei, M. (27 de enero de 2018). Basura: analizan opciones para evitar el colapso de los rellenos sanitarios. La Nación. Recuperado de

<https://www.lanacion.com.ar/sociedad/basura-analizan-opciones-para-evitar-el-colapso-de-los-rellenos-sanitarios-nid2104242>

Gobierno de España. Ministerio de Ambiente y Medio Rural y Marino. Mejores técnicas disponibles de referencia europea para incineración de residuos (2011). Disponible en https://prtr-es.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf

Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Guía técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire (2007).

Huang, H. (1988). Spray-Dryer Flue-Gas-Cleaning System Handbook. Energy Systems Division, Argonne National Laboratory. Recuperado de <https://www.osti.gov/servlets/purl/7178194>

Hurtado Melo, S. Filtro de mangas. Recuperado de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/20229/fichero/3.+Anexos+del+Proyecto%252FAnexo8.+Filtro+de+Mangas.pdf>

INDEC (2011) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Disponible en https://www.indec.gov.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135

LDX Solutions. Sistema de inyección de carbón activado. Recuperado de <https://www.idxolutionses.com/tecnologias/inyeccion-carbon-activado/#:~:text=Un%20sistema%20de%20inyecci%C3%B3n%20de.conducto%20de%20gases%20de%20combusti%C3%B3n.>

Listek, V. (5 de abril de 2019). Cambia la gestión de reciclables en la Ciudad de Buenos Aires. Visión Sustentable. Recuperado de <http://www.visionsustentable.com/2019/04/05/cambia-la-gestion-de-reciclables-en-la-ciudad-de-buenos-aires/>

Melano, B., Saccon, S. y Vergini, S. (2018). Planta generadora de energía mediante la incineración controlada de RSU. Universidad Tecnológica Nacional.

MetroGAS. Cuadros tarifarios. Disponible en <https://www.metrogas.com.ar/Grandes-Clientes/Paginas/cuadros-tarifarios.aspx>

Olivera, F. (13 de mayo de 2022). La basura porteña, un negocio que salta la grieta. La Nación. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/economia/la-basura-portena-un-negocio-que-salta-la-grieta-nid13052022/>

Pettigiani, E., Muzlera, A., Antonini, S. (2013). Caracterización de los residuos sólidos urbanos domiciliarios en Unquillo, Córdoba.

Resa, J. N. (1996). Incineración de RSU en hornos de parrilla. Ingeniería química. Disponible en <https://resa-bcn.com/media/uploads/2015/01/RSU-incineracion.pdf>

Röben, E. (2002). Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja. Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/fulltext/loja.pdf

- Röben, E. (2003). El reciclaje: Oportunidades para reducir la generación de los desechos sólidos y reintegrar materiales recuperables en el círculo económico. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja.
- Rocha, L. (27 de enero de 2018). Tapados de basura: en cinco años colapsará el sistema de rellenos sanitarios del AMBA. Infobae. Recuperado de <https://www.infobae.com/sociedad/2018/01/27/tapados-de-basura-en-cinco-anos-colapsa-el-sistema-de-rellenos-sanitarios-del-amba/>
- Rocha, L. (4 de octubre de 2019). Declararon inconstitucional la ley que permite incinerar en la Ciudad. Infobae. Recuperado de <https://www.infobae.com/sociedad/2019/10/04/declararon-inconstitucional-la-ley-que-permite-incinerar-en-la-ciudad/>
- Rodríguez Ramos, S. (28 de abril de 2022). Medio ambiente: qué porcentaje de porteños recicla la basura. La Nación. Recuperado de <https://www.lanacion.com.ar/buenos-aires/medio-ambiente-que-porcentaje-de-portenos-recicla-la-basura-nid28042022/>
- Rodríguez Rosa, A., Echegaray Marcelo, E., Castro María, Palacios Carlos, Hektor Klaus, Udaquiola Stella. (2008). Modelo y diseño de tren de lavado de gases provenientes de la incineración de residuos. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-3, pp. 5-14. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46712301>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Proyecto desarrollo sustentable de la cuenca Matanza Riachuelo. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/agua/matanza-riachuelo/desarrollosustentable>
- Stekolschik, G. (20 de julio de 2017). ¿Buenos Aires?. Nexciencia. Recuperado de <https://nexciencia.exactas.uba.ar/contaminacion-atmosferica-polucion-aire-ciudad-buenos-aires-en-rique-san-roman-rosana-abrutzky-andrea-pineda-rojas-dario-gomez>
- Tchobanoglous, G. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. McGraw-Hill. Disponible en <http://web.frm.utn.edu.ar/webutn/archivos/civil/Sanitaria/Capitulo4.pdf>
- Themelis, N., Díaz Barriga, M., Estévez, P. y Velazco, M. (2013). Guidebook for the application of waste to energy technologies in Latin America and other developing regions. Columbia University.
- UNSAM. Escuela de Política y Gobierno. Avances hacia la gestión integral de residuos en la región metropolitana de Buenos Aires (2015). Disponible en <https://gapepyg.files.wordpress.com/2012/09/epyg-2015-avances-hacia-la-gestic3b3n-de-rsu-en-la-rmba-baja-p-doble.pdf>
- Vinculación Empresa Escuela. (2021). Visita virtual 360° | ENEL Generación Costanera. YouTube. Disponible en <https://youtu.be/zVOhpet8UQM>
- Williams, P. (2005). Waste treatment and disposal. John Wiley & Sons Ltd.
- WSP Environmental Ltd. (2013). Waste technologies: waste to energy facilities.
- Yanes, I. J. (2001). Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Instituto Nacional de Ecología. Disponible en <http://www.ingenieroambiental.com/4014/minimiza6.pdf>

10. Anexo

10.1 Anexos ley 1356 CABA – Calidad atmosférica

ANEXO A

LEY L - Nº 1.356

(Artículos 63 y 64)

ESTÁNDARES DE CALIDAD DE AIRE AMBIENTE

TABLA A

Contaminantes criterio (*)

Contaminante	Símbolo	Mg/m ³	Ppm	Período	Tipo de norma
Dióxido de azufre	SO ₂	0.080	0.03	Media aritm. Anual	Primario
		0.365	0.14	Prom. 24 hs.	Primario
		1.3	0.50	Prom. 3 hs.	Secundario
Material particulado en suspensión	PM10	0.050		Media aritm. Anual	Primario y Sec.
		0.15		Prom. 24 hs.	
	PM2.5	0.015		Media aritm. Anual	Primario y Sec.
		0.065		Promedio 24 hs.	
Monóxido de carbono	CO	10	9	Prom. 8 hs.	Primario
		40	35	Prom. 1 hora	Primario
Ozono	O ₃	0.157	0.08	Prom 8 hs.	Prim. y Secund.
		0.235	0.12	Prom. 1 hora	Prim. y Secund.
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	0.100		Media aritm. anual	Prim. y secund.
		0.0015	0.053	Promedio trimestral	Primario y secundario
Plomo	Pb				

(*) Aquellos contaminantes sobre los que existe amplio conocimiento en el desarrollo científico de criterios de calidad de aire.

ppm: partes por millón mg/m³: miligramos por m³ de aire.

