



**Instituto de Investigación  
e Ingeniería Ambiental**  
3iA\_EHyS\_UNSAM

Universidad Nacional de San Martín

Proyecto Final Integrador de Ingeniería Ambiental

## Diseño integral para la gestión y valorización de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

**Autora:**

Victoria Paula Foglino

Legajo: 7480

**Tutores:**

Patricia Fernández Cañas

Gustavo Fernández Protomastro

10 de junio de 2022

## Índice

Agradecimientos .....	5
Abreviaturas utilizadas .....	6
1 Introducción .....	9
1.1 Justificación del problema ambiental .....	9
1.2 Alcances y límites correspondientes .....	10
1.3 Objetivos.....	11
2 Diagnóstico.....	12
2.1 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	12
2.1.1 Clasificaciones .....	12
2.1.2 Particularidades de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos .....	14
2.2 Industria de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	15
2.2.1 Industria de las heladeras.....	17
2.2.2 Industria de las computadoras y accesorios informáticos.....	18
2.2.3 Características destacables .....	19
2.3 Región de estudio .....	20
2.3.1 Generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	21
2.4 Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos .....	25
2.4.1 Actores involucrados .....	30
2.5 Consumo eléctrico y plan de recambio de las heladeras domésticas.....	34
2.6 Componentes de los equipos .....	40
2.6.1 Heladeras .....	40
2.6.2 Computadoras y accesorios informáticos.....	42
2.7 Residuos generados a partir del desecho de los equipos .....	45
2.7.1 Residuos recuperables.....	46
2.7.2 Residuos peligrosos .....	46
2.7.3 Residuos gaseosos.....	50
2.7.4 Residuos asimilables a urbanos.....	52
3 Marco legal aplicable.....	53
3.1 Normativa nacional.....	53
3.2 Normativa de la provincia de Buenos Aires.....	54
4 Marco teórico .....	56
4.1 Gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos .....	56
4.1.1 Jerarquía en la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.....	58
4.1.2 Economía circular aplicada a la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos .....	60
4.2 Recolección.....	61
4.2.1 Modalidades de recolección .....	62
4.2.2 Diferencias entre los grandes electrodomésticos y los equipos de Informática y Telecomunicaciones .....	63
4.2.3 Logística inversa .....	64
4.2.4 Lineamientos y precauciones por adoptar durante el transporte .....	64
4.3 Transferencia y transporte .....	65
4.4 Tratamiento .....	66

4.4.1	Descarga, primera clasificación, almacenamiento y caracterización inicial .....	68
4.4.2	Reparación y reutilización de equipos.....	68
4.4.3	Desmontaje.....	71
4.4.4	Reutilización de componentes.....	81
4.4.5	Clasificación por material .....	82
4.4.6	Gestión de materiales.....	82
4.4.7	Tratamiento de metales .....	83
4.4.8	Tratamiento de plásticos .....	87
4.4.9	Tratamiento de componentes eléctricos.....	92
4.4.10	Tratamiento de vidrio.....	93
4.4.11	Tratamiento de sustancias no valorizables.....	94
5	Memoria descriptiva y de cálculo. Análisis de alternativas .....	95
5.1	Proyección poblacional .....	95
5.2	Generación de RAEE.....	99
5.2.1	Número de equipos desechados.....	99
5.2.2	Variación en la generación inicial.....	100
5.2.3	Generación de RAEE por habitante .....	101
5.3	Disposición inicial.....	102
5.3.1	Contenerización de la Línea 2 .....	103
5.4	Recolección.....	104
5.4.1	Zonificación y frecuencia de recolección.....	105
5.4.2	Rutas de recolección.....	109
5.5	Estaciones de transferencia.....	116
5.5.1	Línea 1.....	117
5.5.2	Línea 2.....	119
5.6	Análisis de alternativas para el tratamiento.....	122
5.6.1	Alternativa 1: Planta manual.....	124
5.6.2	Alternativa 2: Planta manual-automatizada.....	126
5.6.3	Comparación entre las alternativas.....	134
5.7	Tratamiento de residuos valorizables .....	136
5.8	Tratamiento de residuos peligrosos.....	138
5.9	Tratamiento de residuos asimilables a urbanos .....	140
5.10	Planta de tratamiento inmediata.....	144
5.11	Ampliación de la planta de tratamiento.....	150
5.12	Red de distribución de agua .....	153
5.12.1	Parámetros de diseño.....	153
5.12.2	Elementos de la red.....	155
5.12.3	Metodología de cálculo y ecuaciones fundamentales .....	155
5.12.4	Red de distribución de agua inmediata: memoria descriptiva .....	159
5.12.5	Red de distribución de agua futura: memoria descriptiva .....	162
5.13	Red cloacal.....	164
5.13.1	Parámetros de diseño.....	165
5.13.2	Instalaciones complementarias.....	169
5.13.3	Metodología de cálculo .....	171

5.13.4	Red cloacal inmediata: memoria descriptiva.....	172
5.13.5	Red cloacal futura: memoria descriptiva.....	174
6	Planos del Proyecto.....	176
7	Cómputo y análisis económico.....	177
7.1	Inversión.....	177
7.2	Operación y mantenimiento.....	179
7.3	Ingresos.....	181
7.4	Aspectos económicos adicionales.....	182
7.5	Conclusión.....	183
8	Evaluación de Impacto Ambiental y Social.....	184
8.1	Objetivos y alcance.....	184
8.2	Introducción.....	184
8.2.1	Datos generales.....	184
8.2.2	Objetivos y alcance del proyecto.....	185
8.3	Descripción del proyecto.....	186
8.3.1	Memoria descriptiva del proyecto.....	186
8.3.2	Instalaciones.....	187
8.4	Caracterización del ambiente.....	188
8.4.1	Descripción del sitio.....	188
8.4.2	Área de influencia.....	188
8.4.3	Medio físico.....	189
8.4.4	Medio biológico.....	202
8.4.5	Medio socioeconómico.....	206
8.5	Evaluación de Impactos Ambientales y Sociales.....	211
8.5.1	Metodología.....	211
8.5.2	Acciones del proyecto.....	213
8.5.3	Potenciales factores del medio impactados.....	214
8.5.4	Potenciales impactos negativos.....	215
8.5.5	Análisis conclusivo.....	216
8.6	Plan de Gestión Ambiental.....	217
8.6.1	Plan de prevención y mitigación.....	217
8.6.2	Plan de seguimiento y monitoreo.....	220
8.6.3	Plan de contingencias.....	222
8.7	Conclusiones.....	225
9	Conclusiones.....	227
10	Bibliografía.....	229
11	Anexo.....	242
11.1	Planos del proyecto.....	242
11.2	Red de distribución de agua inmediata.....	249
11.3	Red de distribución de agua futura.....	251
11.4	Evaluación de Impacto Ambiental y Social.....	263

## Agradecimientos

No quiero dejar de agradecer a todo docente de la UNSAM, que sembró la motivación y el interés necesario para estudiar y elegir ser Ingeniero/a Ambiental.

A mi familia, especialmente, a mi papá, que pudo ver cómo empezaba en este proyecto, pero no cómo continuó; a mi mamá y mi hermana, que presenciaron cada duda e inquietud que transitó a lo largo de mi formación.

A mis amigos y a mi pareja, con quienes que transitó viajes, anécdotas y experiencias tan importantes como los que brinda una carrera universitaria. A Nicolás y a mis amigos de la universidad, quienes aliviaron y alegraron los días, tardes y noches de estudio.

A Vera Mignaqui y Analía Nanni, con quienes di algunos de mis primeros pasos profesionales, y de quienes aprendo tanto de lo profesional como de lo personal.

Y por último, pero no menos importante, a todo lector que se interese en este Proyecto Final Integrador, gracias por su lectura.

## Abreviaturas utilizadas

a.a.: anual acumulado  
ABL: Alumbrado, Barrido y Limpieza  
AEE: Aparatos Eléctricos y Electrónicos  
AMBA: Área Metropolitana de Buenos Aires  
APRA: Agencia de Protección Ambiental  
ASPO: Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio  
AySA: Agua y Saneamiento Argentinos Sociedad Anónima  
BCA: Basurales a Cielo Abierto  
BFR: retardantes de llama bromados  
BID: Banco Interamericano de Desarrollo  
CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
CAIRAA: Cámara Argentina de Industrias de Refrigeración y Aire Acondicionado  
CAMOCA: Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines  
CEAMSE: Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado  
CEP: Centro de Estudios para la Producción  
CEPAL: Comisión Económica para América Latina y El Caribe  
CFCs: clorofluorocarbonos  
COP: Contaminantes Orgánicos Persistentes  
CRT: Tubo de Rayos Catódicos, del inglés "*Cathode Ray Tube*"  
DN: Diámetro Nominal  
DTSC: Departamento de Control de Sustancias Tóxicas de California  
DVD: Disco Versátil Digital  
EDESUR: Empresa Distribuidora de Energía Sur  
EE: Eficiencia Energética  
ENOHSA: Ente Nacional De Obras Hídricas De Saneamiento  
ENRE: Ente Nacional Regulador de la Electricidad  
EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, del inglés "*United States Environmental Protection Agency*"  
EPP: Elemento de Protección Personal  
ESS: Economía Social y Solidaria  
FAUBA: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires  
FD: Fundación Dúctil  
FEDECOM: Federación Comercial de Córdoba  
FIUBA: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires  
Fm.: Formación  
GBA: Gran Buenos Aires  
GCBA: Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
GEI: Gases de Efecto Invernadero  
GPC: Generación Per Cápita  
GPS: Sistema de Posicionamiento Global  
GWP: potencial de calentamiento global, del inglés "*Global-Warming Potential*"  
HC: hidrocarburos  
HCFC: hidroclorofluorocarbonos

HDPE: Polietileno de Alta Densidad, del inglés *High Density Polyethylene*  
HFC: hidrofluorocarburos  
HFU: Heladeras Fuera de Uso  
IDITS: Instituto de Desarrollo Industrial, Tecnológico y de Servicios  
IEIA: Instituto de Estudios e Investigaciones Ambientales  
INDEC: Instituto Nacional De Estadística y Censos  
INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático, del inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*  
ISRI: Institute of Scrap Recycling Industries  
IT: Informática y Telecomunicaciones  
LC: preocupación menor, del inglés "*Least-concern*"  
LCD: pantalla de cristal líquido, del inglés "*Liquid-Crystal Display*"  
LDPE: Polietileno de Baja Densidad, del inglés *High Density Polyethylene*  
LME: Bolsa de Mercado de Londres, del inglés *London Metal Exchange*  
MAyDS: Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible  
MEPS: estándares mínimos de eficiencia energética, del inglés *Minimum Energy Performance Standards*  
MERCOSUR: Mercado Común del Sur  
MINCyT: Ministerio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación  
MINEM: Ministerio Nacional de Energía y Minería  
MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España  
NA: especie No Amenazada  
NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, del inglés *National Aeronautics and Space Administration*  
NB: Notebooks  
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos  
ODP: Potencial de Destrucción del Ozono o Potencial de Agotamiento del Ozono, del inglés *Ozone Depletion Potencial*  
OIT: Organización Internacional del Trabajo  
OMS: Organización Mundial de la Salud  
ONU: Organización de las Naciones Unidas  
ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial  
OPSSI: Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos  
OSC: Organizaciones de la Sociedad Civil  
PAO: Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono  
PBG: Producto Bruto Geográfico  
PBI: Producto Bruto Interno  
PCB: tarjeta de circuito impreso, del inglés "*Printed Circuit Board*"  
PCBs: bifenilos policlorados  
PCI: Placas de Circuitos Impresos. Idem PCB.  
PEAD: Polietileno de Alta Densidad  
PEBD: Polietileno de Baja Densidad  
PET: Tereftalato de Polietileno  
PGA: Plan de Gestión Ambiental

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente  
PP: polipropileno  
PREAL: Proyecto Residuos Electrónico América Latina  
PS: poliestireno  
PU: poliuretano  
PVC: Cloruro de Polivinilo  
PyMEs: Pequeñas y Medianas Empresas  
RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos  
RAING: Real Académica de Ingeniería  
RAMCC: Red Argentina de Municipios ante el Cambio Climático  
REGU: Residuos Especiales de Generación Universal  
REP: Responsabilidad Extendida del Productor  
RIP: Responsabilidad Individual del Productor  
RoHS: "Restriction of Hazardous Substances" o Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas  
RP: Residuos Peligrosos  
RSU: Residuos Sólidos Urbanos  
S/d: sin datos  
SA: Sociedad Anónima  
SAyDS: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación<sup>1</sup>  
SEGEMAR: Servicio Geográfico Minero Argentino  
SIG: Sistema de Información Geográfica  
SIGRAEE: Sistema Integral de Gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos  
SMN: Servicio Meteorológico Nacional  
SPI: Sociedad de Industrias de Plástico  
SSI: Software y Servicios Informáticos  
SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos  
UCES: Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales  
UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones  
UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura  
UTM: Universal Transversal de Mercator

---

<sup>1</sup> En funcionamiento entre los períodos 1991-2015 y 2018-2019.



# 1 Introducción

## 1.1 Justificación del problema ambiental

Durante las últimas décadas, la producción de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) ha crecido sostenidamente, modificando e introduciendo nuevas modalidades en las actividades humanas. El uso de estos aparatos se encuentra universalizado tanto en zonas urbanas como suburbanas y rurales y en países industrializados y en vías de industrialización, hasta el punto de convertirse en artefactos imprescindibles para la vida moderna. A la velocidad del progreso tecnológico, que impulsa aceleradamente la producción de modelos más innovadores y eficientes, se le suman las prácticas de obsolescencia programada, obsolescencia percibida y el incremento de la población global. Estas tendencias se traducen en un aumento considerable en la generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) (también llamados “residuos-e”, “chatarra electrónica”, “e-basura” o en inglés, “*Waste for Electric and Electronic Equipment*” -WEEE- o “*e-scrap*”), lo que constituye un problema ambiental que debe ser afrontado debidamente. Los RAEE son la fracción de residuos que se encuentra en mayor crecimiento, tanto en países industrializados como en vías de industrialización (Fernández Protomastro, 2013). De acuerdo con el estudio “Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020”, en 2019 se generaron a nivel mundial 53.6 millones de tn de RAEE (o bien, 7.3 kg de RAEE per cápita) y se proyecta un aumento del 40% hacia el 2030 (Forti et al, 2020).

Existen características puntuales que justifican la implementación de un tratamiento diferenciado para los residuos-e. En primer lugar, contienen sustancias peligrosas como metales pesados (mercurio, cadmio, plomo), aceites peligrosos, retardantes de llama bromados (BFR), Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Fernández Protomastro, 2013). Estas son riesgosas para el medio ambiente y la salud humana si no se gestionan adecuadamente. Mientras los artefactos mantengan su carcasa o estructura original, se encuentran protegidos de reaccionar y liberar contaminantes al ambiente. En cambio, al desensamblarse, romperse, quemarse o enterrarse en un relleno sanitario, pueden tener lugar procesos de óxido-reducción y liberar sustancias contaminantes. En segundo lugar, los RAEE poseen elevados porcentajes de plásticos, polímeros, metales ferrosos, no ferrosos y preciosos y otros compuestos altamente valorizables, motivo por el cual se los denomina “minas urbanas”. Como estos materiales no sufren transformaciones a lo largo de su vida útil, son idénticos en composición y funciones a los equipos originales, y en su mayoría, se pueden recuperar, reciclar y refinar para ser utilizados como insumos de nuevos procesos industriales. Si los residuos-e se envían a un relleno sanitario o no se gestionan, se estaría realizando “minería inversa”, es decir, el entierro o desperdicio de sustancias con alto nivel de valorización. Por último, debido a la gran variedad de artefactos que engloban los RAEE, es menester diseñar un plan de gestión preciso y detallado que los organice en distintas categorías y considere sus características específicas.

En cuanto al marco legal, la Ley de la provincia de Buenos Aires N°14.321 prohíbe el desecho de los RAEE como Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y establece su recolección selectiva y su correcta gestión ambiental. A pesar de estas obligaciones legales, la provincia no cuenta con un plan para la gestión de los residuos-e. Como consecuencia, muchos de estos artefactos reciben disposición final en rellenos sanitarios, que se encuentran al borde del colapso, o se acumulan en sitios no adecuados para su disposición (como veredas, riberas de ríos, espacios verdes alejados, etc.). Sólo se recicla una pequeña fracción, que frecuentemente, se realiza bajo condiciones inadecuadas para el ambiente y la salud humana. La ausencia de gestión integral de los residuos-e es perjudicial para el ambiente, ya que las sustancias peligrosas pueden infiltrarse en el suelo, escurrir hacia cursos de agua, concentrarse en sedimentos y, en el caso de que los

residuos se incineren, dispersarse por el aire. En todas estas situaciones, pueden ingresar en cultivos o tejido animal y perjudicar la salud de los trabajadores que se ocupan de su gestión y de las poblaciones allegadas. Además, al entrar en contacto y mezclarse con otras corrientes de residuos, las sustancias valorizables que contienen ya no se pueden recuperar, reciclar ni reutilizar.

Por último, una problemática adicional asociada a los residuos-e es que su producción y utilización demanda numerosos recursos y sustancias que ameritan atención. Se consumen materias primas como plásticos, polímeros, metales ferrosos y no ferrosos, metales preciosos, elementos de tierras raras, sílice, vidrio y otros compuestos complejos para su fabricación (Fernández Protomastro, 2013). Esto se relaciona con el elevado consumo de energía eléctrica que necesitan para funcionar. En Argentina, el sector residencial es responsable de aproximadamente un tercio del consumo eléctrico del país y, además, los equipos obsoletos consumen significativamente más energía eléctrica que los modernos, debido a las mejoras de eficiencia energética (Bermejo et al, 2018). Por este motivo, muchas veces, los planes de gestión de RAEE se implementan en conjunto con planes de recambio de AEE, en los que se intercambia un AEE que se quiere desechar por un nuevo AEE que reemplaza al anterior, procurando un ahorro energético considerable. Para que estos planes sean sostenibles desde el punto de vista ambiental y económico, es necesario planificar un destino y un tratamiento ambientalmente sostenible de los residuos-e.

Teniendo en cuenta lo anterior, resulta preciso realizar una gestión integral de los RAEE, que derive en su valorización, a través de la propuesta del diseño integral de una planta de procesamiento de los RAEE desechados en los municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) de la provincia de Buenos Aires. El propósito del plan de gestión integral es darles a los residuos-e un destino apropiado desde el punto de vista ambiental de manera de afrontar debidamente el problema ambiental en cuestión.

## 1.2 Alcances y límites correspondientes

En primer lugar, en este proyecto se realizó un diagnóstico de la generación de RAEE en el AMBA. El diagnóstico incluyó los distintos tipos y categorías de RAEE, su tasa de generación, los actores implicados en su ciclo de vida, el marco normativo que los regula y las capacidades existentes y faltantes para garantizar su correcta gestión ambiental.

En segundo lugar, se evaluó la implementación de un plan de gestión para el tratamiento y la valorización de los residuos-e. El plan de gestión incluyó las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos generados a partir del desecho de ciertas categorías de AEE. Se hizo hincapié en lograr la valorización de los residuos.

En tercer lugar, en el proyecto se diseñó una planta de tratamiento para el procesamiento, tratamiento y recuperación de ciertas categorías de RAEE. Esto comprendió el diseño de las instalaciones, de la red cloacal y de la red de abastecimiento de agua, ambas conectadas a las redes de provisión públicas.

Por último, se analizaron los aspectos económicos pertinentes y se incluyó la Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAyS) correspondiente.

Cabe destacar que el presente proyecto sostiene que, para poner en marcha un plan de gestión integral de los residuos-e, es preciso fijar metas graduales y complementarias. Por este motivo, si bien para el diagnóstico se contemplaron todas las categorías de estos residuos, se proyectó la puesta en marcha de la planta de tratamiento de los residuos-e a partir de las heladeras, las computadoras (de escritorio y

portátiles) y los accesorios informáticos (monitores de tubo de rayos catódicos -TRC-, pantallas de cristal líquido -LCD-, mouses y teclados), que son artefactos representativos de dos grandes categorías de los residuos-e. De este modo, se sentaron las bases para atacar la problemática en cuestión y expandir la gestión hacia el resto de los RAEE a partir de las 2 categorías mencionadas. Por otro lado, las jurisdicciones incluidas son los 40 municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) de la provincia de Buenos Aires. Este proyecto focaliza sobre el AMBA, excluyendo a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), ya que se basa en la legislación existente, y a diferencia de la provincia de Buenos Aires, CABA no cuenta con un marco legal aplicable específicamente a los RAEE. En otras palabras, el proyecto propondrá una reglamentación de la Ley de la provincia de Buenos Aires N°14.321. Por estos motivos, el proyecto se asienta sobre el Principio de Progresividad de la Ley General del Ambiente (Ley Nacional N°25.675) y el lineamiento de la Gradualidad de la Resolución N°522/2016 del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Estas directrices sostienen que los objetivos ambientales deben lograrse gradualmente, a través de metas interinas y finales.

### 1.3 Objetivos

El objetivo del presente trabajo fue proponer una gestión integral y valorización de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos desechados en los 40 municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires de la provincia de Buenos Aires. Esto se realizó cumpliendo con los requisitos establecidos por la normativa, procurando proteger la salud humana y preservar el ambiente. A este objetivo general se le asociaron los siguientes objetivos específicos:

1. Caracterizar las principales corrientes de RAEE generados en el AMBA.
2. Relevar la dinámica industrial de los AEE implicados.
3. Establecer un diagnóstico base de la situación actual en la zona en estudio con respecto a la gestión de los RAEE.
4. Analizar el marco legal aplicable a la gestión de RAEE.
5. Diseñar un plan de gestión integral de los RAEE que garantice su valorización.
6. Diseñar las instalaciones necesarias para la planta de tratamiento de los RAEE orientada a lograr la valorización de estos residuos.

## 2 Diagnóstico

### 2.1 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La Directiva Europea más reciente (Directiva Europea 2012/19/UE) denomina Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) a los equipos que “para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos y que son destinados a ser utilizados con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua”. Esto incluye un abanico de equipos domésticos, como por ejemplo, los utilizados en la refrigeración y cocción de alimentos, la iluminación, el lavado y planchado de ropa, el acondicionamiento de aire, el cuidado personal, la seguridad, la informática y las comunicaciones. Además, a estos se le suman los aparatos empleados en la industria, los organismos públicos y los sectores de servicios, como cajeros automáticos, equipos médicos, máquinas expendedoras y herramientas (Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MAyDS] et al, 2020). Se estima que una familia tipo tiene cerca de 40 AEE en su hogar (Fernández Protomastro, 2013), incluyendo desde pequeños artefactos como calculadoras hasta grandes equipos como heladeras.

Cuando los AEE se desechan, se genera un flujo de residuos que se denomina “Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos” (RAEE). Estos incluyen a todos los materiales constituyentes, componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte de un AEE en el momento en que es desechado, más allá de si cumplió o no con su vida útil (Fernández Protomastro, 2013).

#### 2.1.1 Clasificaciones

Los AEE comprenden una gran variedad de productos, que pueden clasificarse a partir de las funciones que cumplen, los materiales que los conforman, los pesos medios y ciertos atributos semejantes. Hasta el momento no existe una categorización unificada de los equipos. A continuación, se presentan las clasificaciones más empleadas.

En primer lugar, la Ley de la provincia de Buenos Aires N°14.321 establece 10 categorías de los residuos-e (Tabla 2-I).

Tabla 2-I. Clasificación de AEE utilizada por la Ley de la provincia de Buenos Aires N°14.321.

N°	Categoría	Ejemplos de AEE incluidos
1	Grandes electrodomésticos	Grandes equipos refrigeradores, heladeras, congeladores, lavadoras, lavavajillas, cocinas, estufas eléctricas, placas de calor eléctricos, aparatos de calefacción eléctricos, radiadores eléctricos, ventiladores eléctricos, aparatos de aire acondicionado.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, limpia alfombras, tostadoras, freidoras, molinillos, cafeteras, aparatos para precintar envases o paquetes, cuchillos eléctricos, relojes, máquinas de afeitar, balanzas.
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	Computadoras, notebooks, impresoras, copiadoras, calculadoras, teléfonos, celulares, ordenadores personales y portátiles (incluyendo unidad central, mouse, pantalla y teclado), máquinas de escribir eléctricas y electrónicas.
4	Aparatos electrónicos de consumo	Radios, televisores, videocámaras, videos, instrumentos musicales, amplificadores de sonido.
5	Aparatos de alumbrado	Lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, lámparas de sodio de baja presión.

6	Herramientas eléctricas o electrónicas <sup>2</sup>	Taladradoras; sierras; máquinas de coser; herramientas para torner, pulir, remachar, clavar, soldar, cortar el césped.
7	Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes eléctricos, consolas portátiles, videojuegos, material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos.
8	Aparatos médicos <sup>3</sup>	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis o de laboratorio para diagnóstico "in vitro"; congeladores, analizadores, aparatos para pruebas de fertilización.
9	Instrumentos de vigilancia y control	Detectores de humos, reguladores de calefacción, termostatos.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras automáticas de bebidas calientes, de botellas o latas, de productos sólidos, de dinero.

En segundo lugar, la Directiva Europea 2012/19/EU clasifica a los AEE en 6 categorías generales, que se encuentran estrechamente relacionadas con la gestión de sus residuos (Tabla 2-II). La Universidad de las Naciones Unidas reconoce esta categorización para uso internacional y además, es la que adopta Forti et al (2020).

*Tabla 2-II. Clasificación de AEE propuesta por la Directiva Europea 2012/19/EU, Forti et al (2020) y la Universidad de las Naciones Unidas.*

Nº	Categoría	Ejemplos de AEE incluidos
1	Aparatos de intercambio de temperatura	Heladeras, freezers, congeladores, aires acondicionados, bombas de calor.
2	Pantallas y monitores	Televisores, monitores, ordenadores portátiles, tabletas.
3	Lámparas	Lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, lámparas LED.
4	Grandes aparatos	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas eléctricas, impresoras grandes, fotocopiadoras, paneles fotovoltaicos.
5	Pequeños aparatos	Aspiradoras, hornos microondas, equipos de ventilación, tostadoras, hervidores eléctricos, afeitadoras eléctricas, básculas, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, cámaras, equipos de audio, juguetes eléctricos y electrónicos, pequeñas herramientas eléctricas, pequeños dispositivos médicos, pequeños instrumentos de supervisión y control.
6	Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños	Teléfonos móviles, teléfonos fijos, dispositivos del sistema mundial de determinación de la posición (GPS), calculadoras de bolsillo, encaminadores, computadoras personales, accesorios informáticos e impresoras.

Una última clasificación, menos utilizada, divide a los AEE en tres líneas, diferenciadas mediante colores, como lo presenta la Tabla 2-III.

*Tabla 2-III. Clasificación de AEE por líneas de colores. Realización propia a partir de Magariños et al, 2013.*

Categoría	Ejemplos de AEE incluidos
Línea blanca	Electrodomésticos grandes y pequeños, como: heladeras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
Línea marrón	Electrónicos de consumo, como: televisores, equipos de sonido y de video.
Línea gris	Equipos informáticos y de telecomunicaciones, como: computadores, teclados, mouses, teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles.

Cabe destacar que actualmente las categorías de residuos-e no incluyen ningún tipo de batería, acumulador o componente eléctrico de vehículos.

<sup>2</sup> Excepto herramientas industriales fijas de gran envergadura.

<sup>3</sup> Excepto de todos los productos implantados o infectados.

En el presente informe se adoptaron las clasificaciones de Forti et al (2020) y de la Ley provincial N°14321, ya que se considera la más adecuada para orientar la gestión de los residuos-e.

### 2.1.2 Particularidades de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos

Como se indicó anteriormente, este Proyecto Final Integrador se basó en el tratamiento de las heladeras, las computadoras y los equipos informáticos desechados. Luego, como los procesos de recolección, logística y tratamiento son análogos para los otros residuos-e, lo incluido en este documento puede servir de base para ampliar a otras categorías.

Por un lado, es importante planificar la gestión de las heladeras debido a la presencia de compuestos clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), que se usan para generar el enfriamiento dentro de los equipos. Estos merecen una gestión particular ya que son Gases de Efecto Invernadero (GEI) y además, promueven el adelgazamiento de la capa de ozono. Si no se realiza un tratamiento planificado sobre las heladeras desechadas, estos gases se liberan a la atmósfera e impactan sobre la capa de ozono y afectan al calentamiento global. Además, en Argentina ha habido distintos esfuerzos por implementar planes de recambio de heladeras, es decir, por intercambiar modelos obsoletos por modelos más nuevos, con el fin de lograr un ahorro energético considerable. Esto se relaciona con que las heladeras constituyen el principal consumo de electricidad en el sector residencial de la Argentina (Gil et al, 2020) y además, las heladeras obsoletas (de más de 7 años desde su fabricación) consumen más del doble de energía que las nuevas (modelos A, A+, A++ o A+++ de Eficiencia Energética) (Bermejo et al, 2018). Los planes de recambio implementados no fueron victoriosos, en parte, porque no se planificó qué hacer con las heladeras antiguas desechadas. Adicionalmente, estos equipos contienen significativos porcentajes de materiales valorizables, principalmente, plásticos y metales. Por último, las heladeras, a diferencia de otros residuos-e como los celulares, son muy voluminosas, lo que se traduce en elevados costos económicos y dificultades en su tratamiento. Resulta pertinente, por ende, focalizar sobre estos equipos y sobre sus métodos adecuados de gestión. Pertenecen a la categoría de los grandes electrodomésticos (de acuerdo con la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires) y a la categoría de aparatos de intercambio de temperatura (de acuerdo con la Directiva Europea 2012/19/EU).

Por otro lado, la corriente de las Telecomunicaciones e Informática (TIC) de los RAEE es la que se encuentra en mayor crecimiento. Corresponden a este sector las computadoras y los accesorios informáticos (monitores, mouses, teclados, impresoras, etc.). En los últimos años, el número de hogares con computadora y acceso a Internet ha incrementado notablemente y además, han aumentado el número de computadoras por hogar. A esto se le suma la rapidez tecnológica, que conlleva al recambio de computadoras más frecuentemente y, a menudo, antes de que dejen de funcionar. Cada vez son más las actividades que se realizan mediante la informática, como la educación, el trabajo, el comercio, el deporte, las actividades recreativas, etc., por lo que se estima que el número de computadoras y accesorios informáticos descartados seguirá en aumento. Por otro lado, las sustancias peligrosas para el ambiente y la salud humana que contienen estos equipos también justifican la necesidad de planificación de su gestión. A esto se le suma la presencia de materiales valorizables, muchos de los cuales tienen elevados valores económicos (como por ejemplo, las plaquetas electrónicas) debido a su elevada demanda mundial.

## 2.2 Industria de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos

En la siguiente sección, se analizó la industria de los AEE y se profundizó en la dinámica del sector de las heladeras y de las computadoras, ya que, como se indicó anteriormente, se proyectó la planta de tratamiento de RAEE a partir de estos equipos.

En promedio entre los años 2017 a 2020, en la Argentina, la venta de electrodomésticos y artículos para el hogar alcanzó un valor promedio de 120,565.4 millones de pesos (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INDEC], 2021). De este total, las ventas de los 40 municipios del AMBA<sup>4</sup> representaron aproximadamente el 33%, con un valor promedio de 39,857.1 millones de pesos (INDEC, 2021). Desde 2017 a 2020, el sector registró un aumento en el monto de ventas del 67% (Figura 2-1).

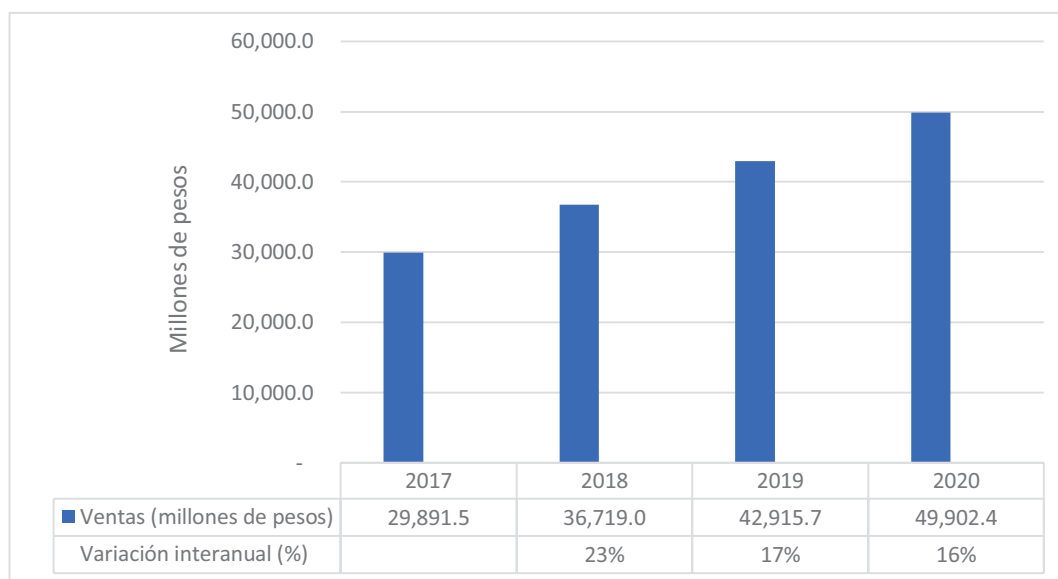


Figura 2-1. Ventas totales de electrodomésticos y artículos para el hogar en millones de pesos desde 2017 a 2020. Realización propia a partir de INDEC, 2021.

Del total de las ventas del sector de los electrodomésticos y artículos para el hogar, los televisores, videos y equipos de fotografía y de telefonía fueron los segmentos que percibieron los mayores ingresos. Esto corresponde a las categorías de “Pantallas y monitores” y “Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños”. En el otro extremo se ubicó la categoría de “Pequeños electrodomésticos”, que incluye a los electrodomésticos propiamente dicho; los equipos de audio, radio y similares y los equipos de cuidado personal (Tabla 2-IV).

Tabla 2-IV. Participación de las ventas totales de electrodomésticos y artículos para el hogar por categoría desde 2017 a 2020. Realización propia a partir de INDEC, 2021.

Televisores, video y fotografía	19%	Computación y accesorios informáticos	8%
Telefonía	15%	Lavarropas, secarropas y lavavajillas	8%
Otros electrodomésticos y artículos para el hogar	11%	Pequeños electrodomésticos	4%
Equipos de aire acondicionado y climatizadores	10%	Equipos de audio, radios y similares	3%
Heladeras y freezers	10%	Cuidado personal	2%

<sup>4</sup>Los valores de los 40 partidos del AMBA se obtuvieron a partir de los datos de los 24 partidos del GBA aumentados en un 24%, lo que corresponde al aumento del número de viviendas de los 40 partidos del AMBA en comparación con los 24 partidos del GBA. Esto se realizó debido a que INDEC sólo publicó los datos para los 24 partidos del GBA.

Cocinas a gas y eléctricas, hornos microondas y eléctricos, calefactores, calefones y termotanques	10%		
--	-----	--	--

En el cuarto trimestre de 2020, los grupos de artículos cuyas ventas tuvieron los mayores aumentos fueron: “Computación y accesorios informáticos”, con 4,436.7 millones de pesos y una variación porcentual respecto al mismo período del año anterior de 114.8%; “Telefonía”, con 12,278.4 millones de pesos y una variación de 95.7% respecto a igual trimestre de 2019 y “Televisores, video y fotografía”, con 11,119.6 millones de pesos y una variación porcentual interanual de 71.4% (INDEC, 2021).

La Figura 2-1 indica un aumento de los ingresos obtenidos por la venta de electrodomésticos y artículos para el hogar. Esto se debió a un aumento en el precio de las unidades, y no a un aumento de unidades vendidas. En promedio, entre los años 2017 y 2020, la cantidad de unidades vendidas disminuyó en un 48% (Tabla 2-V).

*Tabla 2-V. Unidades totales vendidas de electrodomésticos y artículos para el hogar desde 2017 a 2020. Elaboración propia a partir de INDEC, 2021.*

Año	Unidades totales vendidas
2017	19,216,054
2018	29,044,387
2019	11,978,118
2020	9,958,034

Por otro lado, entre los electrodomésticos y artículos más vendidos, se encuentran los pequeños electrodomésticos, los teléfonos y los distintos tipos de televisores (Tabla 2-VI). Por otro lado, algunos equipos de los secarropas, lavavajillas y secavajillas y los calefactores y estufas a gas, junto con las cámaras digitales, equipos de audio (Ipod, Mp3, mp4 y mp5) y GPS fueron los segmentos que menos se vendieron por unidad. Por otro lado, los GPS, si bien pertenecen a la categoría “Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños”, representaron los equipos menos vendidos.

*Tabla 2-VI. Cantidades vendidas por artículos en unidades desde 2017 a 2020. Elaboración propia a partir de INDEC, 2021.*

Pequeños electrodomésticos	3,698,321	Consolas de video juego y accesorios	535,816
Teléfonos celulares	2,629,658	Cocinas eléctricas, hornos eléctricos y microondas	518,455
Televisores, TV LED, Smart TV, LCD y plasmás	2,023,383	Calefones y termotanques	512,546
Ventiladores	941,711	Impresoras y escáners	468,643
Equipos de aire acondicionado	919,162	Cocinas a gas	410,674
Calefactores y estufas eléctricos y caloventores	836,912	Computadoras (pc, notebook, all in one, etc)	409,923
Lavarropas	716,629	Secarropas, lavavajillas y secavajillas	225,419
Tablets e Ipad	690,968	Calefactores y estufas a gas	202,092
Heladeras con y sin freezer	622,948	Cámaras digitales	26,228
Teléfonos fijos y accesorios de telefonía	581,853	Ipod, Mp3, mp4 y mp5	23,671
Equipos de audio	541,423	GPS	12,717

INDEC (2021) registró 102 empresas y 1,508 locales del rubro de los electrodomésticos hacia finales de 2020 en Argentina. El número de locales refleja una caída del 0.7% respecto al año anterior. Por otro lado, en cuanto al nivel de empleo, en diciembre de 2020, el personal ocupado por el panel de 102 empresas descendió a 20,193 personas, reflejando una caída de 12.2% respecto al mismo mes del año anterior (INDEC, 2021).



Las grandes cadenas de venta de artículos para el hogar (Garbarino, Frávega, Megatone, etc.) y los supermercados (Carrefour, Cencosud, Coto) concentran gran parte de las ventas del sector (Fernández Protomastro, 2013). El sector se compone mayormente por Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y empresas de capitales transnacionales. En general, las PyMEs se especializan en un tipo de artefacto, no cuentan con gran diversificación productiva, y se orientan al mercado interno, constituyendo las exportaciones aproximadamente el 10% del volumen producido (Fernández Protomastro, 2013). Por su parte, las grandes empresas multinacionales no tienen producción local –al menos por cuenta propia- y operan en el país a través de filiales comercializadoras que importan de sus plantas productoras, muchas ubicadas en Brasil (Centro de Estudios para la Producción [CEP], s.f.).

### 2.2.1 Industria de las heladeras

Para comprender la dinámica del sector en cuestión, puede analizarse la producción nacional de heladeras domésticas, presentada en la Figura 2-2. En primer lugar, se observa una disminución de la producción entre los años 2001 y 2003, que se produjo debido a la crisis económica originada en 2001. Para enfrentar la devaluación monetaria generada, se focalizó en la reactivación del mercado interno. Así, la industria del frío pudo reactivarse desde el año 2003 y en el 2012 alcanzar un máximo relativo del nivel productivo (excluyendo la caída de la producción en el 2008 debido a la crisis financiera global de ese año). Durante 2013 y 2014, la producción descendió, pero en el 2015 alcanzó un récord, con 1,125,509 de unidades producidas. Hasta este año, la producción local pudo atender la demanda del mercado interno casi en su totalidad. Pasó de representar el 50% del total entre 2003 y 2007 para alcanzar un 80% entre 2008 y 2011 y 93% entre 2013 y 2015. Esto se logró con restricciones a las importaciones (a través de Declaraciones Juradas Anticipadas de Importación -DJAI-), financiaciones a tasas reales, programas como “Ahora 12”, incentivos fiscales y facilidades para compras con tarjetas de crédito y el aumento del poder adquisitivo, entre otras medidas. En diciembre de 2015, se implementó un nuevo modelo económico y como consecuencia, las importaciones de heladeras subieron de un porcentaje de 7% en 2013 a un 13% en 2016. Además, el aumento de la tasa de interés desincentivó la compra de heladeras, lo que también impactó en la caída de la producción de heladeras observada desde 2015 a 2019 (Pujadas, 2018). Por último, en el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) del año 2020, la venta de heladeras se vio menos afectada en comparación con otras categorías del sector. En abril de 2020, la producción de heladeras registró una baja de 97% en comparación con abril 2019, por la imposibilidad de operar de las plantas. Sin embargo, con la apertura de actividades, desde agosto se notó cierta recuperación en la producción de heladeras (INDEC, 2020). Asimismo, se anunció una línea de crédito para adquirir electrodomésticos de fabricación nacional y otra para inversión productiva y un plan de pago con los programas “Ahora 12” y “Ahora 18”. De esta manera, se intenta reactivar la demanda de heladeras y otros electrodomésticos.

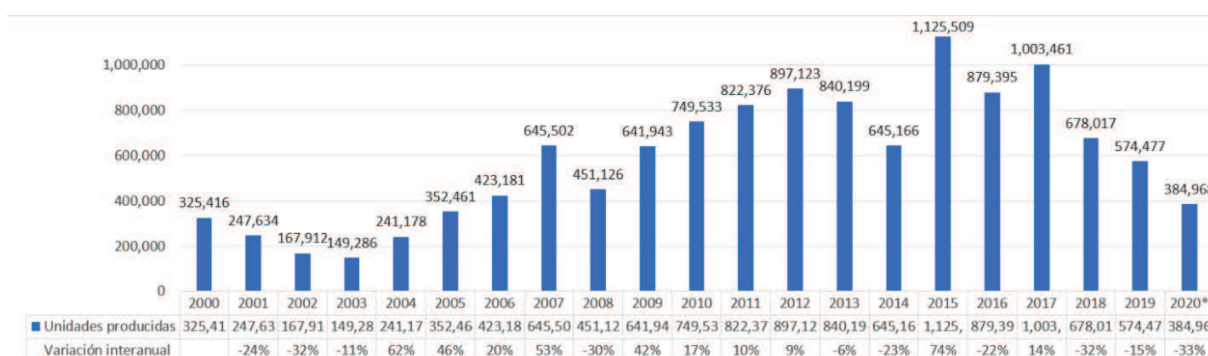


Figura 2-2. Gráfico de barras con las unidades de heladeras producidas entre 2000 y septiembre de 2020 y su variación interanual. La variación interanual del 2020 con respecto al 2019, se realizó comparado con los mismos períodos de tiempo. Realización propia a partir de INDEC, 2020.

### 2.2.2 Industria de las computadoras y accesorios informáticos

Se denomina Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) a aquellas tecnologías que utilizan la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones para crear formas de comunicación que facilitan la emisión, el acceso y el tratamiento de la información. Las tecnologías de información incluyen el hardware, el software y los servicios informáticos. En particular, el hardware se refiere a los componentes materiales del sistema informático, incluyendo a los dispositivos conectados al equipo durante su fabricación y a todos los periféricos agregados posteriormente. Las computadoras personales (desktops y notebooks) y los accesorios informáticos (monitores, mouses, teclados) forman parte del hardware (Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos [OPSSI], 2018).

En las últimas 2 décadas, el sector de las TICs evidenció un importante crecimiento en Argentina debido a un conjunto de políticas sectoriales específicas y a la expansión de las tecnologías disponibles. Como resultado, el sector se fue especializando para dar como resultado una caracterización dada por la exportación de productos de bajo y medio valor agregado. El sector de las TICs alcanzó los 19,480 millones de USD en 2017. Se encuentra conformado por casi 4,700 empresas, casi en su totalidad PyMES, que empleaban a 97,700 trabajadores en el año 2017. El empleo de esta actividad representa el 3% del total de servicios y el 1.4% del total de la economía nacional. La mayor parte de las empresas se localizan en los principales centros de consumo del país: el 80% en el AMBA, el 6% en Córdoba, el 5% en el resto de la provincia de Buenos Aires y el 4% restante en Santa Fe (Grosso, 2019).

Entre 2008 y 2017, las TICs aumentaron sus ventas en un 2.2% anual acumulado, a pesar de la crisis económica de 2008 y las devaluaciones monetarias de 2014 y 2015 (Figura 2-3) (OPSSI, 2018).



Figura 2-3. Evolución del mercado de las TICs. Ventas desde 2008 a 2017 expresadas en millones de dólares. Recuperado de OPSSI, 2018.

Por otro lado, las exportaciones de Software y Servicios Informáticos (SSI) se quintuplicaron entre 2006 y 2017, alcanzando el último año los 1,699 millones de USD. El nivel de exportaciones de Argentina se encuentra muy por detrás de los países desarrollados, algunos países asiáticos, Costa Rica y Uruguay, y es similar o mejor al de otros países de América Latina. Aproximadamente, la mitad de las exportaciones se dirigen a Estados Unidos (48.6%), seguido por Uruguay (10.2%), Chile (7.8%) y México (7.3%). En conjunto, los países latinoamericanos representan un 32.2% de las exportaciones. Además, el 73% de los clientes del exterior son multinacionales, el 17% grandes empresas, 9% PyMES y 1% organismos públicos.

En cuanto al financiamiento, casi el 90% de las empresas utilizan recursos propios, y una menor parte recurre a otras fuentes, como préstamos bancarios, programas públicos y mercado de capitales.

Cabe destacar que en Argentina, el boom de la utilización de los productos electrónicos residenciales se produjo luego de la crisis económica de 2001-2002 y fueron las computadoras de escritorio (desktop) los primeros productos electrónicos que evidenciaron mayor crecimiento. En sólo 5 años, desde el año 2006 a 2010 la cantidad de computadoras vendidas se duplicó. Luego, los teléfonos celulares reemplazaron a las computadoras en el número de ventas, pero de todas formas, las ventas de las computadoras continuaron en aumento. Por otro lado, la brecha entre las PC de escritorio y las portátiles se encuentra en aumento. Las importaciones de las computadoras portátiles superaron las de las desktops y se proyecta la misma tendencia en los siguientes años. En particular, se registró un descenso significativo en la fabricación de computadoras en el país alrededor de 2016 relacionado a la nueva política de comercio exterior, que generó un aumento en las importaciones. Luego, se reactivó parcialmente la producción de computadoras asociadas a planes educativos y de donación (Ámbito financiero, 2021).

### 2.2.3 Características destacables

Es importante detenerse sobre la venta de las heladeras y las computadoras, ya que esto indica el comportamiento de sus consumidores. La Figura 2-4 presenta las unidades vendidas de las heladeras y computadoras y su variación interanual en los últimos 4 años.

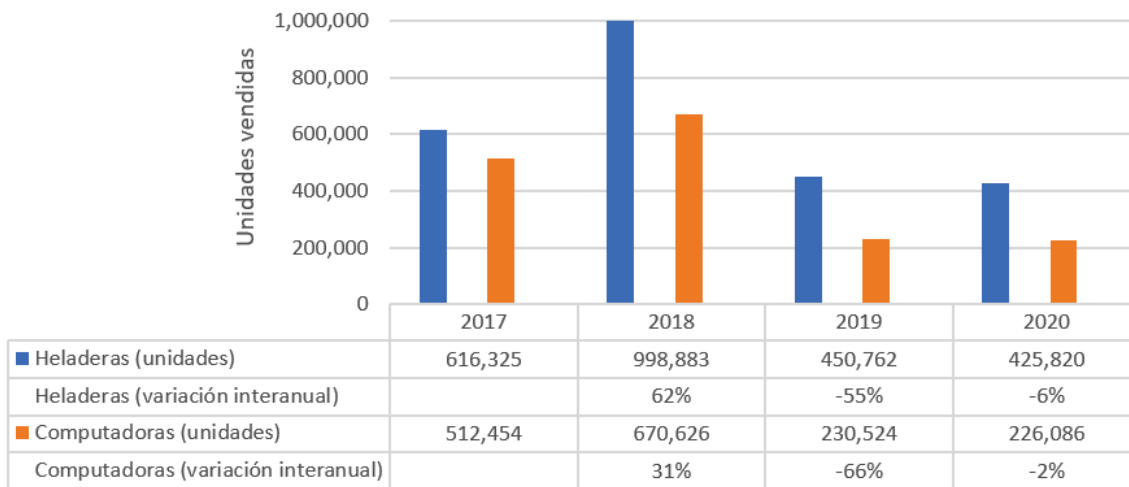


Figura 2-4. Ventas de heladeras y computadoras en número de unidades y variación interanual en porcentaje. Realización propia a partir de INDEC, 2021.

Se pueden resumir 4 características principales en común del sector de las heladeras y las computadoras, a saber:

- La demanda es muy elástica y se encuentra ligada al ciclo económico: en tiempos de crisis, la compra de estos productos se posterga o detiene.
- Los créditos para consumo juegan un importante papel.
- La dependencia de los insumos importados es muy significativa, por lo que se encarecen los costos de producción y de venta en contextos de devaluación monetaria.
- El tiempo de vida útil de las computadoras y heladeras es variable e influye en el recambio o compra de estos equipos.

### 2.3 Región de estudio

El AMBA es el conglomerado urbano que se extiende desde Campana hasta La Plata, con límite físico en el Río de la Plata e imaginario en la Ruta Provincial 6. Está conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y los siguientes 40 municipios de la provincia de Buenos Aires: Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, General Las Heras, General Rodríguez, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, La Plata, Lomas de Zamora, Luján, Marcos Paz, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Pilar, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, San Vicente, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López, y Zárate (Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, s.f.). Como se indicó previamente, en este trabajo no se incluirá la jurisdicción de la CABA, ya que no cuenta con una ley de gestión de los RAEE, a diferencia de la provincia de Buenos Aires. Por eso, siempre que se hace referencia a “los 40 municipios del AMBA”; la única jurisdicción que no se incluye es la CABA.

Excluyendo a la CABA, la región comprende una superficie de 13,770 km<sup>2</sup> y, según el censo de 2010, cuenta con 11,948,875 habitantes, por lo que conforma el principal aglomerado urbano de Argentina, con un 29.3% de la población del país concentrada en un espacio menor al 0.5% del territorio nacional (INDEC, 2010). Es, junto con la CABA, la región económica más importante del país: en ella se genera más de 50% del Producto Bruto Interno (PBI) nacional y se concentran la mitad de las industrias. Simultáneamente, las

diferencias sociales dentro de la región son notorias: mientras que en CABA la pobreza es del 13.2% y la indigencia del 2.1%, el aglomerado de partidos del Gran Buenos Aires<sup>5</sup> (GBA) es el quinto más pobre con un 40.9% de su población bajo la línea de pobreza. En el resto del país los números de la pobreza alcanzan un 38.6% y la indigencia un 8% (Meffei et al, 2020). Por otro lado, los partidos del GBA tienen una tasa de empleo<sup>6</sup> del 40.4% y una tasa de desocupación<sup>7</sup> del 11.9% (INDEC, 2021).

Una de las mayores problemáticas ambientales de la región es la gestión de los residuos. Algunos puntos conflictivos son: la significativa cantidad de desechos generados, su disposición en rellenos sanitarios que se encuentran al borde del colapso y la existencia de Basurales a Cielo Abierto (BCA).

Todos los municipios del AMBA dan disposición final a sus residuos en los rellenos sanitarios de la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE), a excepción de Cañuelas, Exaltación de la Cruz, General Las Heras, Luján, Marcos Paz y San Vicente. En 2019, ingresaron a la planta de CEAMSE 7,025,602 toneladas de RSU provenientes del AMBA. De este total, el 26% provenía de la CABA, el 68% de los municipios del AMBA y un 6% de generadores privados. Esto corresponde a 19,250 tn diarias de RSU (MAyDS et al, 2020), lo que es coherente con las cifras de CEAMSE, que informa que recibe 21,000 tn diarias de residuos, siendo más de 3,000 las que corresponden a CABA<sup>8</sup> (CEAMSE, 2019).

En cuanto a la gestión de los residuos, de los 34 municipios que dan disposición final de sus residuos en CEAMSE, sólo 12 cuentan con el servicio de recolección diferenciada, es decir, discriminando por tipo de residuos y orientando un tratamiento conforme a sus características. En general, los gobiernos que avanzaron en la gestión de RSU muestran algún grado de avance en relación con los RAEE, ya que, al recolectar diferenciadamente, surge la necesidad de hacer algo con esta corriente.

### 2.3.1 Generación de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Como se indicó anteriormente, los RAEE son la corriente de residuos que se encuentra en mayor aumento. En 2019, se generaron mundialmente 53.6 millones de tn de RAEE, lo que equivale a 7.3 kg/hab. Esto es un aumento del 21% desde 2014 y se estima que, de no tomarse medidas, el volumen mundial ascenderá un 39% más hacia el 2030 (Figura 2-5) (Forti et al, 2020).

---

<sup>5</sup> El "Gran Buenos Aires" incluye a los siguientes 24 partidos del AMBA: Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Esteban Echeverría, Ezeiza, Florencio Varela, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, Lomas de Zamora, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, Tigre, Tres de Febrero y Vicente López.

<sup>6</sup> Porcentaje entre la población ocupada y la población total de referencia.

<sup>7</sup> Porcentaje entre la población desocupada y la población económicamente activa.

<sup>8</sup> La generación diaria de CABA se registró en 6.000 tn diarias. La diferencia entre la generación y disposición podría deberse al trabajo de las cooperativas de reciclado, que recuperan gran parte de los residuos y reducen la disposición final.

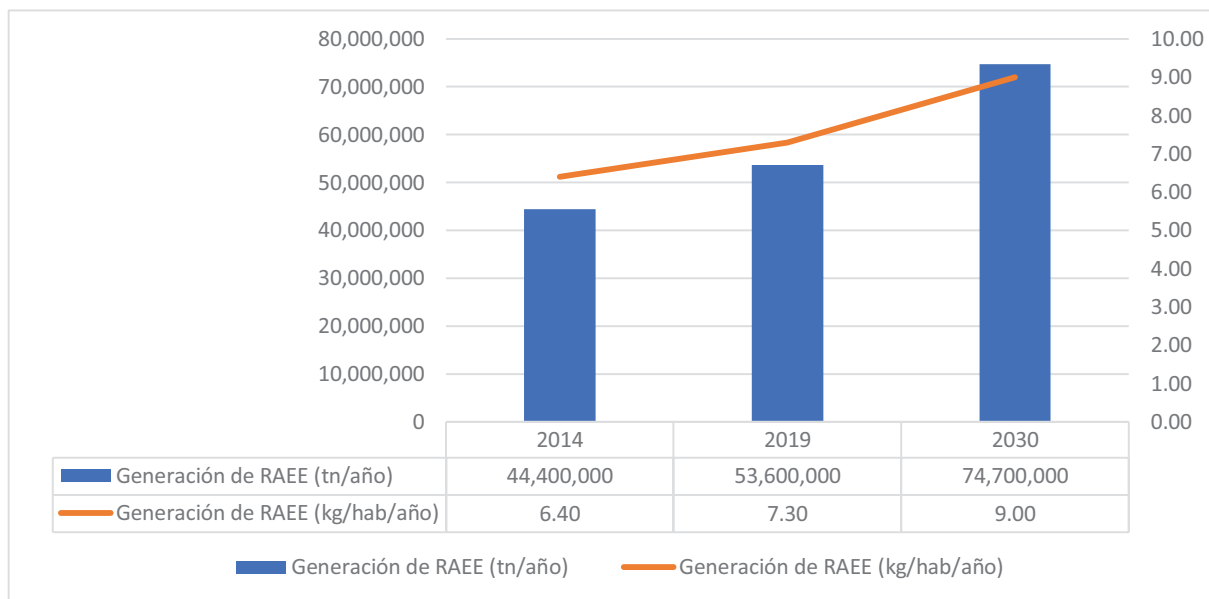


Figura 2-5. Cronología de generación global de RAEE. En el eje vertical de la izquierda, la generación de RAEE expresada en tn/año; en el de la derecha, la generación de RAEE per cápita, expresada en kg/hab/año. Realización propia a partir de Forti et al, 2020.

A nivel nacional, se reportó la siguiente cronología de generación de RAEE: en el 2013, la generación de RAEE en la Argentina rondaba las 168 mil tn anuales (es decir, 4 kg/hab/año<sup>9</sup>) (Fernández Protomastro, 2013); en 2014, 291.7 mil tn de RAEE (es decir, 7 kg/hab/año) (Baldé et al, 2015); en 2016, 368 mil tn de RAEE (es decir, 8 kg/hab/año) (Proyecto Residuos Electrónico América Latina [PREAL], s.f.) y, en 2019, 465 mil tn (es decir, 10 kg/hab/año) (MAyDS et al, 2020) (Figura 2-6). Analizando estos datos, puede afirmarse que la generación de residuos-e se encuentra en aumento. Estos índices son cercanos a los propuestos por el “Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2017” y el “Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020”, que son, respectivamente, 8.4 kg/hab/año y 10.3 kg/hab/año (Baldé et al, 2017; Forti et al, 2020). Este último índice sugiere que la generación de RAEE argentina es aproximadamente un kilo superior al promedio de América del Sur<sup>10</sup> (MAyDS et al, 2020). Sin embargo, la generación de RAEE no es uniforme en todo el territorio. En las grandes ciudades, la cantidad de residuos electrónicos por habitante puede ser muy superior debido a los hábitos de consumo, el nivel de ingresos, y a la concentración de la mayor parte de la industria, los servicios y la administración pública, que es una de las mayores generadoras de residuos.

<sup>9</sup> Calculado a partir de las Proyecciones de población de INDEC (INDEC, 2010). Idem para el resto de las generaciones per cápita.

<sup>10</sup> América del Sur generó en promedio 9,1 kg/hab de residuos-e (MAyDS et al, 2020).

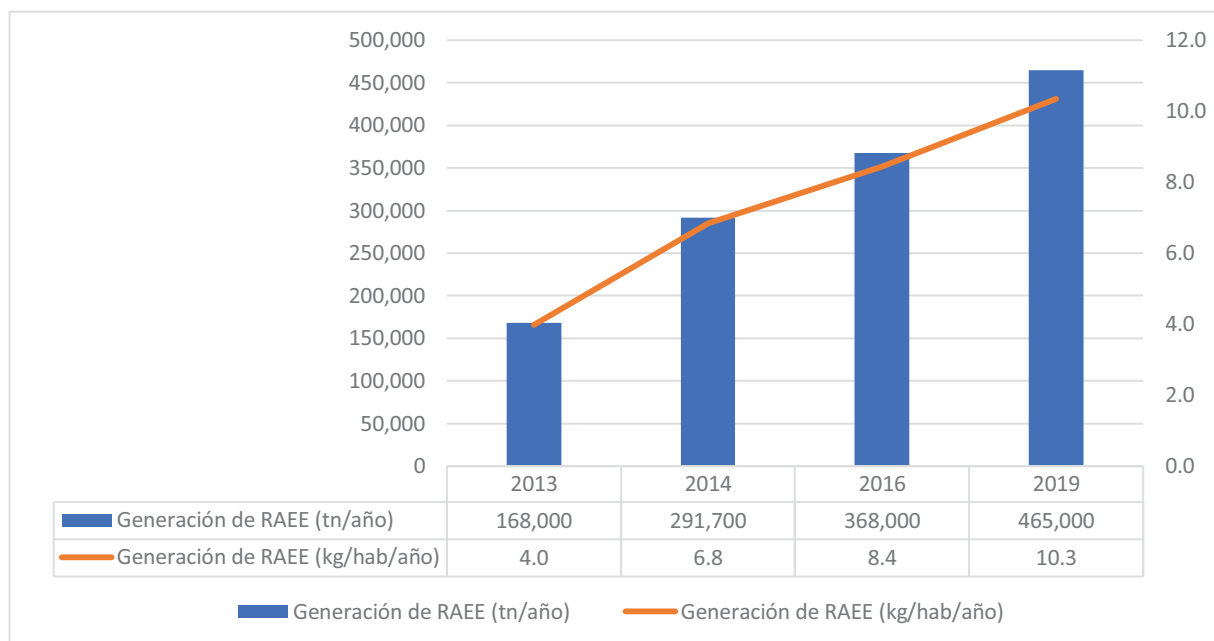


Figura 2-6. Cronología de generación de RAEE en Argentina desde 2013 a 2019. En el eje vertical de la izquierda, la generación de RAEE expresada en tn/año; en el de la derecha, la generación de RAEE per cápita, expresada en kg/hab/año. Realización propia a partir de Baldé et al, 2015; Fernández Protomastro, 2013; INDEC, 2010; MAyDS et al, 2020 y PREAL, s.f.

Buenos Aires carece de datos oficiales sobre la generación y gestión de RAEE, pero estos se pueden estimar indirectamente. A partir de los índices de generación per cápita anteriormente detallados, se obtuvo un valor de Generación Per Cápita (GPC) de 9.4 kg/hab, lo que indica un total de 111,372.31 tn para la población de los 40 municipios del AMBA del año 2010 (INDEC, 2010). A partir de este valor, se estimó la diferente generación de los municipios del AMBA (Tabla 2-VII).

Tabla 2-VII. Generación de RAEE para cada partido bonaerense del AMBA. Realización propia a partir de INDEC, 2010.

Partido	N° habitantes (2010)	Generación RAEE (tn/año)
La Matanza	1,775,816	16,604
La Plata	654,324	6,118
Lomas de Zamora	616,279	5,762
Quilmes	582,943	5,451
Almirante Brown	552,902	5,170
Merlo	528,494	4,941
Lanús	459,263	4,294
Moreno	452,505	4,231
Florencio Varela	426,005	3,983
General San Martín	414,196	3,873
Tigre	376,381	3,519
Avellaneda	342,677	3,204
Tres de Febrero	340,071	3,180
Berazategui	324,244	3,032
Malvinas Argentinas	322,375	3,014
Morón	321,109	3,002

Esteban Echeverría	300,959	2,814
Pilar	299,077	2,796
San Isidro	292,878	2,738
San Miguel	276,190	2,582
Vicente López	269,420	2,519
José C. Paz	265,981	2,487
Escobar	213,619	1,997
Hurlingham	181,241	1,695
Ituzaingó	167,824	1,569
Ezeiza	163,722	1,531
San Fernando	163,240	1,526
Zárate	114,269	1,068
Luján	106,273	994
Campana	94,461	883
Berisso	88,470	827
General Rodríguez	87,185	815
Presidente Perón	81,141	759
San Vicente	59,478	556
Ensenada	56,729	530
Marcos Paz	54,181	507
Cañuelas	51,892	485
Exaltación de la Cruz	29,805	279
Brandsen	26,367	247
General Las Heras	14,889	139

En cuanto a la generación de cada categoría de RAEE, se obtuvo un promedio de la participación indicada por Baldé et al (2017) y Forti et al (2020) (Tabla 2-VIII). Ambos autores coinciden en que los pequeños y los grandes aparatos son los que más contribuyen en peso a la generación de residuos-e; las lámparas y los aparatos de informática y telecomunicaciones son los que inciden menos; y en que los aparatos de intercambio de temperatura y las pantallas y monitores se ubican en un nivel medio. No se ha podido encontrar datos más regionales acerca de la generación de residuos-e, debido a la falta de datos estadísticos y del funcionamiento de planes de gestión.

Tabla 2-VIII. Participación en términos del peso de las categorías sobre el total de RAEE generados en promedio para los años 2016 (Baldé et al, 2017) y 2019 (Forti et al, 2019). Realización propia a partir de Baldé et al, 2017 y Forti et al, 2020.

Categoría	Participación sobre el total de RAEE		
	Año 2016	Año 2019	Promedio
Pequeños aparatos	38%	32%	35%
Grandes aparatos	20%	24%	22%
Aparatos de intercambio de temperatura	17%	20%	19%
Pantallas y monitores	15%	13%	14%
Lámparas	2%	9%	5%
Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños	9%	2%	5%

Si bien se pretende que la cantidad de residuos-e generados en los próximos años seguirá en aumento, la tasa de crecimiento varía para cada categoría. Desde 2014 a 2019, las categorías de RAEE que más han



aumentado mundialmente en términos de peso total de los RAEE generados son los aparatos de intercambio de temperatura, los grandes aparatos, las lámparas y los pequeños aparatos (Tabla 2-IX). En cambio, los aparatos de informática y de telecomunicaciones han crecido, pero a un ritmo más lento, y las pantallas y los monitores han registrado un ligero descenso. Esta disminución puede deberse a que los monitores pesados y las pantallas de CRT se han sustituido por pantallas más ligeras, lo que resultó en una disminución del peso total de la categoría, si bien el número de piezas no ha cesado de aumentar. Esto coincide con las proyecciones de Baldé et al (2017), que prevé que los aparatos de intercambio de temperatura y las pantallas y monitores serán las categorías de mayor y menor aumento, respectivamente.

Tabla 2-IX. Porcentaje de aumento de los residuos-e en términos del peso total desde 2014 a 2019. Realización propia a partir de Forti et al, 2020.

N°	Categoría	Aumento en la generación desde 2014 a 2019
1	Aparatos de intercambio de temperatura	7%
2	Pantallas y monitores	-1%
3	Lámparas	4%
4	Grandes aparatos	5%
5	Pequeños aparatos	4%
6	Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños	2%

Por otro lado, para describir las tendencias en la generación de RAEE, es importante introducir el concepto de obsolescencia. Se considera que un producto es obsoleto cuando ya no puede cumplir las funciones para las cuales fue diseñado. La obsolescencia puede ocurrir por varios motivos. Una práctica habitual de la industria eléctrico-electrónica es la de limitar la vida útil de los productos y establecerles de manera intencional una fecha de caducidad, que obliga al consumidor a renovarlo en un tiempo más corto. A esto se lo denomina “obsolescencia programada” y tiene lugar cuando las empresas introducen fallas y desperfectos deliberadamente (MAyDS et al, 2020). Que sea más fácil desechar un RAEE en vez de repararlo, tiene que ver con este tipo de obsolescencia.

Paralelamente, también existe la llamada “obsolescencia percibida” u “obsolescencia psicológica”, motivada por la publicidad, la moda y el *status*, entre otros factores. Este tipo de obsolescencia incentiva que un producto sea reemplazado cuando aún es funcional, lo que sucede porque los fabricantes introducen cambios en el diseño de sus productos, buscando provocar en los consumidores la sensación de que poseen un equipo obsoleto y que necesita un recambio. Por ejemplo, el aumento del tamaño de los teléfonos celulares y considerar que un celular chico es antiguo, puede responder a una medida de obsolescencia percibida.

Como resultado de la aplicación de la obsolescencia programada y percibida, la producción de AEE y el desecho de RAEE se ven incrementados. Además, en este contexto, cobra mayor importancia el hecho de introducir a los productores de AEE en los planes de gestión de RAEE y de incentivar medidas como la Gestión integral del ciclo de vida y el ecodiseño, descritas en la sección “2.4.1 Actores involucrados”.