El estándar de calidad de aire para el ozono (1 hora) se aplica solamente a determinadas áreas en las cuales no podía alcanzarse la misma cuando fue adoptada la correspondiente a 8 horas en julio de 1997.

Fuente: EPA 1998 National Ambient Air Quality Standards (Environmental Protection Agency – USA)

TABLA B
FLUJO MÁSIICO VERTICAL DE PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

Partículas Sedimentables	1 mg / cm ²	30 días
--------------------------	------------------------	---------

CONCENTRACIÓN MÁSIICA DE FRACCIÓN CARBONOSA EN MATERIAL PARTICULADO

Fracción carbonosa en material particulado	0.1 mg / cm ³	24 horas
--	--------------------------	----------

ANEXO B
LEY L - Nº 1.356
(Artículo 65)

Escala de Intensidad de olor

Con relación a la aplicación de estas escalas que hacen a las condiciones ambientales exteriores los límites aceptables de valores serán grado 2 de Tabla I y grado 1 de Tabla II. Para ambiente laboral los límites aceptables serán de grado 3 de Tabla I y de grado 2 de Tabla II.

TABLA I

Escala de intensidad de olor

Grado Intensidad

0 Sin olor

1 Muy leve

2 Débil

3 Fácilmente notable

4 Fuerte

5 Muy Fuerte

TABLA II

Escala irritante (irritación nasal y ojos)

Grado Intensidad

0 No irritante

1 Débil

2 Moderado

3 Fuerte

4 Intolerable

Las Tablas I y II son orientativas para una estimación previa.

10.2 Rutas de recolección de residuos compostables y termovalorizables

Tipo	Nombre	Altura izq ini	Altura izq fin	Altura der ini	Altura der fin	Longitud (m)	Sentido	Código de ruta	Long total ruta (m)
CALLE	SUAREZ	902	1000	901	999	129	DECRECIENTE	10060	
CALLE	IRALA	902	1000	901	999	102	CRECIENTE	10060	
CALLE	OLAVARRIA	1002	1100	1001	1099	132	DECRECIENTE	10060	
CALLE	HERNANDARIAS	1002	1100	1001	1099	98	DECRECIENTE	10060	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	1102	1200	1101	1199	151	CRECIENTE	10060	
CALLE	ROCHA	902	1000	901	999	14	DOBLE	10060	
CALLE	MELO, CARLOS F.	202	300	201	299	109	CRECIENTE	10060	
CALLE	SUAREZ	1102	1200	1101	1199	15	DECRECIENTE	10060	
CALLE	POLIZA, PRACTICO	902	1000	901	999	105	DECRECIENTE	10060	
CALLE	SUAREZ	1002	1100	1001	1099	131	DECRECIENTE	10060	
CALLE	HERNANDARIAS	902	1000	901	999	101	DECRECIENTE	10060	
CALLE	POLIZA, PRACTICO	1002	1100	1001	1099	98	DECRECIENTE	10060	
CALLE	OLAVARRIA	832	900	837	899	93	DECRECIENTE	10060	
CALLE	OLAVARRIA	902	1000	901	999	65	DECRECIENTE	10060	
CALLE	IRALA	1002	1100	1001	1099	95	CRECIENTE	10060	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	1002	1100	1001	1099	133	CRECIENTE	10060	
CALLE	HERNANDARIAS	1102	1200	1101	1199	104	DECRECIENTE	10060	
CALLE	OLAVARRIA	1102	1200	1101	1199	151	DECRECIENTE	10060	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	802	900	801	899	139	CRECIENTE	10060	
CALLE	MELO, CARLOS F.	2	100	1	99	105	DOBLE	10060	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	902	1000	901	999	96	CRECIENTE	10060	
CALLE	IRALA	1102	1200	1101	1199	103	CRECIENTE	10060	
CALLE	MAGALLANES	1202	1300	1201	1299	152	DECRECIENTE	10060	
CALLE	MAGALLANES	902	1000	901	999	138	DECRECIENTE	10060	
CALLE	MELO, CARLOS F.	102	200	101	199	87	DOBLE	10060	
CALLE	MAGALLANES	1002	1100	1001	1099	123	DECRECIENTE	10060	
CALLE	IRALA	1202	1300	1201	1299	91	CRECIENTE	10060	
CALLE	MAGALLANES	1102	1200	1101	1199	134	DECRECIENTE	10060	
CALLE	HERNANDARIAS	1202	1300	1201	1299	101	DECRECIENTE	10060	
CALLE	IRALA	1302	1400	1301	1399	103	CRECIENTE	10060	
CALLE	ROCHA	1102	1200	1101	1199	134	CRECIENTE	10060	
CALLE	HERNANDARIAS	1302	1400	1301	1399	98	DECRECIENTE	10060	
CALLE	ROCHA	1202	1300	1201	1299	151	CRECIENTE	10060	
CALLE	MELO, CARLOS F.	302	400	301	399	121	CRECIENTE	10060	
CALLE	ALVAR NUÑEZ	2	100	1	99	121	DOBLE	10060	
CALLE	IRALA	1402	1500	1401	1499	119	CRECIENTE	10060	

CALLE	HERNANDARIAS	1402	1500	1401	1499	119	DECRECIENTE	10060
CALLE	ROCHA	1002	1090	1001	1089	139	DOBLE	10060
CALLE	ROCHA	1092	1100	1091	1099	16	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1002	1100	1001	1099	106	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	868	900	901	913	28	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	802	866	801	899	72	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	902	1000	915	999	101	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1102	1200	1101	1199	113	DOBLE	10060
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1202	1300	1201	1299	93	DOBLE	10060