## 2.4 Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

En cuanto a la gestión municipal, la recolección diferencial de los RAEE del resto de los residuos domiciliarios es relativamente reciente. Meffe et al (2020) relevaron que, de los 40 municipios del AMBA contemplados, sólo 28 de ellos realizaron en los últimos 10 años alguna acción para la recolección

diferencial de RAEE. De estos 28 municipios se identificaron las siguientes modalidades de recolección de RAEE:

- 14 municipios cuentan con “puntos verdes” (es decir, centros de acopio destinados a la recepción y almacenamiento de residuos recuperables) en los que admiten la recepción de RAEE,
- 5 municipios realizan recolección domiciliaria a demanda,
- 9 municipios realizaron en algún momento campañas de recolección, que consisten en días específicos en los que los vecinos acercan sus residuos-e a puntos de acopio. Sin embargo, se trata de campañas no sistemáticas y de periodicidad muy variable. Además, esta modalidad sólo recibe RAEE de pequeño peso y volumen, es decir, aquellos que pueden ser acercados fácilmente por los usuarios finales.

Una vez recolectados, los municipios gestionan los RAEE de las siguientes formas:

- 10 municipios gestionan sus residuos-e a través del programa “Disposición y Reutilización de Tecnologías en Desuso” del Servicio Penitenciario Bonaerense (detallado a continuación),
- 5 municipios contratan servicios de empresas privadas gestoras de RAEE,
- 2 municipios trabajan con cooperativas y asociaciones civiles que cumplen tareas de reparación y recuperación,
- 4 municipios manifiestan que disponen en CEAMSE junto con el resto de sus residuos, sin clasificación ni recuperación, y
- 7 municipios no supieron informar cómo resuelven la disposición final de los RAEE que recolectan (Meffei et al, 2020).

Estos caminos son los que transitan los municipios que cuentan con servicio de recolección de RAEE; a estos se adiciona los restantes 12 municipios que no informaron tener recolección diferencial de residuos-e.

En cuanto a la existencia de políticas públicas que gestionen residuos-e dentro de los 40 municipios del AMBA contemplados, se identificaron las siguientes:

- El programa “Disposición y Reutilización de Tecnologías en Desuso” (DRTD), creado por la Resolución N°332/2009 del Ministerio de Justicia y que funciona dentro de la Dirección de Trabajo



*Figura 2-7. Refuncionalización de RAEE en la Unidad Penitenciaria N° 57 de Campana. Recuperado de OPDS, 2021.*

Penitenciario del Servicio Penitenciario Bonaerense a lo largo de toda la provincia de Buenos Aires. Consiste en la recepción de computadoras, televisores, teléfonos fax, celulares y fotocopiadoras en desuso, su reparación, recuperación y comercialización de materiales reciclables. Los internos reciben una capacitación previa para el desarme, armado o reciclado de materiales. Quien cumple la capacitación recibe un diploma que lo certifica bajo la figura de “gestor refuncionalizador de RAEE”, creada por la Resolución N°269/2019 del Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible [OPDS]. Desde 2009 a 2020, el Ministerio de Justicia ha celebrado convenios con 34 municipios y 11 organismos o instituciones privadas de la provincia de Buenos Aires. Los RAEE que reciben los penales provienen, en su gran mayoría, de empresas, bancos, correos y oficinas públicas de la provincia bonaerense. Entre el 2016 y 2018 se gestionaron 208 tn, duplicando la recepción de los años anteriores (Meffei et al, 2020). Actualmente, cuenta con 250 gestores refuncionalizadores de RAEE correspondientes a 9 unidades penitenciarias de la provincia de Buenos Aires (El auditor, 2021) (Figura 2-7).

- El “Programa E-Basura” de la Universidad Nacional de la Plata (UNLP), que funciona desde el año 2009. Recibe computadoras y equipos informáticos en desuso de particulares, empresas y organismos públicos para su restauración, reacondicionamiento y reutilización para su posterior donación a instituciones, organizaciones sociales, comedores populares, escuelas y bibliotecas. Los componentes de los equipos descartados se envían a disposición final (MAyDS et al, 2020). Desde 2009 a 2019 se donaron más de 5,300 elementos informáticos y se enviaron a disposición final 143 tn de residuos electrónicos (UNLP, 2019).
- Además, recientemente se han desarrollado proyectos y cursos de fortalecimiento de capacidades para la gestión de los RAEE. Por ejemplo, el proyecto “Fortalecimiento de iniciativas nacionales y mejora de la cooperación regional para la gestión ambientalmente racional de los Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) en Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos”, implementado por la Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible y ejecutado a nivel regional por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Otro ejemplo es el del curso de capacitación llamado “Gestión integral de RAEE, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular” lanzado en marzo de 2021.

A partir de la información relevada, puede resumirse que los AEE que se desechan en el AMBA pueden seguir uno de los siguientes caminos (Figura 2-8), que se describen a continuación.

- a) Disposición final en relleno sanitario.
- b) Abandono en sitios no adecuados.
- c) Ingreso al circuito informal.
- d) Ingreso a una cadena de valor.
- e) Almacenamiento por un tiempo indeterminado, o reparación y extensión de su vida útil.

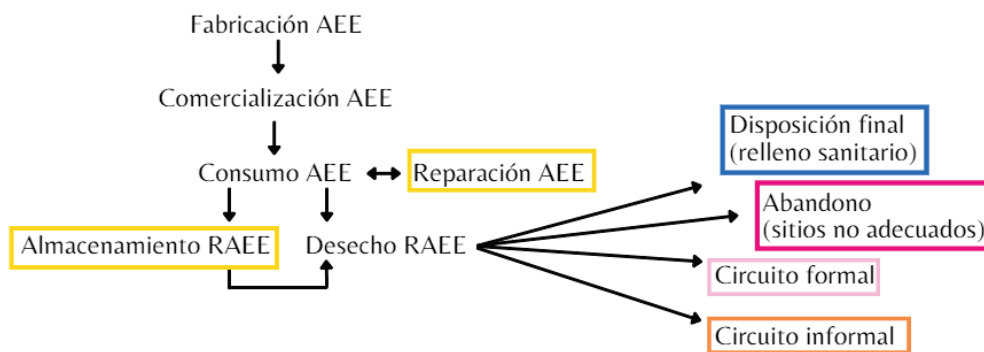


Figura 2-8. Destino de los RAEE generados en el AMBA.

**a) Disposición final en rellenos sanitarios.** Los RAEE que siguen esta opción, a pesar de no estar permitido por las prohibiciones legales detalladas en la sección “3. Marco legal aplicable”, son depositados junto a los residuos domiciliarios en rellenos sanitarios, sin recibir un tratamiento previo adecuado y liberando contaminantes al ambiente. En esta opción no se produce la recuperación de materiales, funciones ni energía. Acontece porque no existe un plan de gestión integral en funcionamiento o porque este existe, pero tiene una falencia en alguna de sus etapas. A partir de las estimaciones de Meffei et al (2020) y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) (2015), se estima que en CEAMSE se disponen 2,500 tn anuales de residuos-e, lo que corresponde a 6.8 tn diarias de RAEE que reciben disposición final. Esto indica que sólo alrededor de un 3% del total de RAEE generados en los 40 municipios del AMBA reciben disposición final.

**b) Abandono en sitios no adecuados.** Una parte de los residuos-e son depositados en Basurales a Cielo Abierto (BCA) y en sitios como riberas o espacios verdes alejados de los centros urbanos, sin que se les aplique un proceso adecuado de tratamiento y liberando toxinas y contaminantes, que pueden escurrir, lixiviar y difundir, alcanzando los ecosistemas, degradando la calidad ambiental y dañando la salud humana. Meffei et al (2020) afirman que un 60% de los RAEE termina en basurales.

**c) Ingreso al circuito informal.** Algunos RAEE son captados por recuperadores urbanos que trabajan en la informalidad, a los que a veces se conoce como “chatarreros” o “cartoneros”. Realizan la quema, fundición y recuperación de materiales de los residuos-e, a veces, dentro de los domicilios de los trabajadores informales o en zonas cercanas, lo que deriva en graves daños al ambiente y la salud de los trabajadores y sus allegados (Meffei et al, 2020).

**d) Ingreso a una cadena de valor.** Un pequeño porcentaje de recuperación de los residuos-e la realizan empresas privadas, iniciativas de la Economía Social y Solidaria (ESS) y trabajadores formales (Meffei et al, 2020). A partir de las estimaciones de Baldé et al (2017), Forti et al (2020), Meffei et al (2020) y Magariños et al (2013), se estimó que el porcentaje de recolección y reciclaje alcanza en promedio un valor del 5% del total de residuos-e generados. Este porcentaje varía dependiendo de la categoría de residuos. En la Argentina la gestión de RAEE tiene poco desarrollo y se concentra en los equipos del sector de las TICs. El resto de las categorías no corre con la misma suerte, en parte porque su tamaño dificulta el transporte y manipulación, y en parte también porque no contienen componentes de gran valor económico, como las Placas de Circuitos Impresos (Meffei et al, 2020). Debe destacarse que, a pesar de que en un primer momento se realice la recolección y recuperación de los residuos-e, no hay garantías

que permitan afirmar que lo remanente luego de estas operaciones reciba un tratamiento adecuado. En otras palabras, luego de ingresar en la cadena de valor, puede terminar en la opción “a”, “b” o “c”.

**e) Almacenamiento por un tiempo indeterminado, o reparación y extensión de su vida útil.** Eventualmente, los residuos-e en esta situación alcanzan los caminos “a”, “b” o “c”. Fernández Protomastro (2013) estima que entre un 50% y un 60% de los residuos-e generados son almacenados y un 10% a 15% llega a talleres de reparación y servicios técnicos.

Por otro lado, se calcula que hasta el 20% de los RAEE generados se movilizan de un país a otro. Típicamente, el sentido de estas migraciones se realizaba desde los países del hemisferio norte a los del hemisferio sur, con el propósito de tercerizar el lugar donde se debería realizar el tratamiento de los residuos-e. Sin embargo, en los últimos años está ocurriendo un crecimiento de las exportaciones en el sentido inverso, debido al interés en ciertos componentes (como las plaquetas de equipos informáticos), que recientemente se exportan de Sur a Norte para su recuperación y obtención de sustancias valiosas. Actualmente sólo se encuentra permitida la importación de residuos no peligrosos para ser utilizados como insumos de procesos productivos o como productos de uso directo; sin embargo, muchos de los movimientos transfronterizos son ilegales (Forti et al, 2020).

A nivel mundial, se calcula que del total de residuos-e generados en 2019, un 17.4% quedó documentado como recogido y reciclado adecuadamente. Algunas estimaciones indican de este casi 83% los siguientes destinos:

- Alrededor del 8% se arrojó en cubos de basura o en contenedores mayores y luego se dispuso en vertederos o se incineró.
- Entre el 7 y 20% sufrió movimientos transfronterizos, de forma ilegal (debido a que la exportación de residuos se encuentra prohibida) o bajo la categoría de productos reutilizables.
- El resto tiene un paradero desconocido y es probable que se haya vertido, comercializado o reciclado informalmente, derivado en daños para el ambiente y la salud humana (Figura 2-9) (Forti et al, 2020; MAYDS et al, 2020).



Figura 2-9. Destino de los RAEE generados a nivel internacional. Adaptado de MAYDS et al, 2020.

Hay conclusiones importantes que se obtienen de analizar la gestión de los RAEE. En primer lugar, el elevado grado de informalidad asociado a la gestión de estos residuos. En relación con la informalidad, la ausencia de un sistema estadístico que permita dar cuenta de las tendencias en la gestión y que además,

oriente un plan de trabajo con metas y objetivos precisos. Por otro lado, se relevó la falta de un circuito que permita la valorización de los residuos-e que funcione adecuadamente en el AMBA. Una cadena de valor, como su nombre lo indica, transforma a los Aparatos Eléctricos y Electrónicos desechados en objetos parcial o totalmente valorizables a medida que transcurren por los eslabones de una cadena. Sus etapas iniciales son la recolección, clasificación y desensamblado. Luego, el o los pasos siguientes pueden ser:

- Reciclaje o recuperación de materiales. Los materiales son utilizados como materias primas en otros procesos productivos o comercializados en el mercado nacional o internacional (si cumple con los requisitos legales establecidos). Las plaquetas de equipos informáticos son un claro ejemplo de materiales comercializables internacionalmente.
- Reutilización o recuperación de funciones. Los equipos en estas condiciones se revenden a servicios técnicos o fabricantes de AEE, siempre que se disponga de la autorización de los fabricantes del equipo en cuestión.
- Disposición final. Esta opción se contempla para los constituyentes no recuperables o que revisten peligrosidad.

#### 2.4.1 Actores involucrados

Para comprender la gestión actual de los residuos-e, es preciso detenerse sobre los roles, obligaciones y responsabilidades de los actores implicados en su ciclo de vida. Ejecutar un plan de gestión de residuos requiere la participación de múltiples actores, entre los que se encuentran: consumidores de AEE, productores de AEE, generadores de RAEE y gestores de RAEE. En la Tabla 2-X se define a los principales actores involucrados en la gestión de los residuos-e y se presentan sus obligaciones legales, roles deseados y estrategias de participación, entendiendo por cada concepto lo siguiente:

- Obligaciones legales: aquellas establecidas en las normativas vigentes en el AMBA aplicables a los residuos-e.
- Roles deseados: acciones ansiadas para cada actor, al margen de las obligaciones legales. Estas se detallan al finalizar la Tabla 2-X.
- Estrategias de participación: incentivos y políticas que podrían lograr mayor involucración del actor en la gestión sostenible de los RAEE.

Si bien el Estado también es un actor con participación potencial en la gestión de los residuos-e, por sus particularidades intrínsecas, se describe en la sección “2.4.1.3 El rol del Estado”.

*Tabla 2-X. Principales actores y sus implicancias en la gestión de los residuos-e. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; MAyDS et al, 2020; Rodríguez Lepure, 2018.*

<i>Actor</i>	<i>Definición</i>	<i>Obligaciones legales</i>	<i>Roles deseados</i>	<i>Estrategias de participación</i>
Consumidor o usuario de AEE	Persona, empresa o institución compradora o usuaria de un AEE.	-	-Priorizar los consumos sustentables y el ahorro energético.	-Campañas de difusión, concientización y educación ambiental. -Eco-etiquetado. -Promociones sobre productos generados con insumos reciclados o reutilizados.
Productor de AEE	Persona física o jurídica que: -fabrica y vende AEE con marcas propias, -coloca en el mercado con marcas propias aparatos fabricados por terceros, o -importa AEE a la Argentina. Incluye desde las grandes marcas a las PyME que diseñan, producen, ensamblan, importan, distribuyen y/o comercializan.	-Identificar sus productos con el símbolo asignado a los RAEE ("tacho tachado"). -Declararse en el Registro correspondiente. -Incorporar el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). -Afrontar el costo de la recolección y eliminación segura de aquellos envases, productos y embalajes que no puedan ser reutilizados, reciclados o compostados. -Adoptar medidas para que los RAEE sean recogidos selectivamente y tengan una correcta gestión ambiental. -Informar a los usuarios los sistemas de devolución, tratamiento y disposición selectiva de los RAEE. -Establecer sistemas para la recepción y transporte de los RAEE. -Recibir a los RAEE entregados por los generadores al adquirir un AEE equivalente. -Disponer en su predio, si el local de exposición y venta ocupa una	-Implementar la gestión ambiental integral y su financiamiento. -Adoptar medidas de ecoeficiencia, el principio de REP, planes de canje u otras estrategias que conduzcan a la gestión de los RAEE o el ahorro energético. -Proporcionar sistemas de información sobre los mercados e industrias que pueden valorizar los distintos componentes y materiales. -Participar en los Sistemas de Gestión de los RAEE aportando su experiencia. -Colaborar con el desarrollo de los puntos de acopio, que pueden ser algunos de sus puntos comerciales. -Elaborar un sistema de recolección selectiva de RAEE hasta la cantidad anual equivalente puesta por ellos en el mercado y almacenarlos en los centros de recepción. -Garantizar que los RAEE se gestionen conforme el principio de jerarquía enunciado.	-Legislación nacional específica de RAEE. -Aplicación gradual del principio de REP.

		superficie mayor a 500 m2, un centro para la recepción de RAEE donde los generadores puedan desecharlos. -Diseñar los AEE facilitando el desmontaje, reparación, reutilización y reciclado y proveer la información oportuna para el desmontaje.		
Generador de RAEE	Persona física o jurídica que desecha RAEE. Incluye a instituciones públicas y privadas y a los hogares particulares. Deciden el recambio, la reparación o el desecho de un AEE, por lo que inciden considerablemente en la generación de residuos.	-Realizar el acopio inicial. -Efectuar la disposición inicial diferenciada, previniendo y minimizando los posibles impactos negativos sobre el ambiente y la población. -Reducir la generación de RAEE. -Inscribirse en los registros correspondientes. el Registro de Generadores Especiales del Ministerio de Ambiente y Espacio Público de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.	-Separar, acopiar y entregar los RAEE para que tengan una gestión adecuada.	-Campañas de difusión y concientización -Campañas masivas de recolección -Eco-etiquetado
Gestor u operador de RAEE	Persona física o jurídica que realice alguna de las operaciones de la gestión de RAEE.	-Gestionar los residuos especiales o peligrosos que pueden generarse en la gestión de RAEE, siguiendo lo establecido por las normas aplicables. -Inscribirse en los registros correspondientes y cumplir con las certificaciones y requisitos que solicitan. -Llevar un registro documental de su actividad. -Cumplir con las prescripciones del Decreto N°1741/1996 en su carácter de industrias de tercera categoría.		-Mercado de comercialización de los distintos componentes y materiales recuperables.



A continuación, se describen algunos roles deseados a implementar por los productores incluidos en la Tabla 2-X.

1. Ecoeficiencia: estrategia que maximiza la productividad de los insumos de energía y materiales, reduce el consumo de recursos y la contaminación o los residuos por unidad de producto y genera disminución de costos y ventajas competitivas. Algunas de sus medidas incluyen: la gestión integral del ciclo de vida, el uso restrictivo de materiales (desmaterialización) y el ecodiseño, a saber:

- Gestión integral del ciclo de vida: aplicar un enfoque de ciclo de vida para los productos y los procesos, apuntando a minimizar sus impactos ambientales en cada etapa, “de la cuna a la tumba”. Implica idear, diseñar y producir de forma tal que los elementos que componen los productos, bienes y servicios puedan ser fácilmente desmontados, reparados y valorizables.
- Desmaterialización: incluye la miniaturización, minimización del peso, uso de materiales y componentes reciclados y vida extendida de los productos mediante la reparación, actualización y reutilización. Específicamente en los RAEE, la estrategia más utilizada es la minimización del peso o “*lightweighting*”.
- Ecodiseño: adopta un enfoque del ciclo de vida de productos, para generar diseños que desarrollen productos más eficientes en términos de materiales y energía en su manufactura y uso, libres de sustancias peligrosas, durables, reparables, reciclables y susceptibles de una disposición final ambientalmente segura (OECD, 1997).

2. Responsabilidad Extendida del Productor (REP): principio que extiende la responsabilidad a los productores desde que son generados hasta el final de su ciclo de vida (“de la cuna a la tumba”). Existen distintas modalidades de REP: los productores pueden proveer los recursos financieros requeridos para la gestión de RAEE o solamente asumir los aspectos operacionales y organizacionales del proceso; lo pueden afrontar en forma individual o colectiva (a través organizaciones o consorcios) y, además, la REP puede ser voluntaria, no sólo impuesta por ley. En general, la modalidad más difundida de la REP es que los productores sean responsables financieramente de la gestión de sus productos. Esto significa que son responsables de los mismos durante todo su ciclo de vida, incluyendo el diseño del producto, la gestión y el tratamiento de sus residuos (Forti et al, 2020; MAyDS et al, 2020). Es estratégico involucrar a los productores de AEE extendidamente, ya que son quienes pueden incorporar las mejoras en el diseño. Un diseño eficiente utiliza materias primas menos contaminantes, permite minimizar los volúmenes de residuos generados y favorece las tareas como el desensamblaje, la reparación y/o el reciclaje. Algunos ejemplos son la elección de materiales de bajo impacto, la reducción del tamaño y peso del producto, la disminución de la energía utilizada, el diseño pensado para el desmontaje, el diseño pensado para el reciclaje y la prolongación del ciclo de vida útil de un producto. Cabe destacar que el principio no sólo debe ser acuñado por los fabricantes, sino también por las empresas que importan, distribuyen, comercializan, consumen y reparan los AEE. Una forma de enfrentar la resistencia de los productores ante el principio de la REP es aplicarlo gradualmente, estableciendo etapas progresivas una vez obtenidas ganancias económicas que permitan enfrentar metas de mayor alcance.

3. Planes de canje: compra de un nuevo aparato con entrega de uno viejo como parte de pago. Luego, la compañía entrega el RAEE a un gestor, que se encarga de decidir cuál es el método más apropiado de disposición.

#### 2.4.1.1 Gestores formales e informales

Actualmente, en el AMBA, coexisten gestores formales e informales. Se entiende por “gestión formal” a aquella en que los equipos reciben un tratamiento a cargo de gestores de RAEE legalmente reconocidos (“gestores formales”). En cambio, las operaciones de la gestión informal no se encuentran reglamentadas ni registradas, lo que conduce a daños en el ambiente y en la salud humana de los agentes informales. Por el circuito formal, en general, suelen transitar celulares, notebooks, baterías, placas de circuitos y procesadores, ya que tienen un elevado valor económico por su elevado potencial de recuperación. La mayor parte de los residuos-e, y especialmente, de los artefactos de la línea blanca, circulan por la informalidad.

##### 2.4.1.1.1 Gestores informales

Los recuperadores urbanos informales incluyen a los “chatarreros” y “cartoneros”, que recolectan RAEE dispuestos en las veredas, basurales y sitios similares o los compran en remates o de “segunda mano”. Luego, los destinan, en la mayoría de los casos, a sus viviendas, donde clasifican y desmontan los equipos para repararlos, revender algunas de sus piezas y destinar lo restante a disposición final o al abandono en basurales. De esta manera, gestionan una parte significativa de los residuos-e, pudiendo trabajar de forma independiente o vinculados a gestores formales u otros mediadores. Emplean métodos rudimentarios con escasa o ninguna protección contra los peligros que acarrea a su salud, a las demás poblaciones y al medio ambiente (MAyDS et al, 2020).

Como son trabajadores no formalizados, las estadísticas del sector no son ni exactas ni precisas. ACUMAR indica que en 14 municipios de la cuenca Matanza-Riachuelo y en CABA más de 2,800 personas trabajan informalmente en el reciclaje de RAEE. Por otro lado, según la Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores (FACCyR), existen aproximadamente 70,000 recuperadores urbanos en la provincia de Buenos Aires y 6.000 en CABA (Página 12, 2018). Asimismo, las estimaciones de Meffei et al (2020) indican que hay 1,400 recuperadores urbanos en la provincia de Buenos Aires y 220 en la CABA. Por último, la cantidad de trabajadores informales se relaciona directamente con las crisis económicas, por lo que estos números pueden haberse modificado en los últimos años.

Por otro lado, dentro de los gestores informales puede ubicarse a algunos talleres de reparación o servicios técnicos. Frecuentemente, recolectan RAEE voluntariamente o porque sus propietarios los abandonan, y luego, los reparan y los venden y/o donan.

##### 2.4.1.1.2 Gestores formales

Son empresas públicas o privadas, Organizaciones de la Sociedad Civil<sup>11</sup> (OSC) e iniciativas de la Economía Social y Solidaria<sup>12</sup> (ESS) que realizan alguna función de recuperación de los residuos-e, y que, además, cuentan con las autorizaciones y requisitos legales para ese fin (MAyDS et al, 2020). Por ende, deben seguir las normas de seguridad y los estándares técnicos, ambientales y de calidad establecidos para la gestión de los RAEE. En la Tabla 2-XI y Tabla 2-XII se presentan y caracterizan brevemente aquellos gestores formales involucrados en la gestión de los residuos-e dentro del AMBA.

---

<sup>11</sup> Son instituciones no lucrativas y con metas sociales, como reducir la brecha digital, promover la inclusión social y mitigar el impacto ambiental de los residuos-e.

<sup>12</sup> Corresponden al conjunto de iniciativas independientes del ámbito público y del privado que utilizan a la economía para conseguir y promover el bienestar de las personas. Siguen el principio de solidaridad y no persiguen el lucro.

Tabla 2-XI. Identificación y caracterización de los gestores formales de RAEE del AMBA (1). Recuperado de Meffeí et al, 2020.

Entidad	Tipo de entidad	Partido
Industrias Dalafer SA	Empresa privada	Quilmes
Oikoscrap	Empresa privada	Quilmes
Silkers SA	Empresa privada	Quilmes
Grupo Pelco	Empresa privada	Tigre
Programa DRTD (Servicio penitenciario)	Estatal	9 unidades penitenciarias de la provincia de Buenos Aires
Programa E-Basura (UNLP)	Universidad	La Plata

Tabla 2-XII. Identificación y caracterización de los gestores formales de RAEE del AMBA (2). Recuperado de Meffeí et al, 2020.

Gestor	Categorías de RAEE que gestiona										Eslabones de la cadena						Volumen RAEE procesados [tn/año]
	Grandes electrodomésticos	Pequeños electrodomésticos	Informática y telecom <sup>13</sup>	Aparatos electrónicos	Aparatos de alumbrado	Herramientas EE	Juguetes, equipos deportivos	Aparatos médicos	Instrumentos de vigilancia	Máquinas expendedoras	Recolección	Clasificación	Desensamblado	Reparación	Recuperación	Exportación	
Industrias Dalafer SA	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	1,320
Oikoscrap																	100
Silkers SA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	1,257
Grupo Pelco	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	60
Programa DRTD (Servicio penitenciario)		X	X	X			X						X	X			72
Programa E-Basura (UNLP)		X	X	X									X	X	X		24

Se destaca que la productividad de las organizaciones de la ESS puede ser equiparable a la de las empresas privadas (Tabla 2-XII).

#### 2.4.1.2 Industrias usuarias de materiales recuperados

En un esquema de economía circular, donde se reutilizan materiales en nuevos procesos industriales, también ocupan un lugar fundamental las industrias usuarias de los materiales recuperados, que son quienes tendrán la capacidad de reinsertarlos en la fabricación de nuevos productos. De ellas depende que se cierre el ciclo de la cadena de valor de los RAEE. En este caso, se destacan las siderúrgicas y las cámaras empresariales que agrupan a muchas de estas empresas, como por ejemplo, la Cámara Argentina del Acero, que agrupa a las mayores empresas del sector, en su mayoría radicadas en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires; la Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines (CAIMA); la Cámara de Metales No Ferrosos (CAMENOFE); la Cámara Argentina de la Industria Plástica (CAIP), la Entidad Técnica Profesional especializada en Plásticos y Medio Ambiente (ECOPLAS) y la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS); la Cámara Argentina de Fabricantes de Vidrio (CAFAVI).

<sup>13</sup> Telecomunicaciones.

### 2.4.1.3 El rol del Estado

En esta instancia, es pertinente detenerse sobre las responsabilidades del gobierno sobre la gestión de los residuos-e. Como los municipios son responsables directos de la recolección y gestión de los RSU, se suelen identificar primeramente como los encargados de la gestión de los RAEE. Sin embargo, teniendo en cuenta las dificultades de la gestión de los residuos, es preciso pensar en la articulación con otros niveles de gobierno para facilitar esta tarea. Municipios cercanos con características y problemas similares pueden crear e implementar iniciativas en conjunto (MAYDS et al, 2020) y además, para desarrollar un sistema de gestión integral de RAEE de significativo alcance, se requieren políticas públicas y acciones coordinadas entre los distintos organismos gubernamentales. Por tanto, resulta interesante pensar en una asociación interjurisdiccional para el fortalecimiento de los municipios. Esto es lo que se propone en este proyecto, ya que se planifica conjunta y asociadamente la gestión de los 40 municipios del AMBA.

Específicamente, la Ley provincial N°14.321 (única normativa específica de los RAEE en el AMBA) otorga las siguientes competencias a las autoridades estatales:

- Diseñar, planificar e implementar campañas de difusión, educación ambiental y aquellas necesarias para concientizar a los usuarios acerca de la adecuada gestión de RAEE.
- Crear el registro de productores, gestores, grandes generadores y otros datos pertinentes de los RAEE.
- Velar por el cumplimiento de la ley y de las normativas competentes. Inspeccionar periódicamente a productores y gestores de RAEE sobre el cumplimiento de las disposiciones establecidas por la ley, y sancionar en caso de incumplimiento.

Por último, cabe destacar que los gobiernos son grandes generadores de RAEE, por lo que también le incumben las obligaciones y deberes correspondientes a este actor.

## 2.5 Consumo eléctrico y plan de recambio de las heladeras domésticas

Como se indicó anteriormente, la gestión de residuos-e puede asociarse a la implementación de un plan de recambio o plan canje de equipos antiguos por modernos (en general, Clase A, A+, A++ o A+++ de Eficiencia Energética) con el fin de lograr un ahorro energético considerable. Esto es especialmente importante para las heladeras domésticas, que son responsables de gran parte de la energía eléctrica residencial consumida. Por ende, es importante diseñar un plan de gestión de heladeras que dé respuesta al número de heladeras que se pretenden canjear. Persiguiendo este objetivo, en el siguiente capítulo se analiza el consumo energético de estos equipos y la rentabilidad de un plan de canje y se define el número de heladeras mínimo que la planta de tratamiento del AMBA debe contemplar.

En Argentina, el sector residencial es responsable de aproximadamente el 35% del consumo eléctrico total (128,4 TWh/año), y en particular, las heladeras constituyen el 20% ( $\pm 3\%$ ) (9,3 TWh/año) de dicho consumo residencial (Figura 2-10). Esto significa que las heladeras domésticas representan alrededor del 7% de toda la energía consumida en el país (Gil et al, 2020; Gobierno de Argentina, 2018). El significativo consumo de estos equipos se debe a que necesitan estar conectados constantemente para funcionar.

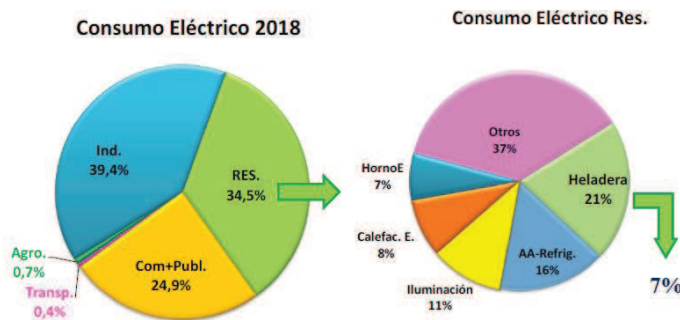


Figura 2-10. Izquierda. Distribución del consumo eléctrico en Argentina en 2019. Derecha. Distribución de los consumos eléctricos entre los principales usos domésticos en Argentina. Donde: “Res.” es el consumo residencial, “Ind.” El industrial, “Agro.” el agrícola, “Transp.” el de transporte y “Com+Publ.” el comercial y público; “HornoE” es el horno eléctrico, “Calefac. E.” es la calefacción eléctrica y “AA-Refrig.” es el aire acondicionado. El consumo total eléctrico argentino fue de 128,4 TWh. Recuperado de Gil et al, 2020.

El consumo energético cobra particular importancia, especialmente, debido a los siguientes aspectos:

- Crecimiento de la demanda de energía eléctrica. La Secretaría Nacional de Energía (2019) reportó un aumento en la demanda de electricidad residencial desde 2005 a 2018, y, más aún, estima un crecimiento anual acumulado del 2,7% (79 TWh) para el período 2018-2030.
- Emisiones considerables de GEI asociadas a la energía. La electricidad se obtiene de la quema de carbón, gas y petróleo, es decir, combustibles fósiles, que son en gran parte responsables del cambio climático antrópico. En el 2014, el sector energía<sup>14</sup> emitió 193 MtCO<sub>2</sub>eq, siendo el más importante en términos de emisiones de GEI, con un aporte del 53% respecto al total emitido (Figura 2-11, izquierda) (MAyDS, 2017). Además, las emisiones de GEI del sector que incluye al residencial se encuentran en aumento desde 1990 (Figura 2-11, derecha). Este sector satisface su demanda de energía con gas natural en un 64%, seguido por energía eléctrica en un 25%, y el 11% restante, con otras fuentes energéticas (MAyDS et al, 2017).



<sup>14</sup> El IPCC analiza las emisiones de GEI a partir de cuatro sectores: energía; agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra; residuos; procesos industriales y usos de producto. “Energía” considera todas las emisiones de GEI que emanan de la combustión de combustibles con fines energéticos y de las fugas de combustibles. Incluye los siguientes segmentos: industria de la energía, transporte, industria manufacturera y de la construcción, emisiones fugitivas y otros (que, a su vez, abarca el sector residencial; comercial e institucional y agricultura, silvicultura, pesca y piscifactorías).

*Figura 2-11. Izquierda. Emisiones totales de GEI por sector (2014). El total de emisiones de GEI fue de 368 MtCO<sub>2</sub>eq. Realización propia a partir de MAyDS, 2017. Derecha. Evolución histórica de las emisiones por subsector otros, que incluye el segmento residencial (1990-2014). Recuperado de MAyDS et al, 2017.*

- Aprobación nacional del Acuerdo de París<sup>15</sup> y compromiso por reducir las emisiones de GEI. El Acuerdo de París fue aprobado en la Argentina mediante la Ley Nacional N°27.270, y se asumió como meta “no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (MtCO<sub>2</sub>eq) en el año 2030” (MAyDS et al, 2017).