4729

CALLE	CERRI, DANIEL, Gral.	1002	1100	1001	1099	170	DOBLE	10070
CALLE	IRALA	1802	1900	1801	1899	92	CRECIENTE	10070
CALLE	CERRI, DANIEL, Gral.	1102	1200	1101	1199	138	DECRECIENTE	10070
CALLE	HERNANDARIAS	1802	1900	1801	1899	90	DECRECIENTE	10070
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	802	900	801	899	119	DECRECIENTE	10070
CALLE	GARIBALDI	2002	2100	2001	2099	100	DOBLE	10070
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	902	1000	901	999	142	DECRECIENTE	10070
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	1002	1100	1001	1099	51	DECRECIENTE	10070
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	1102	1200	1101	1199	135	DECRECIENTE	10070
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	1202	1300	1201	1299	151	DECRECIENTE	10070
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	838	900	837	899	84	CRECIENTE	10070
CALLE	MELO, CARLOS F.	402	500	401	499	99	CRECIENTE	10070
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	902	1000	901	999	142	CRECIENTE	10070
CALLE	ALVAR NUÑEZ	102	200	101	199	126	DOBLE	10070
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	1002	1100	1001	1099	86	CRECIENTE	10070
CALLE	IRALA	1502	1600	1501	1599	118	CRECIENTE	10070
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	1102	1200	1101	1199	136	CRECIENTE	10070
CALLE	HERNANDARIAS	1502	1600	1501	1599	105	DECRECIENTE	10070
CALLE	MELO, CARLOS F.	502	600	501	599	92	CRECIENTE	10070
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	1202	1300	1201	1299	149	DOBLE	10070
CALLE	MELO, CARLOS F.	602	612	601	615	29	DOBLE	10070
CALLE	SALVADORES, Cnel.	902	1000	901	999	145	DOBLE	10070
CALLE	ALVAR NUÑEZ	202	300	201	299	108	DOBLE	10070
CALLE	CALIFORNIA	802	850	801	849	71	DECRECIENTE	10070
CALLE	SALVADORES, Cnel.	1002	1100	1001	1099	117	DOBLE	10070
CALLE	IRALA	1602	1700	1601	1699	101	CRECIENTE	10070
CALLE	SALVADORES, Cnel.	1102	1200	1101	1199	14	CRECIENTE	10070
CALLE	HERNANDARIAS	1602	1700	1601	1699	99	DECRECIENTE	10070
CALLE	CALIFORNIA	852	900	851	899	66	DECRECIENTE	10070
CALLE	MELO, CARLOS F.	614	700	617	699	91	DOBLE	10070
CALLE	SALVADORES, Cnel.	1202	1300	1201	1299	149	CRECIENTE	10070

CALLE	CALIFORNIA	952	1000	951	999	60	DECRECIENTE	10070	
CALLE	ALVAR NUÑEZ	302	400	301	399	97	DOBLE	10070	
CALLE	CALIFORNIA	1002	1100	1001	1099	144	DECRECIENTE	10070	
CALLE	IRALA	1702	1800	1701	1799	95	CRECIENTE	10070	
CALLE	MELO, CARLOS F.	702	800	701	799	85	DOBLE	10070	
CALLE	CALIFORNIA	1102	1200	1101	1199	137	DECRECIENTE	10070	
CALLE	HERNANDARIAS	1702	1800	1701	1799	100	DECRECIENTE	10070	
CALLE	CALIFORNIA	1202	1300	1201	1299	149	DECRECIENTE	10070	
CALLE	ALVAR NUÑEZ	402	500	401	499	10	DOBLE	10070	
CALLE	CERRI, DANIEL, Gral.	1202	1300	1201	1299	149	DECRECIENTE	10070	
CALLE	IRALA	1902	2000	1901	1999	135	CRECIENTE	10070	
CALLE	RIO CUARTO	1102	1200	1101	1199	140	DOBLE	10070	
CALLE	HERNANDARIAS	1902	2000	1901	1999	152	DECRECIENTE	10070	
CALLE	RIO CUARTO	1202	1300	1201	1299	148	DOBLE	10070	
CALLE	IRALA	2002	2100	2001	2099	11	CRECIENTE	10070	
CALLE	CALIFORNIA	902	950	901	949	90	DECRECIENTE	10070	
CALLE	SALVADORES, Cnel.	852	874	851	873	44	DOBLE	10070	
CALLE	SALVADORES, Cnel.	876	900	875	899	20	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1302	1400	1301	1399	108	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1402	1500	1401	1499	100	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1502	1600	1501	1599	102	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1602	1700	1601	1699	102	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1702	1800	1701	1799	89	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1802	1856	1801	1855	100	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1858	1900	1857	1899	67	DOBLE	10070	
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	1902	2000	1901	1999	227	DOBLE	10070	
									5971
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	2	100	1	99	177	CRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	202	300	201	299	85	DECRECIENTE	10080	
CALLE	VILLAFÁÑE, WENCESLAO	2	100	1	99	21	CRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	702	800	701	799	55	DECRECIENTE	10080	
CALLE	D'ESPOSITO, ARNALDO	102	150	101	149	125	CRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	102	200	101	199	72	DECRECIENTE	10080	
CALLE	D'ESPOSITO, ARNALDO	152	250	151	249	112	CRECIENTE	10080	
CALLE	PI Y MARGALL	602	700	601	699	65	CRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	302	400	301	399	86	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	2	80	1	79	178	CRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	402	500	401	499	112	DECRECIENTE	10080	
CALLE	20 DE SETIEMBRE	202	250	201	249	64	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	112	200	111	199	104	CRECIENTE	10080	
CALLE	BRIN, Ministro	502	600	501	599	109	CRECIENTE	10080	

CALLE	CABOTO	502	600	501	599	166	DECRECIENTE	10080
CALLE	20 DE SETIEMBRE	252	300	251	299	54	DECRECIENTE	10080
CALLE	CAFFARENA, AGUSTIN R.	2	100	1	99	204	DOBLE	10080
CALLE	CABOTO	602	700	601	699	125	DECRECIENTE	10080
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	202	300	201	299	119	CRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	602	700	601	699	117	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRIN, Ministro	602	700	601	699	165	CRECIENTE	10080
CALLE	VILLAFANE, WENCESLAO	102	200	101	199	115	CRECIENTE	10080
CALLE	CAFFARENA, AGUSTIN R.	102	200	101	199	118	DOBLE	10080
CALLE	BRIN, Ministro	702	800	701	799	125	CRECIENTE	10080
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	302	400	301	399	132	CRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	702	800	701	799	17	DECRECIENTE	10080
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	2	100	1	99	220	DECRECIENTE	10080
CALLE	CABOTO	802	900	801	899	102	DECRECIENTE	10080
CALLE	VILLAFANE, WENCESLAO	202	300	201	299	130	CRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	802	842	801	843	72	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRANDSEN	352	400	351	399	8	CRECIENTE	10080
CALLE	OLAVARRIA	202	300	201	299	149	DECRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	1202	1300	1201	1299	103	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRANDSEN	302	350	301	349	57	CRECIENTE	10080
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	102	200	101	199	115	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRIN, Ministro	802	900	801	899	102	CRECIENTE	10080
CALLE	VILLAFANE, WENCESLAO	302	400	301	399	142	CRECIENTE	10080
CALLE	PINZON	2	100	1	99	214	DECRECIENTE	10080
CALLE	CABOTO	902	1000	901	999	105	DECRECIENTE	10080
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	202	300	201	299	149	DECRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	844	900	845	899	102	DECRECIENTE	10080
CALLE	PINZON	102	200	101	199	116	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRIN, Ministro	902	1000	901	999	104	CRECIENTE	10080
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	302	400	301	399	139	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRANDSEN	2	100	1	99	195	CRECIENTE	10080
CALLE	CABOTO	1002	1100	1001	1099	10	DECRECIENTE	10080
CALLE	PINZON	202	300	201	299	150	DECRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	902	1000	901	999	102	DECRECIENTE	10080
CALLE	PINZON	302	340	301	339	52	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRANDSEN	102	200	101	199	117	CRECIENTE	10080
CALLE	BRIN, Ministro	1002	1100	1001	1099	101	CRECIENTE	10080
CALLE	SUAREZ	2	100	1	99	157	DECRECIENTE	10080
CALLE	CABOTO	1102	1200	1101	1199	105	DECRECIENTE	10080
CALLE	BRANDSEN	202	300	201	299	149	CRECIENTE	10080
CALLE	NECOCHEA	1002	1100	1001	1099	102	DECRECIENTE	10080