En el AMBA, la mayoría de las heladeras fue fabricada entre los años 2004 y 2011 y tienen un consumo energético promedio de 830 kWh/año. Por su parte, los equipos más nuevos consumen una media de 330 kWh/año. El menor consumo energético se debe a que los modelos más modernos incorporaron tecnologías que permiten una mayor Eficiencia Energética<sup>16</sup> (EE). Para impulsar la EE se suelen utilizar los niveles estándar de Eficiencia Energética Mínimo (EEM)<sup>17</sup>, que establecen el nivel máximo de consumo específico de energía o bien, el límite mínimo de Eficiencia Energética que los equipos deben cumplir para poder ser comercializados en un país (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2015). El EEM se basa en las clases de eficiencia energética, que se le asigna a cada categoría de producto, de forma tal que los equipos cuya clase sea menor a la mínima tienen prohibida su comercialización. Las clases de EE son letras que van desde la A+++ (más eficiente) a la G (menos eficiente) y se indican en etiquetas de eficiencia energética (Figura 2-12) sobre los productos. La resolución de la Secretaría Nacional de Energía N°682/2013 fija el estándar de EEM para todas las heladeras y freezers en la clase B de eficiencia energética establecido en la Norma IRAM 2.404-3.

---

<sup>15</sup> El Acuerdo de París tiene como objetivo global “mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales”, para reducir considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático”.

<sup>16</sup> La Eficiencia Energética consiste en lograr un menor consumo de energía frente a una misma prestación. Esto, a su vez, redundará en un monto menor a abonar en la factura de electricidad (IRAM, s.f.).

<sup>17</sup> También denominados estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS) (o “Minimum Energy Performance Standards”).

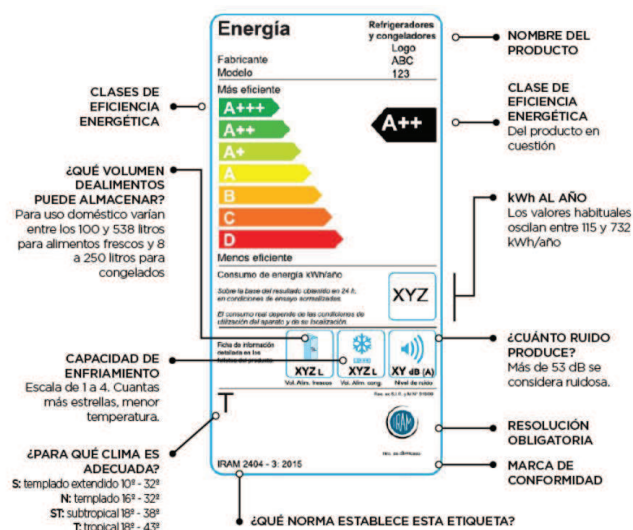


Figura 2-12. Información de la etiqueta de eficiencia energética de las heladeras y su significado. Recuperado de Gobierno de Argentina, s.f.

El objetivo general de las etiquetas es informar, y en última instancia, desincentivar o eliminar del mercado los productos energéticamente ineficientes. El mecanismo para lograr esto radica en que los consumidores realicen compras más informadas, conociendo la demanda energética de los artefactos (Mahlia et al, 2010). A modo de ejemplo, en la Tabla 2-XIII se presenta la clase de EE y el consumo energético de heladeras con freezer en base a su capacidad.

Tabla 2-XIII. Características asociadas al consumo energético de heladeras con freezer no-frost. Recuperado de EDESUR, 2019.

Clase de Eficiencia Energética	Capacidad útil (Litros)	Consumo energético (kWh/año)
A+	433	350
A+	330	260
A	388	419
A	345	379
A	296	349
A	282	340
A	239	294
B	275	420

Para estudiar el consumo energético de las heladeras del AMBA, es interesante adentrarse en dos estudios. El primero fue realizado por Gil et al (2020) y midió el consumo eléctrico de las heladeras de una muestra de 98 viviendas correspondiente a un grupo socioeconómico de nivel medio y medio bajo en la región de CABA y GBA (Figura 2-13, izquierda). Un análisis similar lo realizó Bermejo et al (2018) sobre una muestra de 75 viviendas del mismo segmento socioeconómico y región que el primer estudio (Figura 2-13, derecha).

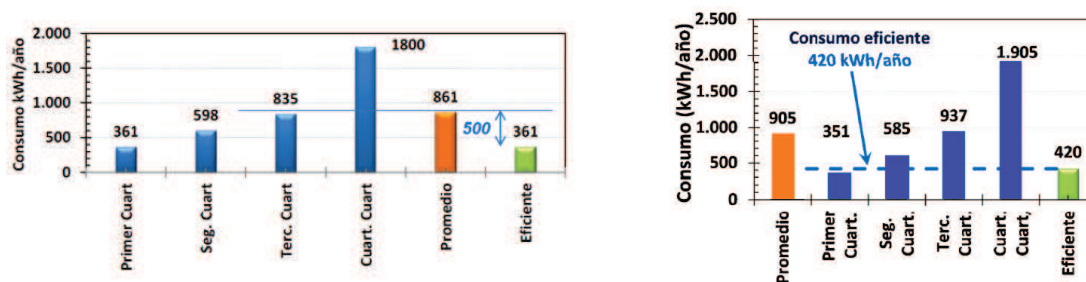


Figura 2-13. Izquierda. Distribución del consumo eléctrico de heladeras calculada por Gil et al (2020). Derecha. Distribución del consumo eléctrico de heladeras obtenida por Bermejo et al (2018). Donde las barras azules representan los valores medios del consumo en cada uno de los cuatro cuartiles; la barra naranja, el valor del consumo medio y la barra verde, el valor de una heladera de clase A de eficiencia energética.

Se registraron resultados similares entre los estudios, a saber:

- Los consumos eléctricos mostraron una gran dispersión. En el estudio del 2020, se obtuvo que el consumo medio del último cuartil es casi 5 veces el consumo del primer cuartil. En el análisis del 2018, el consumo medio del último cuartil es casi 6 veces el consumo del primer cuartil. Asimismo, el Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM] también indica datos muy dispersos, ubicando los consumos energéticos de las heladeras entre 115 y 732 kWh/año (IRAM, s.f.).
- El consumo de la heladera eficiente fue menor a la mitad del consumo promedio de las heladeras muestreadas (2,4 veces menor para el primer estudio y 2,2 para el segundo).
- Si se reemplazaran las heladeras viejas (es decir, las fabricadas hace mayor tiempo, y, por ende, las menos eficientes energéticamente) por las heladeras de clase A consideradas, se genera un ahorro de 500 kWh/año en ambos análisis.

A nivel nacional, Gil et al (2020) estima que un 75% de heladeras del país son poco eficientes y que también consumen en promedio unos 500 kWh/año más que los equipos más eficientes actuales (aquellas con etiqueta "A" o superior). En línea con esto, EDESUR (2019) indica que el 65% de las heladeras del país excede los 600 kWh por año. En cuanto al número total de heladeras del AMBA, no hay un dato preciso, pero si se estima que el 90% de los usuarios conectados a las redes eléctricas en el GBA, cuyo valor se estima en unos 4.3 millones (Ministerio Nacional de Energía y Minería [MINEM], 2014; Secretaría Nacional de Energía, 2016), tiene heladera, entonces el número de heladeras sería del orden de unos 3.8 millones. Por lo tanto, el número de equipos susceptible de ser cambiado sería de 2.8 millones. Para analizar la rentabilidad económica de un plan de canje de heladeras, se utilizaron los datos de la Tabla 2-XIV y se obtuvieron los resultados de la Tabla 2-XV.

Tabla 2-XIV. Datos adoptados para el análisis de rentabilidad del plan canje. Realización propia a partir de Gil et al, 2020.

Consumo energético promedio (kWh/año)	861
Consumo energético eficiente (kWh/año)	361



Ahorro (%)	-58%
Costo de la electricidad (USD/MWh)	93
Costo heladera eficiente (USD)	400
Vida útil heladera (año)	15

Tabla 2-XV. Análisis de rentabilidad de planes de canje de heladeras bajo distintos supuestos: canjeando una heladera (caso A); canjeando un millón de heladeras (caso B), canjeando 5 millones de heladeras (caso C) y canjeando un millón de heladeras sobre las que se aplicó un descuento del 10% sobre su precio de venta (caso D).

	Caso A	Caso B	Caso C	Caso D
Número heladeras canjeadas	1	1,000,000	5,000,000	1,000,000
Descuento aplicado	0	0	0	10%
Ahorro de energía anual (MWh/año)	0.5	500,000	2,500,000	500,000
Ahorro de energía neto (MWh)	7.5	7,500,000	37,500,000	7,500,000
Ahorro económico anual (USD/año)	46.5	46,500,000	232,500,000	46,500,000
Ahorro económico adicional <sup>18</sup> (USD)	297.5	2.98E+08	1.49E+09	3.38E+08
Ahorro económico neto (USD)	697.5	6.98E+08	3.49E+09	6.98E+08
Inversión (USD) <sup>19</sup>	400	4.00E+08	2.00E+09	3.60E+08
Tiempo de recuperación de la inversión (años)	9	9	9	8
Tiempo de ahorro adicional (años)	6	6	6	7
Ganancia/costo <sup>20</sup>	Rentable	Rentable	Rentable	Rentable

Como se indicó anteriormente, al reemplazar una heladera poco eficiente por una clase A, se genera un ahorro de 500 kWh/año (0,5 MWh/año). Esto, a un costo de electricidad de 93 USD/MWh, equivale a un ahorro superior a 46 USD/año/heladera. En consecuencia, por el ahorro en la factura energética, en 9 años se genera un ahorro de 400 USD, equivalente al costo de una heladera A nueva. En los 7 años restantes de vida útil, se ahorran 350 USD adicionales. Es decir, se genera un beneficio económico que permite recuperar la inversión del equipo. Todo esto fue para el recambio de un equipo (**caso A**). Si se aplicara un plan canje sobre un millón de heladeras obsoletas, se generaría un ahorro de energía neto de 500,000 MWh/año o bien, 0,5 TWh/año (**caso B**). Al cabo de 5 años, el ahorro en energía total de energía sería de 2,5 TWh, que es comparable a la generación de una central como Atucha I a costo cero, es decir, sin invertir en infraestructura de transporte y distribución de energía. Es decir, la eficiencia energética lograda por el recambio de las heladeras tiene un costo mucho menor de USD/MWh que generar esta energía. El ahorro de las 5 millones de heladeras -o, lo que es lo mismo, 1 millón de heladeras canjeadas en 5 años- (**caso C**) sería de 3,5 mil millones de USD, que es casi el doble de la inversión necesaria. Además, en un plan canje, es de esperar que el costo de los equipos sea inferior gracias a incentivos y promociones. Un descuento de, al menos, el 10% es factible de realizarse y permite disminuir el tiempo de amortización y obtener mayor rentabilidad (**caso D**). En síntesis, los planes de recambio analizados son rentables económicamente porque el ahorro de la factura energética lograda cubre la inversión del equipo. Para realizar análisis completos, hay que incluir también los costos de logística y de implementación del plan de canje; sin embargo, es un muy buen inicio para analizar más detalladamente la implementación de este programa (Gil et al, 2020).

Además de la ganancia económica, gracias al remplazo de cada heladera poco eficiente se reducen las emisiones de GEI en 175 Gg CO<sub>2</sub>/año (2,5 tn CO<sub>2</sub> durante toda su vida útil) (Gil et al, 2020). En esta

<sup>18</sup> Ahorro económico luego del período de amortización de la inversión.

<sup>19</sup> Costo de la heladera clase A nueva.

<sup>20</sup> Evalúa si el ahorro económico neto supera la inversión.

instancia es importante remarcar la palabra “canje”. Si no tratan las heladeras antiguas desechadas en forma apropiada, se generaría más impacto ambiental negativo en lugar de su reducción, que es contrario a lo que se busca. Es fundamental, para la sostenibilidad del plan, que se realice un plan canje de viejas por nuevas, con el retiro y gestión apropiada de los equipos reemplazados. Para que, además, el canje sea sostenible ambientalmente, es necesario tratar adecuadamente los materiales y compuestos de las heladeras descartadas. Por ende, se enfatiza en la implementación conjunta de un plan de canje y el plan de gestión de heladeras y de los otros tipos de RAEE que lo permitan.

## 2.6 Componentes de los equipos

Para diseñar un sistema de gestión de RAEE, es preciso detenerse sobre los componentes y los materiales presentes en los equipos. En la sección siguiente se caracterizó la composición de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos. Si bien esta composición puede variar entre las marcas y los modelos, se pretende meramente obtener la información necesaria para delinear las políticas orientadoras del plan de gestión.

### 2.6.1 Heladeras

Para ilustrar los componentes de las heladeras, es útil comprender su funcionamiento. Una heladera se compone básicamente de una cabina aislada térmicamente y un circuito de refrigeración que funciona inicialmente por la compresión de un vapor, que es el gas refrigerante (Figura 2-14). El enfriamiento se produce mediante un proceso cíclico, en el cual el gas circula por las partes internas y externas de la heladera transportando calor, gracias a que lo absorbe en algunas zonas y lo libera en otras.

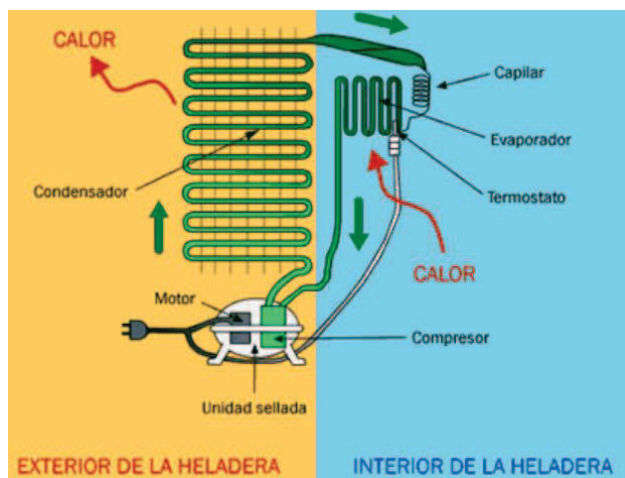


Figura 2-14. Representaciones de la heladera doméstica tipo. Obtenida de Educar, s.f.

El compresor (que se encuentra en el exterior de la heladera), succiona y comprime el gas refrigerante, aumentando así su temperatura. Luego, en el condensador, el gas caliente libera calor al ambiente y se enfría hasta condensarse. Allí pasa por un filtro secador, que retiene impurezas y humedad. El líquido resultante pasa primero por un capilar, que es un tubo muy delgado que impide su expansión y después por el evaporador (o congelador). Este es un tubo de la parte interior, y al ser más grueso, permite la evaporación del líquido y la expansión del gas formado. Por la evaporación, el interior de la heladera pierde calor y se enfría. A continuación, el gas vuelve al exterior de la heladera, donde vuelve a comprimirse, y a dar inicio nuevamente al proceso hasta que el gabinete del refrigerador esté lo suficientemente frío y un termostato detiene el motor, que sólo se vuelve a encender si la temperatura

del gabinete aumenta lo suficiente. Resumidamente, en el exterior, donde se encuentra el condensador, se produce el calentamiento; y en el interior, donde está el evaporador, el enfriamiento. El cambio de estado líquido a gas le permite al refrigerante absorber calor, y viceversa. También existen otras heladeras que generan su enfriamiento por absorción de amoníaco y vapor de agua y se accionan por el calor de gas, en vez de un motor. Sin embargo, como la utilización de estas heladeras es mínima en comparación con las heladeras que funcionan a compresión, no se incluyeron en este proyecto.

En las heladeras pueden distinguirse 5 componentes principales:

1. La cabina
2. El cuerpo de la puerta
3. El sistema de refrigeración
4. El sistema de control eléctrico
5. Los accesorios.

A su vez, los subcomponentes de estos sistemas generales pueden detallarse:

1. El sistema de refrigeración incluye: compresor, condensador, refrigerante, evaporador, capilar.
2. El sistema de control eléctrico está compuesto por: motor, termostato, dispositivos de arranque y protección del motor, lámparas e interruptores y Placas de Circuitos Impresos (PCI).
3. Los accesorios incluyen estantes, estantes en las puertas, cajas de frutas, cajones del congelador, etc (Li et al, 2019).

En la Figura 2-15 pueden apreciarse algunos de estos componentes y en la Tabla 2-XVI, el peso promedio de cada componente.

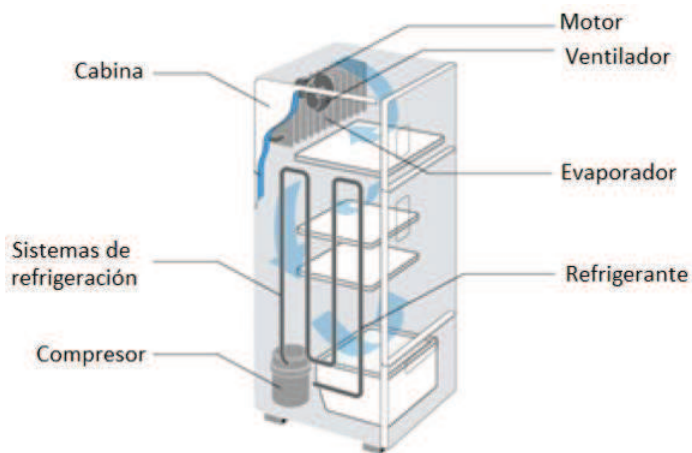


Figura 2-15. Componentes principales de una heladera. Recuperado de Educar, s.f.

Tabla 2-XVI. Descripción y peso de los componentes principales de un modelo de heladera de 2 fríos de 360 litros. Recuperado de Fernández Protomastro, 2015.

Componente		Peso (kg)
Motocompresor		10.570
Termostato		0.095
Evaporador de freezer	Caño de aluminio	1.100
	Chapa de aluminio	0.900
Evaporador de alimentos frescos		0.500

Capilar. Línea de succión y filtro de cobre		0.385
Aislación de poliuretano	Poliuretano puerta superior	0.580
	Poliuretano puerta inferior	1.064
	Poliuretano del gabinete	6.114
Chapa pre pintada electro-zincada	Chapa puerta superior	1.200
	Chapa puerta inferior	3.335
	Chapa del gabinete	12.800
	Faja central e inferior	5.300
	Refuerzos interiores "chapa galvanizada"	2.500
Interior	Parrillas plásticas de poliestireno	1.650
	Balcones de puertas de poliestireno	1.150
	Crisper de poliestireno	2.310
	Parrilla alambre de freezer	0.640
	Caja de luz polipropileno y lámpara 15W	0.090
Láminas plásticas "poliestireno alto impacto"	Contrapuerta puerta superior de poliestireno	0.045
	Contrapuerta puerta inferior de poliestireno	1.205
	Tanque interior de poliestireno	2.800
	Faldón poliestireno	0.245
	Marco del freezer poliestireno	0.275
Instalación eléctrica	Cable de cobre y aislación plástica	0.410
Gas refrigerante		0.185
Condensador de hierro y alambre		2.880
Burletes superior e inferior		0.935
TOTAL		61.3

En cuanto a los materiales, las heladeras poseen principalmente metales (ferrosos y no ferrosos) y plásticos, que tienen un gran potencial de recuperación (Lambert et al, 2001). En particular, los metales forman una porción significativa en la cabina y en la puerta del refrigerador y en menor medida, en las Placas de Circuito Impresos. Esos metales incluyen metales comunes (como cobre (Cu), aluminio (Al), estaño (Sn), hierro (Fe)); preciosos (es decir, plata (Ag) y oro (Au)) y metales tóxicos (como mercurio (Hg), antimonio (Sb), cadmio (Cd), plomo (Pb)) en proporciones variables con el modelo de heladera (Li et al, 2019). En la Tabla 2-XVII se presentan los materiales mayoritarios de una heladera tipo.

Tabla 2-XVII. Materiales de las heladeras. Realización propia a Fernández Protomastro, 2009.

Material	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Metales ferrosos	26.0	43.3
Cobre y bronce	2.0	3.3
Aluminio	1.5	2.5
Plásticos	26.5	44.2
Otros: fibra de vidrio, gomas, vidrio, plásticos no valorizables, metales trazas	4.0	6.7
TOTAL	60.0	100

### 2.6.2 Computadoras y accesorios informáticos

Los equipos informáticos contemplados en este proyecto son los siguientes:

- Computadores de escritorio (desktops).
- Computadoras portátiles (notebooks).
- Monitores de Tubo de Rayos Catódicos (CRT).
- Pantallas de Cristal Líquido (LCD) o pantallas planas.

- Mouses.
- Teclados.

Se ha optado por investigar estos 6 productos por separado por 2 razones principales. En primer lugar, el peso y la composición de los equipos incluidos difieren significativamente y no se pueden adaptar datos de otros equipos ya que no serían representativos. Por ejemplo, mientras que una desktop con un monitor CRT pesa 27 kg; una computadora portátil, 3 kg. En segundo lugar, la utilización de equipos vendidos no es constante. Los monitores CRT están siendo reemplazados por las pantallas LCD y el consumo de las notebooks está aumentando por sobre las desktop (INDEC, 2021). Frente a esto, surge la necesidad de planificar la gestión de los equipos más utilizados, pero también de los que predominaban hasta no hace tanto tiempo, ya que van a ser los que próximamente se desechen en mayor cantidad. Asimismo, al ser considerados obsoletos, muchos se almacenan indefinidamente en los hogares de la población y se desconoce qué hacer con ellos.

Pueden distinguirse 10 componentes principales de las computadoras:

1. La cabina o carcasa.
2. Fuente de poder o de alimentación.
3. Disco duro.
4. Tarjeta gráfica o tarjeta de video y sonido.
5. Disquetera.
6. Placa madre.
7. Memoria.
8. Procesador.
9. Cables y sistema eléctrico.
10. Los accesorios: mouse, teclado, monitor y pantalla<sup>21</sup>.

A su vez, los subcomponentes de estos sistemas generales se detallan en la Tabla 2-XVIII y algunos de ellos pueden apreciarse en la Figura 2-16.

*Tabla 2-XVIII. Componentes y subcomponentes de las computadoras de escritorio, sus materiales y pesos estimativos. Realización propia a partir de Choque, 2013; Eygen et al, 2016; Kasulaitis et al, 2015 y Yang et al, 2008.*

Componente	Subcomponente	Material constituyente principal	Peso (kg)
Unidad de sistema (minitorre <sup>22</sup> )	Cubierta	Metal	2.398
	Estructura	Metal	4.103
	Panel frontal	Plástico	0.540
Fuente de alimentación	Estructura metálica	Acero	0.727
	Placa impresa con componentes electrónicos	PBC o PCI	0.341
	Cable	Plástico y cobre	0.126
	Ventilador	Plástico, cobre y otros	0.070
Disco duro	Platos	Aluminio y otros metales	0.035
	Cubierta frontal, posterior y material de soporte de cabezal	Aluminio y otros metales	0.744

<sup>21</sup> No se incluyen los parlantes, ya que corresponden a otra categoría de RAEE.

<sup>22</sup> Se denomina "minitorre" a las desktop que entran en un gabinete pequeño.

	Protector de apilamiento	Aluminio y otros metales	0.005
	Cabezal	Aluminio y otros metales	0.022
	Pernos	Acero	0.012
	Placa impresa	PBC o PCI	0.032
Tarjeta de video y sonido	Video	Metal, plástico, placa impresa, componentes electrónicos y otros	0.086
	Sonido	Metal, plástico, placa impresa, componentes electrónicos y otros	0.072
Disquetera	Estructura metálica	Aluminio, acero y otros	0.334
	Carcasa disquetera	Aluminio, acero y otros	
	Disco de giro de metal cubierto por un aro de goma	Aluminio, acero y otros	0.019
	Bobina de disco giro	Cobre	0.006
	Motos de desplazamiento	Aluminio y cobre	0.011
	Cubierta frontal y soporte de cabezal y disco	Plástico	0.013
	Soporte de las bobinas	Hierro	0.010
	Conector de data y sensores	Plástico y metal	0.006
	Placa impresa	PBC o PCI	0.035
Placa madre	Placa madre	Metal, plástico, placa impresa, componentes electrónicos y otros	0.612
Memoria	Placa impresa, componentes electrónicos y otros	PCB o PCI	0.052
Microprocesador o CPU	Frontal	Silicio	0.028
	Posterior	Oro	
Cables	De 40 hilos y 34 hilos	Plástico y cobre	0.119
	Serial y paralelo	Plástico y cobre	0.093
Mouse	Cubierta frontal posterior	Plástico	0.083
	Cable conector PS/2	Plástico	0.035
	Placa impresa	PCB o PCI	0.007
	Tornillos	metal	0.001
Teclado	Cubierta, estructura y teclas	Plástico	0.763
	Membrana circuital y aislamiento	Plástico	0.260
	Membrana de protección	Goma	0.410
	Cable y conector DIN	Goma y metal	0.730
	Placa impresa		0.280
	Pernos	Metal	0.060
Monitor	Cubierta frontal posterior	Plástico	1.477
	Cable	Plástico	0.150
	Tubo	Vidrio	4.268
	Placa impresa	PCB o PCI	0.915
	Tornillos	Metal	0.035

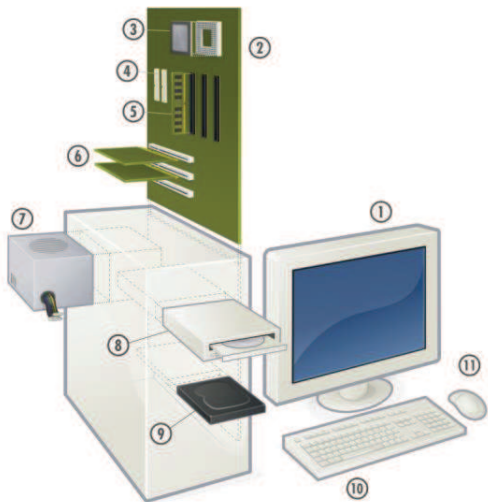


Figura 2-16. Componentes principales de una computadora de escritorio (desktop). Donde, 1: monitor; 2: placa madre; 3: microprocesador; 4: puertos SATA; 5: memoria; 6: placas de expansión; 7: fuente de alimentación; 8: unidad de disco óptico; 9: unidad de disco duro; 10: teclado; 11: mouse. Recuperado de Educar, s.f.

En cuanto a los materiales que componen las computadoras, puede realizarse una distinción entre las desktops y las notebooks (Tabla 2-XIX).

Tabla 2-XIX. Materiales constituyentes de una desktop<sup>23</sup> y una laptop tipo en porcentaje en peso (%). Recuperado de Eygen et al, 2015.

Material	Desktop	Laptop
Metales ferrosos	37.16	14.32
Aluminio	4.61	8.44
Cobre	4.32	6.85
Metales preciosos (Ag, Au, Pd)	0.01	0.03
Metales no ferrosos (Pb, Ni, Mg, Sb, Cr, Sn, Zn, Bi, Co, Ba, Hg)	0.64	10.9
Plásticos	18.78	40.85
Polímeros (cauchos y cristales líquidos)	0.09	0.09
Minerales y otros (Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Si, MnO <sub>2</sub> , Li, Ar, Ne)	30.04	12.56
Otros no especificados	4.36	5.96

Como se mencionó anteriormente, las computadoras pertenecen a los AEE que más frecuentemente reciben innovaciones o cambios tecnológicos. Al comparar una computadora antigua con una moderna, se observan diferencias en su apariencia, peso, componentes y tecnologías utilizadas por los componentes. Por ejemplo, los monitores más antiguos son de tipo “pantalla curva” o de Tubo de Rayos Catódicos (CRT), mientras que los monitores más recientes son de tipo “flat” (Pantalla de cristal líquido o -LCD-, por ejemplo). Por eso, las caracterizaciones presentadas anteriormente deben tomarse meramente como una guía sobre la cual orientarse.

## 2.7 Residuos generados a partir del desecho de los equipos

Cuando las heladeras, las computadoras y sus accesorios son desechados, se originan corrientes de residuos de distintos tipos. Cada una de ellas debe recibir un tratamiento específico que contemple sus

<sup>23</sup> Los materiales de desktop engloban a los del mouse, el teclado y el monitor en su cómputo.

características puntuales, de forma tal de recibir un tratamiento destinado a reducir su peligrosidad, fomentar su valorización o darle disposición final, según sea el caso. A continuación, se describieron las fracciones de residuos agrupadas según su tipo.

### 2.7.1 Residuos recuperables

Se define “recuperación” a toda actividad vinculada al rescate de los residuos desechados por los generadores para su valorización, lo que incluye a la reutilización y al reciclaje. Por un lado, la reutilización se define como aquellas operaciones mediante las cuales los productos o componentes se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos. En cambio, el reciclaje comprende a todo proceso de extracción y transformación de los materiales o componentes para su aplicación como insumos productivos (MAyDS et al, 2020).

En primer lugar, de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos desechados pueden recuperarse una importante cantidad de piezas para comercializar entre los servicios técnicos y para que sean reparadas y comercializadas por los fabricantes de estos equipos. La capacidad de reutilización de los componentes depende del tiempo de vida útil y del estado de conservación del equipo, entre otros factores. Por eso, se debe evaluar la capacidad de reutilizar los componentes para cada equipo. A priori, los componentes reutilizables de las heladeras son el motor, el compresor y el sistema eléctrico. Por otro lado, los teclados y mouses de las computadoras son equipos potenciales para reutilizar, luego de recibir un proceso de reacondicionamiento, que involucre reparaciones y cambios de piezas (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia [MinTIC], 2008).

En segundo lugar, los materiales que pueden reciclarse de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos desechados comprenden a materias primas homogéneas que son aprovechables como insumos de nuevos procesos industriales. Esto abarca fundamentalmente metales ferrosos (como el hierro y sus aleaciones, entre los que se incluyen el acero, el hierro dulce o forjado), metales no ferrosos (como el cobre, aluminio, estaño, plata, zinc), los distintos tipos de plásticos, vidrio y las Placas de Circuito Impreso. Fundamentalmente, los plásticos, el cobre y el aluminio, por su significativo porcentaje en peso, son los impulsores de la gestión y reciclado de heladeras. Además, como estos materiales tienen valores económicos elevados, con su comercialización, se podría afrontar parcialmente el costo de la implementación del tratamiento de estos equipos. Asimismo, las Placas de Circuito Impreso constituyen componentes de gran potencial de recuperación y valor (Isildar et al, 2019). Sin embargo, debido a su composición, a veces incluyen sustancias peligrosas, por lo que se consideran Residuos Peligrosos. Por este motivo, también se incluyeron a estos componentes en la sección “2.7.2 Residuos peligrosos”.

### 2.7.2 Residuos peligrosos

Las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos contienen residuos que requieren un tratamiento especial y que una vez que se retiran pasan a catalogarse como “residuos peligrosos”. Por eso, deben ser retirados por transportistas y dispuestos por operadores habilitados por los organismos provinciales o nacionales competentes. Los residuos peligrosos generados a partir del desecho de las heladeras se presentan y se clasifican en la Tabla 2-XX, mientras que los originados por el descarte de computadoras y accesorios informáticos, en la Tabla 2-XXI. Luego, todas las clasificaciones se describen en la Tabla 2-XXII.



Tabla 2-XX. Residuos peligrosos originados a partir de las heladeras. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2015 y SAyDS, 2011.

Residuo peligroso	Descripción	Clasificación de acuerdo con la Ley Nacional N°24.051 (Ley de Residuos Peligrosos)		Clasificación exclusiva del Convenio de Basilea
		Anexo I: Categorías sometidas a control	Anexo II: Lista de características peligrosas	
Aceite	El compresor contiene aceites que han funcionado en promedio 15 años y que están contaminados con el líquido refrigerante, metales y otras sustancias.	Y9	H12, H13	B1110
Plaquetas electrónicas y Displays de Cristal Líquido (LCD)	Las heladeras más modernas tienen plaquetas electrónicas y displays de cristal líquido.	Y10, Y48	H11, H12, H13	
Componentes electrónicos (como capacitores o transformadores, termostatos)	Son necesarios para vincular el motor con el funcionamiento del circuito.	Y48	H11, H12, H13	A1180, B1110
Sensores de mercurio	Las heladeras más viejas poseen un sensor de temperatura conformado por un bimetálico enrollado con un bulbo con mercurio en su interior. Al moverse debido al cambio de temperatura, el mercurio se mueve de lugar en el bulbo y se aproxima a unos pines para cerrar el circuito y darle arranque al compresor del refrigerador.	Y29	H11, H12, H13	
Gas refrigerante <sup>24</sup>	Las heladeras más viejas tienen CFC como gas refrigerante. Este es un GEI y además, tiene potencial de atacar la capa de O3.	Y48	H10	
Luminarias	Se activan automáticamente para proveer de iluminación al usuario de la heladera cuando la abre.	Y29	H11, H12, H13	

<sup>24</sup> Se detalla en la sección "2.7.2 Residuos gaseosos".

Tabla 2-XXI. Residuos peligrosos originados a partir de las computadoras y los accesorios informáticos. Realización propia a partir de Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI], 2016; MinTIC, 2008 y SAyDS, 2011.

Residuo peligroso	Descripción	Clasificación de acuerdo con la Ley Nacional N°24.051 (Ley de Residuos Peligrosos)		Clasificación exclusiva del Convenio de Basilea
		Anexo I: Categorías sometidas a control	Anexo II: Lista de características peligrosas	
Componentes electrónicos (Flyback, potenciómetros y otros accesorios electrónicos)	Presentes en los monitores, computadoras de escritorio y portátiles. Funcionan como transformadores o interruptores. Algunos de ellos son necesarios para hacer funcionar el CRT <sup>25</sup> .	Y10, Y31	H11, H12, H13	A1180, B1110
Placas de Circuito Impreso (PCI <sup>26</sup> )	Presentes en los monitores, computadoras de escritorio y teclados. Placa que soporta y conecta los componentes electrónicos necesarios para que un circuito eléctrico funcione. Se construye con capas alternadas de cobre u otro conductor y de material aislante no conductor.	Y10, Y20, Y22, Y27, Y31, Y45	H11, H12, H13	A1180
Plástico con retardantes de llama	Presentes en los monitores, computadoras de escritorio y teclados. Se utilizan en los aparatos electrónicos para reducir su inflamabilidad y limitar que se recalienten.	Y10	H11, H12, H13	A1180
Tubo de Rayos Catódicos (CRT)	Presentes en los monitores. Permite visualizar imágenes mediante corrientes de electrones en tubos de vacío.	Y31	H11, H12, H13	A2010
Backlight o "luz de fondo"	Luminarias presentes en las pantallas de cristal líquido (LCD). Como las pantallas LCD no producen luz por sí solas, (a diferencia de las pantallas de TRC) necesitan iluminación para producir una imagen visible.	Y29	H11, H12, H13	
Baterías secundarias o recargables	Presentes en las computadoras portátiles. Poseen ciclos de vida múltiples y pueden ser recargables hasta 1,000 veces y alcanzan a durar decenas de años.	Y26	H6.1, H8, H11, H12	

Tabla 2-XXII. Categorías incluidas de la Ley Nacional N°24.051 y en el Convenio de Basilea y su descripción.

Pertenencia	Clasificación	Categoría	Descripción
-------------	---------------	-----------	-------------

<sup>25</sup> Tubo de Rayos Catódicos.

<sup>26</sup> También conocidas como PCB, del inglés "Printed Circuit Board".

Ley Nacional N°24.051	Categorías sometidas a control	Y9	Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.
		Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), trifenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).
		Y20	Berilio, compuesto de berilio.
		Y22	Compuestos de cobre.
		Y23	Compuestos de zinc.
		Y26	Cadmio, compuestos de cadmio.
		Y27	Antimonio, compuestos de antimonio.
		Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
		Y31	Plomo, compuestos de plomo
		Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el Anexo I (por ejemplo, Y39 <sup>27</sup> , Y41 <sup>28</sup> , Y42 <sup>29</sup> , Y43 <sup>30</sup> , Y44 <sup>31</sup> ).
	Y48	Materiales y/o elementos diversos contaminados con alguno o algunos de los residuos peligrosos identificados en el anexo I de la ley o que presenten alguna o algunas de las características peligrosas del anexo II de la ley.	
	Lista de características peligrosas	H6.1	Tóxicos (venenosos) agudos: Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
		H8	Corrosivos: Sustancias o desechos que, por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan o que, en caso de fuga pueden dañar gravemente o hasta destruir otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.
		H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua: Sustancias o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.
		H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos, o de penetrar en la piel pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.
H12		Ecotóxicos: Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el medio ambiente debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.	

<sup>27</sup> Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.

<sup>28</sup> Solventes orgánicos halogenados.

<sup>29</sup> Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.

<sup>30</sup> Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados.

<sup>31</sup> Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas.

		H13	Sustancias que pueden, por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia, por ejemplo, un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.
Convenio de Basilea	Desechos categorizados como peligrosos	A1180	Montajes eléctricos y electrónicos de desecho o restos de éstos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidos en la lista A del convenio, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados y capacitadores de PCB, o contaminados con constituyentes del anexo I del convenio (por ejemplo, cadmio, mercurio, plomo, bifenilo policlorado) en tal grado que posean alguna de las características del anexo III del convenio.
		A2010	Desechos de vidrio de CRT y otros vidrios activados.
	Desechos que no serán catalogados como peligrosos, a menos que contengan materiales incluidos en la lista Y en una cantidad tal que les confiera una de las características H	B1110	Montajes eléctricos y electrónicos: -Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones. -Desechos o chatarra de montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos) que no contengan componentes tales como acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A del convenio, interruptores de mercurio, vidrio procedente de tubos de rayos catódicos u otros vidrios activados ni condensadores de PCB, o no estén contaminados con elementos del anexo I del convenio o de los que esos componentes se hayan extraído hasta el punto de que no muestren ninguna de las características enumeradas en el anexo III del convenio. -Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa y no al reciclado o a la eliminación final.

### 2.7.3 Residuos gaseosos

De los residuos-e contemplados en este plan de gestión de RAEE, sólo las heladeras contienen residuos gaseosos. Estos gases funcionan como gases refrigerantes, que circulan por el interior y el exterior de las heladeras, intercambiando calor con el ambiente y generando el mecanismo de enfriamiento. Revisten especial potencial de impacto ambiental debido a su capacidad de absorción de radiación y de afectación a la capa de ozono, fenómenos que se describen brevemente en el párrafo siguiente.

Todos los gases absorben cantidades variables de radiación, persisten durante diferentes períodos en la atmósfera (es decir, tienen distinta vida media) y generan distintas reacciones químicas atmosféricas. Estas características hacen que los efectos de los gases varíen considerablemente entre sí; por ejemplo, una molécula de CFC-12 tiene un efecto semejante al de 10,600 moléculas de CO<sub>2</sub> (OPDS, 2021). Un indicador de la contribución de los gases al calentamiento global es el Potencial de Calentamiento Global (PCG o en inglés, GWP). Este es un índice que mide la variación en la radiación atmosférica causada por una unidad de masa de cierto Gas de Efecto Invernadero en un plazo de tiempo dado en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub> (Panel Intergubernamental del Cambio Climático [IPCC], 2013). Otro valor

importante es el Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO), que establece la capacidad de una sustancia de destruir la capa de ozono estratosférico.

Debido a los elevados valores de PCG y PAO de los refrigerantes utilizados en las heladeras, algunas estas sustancias se incluyen en el Protocolo de Montreal (ratificado en Argentina en 1990 mediante la Ley Nacional N° 23.778), con el fin de reducir gradualmente y eliminar las más nocivas. Como resultado de este fin, a lo largo de los años, se fueron fabricando heladeras con distintos refrigerantes y actualmente coexisten heladeras con diferentes refrigerantes. La Tabla 2-XXIII clasifica los refrigerantes más utilizados por sus componentes químicos y la Tabla 2-XXIV presenta los gases refrigerantes típicamente utilizados en las heladeras domésticas.

*Tabla 2-XXIII. Clasificación de refrigerantes de las heladeras por sus componentes químicos. Realización propia a partir de IPCC, 2018 y OPDS, 2021.*

<i>Tipo de refrigerante</i>	<i>Descripción</i>
Clorofluorocarbonos (CFCs)	Compuestos altamente estables <sup>32</sup> debido a su composición química, basada en átomos de cloro, flúor y carbono.
Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)	Compuestos introducidos como sustitutos a los CFCs, ya que poseen menor PAO gracias al reemplazo de átomos de cloro por la introducción de hidrógeno en su fórmula química.
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Compuestos libres de cloro, que tienen cero PAO, pero elevados PCG.

*Tabla 2-XXIV. Gases refrigerantes más utilizados en las heladeras domésticas. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; IPCC, 2018 y OPDS, 2021.*

<i>Refrigerante</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>Vida media (años)</i>	<i>PCG a 100 años</i>
CFC-11	Refrigerante clorofluorocarbonos líquido a temperatura ambiente. Actualmente se encuentra en vías de eliminación por ser un CFC de elevado PAO.	CCl3F	45	3,800
CFC-12	Refrigerante clorofluorocarbonos tradicionalmente utilizado en heladeras. Actualmente se encuentra en vías de eliminación por ser un CFC de elevado PAO.	CCl2F2	100	8,100
HCFC-22	Refrigerante hidroclorofluorocarbono de elevada demanda mundial, ya que es sustituto de los refrigerantes de CFCs. Se encuentra controlado por el Protocolo de Montreal, pero su fecha de eliminación sigue siendo distante.	CHClF2	12	1,500
HFC-134 a	Refrigerante hidrofluorocarbono de cero PAO, por lo que no se encuentra controlado por el Protocolo de Montreal y es actualmente uno de los refrigerantes sustitutos más elegidos.	CH2FCF3	14	1,300

Cabe destacar que actualmente también existen heladeras que funcionan con hidrocarburos y con compuestos inorgánicos como refrigerantes. Los hidrocarburos son sustancias con buena capacidad de refrigeración y propiedades ambientales aceptables, ya que no dañan la capa de ozono y tienen bajo PCG. Sin embargo, su elevada inflamabilidad los limita a ciertas aplicaciones por los altos costos de instalación y mantenimiento necesarios para garantizar la seguridad de los usuarios. Por otro lado, algunos compuestos inorgánicos como el amoníaco se utilizan en las heladeras debido a su gran capacidad de

<sup>32</sup> La estabilidad es importante ya que les permite a los compuestos alcanzar la estratósfera, donde pueden disociarse por la acción de la radiación ultravioleta y liberar cloro, que ataca el ozono, degradando así la capa protectora de ozono.

refrigeración, pero su elevado nivel de toxicidad lo limita a la refrigeración industrial de grandes cargas. Estos refrigerantes no se incluyeron en la Tabla 2-XXIV ya que son utilizados mínimamente en comparación con los incluidos en la mencionada tabla.

En la provincia de Buenos Aires, se estima que la mayor parte de las heladeras aún posee CFCs y HCFCs como gases refrigerantes. Cuando se desecha no controladamente una heladera argentina que funciona con CFC-12, este gas se libera y genera un impacto equivalente a aproximadamente 2,800 kg de CO<sub>2</sub>, mismo valor que el que genera en promedio un auto de tamaño mediano durante un año (Fernández Protomastro, 2013). De allí surge una gran importancia de gestionar adecuadamente las heladeras y de darles captura y un tratamiento adecuado a estas sustancias.

#### 2.7.4 Residuos asimilables a urbanos

Por último, esta corriente de residuos incluye aquellos similares a los generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas y que, por ende, no tienen características de peligrosidad ni tampoco potencial de valorización elevado. Pueden ser dispuestos en rellenos sanitarios bajo autorización municipal. Incluyen a los siguientes:

- Gomas, burletes, cintas y semejantes.
- Fibra de vidrio.
- Plásticos mezclados sin valor comercial.
- Etiquetas o elementos adheridos.
- Embalajes de cartón o plástico que se usen para paletizar las heladeras, computadoras o accesorios informáticos.

### 3 Marco legal aplicable

Para realizar una propuesta factible y armónica con la política del país, es preciso conocer su situación legal. Por ello, a continuación, se presenta el marco normativo aplicable a las actividades incluidas en el proyecto, clasificadas en normas nacionales (Tabla 3-I y Tabla 3-II) y provinciales (Tabla 3-III).

#### 3.1 Normativa nacional

Al momento, no se aprobó una Ley Nacional que regule específicamente a los RAEE. Esto es, a pesar de los proyectos de ley presentados en el Congreso Nacional, de los cuales se destaca el del año 2011, que obtuvo media sanción del Senado, pero fue rechazado en la Cámara de Diputados. Ante la ausencia de una ley específica, son aplicables a los RAEE normas relacionadas a los residuos domiciliarios, industriales y, debido a los componentes y sustancias peligrosas que poseen, a los residuos peligrosos. Los especialistas acuerdan que, mientras los equipos se mantengan enteros (es decir, cuando son desechados intactos o sin roturas), los RAEE o sus componentes no deben considerarse residuos peligrosos. Siendo así, las leyes de residuos peligrosos sólo aplican para aquellos componentes o sustancias peligrosas en caso de rotura o a partir del desensamblado (MAyDS et al, 2020). Como consecuencia de la aplicación de las normas de residuos peligrosos sobre los RAEE, en muchos casos, se exigen mayores recaudos de los que realmente requieren para su traslado, acopio y tratamiento. Además, como muchas constituciones provinciales prohíben el ingreso de residuos peligrosos a sus territorios, el movimiento de RAEE o de sus componentes por las distintas jurisdicciones provinciales se ve limitado.

Tabla 3-I. Normativa nacional aplicable al proyecto.

<p><b>Constitución Nacional</b></p> <p>El Artículo 41 garantiza el derecho a gozar de 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, y establece, a su vez, el deber de preservarlo. Además, prohíbe el ingreso de los residuos actual o potencialmente peligrosos y de los radiactivos al territorio nacional. Establece que para que este derecho sea efectivo, la Nación debe dictar las normas de presupuestos mínimos de protección ambiental (aplicables en todo el territorio del país), y las provincias, las necesarias para complementarlas, que pueden establecer condiciones más restrictivas, pero nunca más laxas (MAyDS et al, 2020).</p> <p>En el Artículo 124, se afirma que las provincias tienen el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio.</p>
<p><b>Ley N°23.922 – Aprobación del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, suscripto en la ciudad de Basilea de la Confederación Suiza</b> (Incluyendo sus normas complementarias, regulatorias y modificatorias)</p> <p>Regula el comercio internacional y los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos<sup>33</sup> y de otros desechos<sup>34</sup> y limita estas acciones siempre y cuando se cumpla una de las tres condiciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• el Estado exportador no dispone de la capacidad técnica ni de los servicios requeridos o de lugares de eliminación adecuados para eliminar los desechos de manera ambientalmente racional y eficiente, o</li><li>• los desechos son necesarios como materias primas para las industrias de reciclado o recuperación en el Estado importador, o</li><li>• el movimiento transfronterizo se efectúa de conformidad con otros criterios que puedan decidir las Partes, siempre que esos criterios no contradigan los objetivos del Convenio.</li></ul>

<sup>33</sup> Si bien los RAEE no son una corriente específica de la Convención de Basilea, esta contiene regulaciones aplicables a sus constituyentes.

<sup>34</sup> Define a “otros desechos” a los recogidos de los hogares o resultantes de la incineración de desechos de los hogares y que sean objeto de movimientos transfronterizos.

<p>En todos los casos debe garantizarse la protección del ambiente y de la salud humana y el Estado receptor debe prestar su consentimiento mediante un procedimiento detallado.</p> <p>De esta forma, los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos contenidos en los residuos-e está permitida por el convenio, siempre que sean materias primas de procesos industriales de reciclado o recuperación en el Estado importador.</p>
<p><b>Ley N°24.051 – Ley de Residuos Peligrosos</b> (Incluyendo sus normas complementarias, regulatorias y modificatorias)</p> <p>Contiene la definición de Residuos Peligrosos y las herramientas establecidas para realizar su trazabilidad. Además, las obligaciones de los generadores, transportistas y los requisitos de las plantas de tratamiento y de disposición final.</p>
<p><b>Ley N°25.675 – Ley General del Ambiente</b> (Incluyendo sus normas complementarias, regulatorias y modificatorias)</p> <p>Establece los objetivos, principios e instrumentos de gestión de la Política Ambiental Nacional. Incluye los presupuestos mínimos para una gestión sustentable y adecuada del medio ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Incluye la creación del Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) y su disposición como organismo permanente para la concentración y elaboración de la política ambiental, y el Pacto Federal Ambiental.</p>
<p><b>Ley N°25.916 - Ley de presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios</b> (Incluyendo sus normas complementarias, regulatorias y modificatorias)</p> <p>Regula las bases para la gestión integral de los residuos domiciliarios, entendiendo a estos como los elementos, objetos o sustancias de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional que son desechados y/o abandonados, siempre que no se encuentren regulados por normas específicas. Además, en su Artículo 35, dispone que “Las autoridades competentes deberán establecer, en el ámbito de su jurisdicción, programas especiales de gestión para aquellos residuos domiciliarios que, por sus características particulares de peligrosidad, nocividad o toxicidad, puedan presentar riesgos significativos sobre la salud humana o animal, o sobre los recursos ambientales.” Sin mencionarlos, esta disposición -junto con el hecho de que no exista una norma específica aplicable- obliga a dar tratamiento diferenciado a los RAEE generados en los hogares o desechados junto con los RSU.</p> <p>Pone a cargo de las autoridades competentes de cada jurisdicción la responsabilidad de los residuos domiciliarios y de establecer los sistemas de gestión integrados, priorizando la valorización y la disposición final adecuada.</p>

Además, existen resoluciones del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) y de la ex-Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (ex-SAyDS) aplicables a los Residuos Especiales de Generación Universal (REGU), entre los que se encuentran los RAEE. Dada la estructura federal de nuestro país, este tipo de resoluciones no tienen carácter obligatorio hasta que no sean plasmadas en una ley nacional, o bien, hasta que no consigan la adhesión provincial (MAyDS et al, 2020). Sin embargo, se decidió incluirlas, ya que establecen lineamientos que pueden ser adoptados para la gestión de residuos-e.

*Tabla 3-II. Resoluciones nacionales aplicables al proyecto.*

<p><b>Resolución N°522/2016 del MAyDS</b></p> <p>Establece los objetivos, definiciones y lineamientos para desarrollar una estrategia nacional del Manejo Sustentable de REGU, que incluyen a los RAEE. Entre algunos de los lineamientos, incorpora la responsabilidad extendida (o post-consumo) de los productores.</p>
<p><b>Resolución N°189/2019 de la ex-SAyDS</b></p> <p>Describe los Sistemas de Gestión de la estrategia nacional del Manejo Sustentable de REGU para aquellos de carácter interjurisdiccional o que comprenden eventuales movimientos transfronterizos de residuos.</p>

### 3.2 Normativa de la provincia de Buenos Aires

*Tabla 3-III. Normativa de la provincia de Buenos Aires aplicable al proyecto.*

<p><b>Ley N°11.720 – Ley de Residuos Especiales</b></p>
---



<p>Análoga a la Ley N°2.214 de CABA, establece la gestión de los residuos especiales, las obligaciones de los actores intervinientes, el sistema de registro de los generadores, operadores y transportistas, manifiesto de los residuos, entre otras cuestiones.</p>
<p><b>Ley N°11.723 – Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales</b>  Establece la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica.</p>
<p><b>Ley N°13.592 – Ley de Residuos Sólidos Urbanos</b>  Establece la gestión integral de los residuos sólidos urbanos.</p>
<p><b>Ley N°14.321 – Gestión sustentable de RAEE</b> (Incluyendo sus normas complementarias, regulatorias y modificatorias)  Describe el conjunto de pautas, obligaciones y responsabilidades para la gestión sustentable de los RAEE. Tiene por objeto prevenir la generación de RAEE y fomentar la reutilización, el reciclado, la valorización y la reducción del impacto ambiental de los mismos. Entre sus contenidos incluye: la prohibición de descartar RAEE junto con otras corrientes de residuos; las obligaciones de los actores implicados en la cadena de valor; las medidas de prevención de residuos y de diseño del AEE, entre otras. Cabe destacar que muchas de las obligaciones en función del principio REP que introdujo fueron observadas por el Decreto N°2.300/2011<sup>35</sup>.</p>
<p><b>Resolución N°101/2011 del OPDS</b>  Aprueba el Programa Voluntario de Certificación de Gestión Sostenible de RAEE.</p>
<p><b>Resolución N°40/2015 del OPDS</b>  Crea los Certificados de Recepción y de Operación de RAEE destinados a acreditar las operaciones sobre electrodomésticos de línea blanca a incluir en el Programa “Renovate”.</p>
<p><b>Resolución N°389/2019 del OPDS</b>  Establece la gestión de RAEE, la prohibición de abandonarlos o verterlos incontroladamente, la jerarquía de la gestión, el principio de responsabilidad extendida del productor.</p>
<p><b>Resolución N°269/2019 del OPDS</b>  Crea la figura del Gestor refuncionalizador, definiéndolo como aquella persona que realiza el desarmado, desguace, y clasificación de los RAEE en sus componentes para su reutilización. Incorpora a la gestión de RAEE las iniciativas de ESS y OSC (fundaciones, ONGs, instituciones educativas), permitiéndoles el ingreso formal a la cadena de RAEE.</p>

<sup>35</sup> Según Meffe et al (2020), las obligaciones impuestas por la ley fueron observadas debido a la dificultad y desigualdad que implica imponerlas en una sola provincia.

## 4 Marco teórico

### 4.1 Gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

En lo que refiere a la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), se realiza la correspondiente Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), que se define, de acuerdo con la Ley Nacional N°25.916, como el conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. La mencionada ley incluye las siguientes etapas en una GIRSU: generación, disposición inicial, recolección, transferencia, transporte, tratamiento y disposición final.

En el caso de los RAEE, si bien las etapas de la gestión son las mismas a la de la corriente de RSU, se requiere de una gestión particular y acorde a sus características. Estos residuos reúnen una heterogeneidad de componentes, que deben recibir un tratamiento específico que contemple todas sus singularidades.

En esta instancia es preciso diferenciar 2 líneas de distintas de gestión: la de las heladeras y las de las computadoras y accesorios informáticos; o, lo que es lo mismo, la de los grandes electrodomésticos y la de los TICs.

En el caso de los grandes electrodomésticos, el usuario final no cuenta con la facilidad de transportarlos o acercarlos a sitios de acopio, como sí lo hace con los RAEE menos voluminosos. Uno de los grandes desafíos es recolectar, transportar y acopiar estos equipos voluminosos, pesados y que, potencialmente, ante una manipulación inadecuada, pueden liberar sustancias contaminantes (aceites usados y gases refrigerantes, en el caso de las heladeras). Asimismo, para esta línea de tratamiento es necesario contar con sitios de acopio de los equipos de mayor superficie, en comparación con la línea de los TICs.

En cuanto a la gestión de TICs, se presentan diversas ventajas, asociadas a su facilidad de transporte derivada de su menor peso y dimensiones y a la demanda de sitios de acopio de menor superficie. Sin embargo, como su vida útil es menor, estos equipos se desechan más frecuentemente. Ambas líneas de RAEE requieren de una gestión que contemple un manejo cuidadoso de las sustancias, un equipo de personal capacitado y un plan de gestión detallado y planificado que incluya los cientos de miles de equipos que quedan fuera de uso por año.

A continuación, se definen las etapas de una GIRSU convencional, que fueron tomadas de base para la planificación de la gestión de los residuos-e. Las definiciones se elaboraron a partir de la Ley Nacional N°25.916, la Ley N°13.529 de la provincia de Buenos Aires, la Ley N°1.854 de la CABA, la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires, el libro de Fernández Protomastro (2013), el informe de Tchobanoglous (1982) y el manual de Gestión integral de RAEE realizado por el MAyDS et al (2020).

La gestión integral comprende las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección, transporte y transferencia, tratamiento y/o procesamiento y disposición final (Figura 4-1).

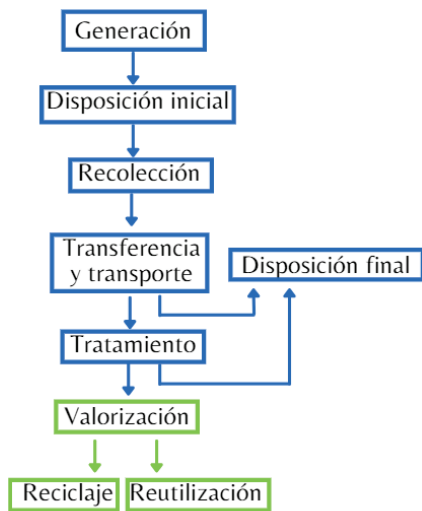


Figura 4-1. Etapas de la Gestión Integral de los RAEE. En verde se indican las etapas que promueven la Economía Circular.

**1. Generación:** producción de residuos en origen por parte del consumidor, ya sea por haber alcanzado el final de la vida útil del equipo, rotura, obsolescencia programada o percibida, etc. La tasa de generación de los residuos-e depende de los niveles económicos, la conciencia ambiental, los hábitos de la población y la incorporación de mejoras tecnológicas en los nuevos equipos.

**2. Disposición inicial:** depósito o almacenamiento que realiza el generador de los residuos en los lugares establecidos por la normativa para tal fin. La disposición inicial puede ser general -cuando las distintas fracciones de los residuos no se clasifican ni separan- o selectiva -cuando el generador clasifica y separa las fracciones de residuos-.

**3. Recolección:** recogida y traslado de los residuos desde el sitio de disposición inicial a los centros de tratamiento, de transferencia (si existe) o de disposición final. Se pueden diferenciar dos modalidades de recolección general -sin discriminar los distintos tipos de residuos- o diferenciada -discriminando por tipo de residuos y, por ende, por su tratamiento posterior-.

**4. Transporte y transferencia:** almacenamiento, acondicionamiento y traslado de los residuos desde las estaciones de transferencia hasta las plantas de tratamiento o centros de disposición final.

Las estaciones o centros de transferencia son instalaciones habilitadas por la autoridad competente que se ubican entre los sitios de recolección y la planta de tratamiento, con el fin de reducir las distancias recorridas y, con ello, los costos económicos asociados. Son útiles en aquellos casos en que las distancias de transporte desde los sitios de recolección hasta la planta de tratamiento son significativas (generalmente, más de 15 km) o cuando la frecuencia de recolección es baja (por ejemplo, en áreas residenciales de poca densidad) (Tchobanoglous et al, 1982). Como se movilizan menos residuos desde los sitios de recolección a la planta de transferencia que los que se trasladan desde la planta de transferencia a la planta de tratamiento, en esta etapa se transfieren los residuos desde vehículos de menor carga a otros de mayor capacidad, que son finalmente los encargados de conducirlos hasta la planta de tratamiento (Gobierno de Argentina, s.f.).

**5. Tratamiento:** incluye todos los procesos que ocurren en la planta de tratamiento, como, por ejemplo: desmontaje, desarmado, desensamblado, trituración, valorización o preparación para su disposición final y cualquier otra operación que se realice con tales fines (MAYDS et al, 2020). Las plantas de tratamiento

son las instalaciones a las que llegan los residuos provenientes de la recolección y que están habilitadas por la autoridad competente para las actividades mencionadas.

**6. Disposición final:** conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente y controlado de los residuos provenientes de las fracciones de rechazo, es decir, aquellas que no pudieron ser valorizadas. La disposición final en relleno sanitario se debe realizar evitando cualquier riesgo a la salud pública y al ambiente, lo que se logra mediante el encapsulado de los residuos entre una cubierta superior y un sistema de membranas, que controlan las filtraciones y las emisiones líquidas y gaseosas (Gobierno de Argentina, s.f.). Una disposición final inadecuada genera riesgos en los ecosistemas, en la población y en el ambiente, debido, por ejemplo, el escurrimiento y filtración de lixiviados (que pueden contaminar cuerpos de agua superficiales y subterráneos) y a la emisión de GEI (que potencian el calentamiento global).

Gestionar los residuos-e integralmente significa manejarlos correctamente desde su generación hasta su disposición, dándoles un destino seguro y utilizando las tecnologías y las prácticas existentes más adecuadas. Por eso, la gestión integral también abarca diversas acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación. Las etapas de la gestión integral también componen la denominada “cadena de valor” de la gestión de RAEE (MAyDS et al, 2020).

Para que la logística sea exitosa, se procuró incluir los siguientes aspectos:

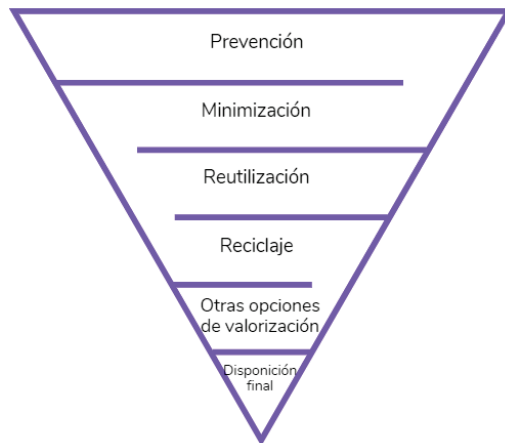
- Diferenciar 2 líneas de tratamiento: la de los grandes electrodomésticos (heladeras) y la de los TICs (computadoras y accesorios informáticos).
- Contar con la participación del consumidor en las etapas de disposición inicial y recolección.
- Involucrar a los fabricantes de los equipos (como las cadenas de comercialización) y a los municipios.
- Incorporar el principio de logística inversa (definido en la sección “4.2.3 Logística inversa”).
- Disponer de centros de acopio regionales para consolidar los residuos-e, previo a la transferencia hacia la planta de tratamiento.
- Maximizar la cubicación de los residuos-e transportados.
- Capacitar al personal involucrado en la manipulación de los RAEE.
- Procurar que todas las etapas de gestión se realicen en forma ambientalmente adecuada y segura para el personal.

#### 4.1.1 Jerarquía en la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La jerarquía en la gestión de residuos establece un orden prioritario de las opciones existentes para la gestión de residuos. Se suele representar como una pirámide invertida (Figura 4-2), en la cual los eslabones más cercanos a la cima son los más prioritarios, ya que permiten generar menor cantidad de residuos, y, por ende, menor impacto ambiental. En cambio, los pilares más cercanos a la base son los menos prioritarios, porque brindan el peor resultado ambiental y social. Cabe destacar que esta jerarquía es generalizada, pudiendo variar de acuerdo con las mejores técnicas y prácticas ambientales disponibles.

En concordancia con la jerarquía acordada en el Convenio de Basilea y adoptada en las Resoluciones N°389/2019 de la OPDS y 522/2016 del MAyDS, se estableció como objetivo del sistema de gestión maximizar la prevención, la reutilización y el reciclado y minimizar la disposición final en rellenos de seguridad y la incineración sin recuperación. Es decir, maximizar la minería urbana y minimizar la minería inversa (definidos en la sección “4.1.1.1 Minería inversa y minería urbana”). Es así como tuvo prioridad

diseñar una planta de tratamiento en la que se realicen las tareas necesarias para la reutilización y el reciclaje.



*Figura 4-2. Jerarquía de gestión de residuos acordada en el Convenio de Basilea y adoptada por la normativa argentina.*  
A continuación, se detallan las opciones existentes de la gestión de residuos:

**1. Prevención:** se refiere a la prevención en la generación de residuos, orientada principalmente a la conducta del generador. Esto se puede lograr a partir de reparaciones en los equipos, del cumplimiento con el tiempo de vida media establecido o de la reutilización de los equipos (ya sea por donaciones, comercializaciones de equipos de segunda mano, por ejemplo). Se relaciona con el concepto de remanufactura o reacondicionamiento de los AEE.

**2. Minimización:** obtención de la mínima cantidad posible de residuos. Esta opción se focaliza principalmente sobre los productores y puede alcanzarse mediante el empleo de menor cantidad de componentes o de materiales más ligeros (desmaterialización).

**3. Reutilización:** todas las operaciones mediante las cuales los productos o componentes se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos. Forma parte de la valorización junto al reciclaje y otras alternativas de recuperación de energía (MAyDS et al, 2020). Tanto la reutilización como el reciclaje pueden realizarse en el país o fuera del mismo, gracias a la exportación autorizada de materias primas valiosas. Este movimiento transfronterizo se debe a que, para algunos materiales es menos costoso exportar que tratar los residuos en el país de origen, y a otros factores como la disponibilidad de mercados para recolocar las materias primas, de infraestructura o tecnología para el reciclaje (MAyDS et al, 2020).

**4. Reciclaje:** todo proceso de extracción y transformación de los materiales o componentes para su aplicación como insumos productivos (MAyDS et al, 2020). Las plantas recicladoras se especializan en el despiece, desmontaje o destrucción (triturado, molido, prensado o inutilización) de los RAEE para luego segregar por tipo de corriente de desecho aquellos que serán acopiados y acondicionados como nuevos insumos.

**5. Otras opciones de valorización:** fundamentalmente, refiere a la recuperación de energía mediante la incineración.

**6. Disposición final:** última etapa de la gestión integral de residuos, ya definida anteriormente.

Para poder aplicar la jerarquía en cuestión, es necesario realizar la adecuada segregación de las distintas fracciones de residuos, ya que disminuye los costos de gestión y aumenta la viabilidad técnica del método.

Cabe destacar que la aplicación de los principios jerárquicos no debe ser en todos los casos una estrategia inicial por implementar. La escala jerárquica debe ser flexible y adaptable a la realidad local y a la mejora continua del sistema de gestión de residuos. Esto es porque el reciclaje y otras formas de valorización sólo serán factibles de implementar si existiesen los mercados para la ubicación de los materiales recuperados y si la recuperación garantiza su operación en condiciones ambientalmente adecuadas. En caso de no ser así, se podrá optar por la opción de tratamiento y disposición final, mientras que, paralelamente, se proceda implementando un programa para el desarrollo de mercados que potencien las oportunidades de reciclar materiales (Fernández Protomastro, 2013).

#### 4.1.1.1 Minería inversa y minería urbana

En línea con la priorización de las opciones valorizables propuesta por la Jerarquía en la gestión integral de los RAEE, es pertinente precisar los conceptos de minería inversa y minería urbana. La minería inversa (o “minería primaria”) se refiere al desperdicio de sustancias valiosas (como metales y plásticos) contenidas en residuos (como las heladeras y las TICs) cuando estos son enterrados en rellenos sanitarios o dispuestos inadecuadamente, por ejemplo, mezclados con otros residuos y perdiendo su posibilidad de valorización. En cambio, la minería urbana (o “minería secundaria”) implica la recuperación de los materiales valorizables, lo que, además, reduce la presión sobre la demanda de materias primas básicas, el consumo energético, las emisiones de GEI derivadas de la extracción y procesamiento de la minería primaria y los costos ambientales, sociales y económicos que hubiera ocasionado su extracción. Debido al aumento mundial en la demanda de materias primas y, en particular de metales, es preciso intensificar la minería urbana.