CALLE	SUAREZ	102	200	101	199	120	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BRIN, Ministro	1102	1200	1101	1199	104	CRECIENTE	10080	
CALLE	OLAVARRIA	2	100	1	99	97	DECRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	1202	1300	1201	1299	101	DECRECIENTE	10080	
CALLE	SUAREZ	202	300	201	299	149	DECRECIENTE	10080	
CALLE	NECOCHEA	1102	1200	1101	1199	103	DECRECIENTE	10080	
CALLE	SUAREZ	302	350	301	349	57	DECRECIENTE	10080	
CALLE	OLAVARRIA	102	200	101	199	123	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BRIN, Ministro	1202	1300	1201	1299	103	CRECIENTE	10080	
CALLE	SUAREZ	352	400	351	399	80	DECRECIENTE	10080	
CALLE	CABOTO	1302	1400	1301	1399	102	DECRECIENTE	10080	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	102	200	101	199	125	CRECIENTE	10080	
CALLE	BRIN, Ministro	1302	1400	1301	1399	100	CRECIENTE	10080	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	202	300	201	299	149	CRECIENTE	10080	
CALLE	NECOCHEA	1302	1400	1301	1399	99	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BRIN, Ministro	1402	1500	1401	1499	94	CRECIENTE	10080	
CALLE	NECOCHEA	1402	1500	1401	1499	97	DECRECIENTE	10080	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	302	400	301	399	131	CRECIENTE	10080	
CALLE	OLAVARRIA	302	400	301	399	13	DECRECIENTE	10080	
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	82	100	81	99	23	CRECIENTE	10080	
									8162
CALLE	PILCOMAYO	1002	1100	1001	1099	88	DECRECIENTE	10090	
CALLE	PILCOMAYO	1102	1200	1101	1199	89	DECRECIENTE	10090	
CALLE	ABDALA, GERMAN	102	200	101	199	112	DECRECIENTE	10090	
CALLE	SIN NOMBRE OFICIAL (ALT. PI Y MARGALL 900)	902	1000	901	999	116	DECRECIENTE	10090	
CALLE	IRALA	102	200	101	199	119	CRECIENTE	10090	
CALLE	PI Y MARGALL	1002	1100	1001	1099	9	DECRECIENTE	10090	
CALLE	HERNANDARIAS	102	200	101	199	120	DECRECIENTE	10090	
CALLE	PI Y MARGALL	1102	1200	1101	1199	107	DECRECIENTE	10090	
CALLE	IRALA	302	400	301	399	105	CRECIENTE	10090	
CALLE	IRALA	202	300	201	299	105	CRECIENTE	10090	
CALLE	LIBERTI, TOMAS	1002	1100	1001	1099	94	CRECIENTE	10090	
CALLE	HERNANDARIAS	202	300	201	299	104	DECRECIENTE	10090	
CALLE	LIBERTI, TOMAS	1102	1200	1101	1199	124	CRECIENTE	10090	
CALLE	GUALEGUAY	1002	1100	1001	1099	96	CRECIENTE	10090	
CALLE	HERNANDARIAS	302	400	301	399	10	DECRECIENTE	10090	
CALLE	GUALEGUAY	1102	1200	1101	1199	140	CRECIENTE	10090	
CALLE	IRALA	402	500	401	499	107	CRECIENTE	10090	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	1002	1100	1001	1099	99	DECRECIENTE	10090	
CALLE	HERNANDARIAS	402	500	401	499	106	DECRECIENTE	10090	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	1102	1200	1101	1199	154	DECRECIENTE	10090	

CALLE	IRALA	502	600	501	599	105	CRECIENTE	10090
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	1002	1100	1001	1099	116	CRECIENTE	10090
CALLE	HERNANDARIAS	502	600	501	599	104	DECRECIENTE	10090
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	1102	1200	1101	1199	15	CRECIENTE	10090
CALLE	IRALA	602	700	601	699	107	CRECIENTE	10090
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	1002	1100	1001	1099	129	DECRECIENTE	10090
CALLE	HERNANDARIAS	602	700	601	699	110	DECRECIENTE	10090
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	1102	1200	1101	1199	151	DECRECIENTE	10090
CALLE	PINZON	902	1000	901	999	104	DOBLE	10090
CALLE	IRALA	702	800	701	799	102	CRECIENTE	10090
CALLE	PINZON	1002	1100	1001	1099	131	CRECIENTE	10090
CALLE	HERNANDARIAS	702	800	701	799	104	DECRECIENTE	10090
CALLE	PINZON	1102	1200	1101	1199	151	CRECIENTE	10090
CALLE	BRANDSEN	902	1000	901	999	98	CRECIENTE	10090
CALLE	IRALA	802	900	801	899	100	CRECIENTE	10090
CALLE	BRANDSEN	1002	1100	1001	1099	132	CRECIENTE	10090
CALLE	HERNANDARIAS	802	900	801	899	99	DECRECIENTE	10090
CALLE	BRANDSEN	1102	1200	1101	1199	151	CRECIENTE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	2	100	1	99	120	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	102	200	101	199	103	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	202	300	201	299	106	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	302	400	301	399	104	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	402	500	401	499	105	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	502	600	501	599	113	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	602	700	601	699	11	DOBLE	10090
AVENIDA	REGIMIENTO DE PATRICIOS AV.	702	800	701	799	97	DOBLE	10090

4770

CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	402	500	401	499	136	CRECIENTE	10100
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	402	500	401	499	156	CRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	402	500	401	499	112	CRECIENTE	10100
CALLE	BLANES, JUAN MANUEL	502	600	501	599	132	DECRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	102	150	101	149	12	DECRECIENTE	10100
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	502	600	501	599	146	CRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	152	200	151	199	48	DECRECIENTE	10100
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	602	700	601	699	7	CRECIENTE	10100
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	402	500	401	499	157	DECRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	502	600	501	599	10	CRECIENTE	10100
CALLE	VILLAFañE, WENCESLAO	702	750	701	749	75	CRECIENTE	10100
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	502	600	501	599	14	DECRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	202	300	201	299	106	DECRECIENTE	10100
CALLE	PINZON	402	500	401	499	155	CRECIENTE	10100

CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	602	700	601	699	101	CRECIENTE	10100
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	602	700	601	699	72	DECRECIENTE	10100
CALLE	VALLE, ARISTOBULO DEL	702	800	701	799	72	DECRECIENTE	10100
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	602	700	601	699	108	CRECIENTE	10100
CALLE	PINZON	502	600	501	599	143	CRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	302	400	301	399	101	DECRECIENTE	10100
CALLE	BRANDSEN	402	500	401	499	153	CRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	702	800	701	799	10	CRECIENTE	10100
CALLE	PINZON	602	700	601	699	72	CRECIENTE	10100
CALLE	ZOLEZZI, ANTONIO L.	102	200	101	199	100	DOBLE	10100
CALLE	PINZON	702	800	701	799	72	CRECIENTE	10100
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	702	800	701	799	100	CRECIENTE	10100
CALLE	SUAREZ	402	500	401	499	15	DECRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	802	900	801	899	102	CRECIENTE	10100
CALLE	BRANDSEN	602	650	601	649	72	CRECIENTE	10100
CALLE	ZOLEZZI, ANTONIO L.	202	300	201	299	103	DOBLE	10100
CALLE	BRANDSEN	652	700	651	699	73	CRECIENTE	10100
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	802	900	801	899	102	CRECIENTE	10100
CALLE	SUAREZ	502	600	501	599	144	DECRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	502	600	501	599	10	DECRECIENTE	10100
CALLE	OLAVARRIA	402	500	401	499	151	DECRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	902	1000	901	999	101	CRECIENTE	10100
CALLE	SUAREZ	602	658	601	653	84	DECRECIENTE	10100
CALLE	SUAREZ	660	700	679	699	61	DECRECIENTE	10100
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	902	1000	901	999	101	CRECIENTE	10100
CALLE	OLAVARRIA	602	700	601	699	144	DECRECIENTE	10100
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	1002	1100	1001	1099	101	CRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	802	900	801	899	107	DECRECIENTE	10100
CALLE	CALIFORNIA	702	800	701	799	131	DECRECIENTE	10100
CALLE	GARIBALDI	1902	2000	1901	1999	116	DOBLE	10100
CALLE	OLAVARRIA	502	600	501	599	145	DECRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	602	700	601	699	101	DECRECIENTE	10100
CALLE	SUAREZ	702	800	701	799	105	DECRECIENTE	10100
CALLE	FILIBERTO, JUAN DE DIOS	902	1000	901	999	101	DECRECIENTE	10100
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	402	500	401	499	150	CRECIENTE	10100
CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	1002	1100	1001	1099	101	CRECIENTE	10100
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	502	600	501	599	145	CRECIENTE	10100
CALLE	PALOS	702	800	701	799	10	DECRECIENTE	10100
CALLE	OLAVARRIA	702	776	701	775	109	DECRECIENTE	10100
CALLE	FILIBERTO, JUAN DE DIOS	1002	1100	1001	1099	103	DECRECIENTE	10100
CALLE	AYOLAS	402	500	401	499	149	CRECIENTE	10100

CALLE	RODRIGUEZ, MARTIN	1102	1160	1101	1159	103	CRECIENTE	10100	
CALLE	OLAVARRIA	778	800	777	799	39	DECRECIENTE	10100	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	602	700	601	699	145	CRECIENTE	10100	
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	1102	1200	1101	1199	99	CRECIENTE	10100	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	702	780	701	779	103	CRECIENTE	10100	
CALLE	ARAOZ DE LAMADRID, GREGORIO, GRAL.	782	800	781	799	47	CRECIENTE	10100	
CALLE	VALLE IBERLUCEA del, Dr.	1202	1300	1201	1299	9	CRECIENTE	10100	
CALLE	ROCHA	802	900	801	899	126	DOBLE	10100	
CALLE	QUINQUELA MARTIN, BENITO	702	800	701	799	14	DECRECIENTE	10100	
CALLE	CARBONARI, FRANCISCO, Cmte.	1602	1650	1601	1649	48	DOBLE	10100	
CALLE	PALACIOS, ALFREDO L.	702	800	701	799	104	CRECIENTE	10100	
CALLE	GARIBALDI	1702	1800	1701	1799	80	DOBLE	10100	
CALLE	CALIFORNIA	602	700	601	699	183	DECRECIENTE	10100	
CALLE	CARBONARI, FRANCISCO, Cmte.	1702	1800	1701	1799	112	DOBLE	10100	
CALLE	SALVADORES, Cnel.	602	700	601	699	186	DOBLE	10100	
CALLE	CARBONARI, FRANCISCO, Cmte.	1652	1700	1651	1699	6	DOBLE	10100	
CALLE	GARIBALDI	1802	1850	1801	1849	5	DOBLE	10100	
CALLE	SALVADORES, Cnel.	702	800	701	799	117	DOBLE	10100	
CALLE	GARIBALDI	1852	1900	1851	1899	54	DOBLE	10100	
CALLE	CARBONARI, FRANCISCO, Cmte.	1802	1900	1801	1899	102	DOBLE	10100	
CALLE	BRANDSEN	802	900	801	899	84	CRECIENTE	10100	
CALLE	SUAREZ	802	900	801	899	84	DECRECIENTE	10100	
CALLE	20 DE SETIEMBRE	302	400	301	399	132	DECRECIENTE	10100	
CALLE	20 DE SETIEMBRE	402	500	401	499	14	DECRECIENTE	10100	
CALLE	20 DE SETIEMBRE	502	600	501	599	131	DECRECIENTE	10100	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	302	400	301	399	132	CRECIENTE	10100	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	402	500	401	499	137	CRECIENTE	10100	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	502	600	501	599	131	DOBLE	10100	
CALLE	ARZOBISPO ESPINOSA	602	700	601	699	10	DOBLE	10100	
CALLE	AZOPARDO	1502	1600	1501	1599	167	DECRECIENTE	10100	
CALLE	GUALEGUAY	302	400	301	399	13	DECRECIENTE	10100	
CALLE	NECOCHEA	302	400	301	399	89	DECRECIENTE	10100	
CALLE	NECOCHEA	402	500	401	499	9	DECRECIENTE	10100	
CALLE	NECOCHEA	502	600	501	599	86	DECRECIENTE	10100	
CALLE	NECOCHEA	202	300	201	299	117	DECRECIENTE	10100	
CALLE	PI Y MARGALL	702	800	701	799	133	CRECIENTE	10100	
CALLE	PILCOMAYO	702	850	701	849	145	DECRECIENTE	10100	
									8604
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2	100	1	99	61	DOBLE	11270	
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	102	200	101	199	85	DOBLE	11270	
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	202	300	201	299	88	DOBLE	11270	

AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	302	400	301	399	116	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	402	500	401	499	165	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	502	600	501	599	126	DOBLE	11270
AVENIDA	PEREZ GALDOS, BENITO AV.	2	100	1	99	204	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	602	700	601	699	14	DOBLE	11270
AVENIDA	PEREZ GALDOS, BENITO AV.	102	200	101	199	12	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	702	800	701	799	104	DOBLE	11270
AVENIDA	PEREZ GALDOS, BENITO AV.	202	300	201	299	119	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	802	900	801	899	107	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1102	1200	1101	1199	118	DOBLE	11270
AVENIDA	PEREZ GALDOS, BENITO AV.	302	400	301	399	13	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	702	800	701	799	166	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	902	1000	901	999	10	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	802	900	801	899	101	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1002	1100	1001	1099	114	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	902	1000	901	999	101	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1102	1200	1101	1199	102	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1202	1300	1201	1299	156	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1202	1300	1201	1299	102	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1302	1400	1301	1399	152	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1302	1400	1301	1399	100	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1602	1700	1601	1699	152	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1702	1800	1701	1799	167	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1402	1500	1401	1499	149	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1402	1474	1401	1473	10	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1476	1488	1475	1487	25	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1490	1500	1489	1499	48	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	0	0	0	0	48	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2002	2100	2001	2099	102	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2502	2700	2501	2699	213	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2102	2200	2101	2199	9	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2202	2300	2201	2299	15	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2302	2400	2301	2399	108	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2402	2500	2401	2499	110	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2702	2800	2701	2799	160	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	3202	3300	3201	3299	64	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2802	2900	2801	2899	143	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	3302	3400	3301	3399	255	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1502	1600	1501	1599	127	CRECIENTE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1802	1900	1801	1899	149	DOBLE	11270
AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	1902	2000	1901	1999	99	DOBLE	11270

AVENIDA	DON PEDRO DE MENDOZA AV.	2902	3200	2901	3199	427	CRECIENTE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1002	1020	1001	1019	2	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	1062	1100	1061	1099	39	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	202	300	201	299	117	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	2	100	1	99	77	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	102	200	101	199	102	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	302	400	301	399	83	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	402	500	401	499	85	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	502	600	501	599	86	DOBLE	11270
AVENIDA	BROWN, ALTE. AV.	602	700	601	699	117	DOBLE	11270
								5723

10.3 Especificaciones de la grúa

WASTE HANDLING CRANES

POWER CABLE INTEGRATED WITH THE DRUM

DEEP ROPE GROOVES

INTEGRATED WEIGHING SYSTEM

2/2 ROPE REEVING

SPACE-SAVING DESIGN

OPTIONAL AUX HOIST

AUX GRAB

VERSATILE SENSORS

OPTIONAL

SURFACE HARDENED WHEELS

Technical data	200 TPD	450 TPD	580 TPD	720 TPD	860 TPD	1200 TPD	1440 TPD	1680 TPD	1920 TPD	2880 TPD
Maximum capacity	200 tPD	450 tPD	580 tPD	720 tPD	860 tPD	1200 tPD	1440 tPD	1680 tPD	1920 tPD	2880 tPD
Purpose built open web	GL07-WL	GL07-WL	GL08-WL	GL08-WH	GL08-WH	GL08-WH	GL10-WL	GL10-WL	GL11-WH	L125-28
Clearing capacity	2.3 m3	3.2 m3	4 m3	5 m3	6.3 m3	8 m3	10 m3	12 m3	14.7 m3	16 m3
Maximum capacity	4.1	5.4 t	6.1	8.1	9.5 t	12.1	14.1	17.1	20.1	28.26 t
Bridge travel speed	60 m/min	80 m/min	100 m/min	100 m/min	100 m/min	100 m/min				
Hoisting speed with nominal load	30 m/min	42 m/min	42 m/min	60 m/min	60 m/min	60 m/min	65 m/min	65 m/min	65 m/min	60 m/min
Lowering speed ESR	40 m/min	50 m/min	50 m/min	90 m/min	70 m/min	80 m/min	90 m/min	90 m/min	90-100 m/min	80 m/min

Technical data	200 TPD	450 TPD	580 TPD	720 TPD	860 TPD	1200 TPD	1440 TPD	1680 TPD	1920 TPD	2880 TPD
Bridge power supply	Festoon									
Trility power supply	Festoon									
Grab power supply	Integrated on Konecranes VFD									
Motor control system	Standard									
Electrical Drilling	Standard									
Manual / Semi automated	Chair									
Automated Feeding / Unmanned	HMI-panel									
Control Station (KCS)	Optional									
Backup / Service	Radio									
Event history recorder (EHR)	Standard									
Crane Monitoring System (CMS) / Main User Interface (MIU)	Standard									

Technical data	CXT5021
CXT auxiliary hoist, trailer type	CXT5012
Bridge width	0.5 m3
Clearing capacity	2.5 t MS
Maximum capacity	4.5 m
Hoisting speed	18 / 2.7 m/min
Lowering speed	18 / 2.7 m/min
Motor control system	Mechanical
Sway control	Mechanical

© 2019, Konecranes Plc. All rights reserved.

10.4 Planos

N°	Título del plano	Identificación
1	Ubicación del proyecto	GRB_GEN_UBI
2	Rutas de recolección de material reciclable	GRB_RUT_REC
3	Rutas de recolección de material compostable y termovalorizable	GRB_RUT_CYT
3.1	Rutas de recolección 10080 y 10090	GRB_RUT_CYT_001
3.2	Rutas de recolección 10100 y 11270	GRB_RUT_CYT_002
3.3	Rutas de recolección 10060 y 10070	GRB_RUT_CYT_003
4	Estación de enfardado	GRB_DET_ENF
5	Central termoeléctrica	GRB_CTE_SAT
6	Planta de valorización térmica de residuos	GRB_PVT_LAY
6.1	Cortes longitudinales del lavador por atomización y el filtro de mangas	GRB_PVT_DET_LYF



CENTRO DE RECICLAJE DE LA CIUDAD
(VILLA SOLDATI)