La valorización de los materiales de los residuos genera, desde este punto de vista dos beneficios considerables. Por un lado, la obtención de materias primas recuperadas y la sustitución de los metales provenientes de la minería primaria o de las importaciones de materias primas, logrando obtener materiales a menor costo e igual calidad. Por otro lado, la minimización de cantidades destinadas a rellenos sanitarios, que se encuentran al borde del colapso (MAyDS et al, 2020).

#### 4.1.2 Economía circular aplicada a la gestión integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

La Economía circular se postula como una opción contraria a la Economía clásica de extracción, producción, consumo y eliminación (denominada “Economía lineal”), en la que cada una de estas etapas consume recursos naturales y produce residuos que se gestionan independientemente y sin ser reciclados. En cambio, la Economía circular es aquella en la que se sostiene un flujo constante en el que los residuos de una etapa son utilizados como recursos por otra etapa. De esta forma, los materiales y productos se mantienen en uso durante mayor tiempo posible para ser reutilizados repetidamente y la generación de residuos y la extracción de nuevos materiales se reducen significativamente.

El enfoque circular aplicado a la gestión de los residuos-e propone, en principio, maximizar la vida útil de los componentes de los equipos eléctricos y electrónicos a través de estrategias de valorización (MAYDS et al, 2020). Por eso, como ya se mencionó, es muy importante el papel de productores de AEE, para incorporar consideraciones de durabilidad y reparación desde la fase de diseño de los equipos, así como también para disponer de información para el desensamblado, de las partes y sustancias constituyentes y del contacto con servicios técnicos que puedan llevar a cabo la reparación. A partir de la gestión y tratamiento de los residuos-e, se recuperan las materias primas que se necesitan para su fabricación (plásticos, metales, vidrios, cables, etc.). Una vez recuperadas, estas materias primas pueden volver a ser utilizadas para la fabricación de nuevos AEE, con lo que se evita el desecho de materiales recuperables y se logra cerrar un ciclo, convirtiendo los anteriores desechos en materiales de nuevos equipos (Figura 4-3).

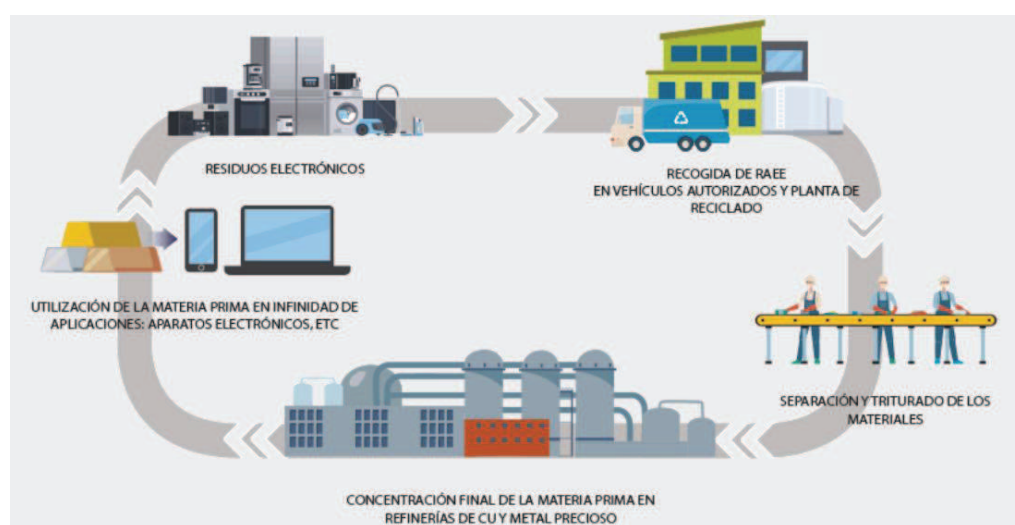


Figura 4-3. Esquema de la economía circular aplicada a la gestión de RAEE. Recuperado de Indumetal Recycling SA, 2021.

Para transitar a una economía parcial o totalmente circular, se requiere de mano de obra calificada con capacidades específicas, lo que se traduce en nuevos puestos de trabajo. Esto es un aspecto fundamental en la gestión de residuos-e, que, como se mencionó anteriormente, es un sector que cuenta con un elevado grado de trabajo informal. Es decir, mediante la implementación de la jerarquización de la gestión de residuos-e y la aplicación de los principios de la economía circular, no sólo se resuelve una problemática ambiental, sino que también se contribuye a integrar y formalizar el trabajo actual a partir de la creación de una cadena de valor. En este sentido, uno de los objetivos del presente Proyecto Final Integrador puede asociarse con la necesidad de ofrecer una solución que aumente la formalización de la gestión de los RAEE y la valorización de los mismos.

## 4.2 Recolección

En esta etapa, se recogen las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos de los hogares, las empresas y las oficinas públicas y privadas y se trasladan a los centros de tratamiento, de transferencia o de disposición final. El transporte es una instancia crítica en cualquier un plan de gestión de residuos, ya que sus costos influyen significativamente en los costos de todo el plan, y, consecuentemente, determina gran parte del éxito del proyecto. Además, se debe proporcionar un traslado seguro para evitar derrames, fugas de gases o roturas, así como también la trazabilidad suficiente para evitar desvíos de

equipos y una gestión adecuada. A su vez, la infraestructura disponible para la recepción, el manejo y acopio de los equipos debe ser apropiada, de manera que facilite su clasificación y envío posterior a los gestores. Por último, la recogida de los residuos-e debe extenderse a la totalidad de la población comprendida en las jurisdicciones incluidas en el plan de gestión y, además, los sistemas de recogida deben diseñarse teniendo en cuenta la densidad poblacional y las condiciones territoriales de estas jurisdicciones.

#### 4.2.1 Modalidades de recolección

Existen las siguientes modalidades utilizadas para recolectar RAEE:

- a. Recolección domiciliaria (también llamada “puerta a puerta” o en inglés “pick-up”).
- b. Recolección en la calle.
- c. Entrega a cargo del usuario (o en inglés, “drop-off”).

Estas modalidades varían de acuerdo con el tipo de RAEE considerado: no todas las opciones son aplicables para las heladeras y otros grandes electrodomésticos, por ejemplo. A continuación, se describieron los métodos de recolección listados.

##### 4.2.1.1 Recolección domiciliaria

En esta opción, el usuario solicita el retiro de los RAEE a la empresa contratada para realizar el servicio, que suele tener días fijos asignados para realizar la recolección. Esta empresa debe dirigirse al domicilio del propietario en el día acordado, constatar el estado y la presencia de los componentes del RAEE, cargar el equipo y enviarlo al sitio designado. En esta opción, no se instalan contenedores para recepcionar residuos-e. Los tiempos de la operación de recolección son significativos debido al tiempo que demanda ingresar en todos los domicilios, lo que también se traduce en un aumento del costo del servicio. Suele ser el método más apropiado para los grandes electrodomésticos, ya que sus dimensiones y la presencia de sustancias peligrosas demandan la contratación de personal capacitado para realizar su carga y manipulación.

##### 4.2.1.2 Recolección en la calle

###### 4.2.1.2.1 Contenedores comunitarios

En este sistema, los usuarios depositan sus residuos-e en contenedores que funcionan como sitios de almacenamiento comunitarios y que deben ser diseñados adecuadamente para garantizar que no ocurran fugas, derrames, roturas ni daños en los equipos. Los camiones recolectores acuden a estos sitios en intervalos sistemáticos e informados de antemano para recolectar y transportar los residuos. Como ventaja, se reduce la cantidad de sitios a donde se debe realizar la recolección y se facilita la operación, ya que el usuario no debe coordinar con una empresa recolectora. Asimismo, los vehículos pueden realizar la recolección en cualquier horario según su conveniencia. En la contraparte, como la generación de RAEE no es tan frecuente ni uniforme como la es la de los RSU, puede suceder que el vehículo acuda a los contenedores cuando aún no se dispusieron tantos RAEE o al contrario, que no acuda frecuentemente en épocas de mayor disposición. Además, puede ocurrir el hurto de los residuos-e o la recuperación informal de los mismos. Este método no es apropiado para los grandes electrodomésticos, debido a que los contenedores deberían tener dimensiones voluminosas para poder recolectar estos equipos, a que el elevado peso de los grandes electrodomésticos dificulta la carga y entrega por parte del usuario y a que la presencia de sustancias peligrosas expone a la población a riesgos en su salud.



Para garantizar la correcta preservación de los equipos, los contenedores deben cumplir los siguientes requisitos:

- Estar destinados exclusivamente al almacenamiento de residuos-e.
- Permitir la disposición selectiva de residuos-e, agrupándolos por categorías.
- Ser áreas seguras, de fácil acceso, amplias y confinadas.
- Contar con un sistema de recolección de eventuales derrames.
- Estar protegidas de la intemperie.
- Contar con sistemas de seguridad.

#### 4.2.1.2.2 *Recolección por veredas*

En esta modalidad, un vehículo recorre una ruta predeterminada e informada y notifica su llegada a los vecinos mediante un sonido característico. Al escuchar la señal, los propietarios conducen y entregan sus RAEE a los camiones. Este sistema evita la colocación de contenedores. Sin embargo, la productividad de esta recolección se encuentra entre baja y media. Este sistema es aplicable a los pequeños electrodomésticos y TICs, ya que el usuario puede conducirlos fácilmente hasta el vehículo recolector y también almacenarlos en sus domicilios sin que ocupen demasiada superficie, pero no sucede lo mismo con los grandes electrodomésticos.

#### 4.2.1.3 *Entrega por parte del usuario*

En este sistema, el usuario es quien realiza la recolección y el transporte de los RAEE que quiere desechar. Sólo es aplicable para los pequeños electrodomésticos y TICs, que, al ser de menor peso, no requieren la contratación de un servicio de transporte adicional. El usuario final puede conducir y entregar los residuos-e en:

- a. Áreas municipales como puntos verdes fijos, centros de residuos-e, sitios de acopio municipales designados para las campañas de recolección de residuos-e programadas, corralones municipales o depósitos que funcionen como sitios de acopio.
- b. Locales comerciales catalogados como productores de RAEE, como comercios de electrodomésticos, hipermercados o centros comerciales. En estos casos, las empresas habilitan un centro de acopio transitorio dentro de sus instalaciones o en los centros comerciales donde se encuentren. Esto se sostiene en el Artículo 12 de la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires, que establece que los productores, distribuidores y comercializadores de AEE deben disponer en su predio, cuando el local en que realicen su exposición y venta ocupe una superficie mayor a 500 m<sup>2</sup>, de un centro para la recepción de RAEE, donde los generadores puedan desecharlos independientemente de un acto de compra.

Esta modalidad es la que actualmente se implementa en algunos municipios del AMBA que reciben RAEE en puntos verdes, o que realizan campañas de recolección de estos.

### 4.2.2 *Diferencias entre los grandes electrodomésticos y los equipos de Informática y Telecomunicaciones*

Como se indicó anteriormente, el sistema adecuado de recolección de los grandes electrodomésticos es la domiciliaria, mientras que la de los equipos pertenecientes a las TICs, puede implementarse tanto la recolección en la calle como la entrega a cargo del usuario. Por las dimensiones de los grandes electrodomésticos, se requiere para su recolección la contratación de un sistema de transporte de elevada

capacidad volumétrica y de sitios de acopio de gran superficie. En cambio, para la recolección de los TICs incluso se podría aprovechar la infraestructura existente (como los puntos verdes de los municipios) sin realizar mayores adaptaciones.

Por otro lado, dejando de lado las complicaciones derivadas de la movilización de equipos tan voluminosos como lo son los grandes electrodomésticos, se han reportado ventajas asociadas a su recolección. Primero, los TICs son más propensos a mezclarse con otros residuos y a almacenarse indefinidamente en hogares particulares. En comparación, como la disposición inicial de los grandes electrodomésticos es selectiva, su gestión se ve facilitada. Así, existe una recolección diferenciada y obligatoria, y los usuarios finales se ven en la obligación de hacer algo con los grandes electrodomésticos inutilizados, a diferencia de lo que sucede con los pequeños residuos-e (Oguchi et al, 2011).

#### 4.2.3 Logística inversa

Es preciso planificar que la recolección de RAEE se realice en el mismo acto que la entrega del AEE, si es que se produjo un recambio de equipo. Además, es ventajoso que los sitios de recogida sean los locales comerciales. Esto simplifica la logística y los costos de la gestión, ya que no se estaría agregando ningún trayecto por recorrer (y, por ende, ningún costo) al que se realiza cuando se vende un equipo actualmente. Esta modalidad de recolección, realizada al momento de la entrega de un aparato nuevo, se denomina “logística inversa” y se define como el retorno de los productos, sus partes, repuestos y/o envases luego del consumo o de la baja comercial desde los consumidores hasta los productores (MAyDS et al, 2020). La Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires establece que cuando un usuario adquiere un nuevo AEE “(...) que sea de tipo equivalente o realice las mismas funciones que el aparato que desecha, podrá entregarlo juntamente con sus componentes esenciales, en el acto de compra del nuevo aparato al vendedor distribuidor, quien lo recepcionará y lo derivará para su disposición final”.

#### 4.2.4 Lineamientos y precauciones por adoptar durante el transporte

Para asegurar un transporte seguro, las tareas de carga y descarga y el traslado de las heladeras, las computadoras y accesorios informáticos hasta el centro de acopio y de tratamiento deben realizarse bajo normas básicas de higiene, seguridad y protección ambiental, evitando golpes y roturas de los equipos, especialmente de las tuberías y sistemas de refrigeración de las heladeras, que pueden causar el escape de los gases refrigerantes a la atmósfera. Entre las precauciones a tomar se incluyen:

- No acostar, rodar, tirar, arrastrar, lanzar ni apilar los equipos.
- Evitar golpes, roturas y daños.
- Evitar la emisión de sustancias, pérdida de materiales y el vertido de fluidos.
- No realizar aperturas o desmontajes. Estas operaciones se realizarán únicamente en la planta de tratamiento correspondiente.
- Garantizar la trazabilidad de los equipos durante toda la etapa y contar con un manifiesto que registre tal trazabilidad y con un sistema de identificación de los equipos.
- No exceder el peso y la capacidad admitida del camión.
- Proteger los artefactos con materiales que absorban impactos o sistemas de sujeción que eviten que se muevan durante el traslado.

- Maximizar la cubicación para transportar un mayor número de equipos y minimizar así los costos de transporte (Figura 4-4).



Figura 4-4. Transporte de heladeras. Recuperado de Fundación Ecolec, 2017.

### 4.3 Transferencia y transporte

Como se indicó anteriormente, en algunos casos es conveniente contar con un centro de acopio o almacenamiento temporario de los residuos antes de conducirlos al centro de tratamiento. Luego, una vez reunido un número de equipos que justifique el gasto de transporte hasta la planta de tratamiento, se coordina el transporte en camiones de mayor capacidad. En el caso de los RAEE, cuya generación es significativamente menor a la de los RSU, se justifica contar con sitios de acopio. Se destacan los siguientes sitios de acopio:

- Áreas municipales como puntos verdes fijos (también llamados “puntos limpios” o “ecopuntos”).
- Locales comerciales catalogados como productores de RAEE que cuenten con una superficie mayor a 500 m<sup>2</sup>, como comercios de electrodomésticos, hipermercados o centros comerciales.

Estos sitios coinciden con los identificados como sitios de entrega de RAEE en la sección “4.2.1.3 Entrega por parte del usuario” y además, su propuesta se sostiene en las obligaciones legales establecidas por la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires detalladas. Además, pueden ser sitios existentes (como por ejemplo, los puntos verdes que actualmente funcionan en los municipios y los locales comerciales) o sitios construidos específicamente para los residuos-e.

Al igual que en la recolección, la etapa de la transferencia y transporte es crucial para determinar el éxito del plan de gestión de los RAEE y, además, es fundamental asegurar un transporte seguro y trazable. En esta etapa se deben respetar los lineamientos y precauciones por adoptar durante la recolección detallados anteriormente y además, se agregan algunos requisitos necesarios para proporcionar un acopio seguro de las heladeras, las computadoras y accesorios informáticos:

- Almacenar los equipos en sitios de acopio habilitados y destinados exclusivamente al almacenamiento de RAEE.
- Contar con sitios de acopio seguros, de fácil acceso, amplios y bien delimitados. Los pisos deben ser impermeables y debe haber instalaciones para la recogida de eventuales derrames. Las instalaciones deben estar bajo techo y protegidas contra la intemperie.

- Contar con sistemas de seguridad y prohibir los accesos no autorizados.
- Disponer en contenedores separados a las computadoras y los accesorios informáticos.

#### 4.4 Tratamiento

La jerarquía de la gestión de los residuos aplicada a los RAEE propone maximizar la valorización de los materiales y minimizar el envío a disposición final en rellenos sanitarios, lo que, además, coincide con el enfoque de la Economía Circular planteado. Por ende, la gestión de los residuos-e debe obedecer el siguiente orden prioritario: prevención de su generación, reutilización, reciclaje, otras formas de valorización y disposición final de los elementos no valorizables. Así, los objetivos prioritarios de la planta de tratamiento de residuos-e son: obtener equipos y componentes que pueden ser reutilizados y conseguir materiales que pueden ser reciclados y, por otro lado, obtener las corrientes de residuos peligrosos para darles un manejo ambientalmente seguro y racional. Sólo los elementos que no pudieron ser recuperados se enviarán al relleno sanitario.

La planta de tratamiento de RAEE proyecta su puesta en marcha a partir de 2 líneas de tratamiento:

1. Línea 1: heladeras.
2. Línea 2: desktops, notebooks, mouses, teclados y monitores.

La Línea 1 incluye a las heladeras y, posteriormente, luego de la puesta en marcha de la planta, puede ampliarse a freezers, aires acondicionados y convertirse en la línea de los “aparatos de refrigeración”. Incluye a equipos de grandes dimensiones y que requieren especial atención por la presencia de gases refrigerantes.

La Línea 2, luego de la puesta en marcha de la planta, puede ampliarse a los distintos equipos informáticos y convertirse en la línea de los equipos de “Telecomunicaciones e Informática” (TICs).

Cada línea tiene su correspondiente zona de depósito y tratamiento, que luego se unifica antes de finalizar. Los procesos generales se enumeran a continuación y se presentan en la Figura 4-5:

1. Descarga, primera clasificación, almacenamiento y caracterización inicial.
2. Reparación y reutilización de equipos.
3. Desmontaje.
4. Reutilización de componentes.
5. Clasificación por material.
6. Gestión de materiales.

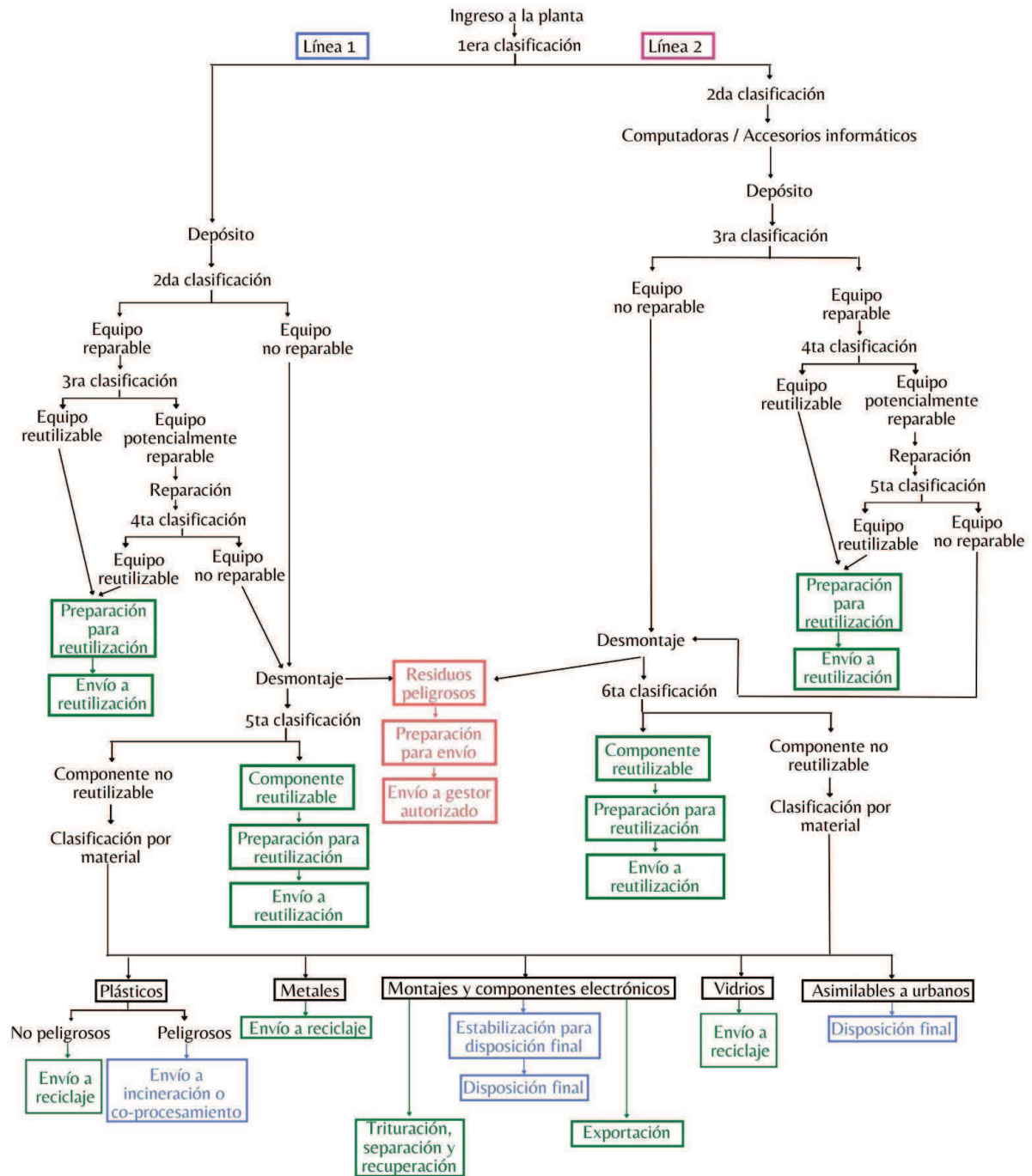


Figura 4-5. Diagrama de procesos de la planta de tratamiento de RAEE. Con color verde se indican las fracciones destinadas a valorización (reutilización y reciclaje); en azul, las destinadas a disposición final o incineración y en rojo, los residuos peligrosos.

#### 4.4.1 Descarga, primera clasificación, almacenamiento y caracterización inicial

Luego del transporte, las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos llegan a la planta de tratamiento. Allí se realiza la descarga de los equipos y el ingreso a la planta. A continuación, se realiza una primera clasificación por línea de tratamiento, esto es: Línea 1 y Línea 2. Las heladeras se dirigen a la zona de depósito (Figura 4-6), mientras que los equipos de la Línea 2 se reclasifican y se depositan en contenedores separados por tipo de equipo (desktop, notebook, mouse, teclado y monitor) (Figura 4-7), a diferencia de las heladeras, que no necesitan contenedores. En el depósito, se pesan los equipos en balanzas y se registra en un manifiesto su clasificación, código de cada aparato, fecha de recepción, estado de recepción, motivo de descarte y peso.



Figura 4-6. Depósito de heladeras. Recuperado de Fundación Ecolec, 2017.



Figura 4-7. Depósito de monitores. Recuperado de MinTIC, 2008.

#### 4.4.2 Reparación y reutilización de equipos

La reutilización consiste en la recuperación de los equipos y los componentes que llegan a la planta de tratamiento y que aún pueden utilizarse con el mismo fin con el que fueron fabricados. Esto incluye también a aquellos equipos y componentes que deben ser reparados para volver a ser utilizados. La reutilización ocurre porque muchos de los equipos desechados no han alcanzado el final de su vida útil al momento de su descarte. Los componentes reutilizables se venden a los servicios técnicos o se acopian

en la planta de tratamiento de RAEE para ser utilizados en la reparación de futuros equipos que lleguen a la planta, mientras que los equipos reparados funcionales pueden venderse o entregarse como donaciones a entidades u organizaciones sociales. Todas estas tareas deben realizarse con la autorización de los fabricantes. Los gestores de residuos-e suelen hacer acuerdos con las marcas para determinar la gestión y la recuperación de algunos repuestos para las garantías de equipos que se han dejado de producir (Fernández Protomastro, 2013). La promoción de la reutilización cumple con el Artículo 15 de la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires, que establece que los productores deben organizar (ya sea de modo individual o colectivo) sistemas para la valorización de los RAEE recogidos selectivamente y, además, que los aparatos enteros deben tener prioridad en la reutilización. En esta subsección se describe la reutilización de los equipos, que se realiza previo a su desmontaje.

Primero, los equipos se clasifican dentro de cada categoría (heladeras, computadoras, mouses, teclados y monitores) en equipos “reparables” y “no reparables”. Para la discriminación entre equipos reparables y no reparables, es útil haberle consultado al usuario final el motivo del descarte, por ejemplo, si fue por rotura o falla, por obsolescencia, etcétera. Para clasificar un equipo como “reparable”, debe cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos:

1. Inspección visual:

- a) Carcasas completas.
- b) Presencia de todos los componentes.
- c) Condiciones generales adecuadas. Esto es, electrodomésticos no oxidados, ni con numerosos daños superficiales como abolladuras, hendiduras, agujeros, etc.

2. Pruebas de seguridad del funcionamiento eléctrico de los aparatos eléctricos: los equipos deben superar las pruebas de funcionamiento eléctrico, es decir, el correcto funcionamiento del aislamiento, la puesta a tierra, la presencia de cortocircuitos y las comprobaciones eléctricas de seguridad.

3. Consumo energético: los electrodomésticos deben cumplir con las clases de Eficiencia Energética Mínima (EEM) establecidas para poder ser reutilizados.

4. Prestaciones mínimas de los equipos de TICs: debido a la elevada velocidad del recambio tecnológico de las TICs, es preciso permitir sólo la reutilización de las computadoras que cuenten con un procesador, igual o superior al equivalente a Pentium II; disco duro de capacidad igual o superior a 2GB y, 2 o más unidades de almacenamiento presentes, esto es, de CD ROM, disco duro y/o disco flexible.

Si el equipo no cumple con al menos un requisito de los cuatro presentados anteriormente, se cataloga como “no reparable” y prosigue a la siguiente etapa (“Desmontaje”). En cambio, a los equipos clasificados como “reparable” se les realiza una tercera clasificación, que los cataloga en “reutilizable” o “potencialmente reparable”. Para clasificar un equipo como “reutilizable”, debe cumplir con el quinto requisito descrito a continuación:

5. Pruebas del funcionamiento del equipo: todo aparato tiene que funcionar eficazmente según lo que se describa en su manual de equipo, que lo acompañó en el momento de venta y al que puede accederse fácilmente en los sitios web de los distribuidores locales. Además, los equipos deben funcionar sin pérdidas de sustancias, roturas o fugas. En el caso de las computadoras, se les realiza una “prueba de fatiga”, utilizando un software que realiza en una hora el trabajo equivalente a 8 horas de uso continuo

de la computadora (Figura 4-8). Si esta prueba se supera, el equipo se encuentra garantizado de funcionar correctamente.



*Figura 4-8. Realización de pruebas de funcionamiento de computadoras y teclados. Recuperado de MinTIC, 2008.*

Si el equipo supera los cinco requisitos, se cataloga como “reutilizable” y se destina a la preparación para su reutilización. En cambio, el equipo “potencialmente reparable”, que cumple con los cuatro primeros requisitos, pero no con las pruebas de funcionamiento, debe ser reparado preferiblemente, con piezas originales o piezas de recambio aprobadas por el fabricante para la reparación de los AEE. Luego, se realiza una cuarta clasificación, en equipo “reutilizable”, si pudo ser reparado; o, en “no reparable”, en caso contrario. Los equipos “no reparables” de la segunda y cuarta clasificación se juntan y se envían a la etapa “Desmontaje”. Los equipos “reutilizables” obtenidos de la tercera y cuarta clasificación se preparan para su envío a reutilización.

#### 4.4.2.1 Preparación para la reutilización

Se deben realizar las siguientes acciones sobre los equipos catalogados como “reutilizable”:

- Limpieza de los equipos y de todos sus componentes: eliminación de manchas, calcomanías u otros residuos y limpieza general (Figura 4-9).
- Eliminación de datos personales de los equipos de TICs: se eliminan todos los datos personales utilizando un software certificado.
- Extracción y/o actualización de software y reseteo de la capacidad de los equipos de TICs: se debe instalar de un sistema operativo en funcionamiento en estos equipos y además, las computadoras deben quedar con 10 GB como mínimo en el disco duro, pudiendo colocar hasta 2 discos duros para cumplir con esta especificación (MinTIC, 2008).
- Preparación para la venta y etiquetado: los equipos reutilizables deben etiquetarse indicando:
  - Que se trata de un equipo reutilizado.
  - Que se trata de un equipo reparado, si corresponde.
  - Las piezas que fueron reparadas o reemplazadas, si corresponde.
  - El tipo de equipo y modelo.
  - Fecha de recepción y recuperación.
  - Tiempo de garantía.
  - Información de golpes o taras, si las tuviera.





Figura 4-9. Limpieza de computadoras de escritorio y teclados. Recuperado de MinTIC, 2008.

#### 4.4.2.2 Envío a reutilización

Los equipos son almacenados en la zona de producto terminado. Los equipos de la Línea 2 se disponen en contenedores separados por equipos. Luego, se destinan a instituciones, escuelas u organizaciones sociales como donaciones o ventas.

#### 4.4.3 Desmontaje

La siguiente etapa es el desmontaje o desensamblado, en el que se retiran los distintos componentes, obteniéndose separados y listos para clasificar.

El primer proceso dentro del desmontaje es la extracción de los materiales y sustancias que deben ser tratados como residuos peligrosos, a lo que se denomina “descontaminación”. Este un paso fundamental para garantizar que no haya daños al ambiente o la salud de los trabajadores de la planta. En esta etapa se debe prestar especial atención y dar cumplimiento a las Leyes de la provincia de Buenos Aires N°11.720 y N°14.321 y a la Ley Nacional N°24.051. Las sustancias identificadas como residuos peligrosos se clasifican, se almacenan y posteriormente se envían para ser tratadas en plantas externas autorizadas para estas operaciones.

El desmontaje y la descontaminación se realizan conjuntamente, ya que para retirar algunos residuos peligrosos, es necesario retirar previamente otros componentes de los equipos. Estas operaciones suelen realizarse manualmente, ya que esto permite maximizar las tasas de valorización al poder alcanzar todos los componentes, incluso los pequeños. Además, el desensamblaje manual reduce las posibilidades de rotura de los componentes y materiales originales. En cambio, los procesos automáticos, si bien son más rápidos, requieren de mayor inversión y de elevados volúmenes de ingreso de residuos-e a la planta de tratamiento para su puesta en marcha.

En las siguientes subsecciones se detalla el desmontaje de los equipos de las Líneas 1 y 2.

##### 4.4.3.1 Línea 1

En el caso de las heladeras, los residuos con características de peligrosidad son los gases refrigerantes, los aceites del compresor, las luminarias, los componentes electrónicos, plaquetas electrónicas, displays de cristal líquido y los sensores de mercurio. Los gases refrigerantes (CFC, HFC) no sólo están presentes en el sistema de refrigeración, sino que también se almacenan en las espumas de poliuretano aislante (PU), tanto en estado volátil como asociado a la matriz. Se estima que cada heladera obsoleta, que utiliza CFC

como gas refrigerante, contiene aproximadamente 550 g de gas CFC-11 (Ruan et al, 2011). Aunque comparando la contribución en masa de los gases refrigerantes con el resto de los componentes, es casi insignificante su proporción, su nocividad ambiental es la que impulsa su extracción y tratamiento. Lo mismo sucede con los otros gases refrigerantes utilizados por las heladeras. Por otro lado, los aceites se utilizan para lubricar motores y piezas en la mayoría de los grandes electrodomésticos y deben retirarse y manipularse y administrarse adecuadamente.

El desmontaje de las heladeras inicia con la retirada de los componentes interiores (parrillas, vidrios, canastas, hueveras, cajones, estantes, burletes de goma). Luego, se procede a la descontaminación de las luminarias, los componentes electrónicos, los sensores de mercurio y las plaquetas electrónicas y displays de cristal líquido de las heladeras. Estos componentes son fácilmente accesibles, y sólo se necesita desatornillar los elementos que los contienen para extraerlos. La segunda parte de la descontaminación corresponde a la identificación del gas refrigerante de cada heladera con el propósito de orientar el almacenamiento del gas recuperado. Conforme el reconocimiento de los distintos refrigerantes, estos se deben disponer en cilindros bien identificados y rotulados de acuerdo con el gas que contienen (CFC-11, CFC-12, HCFC-22, HFC-134 a).

Luego, se procede a la extracción de los gases refrigerantes del circuito de refrigeración y los aceites del compresor, que se realiza mediante un sistema que aplica vacío y es completamente estanco, de manera que se evitan las fugas potenciales. Generalmente, las heladeras se voltean para que los operarios tengan mejor acceso a estas (Figura 4-10). El punto de extracción del refrigerante y el aceite puede localizarse en los conductos inferiores del circuito de refrigeración o bien directamente en el compresor, siendo esta última la opción que permite una retirada más efectiva del aceite en todo el circuito, al ser el compresor la pieza situada en la zona más baja del mismo (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de Colombia [MITECO], 2016). Una vez vaciado el circuito, se extrae el compresor y se mantiene en vertical sobre una superficie, de manera que, por gravedad, se vacíe totalmente el aceite que contiene (Figura 4-11 y Figura 4-12). Los gases y el aceite se almacenan por separado y de manera segura para el ambiente y los trabajadores de la instalación (Figura 4-13), a la espera de su envío a un gestor autorizado para su tratamiento.



*Figura 4-10. Detalle de la retirada de cables y la extracción de gases refrigerantes y aceites de una heladera. Recuperado de MITECO, 2016.*



Figura 4-12. Desmontaje, extracción y almacenamiento del compresor. Recuperado de MITECO, 2016.



Figura 4-11. Detalle de la extracción del compresor y aceite de una heladera. Recuperado de Fundación Ecolec, 2017.



Figura 4-13. Detalle de la máquina de extracción de gases y aceites. Detalle del almacenamiento del aceite y de los gases en bombonas separadas e identificadas. Recuperado de MITECO, 2016.

El procedimiento continúa cortando los cables eléctricos y retirando la unidad sellada y el motor. Luego, se deben desatornillar las juntas y sacar el condensador. A continuación, se extraen las carcavas exteriores, se retira la espuma de poliuretano contenida en la carcava y se empaqueta cuidadosamente para enviar al gestor de residuos peligrosos. Se prosigue quitando el cuerpo de acero, cortando los cables y separando cuidadosamente el capilar, el evaporador y el termostato.

#### 4.4.3.2 Línea 2

En comparación, la descontaminación de la Línea 2 es más simple que la de la Línea 1, ya que los residuos peligrosos no comprenden gases u otros fluidos. Los componentes peligrosos comunes a todos los equipos de la Línea 2 son los componentes electrónicos y las Placas de Circuito Impreso (PCI).

La denominación de los “componentes eléctricos” incluye a un dispositivos eléctricos y electrónicos como conductores, semiconductores, condensadores, bobinados, resistencias, transistores e interruptores y montajes pequeños como *flybacks*. A su vez, estos componentes incluyen pequeños plásticos retardantes de llama (o ignífugos), que se utilizan para lograr que determinados componentes sean más resistentes al fuego. Durante el uso de los AEE ciertas piezas de plástico se exponen regularmente al calor, por lo que los plásticos de RAEE suelen contener cantidades significativas de retardantes de llama. Los retardantes de llama se clasifican en 3 grupos generales: retardantes de llama minerales, retardantes de llama a base de fósforo y retardantes de llama bromados (BFR). Algunos retardantes de llama son peligrosos para la salud humana y el ambiente. Especialmente, muchos BFR como los bifenilos polibromados (PBB), polibromodifenil éteres (PBDE) y hexabromociclododecane (HBCDD) son Contaminantes Orgánicos Persistentes<sup>36</sup> (COP) y, por lo tanto, son especialmente problemáticos. En síntesis, los residuos-e que contienen BFR deben separarse y gestionarse adecuadamente.

Por su parte, las Placas de Circuito Impreso (PCI) o “*Printed Circuit Board*” (PCI) (Figura 4-14) son componentes de gran potencial de recuperación del flujo de los residuos-e y se los percibe como uno de los componentes más complejos (Isildar et al, 2019), valiosos y a la vez, peligrosos de los RAEE (Fang et al, 2013). Las PCI presentan una composición compleja, que consiste en un componente de polímero (resina epoxi), distintos tipos de metales (como hierro, plomo, zinc, aluminio, cobre y estaño y metales preciosos como oro, plata, platino y paladio), materiales cerámicos y plásticos retardantes de llama bromados para proteger la placa de incendios. Además, puede haber varios tipos de componentes eléctricos en las Placas de Circuito Impreso de las computadoras de escritorio, como circuitos integrados, resistencias, condensadores, etc. La combinación de estos materiales dificulta el tratamiento de las PCI. Sin embargo, es muy importante gestionarlos adecuadamente debido a su contenido de contaminantes, y en segundo lugar, debido a la posible recuperación de recursos no renovables. En los últimos años, se han impulsado medidas internacionales que promueven el tratamiento integral de las TICs y de las PCI en particular. Por ejemplo, la directiva 2012/19/CE de la Unión Europea establece que las PCI con un área mayor que un umbral especificado (10 cm<sup>2</sup>) deben tratarse exclusivamente (Vermesan et al, 2019). Para recuperar las PCI, las computadoras y los accesorios informáticos deben desmontarse manualmente. De este proceso

---

<sup>36</sup> Sustancias químicas que suponen una amenaza para la salud humana y el medio ambiente porque son resistentes a la degradación (por lo que persisten en el ambiente), son bioacumulables (se incorporan en los tejidos de los seres vivos, pudiendo aumentar su concentración al ascender a niveles más altos de la cadena trófica) y tienen potencial para transportarse por largas distancias (pudiendo llegar a regiones en las que nunca se han producido o utilizado) (MITECO, 2017).

resultan 6 categorías de PCI: el de la unidad de disco duro, del módulo de la memoria, de la tarjeta de Interconexión de Componentes Periféricos<sup>37</sup>, del monitor LCD, de la placa madre y de la fuente de alimentación (Figura 4-15).



Figura 4-14. Detalle de las tarjetas de circuito impreso obtenidas de RAEE. Recuperado de MITECO, 2016

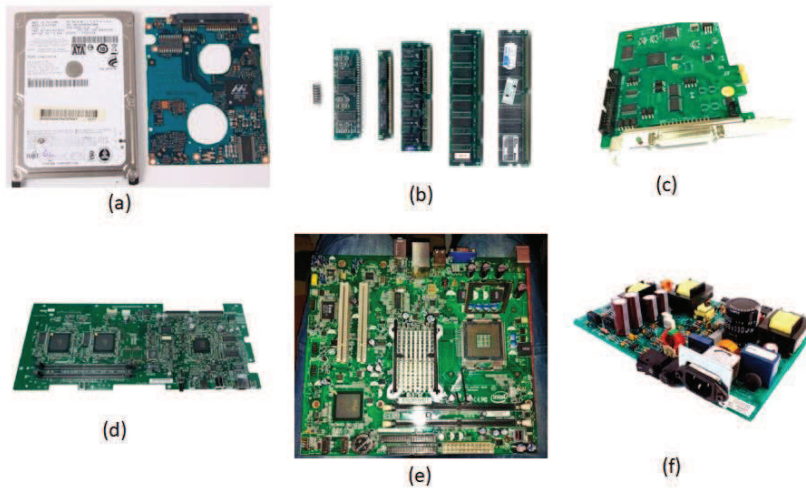


Figura 4-15. Tipos de PCI obtenidas del desmontaje de computadoras y monitores desechados. (a) PCI de la unidad de disco duro, (b) PCI del módulo de la memoria, (c) PCI de la tarjeta PCI, (d) PCI del monitor LCD, (e) PCI de la placa madre y (f) PCI de la fuente de alimentación. Recuperado de Vermesan et al, 2019.

Por otro lado, como en el tratamiento de computadoras portátiles se obtienen las baterías que utilizan, es preciso detenerse sobre estos componentes. Las baterías son residuos peligrosos, por lo que deben ser gestionadas por gestores autorizados para tal fin. Los ácidos, álcalis, sales y metales pesados (como, por ejemplo, el mercurio, cadmio, níquel, litio, cinc, manganeso y plomo) que contienen hacen que resulten riesgosas para la salud y el ambiente si no se las gestiona adecuadamente. Las baterías no pierden las sustancias químicas que las componen durante el uso normal de los equipos, sin embargo, si al agotarse la vida útil estos son desechados, las baterías pueden perder la cobertura protectora de metal por corrosión interna a través de la acción química de sus propios compuestos o externa por la acción climática y propia de la degradación de los residuos. En ese caso, se puede producir el derrame del electrolito contenido en las baterías, que arrastra a los metales que contiene. Estos metales pueden lixiviar a través

<sup>37</sup> Tipo de interfaz de hardware que permite conectar dispositivos periféricos directamente a la placa base de las computadoras.

del suelo y fluir por cursos de agua y acuíferos, contaminando el recurso natural y afectando la salud de los seres vivos. Actualmente, en la Argentina el Registro Nacional de Operadores para Pilas y Baterías Agotadas habilita como único método de tratamiento posible y disposición final al relleno de seguridad, requiriendo una inmovilización previa de sus componentes (INTI, 2016). Es preciso que el país implemente medidas de gestión de las pilas y baterías ambientalmente más adecuadas. Además, del tratamiento de las baterías se pueden recuperar los materiales que contienen, especialmente, los metales. La implementación de un plan de gestión de RAEE, que obtenga la disposición diferencial de baterías también impulsa el desarrollo de un plan de gestión integral de baterías y pilas.

En cuanto a la descontaminación de las computadoras de escritorio, se comienza desatornillando los paneles laterales del minitorre, de modo de alcanzar los componentes internos del desktop. Dentro del minitorre, en la parte superior derecha, se ubica la fuente de alimentación, que se encuentra conectada al disco duro, a los reproductores de CD y DVD y a la placa madre. Se deben desconectar todos estos cables periféricos y retirar la fuente de alimentación. Luego, se debe retirar el ventilador, que se encuentra entre el microprocesador y la placa madre, y desconectar los buses de datos que conectan el microprocesador con la memoria y la placa madre con los reproductores de CD y DVD y con el disco duro. A continuación, se deben desconectar las memorias y el microprocesador. Luego, se debe desatornillar y quitar la tarjeta gráfica, la tarjeta de red, la tarjeta de sonido y desatornillar y extraer el disco duro y los lectores de CD y DVD. El desmontaje finalmente termina con la desconexión de los cables de la placa madre y su retiro (Teré, 2011) (Figura 4-16 y Figura 4-17). Los residuos peligrosos que se retiran en esta secuencia son: los componentes electrónicos y las Placas de Circuito Impreso (PCI) -que incluyen a la placa madre-. El resto de los componentes extraídos se acopian y se destinan a la próxima etapa.



a) Demanufactura de CPU



b) Demanufactura de carcasa



c) Desensamble de tarjetas madre



d) Fuentes de poder

Figura 4-16. Desmontaje del desktop (1). Recuperado de MinTIC, 2008.



e) Carcasas metálicas



f) Buses de datos



g) Unidades de CD-ROM



h) Unidades de disco flexible



i) Discos duros



j) Tarjetas separadas de la tarjeta madre

Figura 4-17. Desmontaje del desktop (2). Recuperado de MinTIC, 2008.



En el caso de las notebooks, la primera acción es retirar la batería de la computadora, para lo que es necesario desatornillar el compartimento que la contiene. Luego, se deben retirar los tornillos de la carcasa inferior de la computadora para poder acceder a su interior. A continuación, se extrae el ventilador, para lo que es necesario desatornillarlo. Al quitar el ventilador, también se puede quitar la tubería de enfriamiento (tubería de cobre) presionando los bordes del componente. Lo siguiente es desatornillar el microprocesador y retirarlo. Con estos componentes extraídos, se procede a desmontar la pantalla del ordenador. Para esto, se debe desmontar la carcasa exterior que la sujeta, retirar los tornillos, si es que hay bisagras que unen la pantalla a la base de la notebook, y desconectar el cable que suministra la energía a la pantalla. Luego, quitar los tornillos que sujetan el teclado a la base de la computadora portátil, el cable que une el teclado con la placa madre y el cable que comunica el mouse ("*touch pad*") con la placa madre. En esta instancia, se prosigue extrayendo los componentes de la base del ordenador portátil. Para ello, se deben extraer los tornillos del compartimento que contiene al disco duro. Este no se conecta por cables, sino que se inserta a presión a conectores a través de pines. Luego, se debe retirar el tornillo que fija la unidad de DVD a la base del equipo portátil. El procedimiento continúa extrayendo todos los tornillos que queden ocultos debajo de algunas piezas. Luego, separar la tapa superior de la base de la notebook con una placa en cualquiera de los bordes que muestre algo de apertura, y desde ahí continuar hasta el extremo opuesto, hasta aflojar totalmente la cubierta. Sin la cubierta se puede acceder a la placa madre, de donde se deben desconectar todos los conectores que queden en la misma (los cables de los altavoces, los cables de energía de la batería) y luego retirar la placa base. Quedan disponibles para retirar también el microprocesador, los módulos de la memoria y la tarjeta gráfica (Castro, 2013). Los residuos peligrosos que se retiran en esta secuencia son: las baterías, los componentes electrónicos y las Placas de Circuito Impreso (PCI) -que incluyen a la placa madre-. El resto de los componentes extraídos se acopian y se destinan a la próxima etapa del tratamiento.

En cuanto a la descontaminación de los monitores de Tubos de Rayos Catódicos (TRC), la primera etapa consiste en el desmontaje y la perforación del cono de vidrio para eliminar el vacío (Figura 4-18). En esta fase se retiran los cables exteriores, la carcasa de plástico, las PCBs, las pilas y baterías, los condensadores, el cono de cobre, el cañón de electrones (una vez roto el vacío existente en el interior del tubo cuando se extrae la conexión anódica del vidrio del cono). Para ello se comienza quitando la base de soporte, luego retirando los tornillos superiores y separando la carcasa trasera del monitor, lo que se realiza con el monitor apoyado sobre su pantalla. A continuación, se coloca la computadora en su posición normal y se procede a retirar el *flyback*, para lo que es necesario asegurarse que ha descargado la energía presente en su bobinado. Una vez hecho esto, se puede manipular la ventosa y presionarla para retirarla del tubo. Debajo del *flyback*, en la base inferior de la placa, se deben extraer las conexiones y pines y separar el tubo de la PCB. Todos los componentes obtenidos en esta etapa son residuos peligrosos, a excepción de las carcasas, que se acopian y se destinan a la próxima etapa. Esto es ya que los residuos de TRC no admiten ningún tipo de tratamiento intermedio, por lo que sólo pueden tratarse en instalaciones autorizadas (MITECO, 2016).



Figura 4-18. Desmontaje de la carcasa exterior y eliminación del vacío del monitor de Tubo de Rayos Catódicos. Recuperado de MITECO, 2016.

En cuanto al desmontaje de las pantallas planas de cristal líquido (LCD) se deben retirar en primer lugar los cables y la carcasa exterior, desatornillándola. Luego, al poder ingresar en el interior de la pantalla, se debe retirar el componente que contiene a la PCI, la PCI y la placa metálica que la sigue, presionando sobre sus extremos. Por último, se extraen la pantalla LCD, las láminas difusoras de luz, el acrílico frontal y el marco frontal de plástico. Los desmontajes son sencillos, ya que se trata de capas superpuestas no atornilladas entre sí. La PCI y la *backlight* son los residuos peligrosos obtenidos de la descontaminación de las pantallas LCD; el resto de los componentes extraídos se acopian y se destinan a la próxima etapa.

Para el desmontaje de los teclados, se debe desatornillar la carcasa desde su base inferior y separarla de la base superior. Las teclas se pueden separar de la parte superior levantándolas con una placa. La goma y el plástico que se encuentran entre la base inferior y superior se retiran a continuación. Luego, se desatornilla la PCI del teclado, que se encuentra en el extremo superior derecho. La PCI es el único residuo peligroso que se obtiene de la descontaminación de los teclados; el resto de los componentes extraídos se acopian y se destinan a la próxima etapa.

Por último, en cuanto al desmontaje de los mouses, el primer paso es desatornillar la carcasa desde la base inferior. La base superior no contiene componentes, mientras que la inferior contiene la PCI y, en algunos casos, el "scroll" del mouse. Al igual que lo que sucede con los teclados, la PCI es el único residuo peligroso que se obtiene de la descontaminación de los mouses; el resto de los componentes extraídos se acopian y se destinan a la próxima etapa.

#### 4.4.3.3 Destino de los residuos peligrosos

Una vez extraídos, los residuos peligrosos deben ser retirados por transportistas y tratados por operadores habilitados por los organismos provinciales o nacionales competentes. En particular, los gases refrigerantes se deben enviar a centros autorizados, con capacidad tecnológica para su termodestrucción segura y sin generar impactos en la capa de ozono. Los residuos peligrosos deben recibir un tratamiento que cumpla una o varias de las siguientes funciones:

- Reducir la peligrosidad del residuo mediante la transformación de sus componentes, transformándolos en compuestos menos peligrosos o reduciendo su movilidad en el medio ambiente.

- Transformar el residuo en un material que cumpla con las condiciones para ingresar a otro sistema de tratamiento o al sistema de disposición final.
- Permitir la recuperación de un compuesto para su posterior utilización como materia prima en otro proceso.
- Separar los constituyentes peligrosos de la masa total del residuo (Fernández Protomastro, 2013).

Para cumplir con estas funciones, pueden recibir un tratamiento físico o químico. Entre los tratamientos físicos más empleados se encuentran la filtración, separación por gravedad, evaporación, destilación, tratamiento en autoclave, intercambio iónico, adsorción, irradiación. En cambio, los tratamientos químicos incluyen la neutralización, precipitación, oxidación-reducción, oxidación, decoloración y estabilización-solidificación.

Los AEE montados y protegidos por su estructura comercial no significan riesgos para la salud humana o el ambiente. Sin embargo, una vez desmontados, algunos componentes son considerados Residuos Peligrosos y Residuos Especiales por la Ley Nacional N°24.051 y la Ley de la provincia de Buenos Aires N°11.720, respectivamente. Por ello, quien realice las actividades de desarme y descontaminación de sus componentes en las plantas gestoras de RAEE es considerado generador de residuos peligrosos, debiendo inscribirse en los registros correspondientes y cumplir las obligaciones del Decreto Reglamentario N°831/93 de la Ley N°24.051. Además, en Argentina, todo operador de residuos peligrosos debe contar con una Póliza de Caución para Daño Ambiental de Incidencia Colectiva para dar cumplimiento a la Ley Nacional N°25.675 (Ley General del Ambiente).

#### 4.4.4 Reutilización de componentes

Como se indicó anteriormente, algunos componentes de los RAEE pueden ser reutilizados para cumplir las mismas funciones para las que fueron ideados si cumplen con algunos requisitos mínimos y con el aval de los fabricantes. Estas piezas se pueden acopiar en la planta de tratamiento de residuos-e (ya que pueden ser útiles para futuras reparaciones) y/o comercializar entre los servicios técnicos o con los fabricantes de AEE.

En el caso de las heladeras, los componentes reutilizables son los motores, termostatos, lamparitas, manijas y parrillas (Fernández Protomastro, 2009). Además, hay otros componentes que pueden ser utilizados con un fin distinto al que fueron diseñados. A modo de ejemplo, los compresores de las heladeras se utilizan en la fabricación de compresores de aire. Por otro lado, la mayoría de los componentes de las computadoras y los accesorios informáticos se reutilizan para reparaciones de otros equipos y para formaciones educativas.

Para clasificar un componente como “reutilizable”, debe cumplir simultáneamente con los siguientes requisitos.

1. Inspección visual: los componentes deben poseer todas sus piezas esenciales.
2. Pruebas del funcionamiento: los componentes deben funcionar eficazmente y sin pérdidas o fugas de sustancias. Esto se verifica en las pruebas de funcionamiento de los equipos reparables.

Si el componente supera los requisitos anteriores, se clasifica como “componente reutilizable”. Los componentes que no cumplen con alguno de los requisitos se catalogan como “componente no reutilizable” y prosiguen a la siguiente etapa del tratamiento.

Luego, se realiza la limpieza de los componentes y se eliminan las manchas, calcomanías u otros residuos adheridos. Además, los componentes se etiquetan y se preparan para su reutilización. Los componentes reutilizables deben etiquetarse indicando:

- Que se trata de un componente recuperado.
- Que se trata de un componente reparado, si corresponde.
- Las piezas que fueron reparadas o reemplazadas, si corresponde.
- El tipo de componente y modelo.
- Fecha de recepción y recuperación.
- Tiempo de garantía.
- Información de golpes o taras, si las tuviera.

#### 4.4.5 Clasificación por material

Una vez separados los equipos y componentes reutilizables y desmontados los equipos se procede a la clasificación final. Esta es la etapa encargada de evitar que los distintos materiales se mezclen, mejorando así los resultados de la valorización y las factibilidades de recuperación y reduciendo las posibilidades de desvíos y pérdidas de materiales. Asimismo, la clasificación debe ser coherente y orientar el tratamiento posterior que recibirá cada categoría de materiales. Por eso, la clasificación se realiza conforme el tipo de material de los componentes de los equipos. Las categorías resultantes son:

- Metales: carcasas o estructuras de los equipos compuestas por hierro, acero, cobre, bronce, aluminio, zinc, plomo u otros metales base puros o aleaciones.
- Plásticos: PET (Tereftalato de Polietileno), PEAD o HDPE (Polietileno de Alta Densidad), PVC (Cloruro de Polivinilo), PEBD o LDPE (Polietileno de Baja Densidad), PP (Polipropileno), PS (Poliestireno), plásticos con retardantes de llama y otros (aquellas resinas de plásticos o mezclas no incluidas en los grupos anteriores).
- Montajes y componentes eléctricos: cables, PCB, conectores, y componentes electrónicos, que son materiales ricos en cobre, estaño o metales preciosos.
- Vidrios: componentes compuestos por vidrio y otros materiales de sílice.
- Asimilables a urbanos: gomas, burletes, cintas y semejantes; etiquetas o elementos adheridos; embalajes de cartón o plástico que se usen para paletizar equipos.

Cada categoría de fracción se debe almacenar de manera separada y en contenedores adecuados a las características de cada una.

#### 4.4.6 Gestión de materiales

Una vez clasificados y almacenados los materiales, estos reciben un pretratamiento dentro de la planta de tratamiento y, posteriormente, se envían fuera de la planta para recibir el tratamiento más acorde. En cuanto a los destinos preferenciales de cada fracción de material, estos pueden apreciarse en la Figura 4-19.

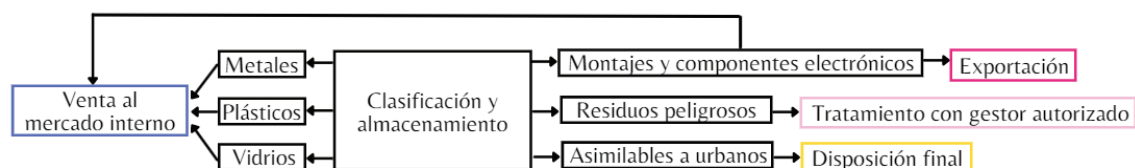


Figura 4-19. Destinos no exhaustivos de cada material.

Para poder ser vendidos en el mercado interno a industrias usuarias de materiales recuperados, los metales y los plásticos se compactan para reducir su volumen y con ello, los costos asociados al transporte. Los vidrios se trituran por el mismo motivo.

Por su parte, la exportación de materiales se realiza dando cumplimiento al Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación, que regula la exportación de los componentes de RAEE, con el objetivo de controlar el tráfico ilegal, reducir esos movimientos y proteger la salud humana y el ambiente. El convenio establece que la exportación de residuos peligrosos sólo puede tener lugar si estos son materias primas de procesos industriales de reciclado o recuperación en el Estado importador<sup>38</sup>. Esto posibilita la exportación de los montajes y componentes electrónicos, ya que se refinan para recuperar metales que contienen. Como ya se indicó, la exportación de materiales puede tener lugar debido a que, en algunos casos, es menos costoso exportar que tratar los residuos en el país de origen (Clarín, 2010; MAyDS et al, 2020), y a otros factores como la disponibilidad de mercados para recolocar las materias primas, de infraestructura o tecnología para el reciclaje (MAyDS et al, 2020). A modo de ejemplo, entre los años 2014 a 2018, se exportaron 1,000 toneladas de plaquetas, principalmente, con destino a Bélgica (MAyDS et al, 2020). Para realizar una exportación legal de componentes, en primer lugar, es necesario obtener la clasificación de “Operador/Exportador de Residuos Peligrosos” y contar los certificados ambientales vigentes otorgados por el Registro Nacional. En segundo lugar, se tramita una Resolución de Aprobación del Movimiento Transfronterizo y la verificación por parte de funcionarios de la Aduana Argentina y del MAyDS. Asimismo, el Estado receptor debe prestar su consentimiento, mediante un procedimiento denominado “Consentimiento Informado Previo” (PIC, por sus siglas en inglés) (Grupo EcoGestionar, s.f.; MAyDS et al, 2020).

Como ya se indicó, los tratamientos finales de los materiales se realizan externamente, ya que existen receptores en la industria que pueden proporcionarles los tratamientos competentes. Sin embargo, para complementar el marco teórico, en las subsecciones “4.4.7 Tratamiento de metales”, “4.4.7 Tratamiento de plásticos”, “4.5.9 Tratamiento de componentes eléctricos”, “4.5.10 Tratamiento de vidrio” y “4.5.11 Tratamiento de sustancias no valorizables” se describen los lineamientos de los tratamientos externos que cada fracción debe recibir.

#### 4.4.7 Tratamiento de metales

Los residuos-e pueden ser considerados minas urbanas, ya que poseen sustancias que tienen elevada demanda en los procesos productivos; por ejemplo, los RAEE son una importante fuente de metales. Además de los metales ferrosos y de los metales no ferrosos (como el cobre y el aluminio), los residuos-e contienen porcentajes considerables de metales preciosos (como el oro y la plata); de los denominados “metales estratégicos” (como el litio, el galio y el estaño) y de las llamadas “tierras raras (como el lantano y el cerio).

De esta forma, el reciclaje permite que los RAEE se conviertan en un recurso que provee metales, mitigando así los impactos ambientales asociados a su producción. A modo de ejemplo, las PCI son especialmente ricas en cobre y metales preciosas: las PCI de las computadoras pueden contener hasta 25 y 250 veces más de oro y entre 20 y 40 veces más de cobre en comparación con una mina de oro (1-10 g/tn de oro) y una de cobre (0.5-1% de cobre), respectivamente (Tuncuk et al, 2012). Sin ir más lejos, las

---

<sup>38</sup> Más detalle en la sección “3.1 Normativa nacional”.

medallas repartidas en los Juegos Olímpicos de Tokio realizados en 2021 se hicieron con metales reciclados de laptops, smartphones y máquinas fotográficas (Télam, 2021).

Los metales se clasifican en dos grandes grupos de acuerdo con su composición: los ferrosos y los no ferrosos. Esta división se justifica por la gran predominancia del uso de los materiales a base de hierro. Los metales ferrosos incluyen a aquellos que contienen hierro y sus aleaciones, principalmente, acero. Por su parte, entre los metales no ferrosos se destacan el aluminio, el plomo, el níquel, el estaño y el zinc, el cobre y sus aleaciones (como el latón -cobre/zinc- y el bronce -cobre/estaño-).

Los metales son materiales de larga durabilidad, resistencia mecánica y facilidad de moldeo. Pueden recuperarse y regenerarse sucesivamente sin perder sus propiedades, con lo cual el reciclaje de metales es la opción de tratamiento más acorde a esta corriente (MinTIC, 2008). Además, existe un importante mercado de compra y venta de metales reciclados (Acindar, s.f.).

La industria siderúrgica argentina (liderada por Siderar, Siderca, Acindar, Grupo Gerdau, Aceros Bragado y Altos Hornos Zapla, entre otras) hacia el 2009, tenía una demanda anual de más de 1,500,000 de toneladas de chatarra (Fernández Protomastro, 2009). Se pretende que este valor haya aumentado en la actualidad. Estas industrias realizan la recolección, el procesamiento y el reciclaje de chatarra ferrosa para utilizarla en sus procesos productivos (Acindar, s.f.). Actualmente, Argentina tiene un déficit de chatarra de hierro, por lo que importa chatarra de países vecinos. Por ende, la chatarra recuperada cuenta con una demanda nacional asegurada y, además, sus precios están tabulados dentro del mercado nacional e internacional. Estos precios internacionales pueden surgir, por ejemplo, de la Bolsa de Mercado de Londres (*London Metal Exchange* -LME-). Hay estimaciones que afirman que los costos logísticos de la gestión de los equipos junto con los costos de desmontaje y los costos de tratamiento de los residuos peligrosos son cubiertos totalmente por la comercialización de la chatarra reciclada (Fernández Protomastro, 2009).

Los metales se obtienen a partir de dos procesos de fabricación: primario y secundario. En el proceso primario, el metal se obtiene a través de la reducción del mineral al estado metálico por medio de reductores, como el carbón. Este proceso se realiza a altas temperaturas, con un elevado consumo de energía. El metal obtenido se denomina "primario". En el proceso secundario, el metal es obtenido de la fusión del metal ya usado, llamado "chatarra". El consumo de energía es menor, y el metal obtenido se denomina "secundario". Gran parte de la demanda de metales se suple a través de la "chatarra metálica". Se define chatarra al "conjunto de trozos de metal viejo o de desecho" (Real Academia Española, s.f.). Se diferencia en chatarra ferrosa (consistente principalmente de hierro, acero y otras aleaciones) y chatarra no ferrosa. Existen diversas ventajas económicas asociadas a la utilización de metales secundarios. La producción primaria de metales conlleva a mayores costos de inversión y operación, en lo que respecta a extracción y al procesamiento de los minerales. Además, la recuperación de metales a partir de la chatarra evita los impactos ambientales ocasionados por la industria minera. La producción de aluminio a partir de chatarra es un claro ejemplo en el cual la fundición secundaria genera un ahorro del 95% de la energía si se compara con la producción a partir del mineral primario (la bauxita) (MinTIC, 2008).

El reciclaje de la chatarra es un proceso simple por la facilidad de identificar y separarla, principalmente en el caso de la chatarra ferrosa, para la cual se emplean imanes, debido a sus propiedades magnéticas. Esta operación es más exitosa aún en el caso de los residuos-e, cuyo tratamiento ya incluye clasificaciones y separaciones anteriores. Sin embargo, aun cuando la chatarra se encuentra separada de los otros tipos de residuos, muchas veces es necesario realizar operaciones complementarias, como la eliminación del

aceite. Otra consideración que debe hacerse es que algunos metales de revestimiento utilizados para protección del metal base, deben ser removidos o diluidos antes del procesamiento (Cempre, s.f.).

Los metales ferrosos representan el mayor volumen de chatarra recuperada. Dentro de los metales no ferrosos, los más comúnmente reciclados son: aluminio, cobre, plomo, zinc y sus aleaciones. La Tabla 4-I resume la procedencia y las principales aplicaciones de los metales mayoritarios de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos.

*Tabla 4-I. Metales mayoritarios de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos: procedencia y principales aplicaciones. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; MAyDS et al, 2020 y MinTIC, 2008.*

<i>Metal</i>	<i>Procedencia</i>	<i>Principales aplicaciones</i>
Hierro y acero	Gabinetes, estructuras y carcasas de los dispositivos y partes sueltas de equipos. Carcasas de computadoras, monitores, elementos de soporte de los accesorios informáticos, tornillos, tuercas, arandelas, compresor de las heladeras, motor de las heladeras, evaporador de las heladeras.	Industria siderúrgica, que cuenta con altos hornos de fundición, que funden chapas una vez limpias de otros materiales como plásticos y poliuretano expandido. Utilizan los metales ferrosos para la producción de acero en el mercado local (acerías y fundiciones). Su valor puede aumentar si se lo lleva a pequeños cortes.
Cobre y bronce	Monitores TRC (bobinados en los yugos), cables eléctricos, compresor de las heladeras, motor de las heladeras.	Planta de fundición para la reutilización de los metales, elaboración de cables, tuberías, griferías, válvulas, radiadores, equipos electrónicos, electroplateado y elementos de refrigeración.
Aluminio	Carcasas de los equipos, disipadores de los procesadores informáticos, disipadores de las tarjetas de circuito impreso de monitores, soportes, evaporador de las heladeras.	Planta de fundición para la reutilización del aluminio, elaboración de envases, tuberías, muebles de exteriores, canales, puertas, ventanas, baterías de cocina, elementos de refrigeración, automóviles, barcos, camiones y aviones.

Las etapas iniciales del proceso de reciclaje de metales son el desmontaje, la clasificación, la fragmentación y la separación física (Figura 4-20). El desmontaje, en el caso de los residuos-e, se realiza previamente en la planta de tratamiento. Consiste en la extracción de los elementos no metálicos (papel, cartón, plástico, etc.) y residuos peligrosos de los metales. En caso de que estos estén presentes, se deben segregar manualmente. En la clasificación, los metales son categorizados en metales ferrosos, metales no ferrosos y metales mixtos (aquellos que poseen mezclas de metales ferrosos y no ferrosos). Luego, las categorías, por separado, son prensados o recortados, hasta obtener determinadas dimensiones. El grado de reducción depende del proceso de recuperación seleccionado: los grados más gruesos se pueden fundir fácilmente (en los procesos pirometalúrgicos), mientras que es necesario que los granos sean finos para la recuperación por procesos hidrometalúrgicos. A continuación, como los metales mixtos de los RAEE emplean una combinación de metales ferrosos y no ferrosos y/o presentan un revestimiento de otras sustancias, es preciso separar las diferentes categorías de metales (ferrosos, no ferrosos, preciosos). Para esto, se aprovechan las diferentes propiedades físicas de los metales. La Tabla 4-II presenta los métodos de separación física que utilizan estas propiedades de los metales para su separación.

*Tabla 4-II. Posibles métodos de separación física para la recuperación de metales contenidos en los RAEE. Adaptado de Tuncuk et al, 2012.*

<i>Método</i>	<i>Criterio de separación</i>	<i>Fracciones separadas</i>
Separación por gravedad	Gravedad específica	Metales de plásticos
Separación magnética	Susceptibilidad magnética	Metales ferrosos de no ferrosos
Separación electrostática	Conductividad eléctrica	Metales y metales preciosos de no metales

Separación por corrientes de Foucault	Conductividad eléctrica y densidad	Metales no ferrosos de metales ferrosos
---------------------------------------	------------------------------------	---

Luego, se procede a la refinación, que es el proceso que busca obtener el metal tan puro como sea posible o bien, con cantidades controladas de impurezas. Se segregan los materiales de soporte (como resinas, sílices o compuestos) para concentrar los metales previo a su refinamiento en procesos electrolíticos. Los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos son las alternativas más empleadas para la refinación de los metales contenidos en los RAEE.