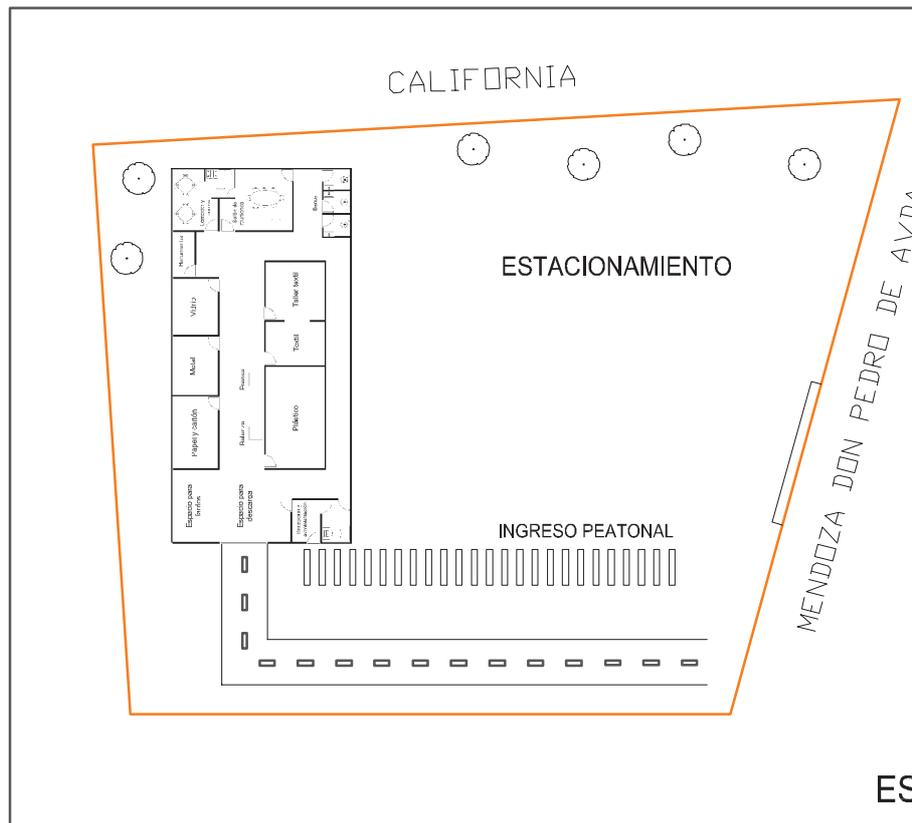
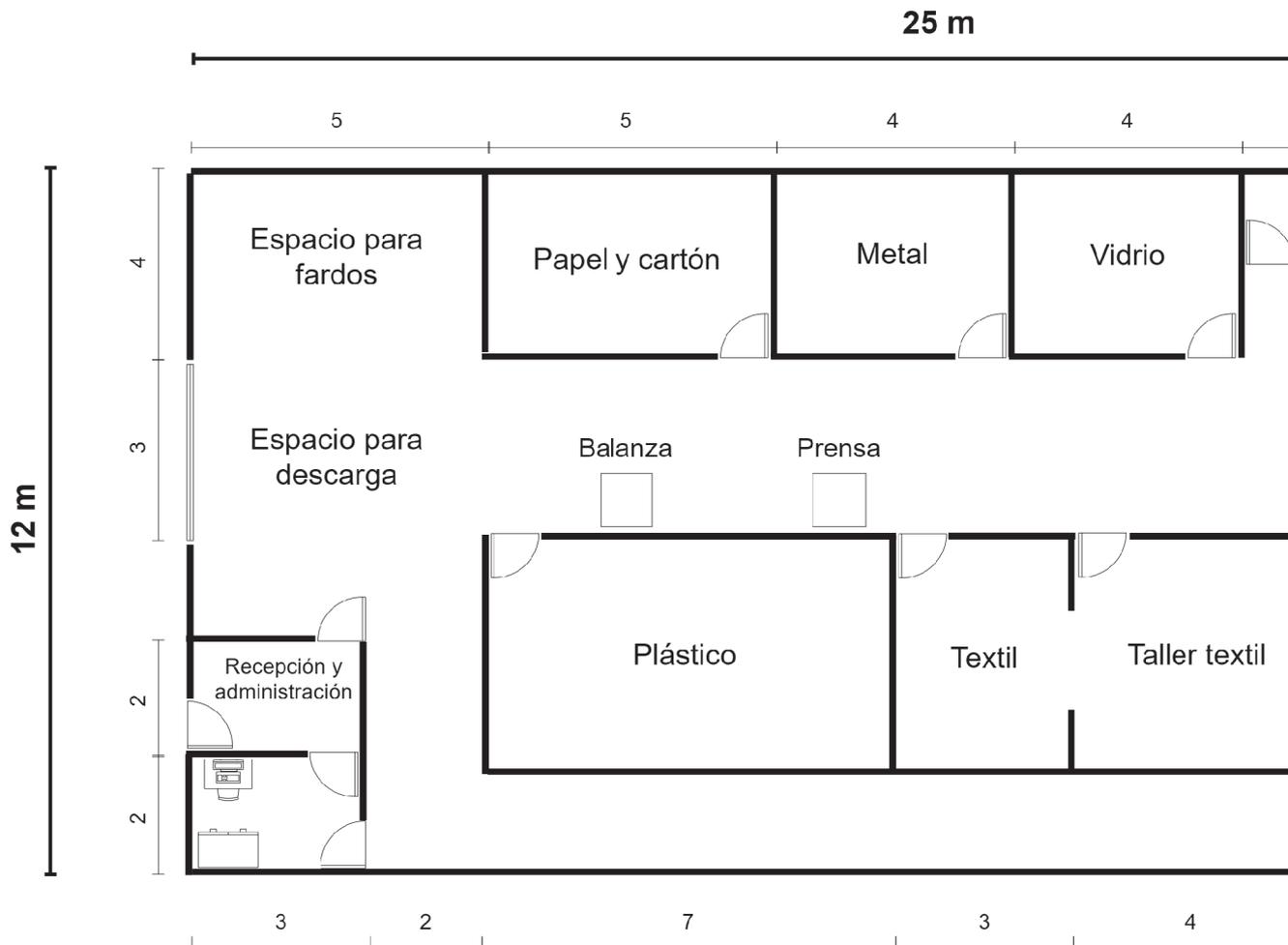


ESCALA 1:1000



ESPACIO DE ACONDICIONAMIENTO DEL MATERIAL RECICLABLE - E

NOTA: Todas las unidades se encuentran expresadas en metros

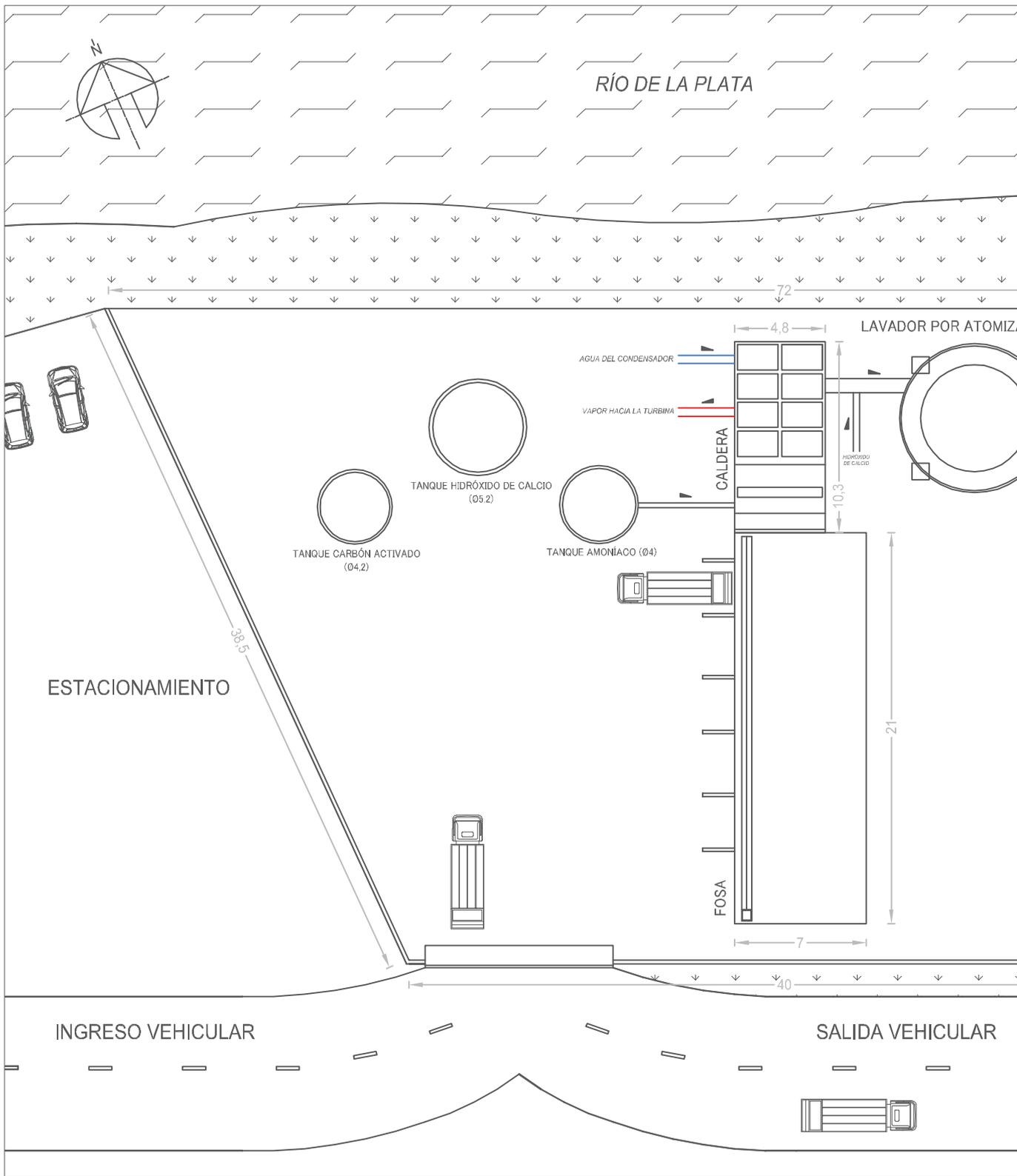




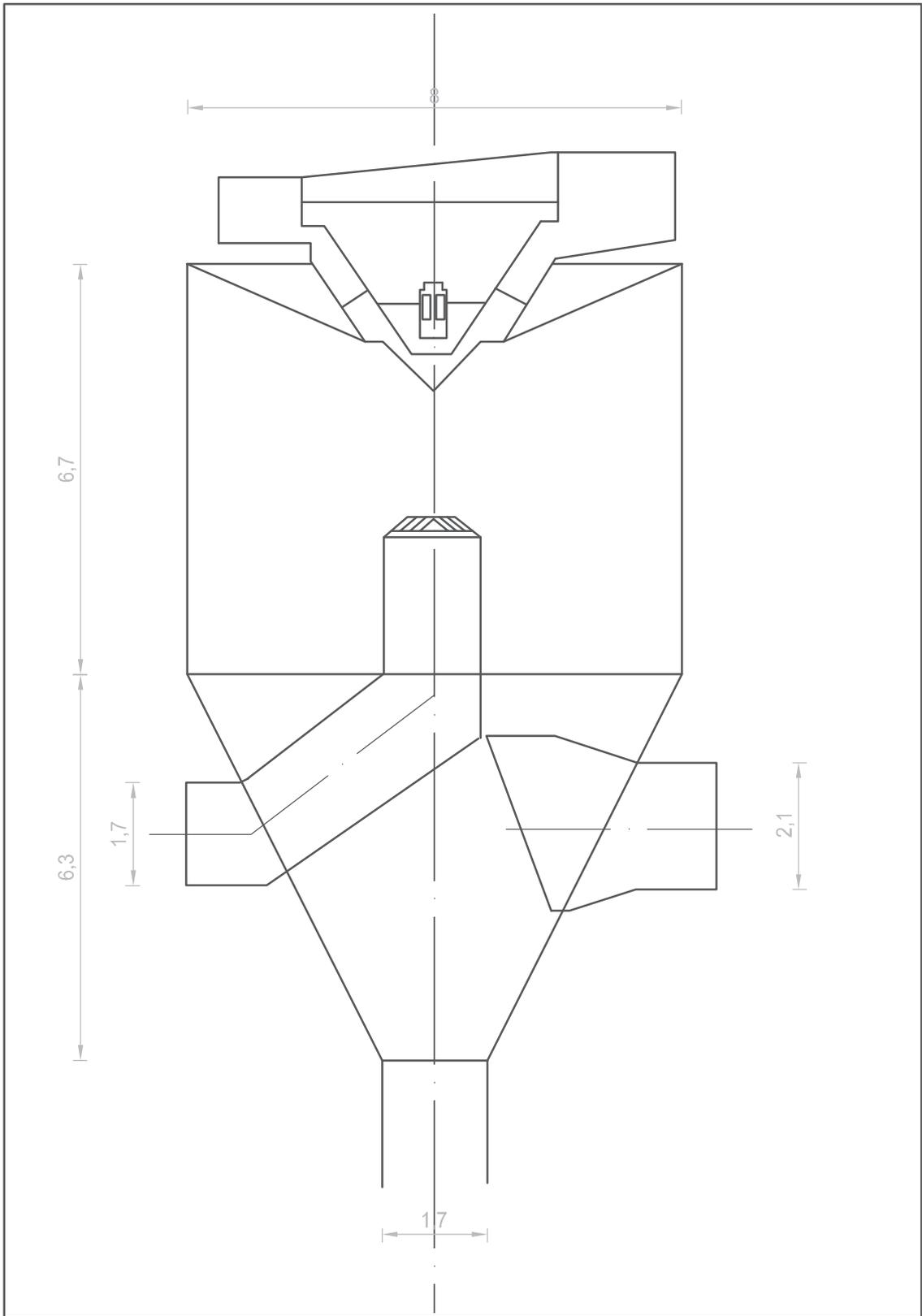
C. Recup CC1: Caldera de recuperación del ciclo combinado número 1

GT-11: Turbina de gas número 11

ST-05: Turbina de vapor número 5



NOTA: Todas las unidades se encuentran expresadas en metros



LAVADOR POR ATOMIZACIÓN (ESCALA 1:100)

NOTA: Todas las unidades se encuentran expresadas en metros