La hidrometalurgia incluye aquellos procesos utilizados para el aislamiento y la recuperación de metales mediante disoluciones acuosas. Se basan en reacciones iónicas en medio acuoso, que se pueden clasificar en: hidrólisis (reacciones debidas a cambios de pH), reacciones de óxido-reducción (disolución de metales en soluciones ácidas y presencia de oxígeno, con una consecuente liberación de hidrógeno), formación de complejos (asociación de iones entre sí o con moléculas neutras que da como resultado la formación de iones complejos) y precipitación de precipitados sólidos (formación de compuestos sólidos a partir de las reacciones de los iones) (Fernández Protomastro, 2013).

Para que los procesos hidrometalúrgicos sean eficientes, se deben realizar la trituración de los elementos metálicos hasta obtener su grano fino. Esto logra una mayor exposición de los metales y una extracción más eficiente. Luego, se realiza un proceso de lixiviación en 2 etapas: la extracción para obtener los metales base y la purificación de los metales preciosos.

La extracción consiste en adicionar un agente que aumenta la solubilidad, desorción y la transferencia de los metales de la matriz a la solución. Se pueden usar diferentes agentes de lixiviación, desde ácidos inorgánicos, ácidos orgánicos, agentes quelantes orgánicos y agentes tensioactivos. Los agentes de lixiviación más probados para la recuperación de metales preciosos incluyen cianuro, haluro, tiourea y tiosulfato (Tuncuk et al, 2012). En presencia de múltiples metales o cuando su concentración no es suficientemente elevada, usar un solo agente de lixiviación puede no ser suficiente, por lo que pueden emplearse distintos agentes en combinación. Por otro lado, para la purificación se desarrollan reacciones de adsorción o intercambio iónico, por ejemplo. La selección de la técnica depende de la concentración de la solución obtenida en la lixiviación y del producto deseado. En la adsorción, una especie iónica es adsorbida sobre la superficie de un sólido (el adsorbente), separado de las especies no deseadas y luego desorbido, permitiendo así reutilizar el adsorbente. Los adsorbentes más conocidos son el carbón activado y la zeolita. El intercambio iónico consiste en una reacción reversible entre un intercambiador iónico sólido y una disolución acuosa, de modo que los iones se intercambian entre la fase sólida y la líquida. Existen intercambiadores iónicos inorgánicos y orgánicos, pero en la extracción de metales se utilizan generalmente resinas (Fernández Protomastro, 2013).



Por otro lado, la pirometalurgia es un proceso que consiste en la recuperación de metales no ferrosos y metales preciosos. Consiste en la fundición de los metales en hornos a temperaturas elevadas (en caso de los de arco plasma, se superan los 3,000°C). Como resultado, se separan los metales de las resinas y plásticos de desecho. El horno más empleado para la recuperación de metales no ferrosos (en particular cobre, níquel y cobalto) y de metales preciosos es el horno eléctrico de arco de plasma de tipo corriente alterna. Los hornos deben estar correctamente diseñados, ya que los metales de los RAEE pueden contener sustancias como los retardantes de llama bromados, que en su incineración, pueden formar dioxinas y furanos, por lo que el escape y tratamiento de las sustancias deben estar debidamente diseñados. La Figura 4-20 presenta una simplificación del proceso de tratamiento de metales.

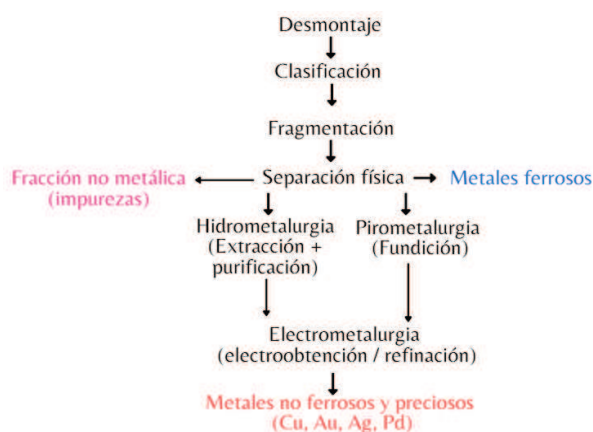


Figura 4-20. Representación simplificada del tratamiento de metales.

En comparación, los procesos hidrometalúrgicos se utilizan a pequeña escala, mientras que los pirometalúrgicos son útiles para proyectos de gran escala de procesamiento diario. En línea con esto, la Tabla 4-III resume las ventajas y desventajas de los procesos hidrometalúrgicos en comparación con los pirometalúrgicos.

Tabla 4-III. Ventajas y desventajas de la pirometalurgia en comparación con la pirometalurgia. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; Tuncuk et al, 2012.

Hidrometalurgia	
Ventajas	Desventajas
Menor costo de tratamiento de componentes con bajo contenido de metales preciosos o cobre.	Necesidad de establecer sofisticados sistemas de control de procesos.
Elevada factibilidad de separar metales con características físicas semejantes.	Producción de grandes cantidades de desechos líquidos y sólidos.
Menor consumo de energía.	Utilización de algunos reactivos tóxicos como agentes de lixiviación.
Menor contaminación, especialmente gaseosa.	

#### 4.4.8 Tratamiento de plásticos

Los residuos-e contienen distintas cantidades de una gran variedad de plásticos, que, al igual que los metales, son materiales con elevado potencial de reciclaje. Normalmente, los pequeños electrodomésticos sólo contienen pequeñas cantidades de plásticos, mientras que, en los grandes electrodomésticos y los equipos grandes de TICs, estos materiales son mayoritarios e impulsan su reciclaje. Por ejemplo, los plásticos significan el 40% en peso de las heladeras (Fernández Protomastro, 2013 y Tabla 2-XVII).

Los plásticos conforman las estructuras o carcasas de los AEE. Separados e identificados adecuadamente, pueden tener distintos usos en el mercado. Cuando no están identificados, la clasificación se hace dificultosa a simple vista o con metodologías de bajo costo. Sin embargo, los plásticos no identificados pueden ser destinados a procesos innovadores de valorización, por ejemplo, el reciclado químico, en el que se pueden usar distintos tipos de plásticos sin necesidad de separarlos; la producción de madera plástica y de piedras plásticas que reemplazan al canto rodado en el hormigón; y procesos de disolución con solventes como en el caso del PVC (MAyDS et al, 2020).

El reciclaje de plásticos se encuentra en crecimiento y es una alternativa muy atractiva, debido a que todos los plásticos son reciclables, a que se reducen los residuos destinados a los rellenos sanitarios y a que disminuye la demanda de combustibles no renovables, ya que los plásticos se fabrican a partir de petróleo. Al reducir la demanda de estas materias primas, también disminuye la demanda de otros recursos estratégicos. Por ejemplo, se consume menos agua en los procesos de reciclaje que en la producción primaria de plásticos y se disminuye la demanda de algunas sustancias químicas utilizadas durante el proceso de producción de plásticos, ya que los plásticos reciclados ya las poseen. Cada vez son más las empresas de distintos rubros que incluyen en sus procesos productivos plástico reciclado. Por ejemplo, *Hewlett-Packard Development Company* (HP) recibe residuos informáticos para reciclar plástico e incorporar el plástico reciclado en sus procesos productivos (HP, s.f.). Al igual que los metales reciclados, los plásticos reciclados se destinan al mercado interno, mayormente a extrusoras de plásticos o fabricantes de resinas.

Cabe destacar que, a menudo, los plásticos contienen sustancias que pueden ser peligrosas para la salud humana y para el ambiente, como retardantes de llama bromados y metales pesados (principalmente plomo y cadmio). Los plásticos que contienen tales sustancias peligrosas deben ser removidos y tratados de acuerdo con los procedimientos establecidos para los residuos peligrosos.

Los plásticos están agrupados en siete categorías principales, identificadas con números del 1 al 7 y siglas, correspondientes al Código de Identificación del Plástico de la Sociedad de Industrias de Plástico (SPI) (Tabla 4-IV y Figura 4-21). El número se ubica en el interior de un triángulo formado con flechas, que indican que el material plástico puede ser reciclado. Si, además, las siglas llevan una "R" delante, significa que el producto se compone de materiales plásticos reciclados. Los tipos de plástico más fáciles de reciclar son PET, PEAD y PP; el resto de los plásticos también son reciclables, pero requieren un procesamiento de reciclaje más complejo.

Tabla 4-14-IV. Identificación de plásticos. Realización propia a partir de SP Group, s.f.

Número	Sigla	Tipo de plástico
1	PET	Tereftalato de Polietileno
2	PEAD o HDPE	Polietileno de Alta Densidad
3	PVC	Cloruro de Polivinilo
4	PEBD o LDPE	Polietileno de Baja Densidad
5	PP	Polipropileno
6	PS	Poliestireno
7	Otros	Resinas o mezclas de plásticos no incluidas en los grupos anteriores.



Figura 4-21. Tipos de plásticos y usos principales. Adaptado de SP Group, s.f.

Los típicos plásticos contenidos en los RAEE son el PET, PP, PS y otros (acrilonitrilo butadieno estireno - ABS- y poliuretano) (MAyDS et al, 2020; Tuncuk et al, 2012). La Tabla 4-V resume los tipos, la procedencia y las principales aplicaciones de los plásticos mayoritarios de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos.

Tabla 4-V. Plásticos de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos: tipos de plástico, procedencia y principales aplicaciones. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; MAyDS et al, 2020 y MinTIC, 2008.

Tipos de plástico	Procedencia	Principales aplicaciones
Termoplásticos (ABS, PS, PVC y mezclas de estos) Resinas plásticas Plástico mezclado Plástico no definido	Gabinetes y carcasas de las computadoras de escritorio, las computadoras portátiles, los monitores, los mouses y los teclados; base de los monitores; yugos de los CRT.	Reutilización y/o reciclaje, envío a fabricantes de resinas o extrusoras de plásticos. La espuma de poliuretano puede destinarse como material aislante para dispositivos eléctricos y recibir otras aplicaciones como material de construcción.
ABS, PP, PS, poliuretano	Carcasas, paneles, estanterías, cajones, compartimentos interiores y aislamiento de las heladeras.	

El primer paso para la recuperación de plásticos es la separación por tipo de resina. La presencia de plásticos mezclados puede dificultar el reciclaje de plásticos. Los RAEE, a menudo, contienen más de 15 tipos diferentes de plástico, y en la práctica, es posible que se produzca un cierto grado de contaminación cruzada. Por ello, es importante realizar una rigurosa y detallada clasificación de los materiales plásticos.

Una vez separados y clasificados según su código de identificación, son prensados y enfardados (MAyDS et al, 2020).

#### 4.4.8.1 Reciclaje mecánico de plásticos

Una vez que los plásticos fueron desmontados y separados de partes metálicas u otros materiales, se procede a cortar las piezas de plástico en pequeños granos. Los procesos de reciclaje mecánico pueden apreciarse en la Figura 4-22 e involucran las etapas descritas a continuación.

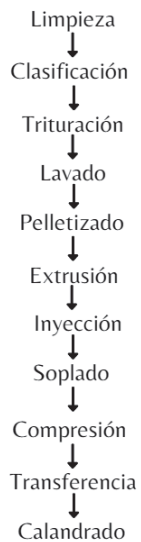


Figura 4-22. Esquema simplificado del proceso de reciclaje mecánico de plásticos.

El proceso inicia con la limpieza de los plásticos, a partir de la cual se los acondiciona para obtener una materia prima sin suciedad ni sustancias que dañen a las maquinarias o al producto final. Por ejemplo, se eliminan papeles, piezas metálicas, calcomanías, etiquetas, tapones, etc. Luego, se procede a la clasificación, en la que se separan los distintos tipos de plásticos, por ejemplo, mediante tanques de agua por densidades. Si los plásticos ya fueron separados anteriormente, esta etapa no es necesaria. A continuación, en la trituración se fragmentan los plásticos si no fueron triturados anteriormente o cuando el tamaño del grano no es adecuado. El lavado es la cuarta etapa, en la que se elimina cualquier tipo de suciedad o impureza de los granos de plástico utilizando productos químicos. A continuación, en el granceado (o pelletizado), se cortan los granos para convertirlos en granza (trozos de diámetro entre 15 y 25 mm) y poder introducirlos en los equipos de reciclaje como pellets (aglomeración en forma de pequeñas esferas). Luego, en la extrusión se introducen las granzas en una máquina extrusora, donde se funden y se eliminan las impurezas que no se fundieron (como el polvo). La siguiente etapa es la inyección, en la que se inyecta el material fundido dentro de un molde frío cerrado, de forma tal que el material se enfría, solidifica y toma la forma deseada. Continúa la etapa de soplado, donde se vuelve a fundir el material, se introduce dentro de un molde y se inyecta aire en el interior, de forma que el material quede alrededor de las paredes, en forma de tubo, y se enfría manteniéndose hueco. La técnica es muy similar a la técnica de soplado de vidrio. Existen distintas técnicas de soplado, como la técnica extrusión-soplado y la de inyección-soplado, dependiendo del tipo de forma y material con el que se esté trabajando. La etapa siguiente es la compresión, donde se coloca al material en un molde y este en una prensa donde el material queda sometido a elevada presión y adopta la forma deseada. La transferencia es una variante a la técnica de compresión, que consiste en la introducción a presión con un pistón de la materia prima

dentro del molde. Por último, la etapa de calandrado consiste en la introducción de materia prima en el interior de una máquina que contiene varios rodillos. La materia se va desplazando entre los huecos que existen entre los rodillos, reduciendo su espesor. Esta es una descripción general del proceso de reciclaje mecánico de los plásticos, por lo que, dependiendo el tipo de plástico, alguna de las etapas puede no realizarse (Fernández Protomastro, 2013).

#### 4.4.8.2 Reciclaje químico de plásticos

El reciclaje químico de plásticos es el tratamiento mediante procesos fisicoquímicos, en los cuales las macromoléculas de los plásticos se rompen para obtener monómeros o cadenas más cortas, a partir de las que se pueden conseguir otros tipos de plásticos o combustibles. Se aplica, fundamentalmente, a aquellas corrientes de plásticos difíciles de aplicar un reciclaje mecánico (como plásticos compuestos, plásticos de automóviles, cables, etc.). Algunas técnicas de reciclaje químico (como la gasificación y la pirólisis) ofrecen la gran ventaja de que no requieren de una separación por tipo de resina plástica, lo que permite aprovechar residuos plásticos mixtos (Fernández Protomastro, 2013; MinTIC, 2008). La Tabla 4-VI describe algunas técnicas de reciclaje químico de plástico posibles.

Tabla 4-VI. Algunas técnicas de reciclaje químico de plástico posibles. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013.

Técnica	Descripción
Gasificación	Los plásticos se compactan para reducir su volumen, se produce una desgasificación y luego una pirólisis, que eleva la temperatura para la gasificación. Como resultado, se obtiene gas de síntesis (CO y H <sub>2</sub> O). Ventajosamente, se puede utilizar sin la necesidad de separar los distintos tipos de plásticos.
Pirólisis	Se produce la descomposición térmica bajo una atmósfera inerte de las moléculas que conforman los materiales plásticos en tres fracciones: gas, sólido y líquido. Estos sirven de combustible y de productos químicos. Se utiliza para materiales como el PP, el PS y las mezclas de plásticos. Ventajosamente, se puede utilizar sin la necesidad de separar los distintos tipos de plásticos. Como desventaja se le asocian elevados costos de instalaciones y producción.
Hydrogenación	Consiste en la aplicación de energía térmica a los materiales plásticos en presencia de hidrógeno para dar lugar a combustibles líquidos. Es una de las técnicas más estudiadas y desarrolladas.
Cracking	Se realiza la ruptura de moléculas mediante la utilización de catalizadores (zeolitas, por ejemplo) para dar cadenas de hidrocarburos de diversas longitudes, que pueden utilizarse como combustibles. Es un proceso similar al que se produce con el petróleo crudo en las refinerías.
Uso de disolventes	Se aplican disolventes para separar mezclas de plásticos que son difíciles de separar por otras técnicas. Una vez separados los materiales, se pueden reciclar por separado mediante alguna de las técnicas descritas anteriormente.

##### 4.4.8.2.1 Incineración y co-procesamiento en hornos cementeros de plásticos

El co-procesamiento consiste en ingresar plásticos al horno cementero para su disposición final y segura, de tal forma que no se generan nuevos residuos en el proceso. Se denomina así porque se desarrolla de forma simultánea con la producción de clínker, que es el principal componente del cemento Portland. La naturaleza del proceso de producción del cemento hace posible proveer una solución para la disposición final de residuos debido a las altas temperaturas del horno (entre 900 y 2,000°C), el prolongado tiempo de residencia y la elevada turbulencia a los que están sometidos los materiales. La diferencia con la incineración radica en las cenizas: en el co-procesamiento éstas quedan incluidas en el clínker; en cambio, en la incineración, estas deben ser manejadas y llevadas a disposición final.

Para los plásticos que contienen retardantes de llama bromados, el reciclaje mecánico no es una opción adecuada debido a las sustancias tóxicas que pueden emitirse. El reciclaje químico sí es una opción

aplicable, sin embargo, es más costosa y no se encuentra extensamente desarrollada. El co-procesamiento en hornos cementeros se postula como la opción más adecuada para esta fracción. De la misma manera, las técnicas de reciclaje de plásticos más utilizadas son el reciclaje mecánico (para los residuos plásticos que no contienen sustancias peligrosas) y la incineración y el co-procesamiento en hornos cementeros (para los plásticos que sí contienen sustancias peligrosas).

#### 4.4.9 Tratamiento de componentes eléctricos

Además de contener sustancias peligrosas (especialmente, metales tóxicos como el plomo y plásticos BRF), la PCI y los otros componentes electrónicos son fuentes de metales base (cobre, estaño) y metales preciosos (oro, plata, platino y sus derivados), por lo que poseen un alto grado de valorización (MAyDS et al, 2020). La solución ideal para los componentes electrónicos es la reutilización, pero, actualmente, los fabricantes de AEE no prefieren esta opción. Por otro lado, el reciclaje de los metales que contienen no se ha desarrollado extensamente en el país, debido a los altos costos que involucra, que a su vez, se relacionan con que los procesos metalúrgicos necesarios para la recuperación de los metales son muy sofisticados. Por ende, es preciso evaluar formas alternativas de tratamiento aplicables en caso de que la exportación no pueda realizarse.

Una alternativa factible de tratamiento de los residuos es estabilizarlos para su disposición final. Por ejemplo, la estabilización por solidificación del cemento, que permite reducir la peligrosidad de los componentes peligrosos hasta sus límites tolerables. De esta forma, se retiran los metales y luego, los componentes restantes se utilizan para la fabricación de monolitos de cemento estabilizados, que pueden enviarse a disposición final o usarse de manera segura en lugar del cemento para algunas aplicaciones. Esto se debe a que los bloques solidificados presentan alta resistencia al impacto y alta resistencia a la compresión y a que las sustancias peligrosas ya no lixivian porque quedan confinadas eficazmente en los productos solidificados, incluso bajo condiciones ambientales dañinas (Figura 4-23) (Niu et al, 2007).

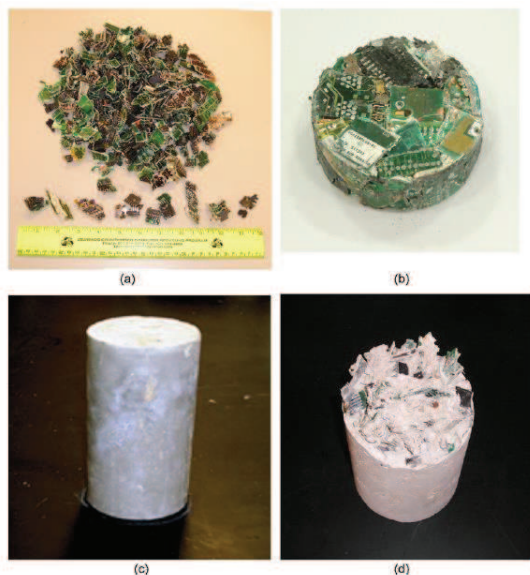


Figura 4-23. Ejemplo de un proceso de estabilización de las PCI para su disposición final. (a) PCI trituradas, (b) PCI compactadas, (c) PCI solidificada con cemento y (d) vista interior de una muestra de PCI solidificada. Recuperado de Niu et al, 2007.

Por su parte, la exportación representa una alternativa muy elegida para los componentes electrónicos. Países como Bélgica, Suecia, Alemania, Estados Unidos y Suiza, por ejemplo, reciben estos tipos de componentes (MAyDS et al, 2020).

#### 4.4.10 Tratamiento de vidrio

Al igual que la recuperación de otros metales, la recuperación de vidrio conlleva importantes beneficios por el ahorro de energía, la reducción de materiales destinados a relleno sanitario y las menores emisiones de gases y extracciones de materias primas. Argentina importa vidrio reciclado, ya que les permite a las fábricas disminuir sus emisiones gaseosas y consumir menos gas y electricidad.

El vidrio es un material obtenido por la fusión de compuestos inorgánicos a altas temperaturas y el enfriamiento de la masa resultante hasta un estado rígido. El principal componente del vidrio es la sílice, que necesita elevadas temperaturas para su fusión, por lo que es dificultoso darle forma y su uso puro se ve limitado para algunas aplicaciones. Para reducir la temperatura de fusión de la sílice y dependiendo las futuras aplicaciones del vidrio, se añaden distintas impurezas. Así, existen distintos tipos de vidrio según su composición y uso particular, a saber:

- Vidrio soda-cal (o “vidrio común”). Representa aproximadamente el 90% del vidrio fabricado mundialmente. Se compone por sílice, óxido de sodio y óxido de calcio en un 90% y por otros elementos como óxido de hierro y óxido de aluminio.
- Vidrio borosilicato (también conocido bajo los nombres “Pyrex” o “Duran”). Contiene óxidos de silicio y boro, que le dan características de resistencia a las elevadas temperaturas y a las sustancias químicas. Por estos motivos se utilizan extendidamente como utensilio de cocina y material de laboratorio, ya que no interacciona con los alimentos ni con las sustancias.
- Vidrio de plomo. Contiene óxidos de plomo en lugar de óxidos de calcio. El óxido de plomo provoca que la temperatura de fundición de este vidrio disminuya, por lo que es más fácil trabajar y modelar el vidrio. Además, el contenido de plomo modifica las propiedades ópticas del vidrio, como la dispersión generada. Por este motivo, el vidrio de plomo se utiliza en dispositivos de iluminación. También se utiliza en los vidrios ópticos de alta refracción, para la protección contra las radiaciones, para resistencias eléctricas, soldaduras y sellado de vidrios.
- Vidrios de formulaciones específicas. Incluye a los compuestos de vidrio de requerimientos y composición específicos (Cempre, s.f.; Waste online, 2006).

El vidrio puede reciclarse en su totalidad. Cuando el vidrio llega a las plantas de reciclaje, se realizan los procesos de control de pureza, limpieza, selección, clasificación por tipo de vidrio (normalmente asociado a su color), descontaminación, trituración, fundición y moldeado o soplado para darle la forma deseada. El vidrio limpio se tritura formando un polvo grueso denominado “calcín”, que es la materia prima que luego se funde junto con sílice, hidróxido de sodio y caliza para fabricar nuevos productos vidrios. Otra alternativa es comercializar el vidrio triturado (sin fundirlo ni moldearlo), ya que se puede reutilizar como material de relleno, material abrasivo, materia prima para botellas y envases, materia prima para baldosas cerámicas, fabricación de fibra de vidrio, fabricación de perlitas de vidrio, aplicaciones artísticas, impurezas en los materiales de construcción y materia prima en la fabricación de asfalto (“glasfalto<sup>39</sup>”) (Cempre, s.f.). En Buenos Aires existen distintos gestores que se ocupan del reciclaje de vidrio.

---

<sup>39</sup> Material nuevo obtenido de la mezcla de asfalto con vidrio molido como agregado fino.

#### 4.4.11 Tratamiento de sustancias no valorizables

Finalmente, resta dar un destino a aquellos componentes y materiales que no tienen un potencial de valorización significativo ni tampoco son sustancias peligrosas o especiales. Estos son residuos asimilables a urbanos, e incluyen, en el caso de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos los detallados en la sección “2.7.4 Residuos asimilables a urbanos”.

Su destino es la disposición final en rellenos sanitarios bajo autorización municipal. Como se indicó anteriormente, se denomina sitio de disposición final a aquellos lugares especialmente acondicionados y habilitados por la autoridad competente para el tratamiento y la disposición permanente de los residuos por métodos ambientalmente reconocidos y de acuerdo con normas certificadas por organismos competentes. En los rellenos sanitarios se entierran permanente y controladamente los residuos, sin causar perjuicio al ambiente ni peligros para la salud y la seguridad pública, utilizando principios de ingeniería para confinar los residuos en la menor superficie posible reduciendo su volumen al mínimo practicable (Ley N°1.854 de la CABA). Puesto de otra forma, un relleno sanitario es una obra diseñada, construida y operada para confinar en el terreno residuos peligrosos que consiste básicamente en una o varias celdas de disposición final y un conjunto de elementos de infraestructura para la recepción y acondicionamiento y para el control de ingreso y evaluación de su funcionamiento.



## 5 Memoria descriptiva y de cálculo. Análisis de alternativas

En el siguiente capítulo, se realizaron los cálculos necesarios para dimensionar el plan de gestión de RAEE y, además, se propusieron dos alternativas de la planta de tratamiento de los residuos-e, que se detallan en la subsección “5.6 Análisis de alternativas para el tratamiento”.

### 5.1 Proyección poblacional

Es importante conocer la población futura que incluirá el plan de gestión de RAEE, ya que el número de habitantes determina la generación, la disposición inicial y la recolección de los residuos. La planta de tratamiento de residuos-e proyecta su funcionamiento por 20 años, por lo que se debe conocer la población actual y la población finalizada este período temporal, con el fin de prestar un servicio que comprenda al total de la población.

Para el cálculo de la población futura (a 20 años) se utilizó el método de la Tasa Geométrica Decreciente, que es aplicable para aquellas regiones que poseen factores de atracción demográfica, como por ejemplo, la instalación de industrias, mejoras en los ingresos económicos y la construcción de redes de comunicación e infraestructura, como es el caso del AMBA.

Para comenzar, el método define dos tasas de crecimiento anual a partir de las tasas de crecimiento de los dos últimos períodos intercensales. En la Tabla 5-I se presentan los datos de estos períodos para los 40 municipios del AMBA considerados.

*Tabla 5-I. Evolución demográfica a lo largo de los 3 últimos censos nacionales en los 40 municipios del AMBA considerados. Realización propia a partir de INDEC 1991, 2001 y 2010.*

Municipio	Población 1991 (hab)	Población 2001 (hab)	Población 2010 (hab)
Almirante Brown	450698	515556	552902
Avellaneda	344,991	328,980	342,677
Berazategui	244929	287913	324244
Berisso	74,761	80,092	88,470
Brandsen	18,424	22,515	26,367
Campana	71,464	83,698	94,461
Cañuelas	32,275	42,575	51,892
Ensenada	48,237	51,448	56,729
Escobar	128,421	178,155	213,619
Esteban Echeverría	198335	243974	300959
Exaltación de la Cruz	17,072	24,167	29,805
Ezeiza	75298	118807	163722
Florencio Varela	254940	348970	426005
General Las Heras	10,987	12,799	14,889
General Rodríguez	48,383	67,931	87,185
General San Martín	406,809	403,107	414,196
Hurlingham	166,935	172,245	181,241
Ituzaingó	142,317	158,121	167,824
José C. Paz	186,681	230,208	265,981
La Matanza Norte	448,519	502,115	710,326
La Matanza Sur	672778.8	753172.8	1065489.6

La Plata	541,905	574,369	654,324
Lanús	468,561	453,082	459,263
Lomas de Zamora	574,330	591,345	616,279
Luján	80,645	93,992	106,273
Malvinas Argentinas	239,113	290,691	322,375
Marcos Paz	29,104	43,400	54,181
Merlo	390,858	469,985	528,494
Moreno	287,715	380,503	452,505
Morón	334,301	309,380	321,109
Pilar	144,670	232,463	299,077
Presidente Perón	41,299	60,191	81,141
Quilmes	511234	518788	582943
San Fernando	144,763	151,131	163,240
San Isidro	299,023	291,505	292,878
San Miguel	212,692	253,086	276,190
San Vicente	34,409	44,529	59,478
Tigre	257,922	301,223	376,381
Tres de Febrero	349,376	336,467	340,071
Vicente López	289,505	274,082	269,420
Zárate	91,600	101,271	114,269
<b>TOTAL</b>	<b>9,366,280</b>	<b>10,398,032</b>	<b>11,948,875</b>

Luego, a partir de la Ecuación 5-I y Ecuación 5-II se calculan las tasas de crecimiento anuales “ $i_1$ ” e “ $i_2$ ”, respectivamente.

*Ecuación 5-I. Donde  $i_1$ : tasa de crecimiento anual de la población durante el penúltimo período censal; P1: población correspondiente al primer censo (1991); P2: población correspondiente al penúltimo censo (2001) y n1: número de años transcurridos entre el primer y segundo censo.*

$$i_1 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n_1}} - 1$$

*Ecuación 5-II. Donde  $i_2$ : tasa de crecimiento anual de la población durante el último período censal; P3: población correspondiente al último censo (2010) y n2: número de años transcurridos entre el segundo y tercer censo.*

$$i_2 = \left(\frac{P_3}{P_2}\right)^{\frac{1}{n_2}} - 1$$

Una vez calculadas  $i_1$  e  $i_2$ , se define cuál de ellas usar, siguiendo los criterios a continuación:

- Si  $i_2 > i_1$ , se utiliza como tasa de crecimiento el promedio de ambas tasas, a la que se denomina “tasa de crecimiento anual actual” ( $i_3$ ).
- Si  $i_2 < i_1$ , se utiliza como tasa de crecimiento el  $i_2$  y se simboliza  $i_2'$ .

Los resultados de todos los municipios se encuentran en la Tabla 5-II.

*Tabla 5-II. Tasas de crecimiento anuales de la población de los 40 municipios del AMBA considerados.*

Municipio	$i_1$	$i_2$	¿ $i_2 > i_1$ ?	$i_3$	$i_2'$
Almirante Brown	0.01354	0.00780	No		0.00780
Avellaneda	-0.00474	0.00454	Sí	-0.00010	

Berazategui	0.01630	0.01329	No		0.01329
Berisso	0.00691	0.01112	Sí	0.00901	
Brandsen	0.02026	0.01770	No		0.01770
Campana	0.01593	0.01353	No		0.01353
Cañuelas	0.02808	0.02223	No		0.02223
Ensenada	0.00647	0.01092	Sí	0.00869	
Escobar	0.03328	0.02038	No		0.02038
Esteban Echeverría	0.02093	0.02360	Sí	0.02226	
Exaltación de la Cruz	0.03537	0.02357	No		0.02357
Ezeiza	0.04666	0.03627	No		0.03627
Florencio Varela	0.03189	0.02241	No		0.02241
General Las Heras	0.01538	0.01695	Sí	0.01617	
General Rodríguez	0.03452	0.02811	No		0.02811
General San Martín	-0.00091	0.00302	Sí	0.00105	
Hurlingham	0.00314	0.00567	Sí	0.00440	
Ituzaingó	0.01059	0.00664	No		0.00664
José C. Paz	0.02118	0.01618	No		0.01618
La Matanza Norte	0.01135	0.03930	Sí	0.02532	
La Matanza Sur	0.01135	0.03930	Sí	0.02532	
La Plata	0.00584	0.01459	Sí	0.01021	
Lanús	-0.00335	0.00151	Sí	-0.00092	
Lomas de Zamora	0.00292	0.00460	Sí	0.00376	
Luján	0.01543	0.01374	No		0.01374
Malvinas Argentinas	0.01972	0.01156	No		0.01156
Marcos Paz	0.04077	0.02496	No		0.02496
Merlo	0.01861	0.01312	No		0.01312
Moreno	0.02835	0.01944	No		0.01944
Morón	-0.00772	0.00414	Sí	-0.00179	
Pilar	0.04857	0.02839	No		0.02839
Presidente Perón	0.03839	0.03374	No		0.03374
Quilmes	0.00147	0.01304	Sí	0.00725	
San Fernando	0.00431	0.00860	Sí	0.00646	
San Isidro	-0.00254	0.00052	Sí	-0.00101	
San Miguel	0.01754	0.00975	No		0.00975
San Vicente	0.02612	0.03269	Sí	0.02940	
Tigre	0.01564	0.02506	Sí	0.02035	
Tres de Febrero	-0.00376	0.00118	Sí	-0.00129	
Vicente López	-0.00546	-0.00190	Sí	-0.00368	
Zárate	0.01009	0.01351	Sí	0.01180	

Luego, a partir de  $i_2'$  o  $i_3$ , según correspondiera, se procede al cálculo de la población futura mediante la Ecuación 5-III.

Ecuación 5-III. Donde  $P_f$ : población futura;  $P_o$ : población inicial;  $i_3$ : tasa de crecimiento anual actual y  $n$ : número de años de proyección poblacional.

$$P_f = P_o (1 + i_3)^n$$

De esta forma, se calculó la proyección de la población al comienzo de la operación de la planta de tratamiento (año 2023), al final de su vida útil (año 2042) (Tabla 5-III) y en los años intermedios (Figura 5-1).

Tabla 5-III. Proyección poblacional proyectada de los 40 municipios del AMBA considerados para los años 2023 y 2042.

Municipio	Población 2023 (hab)	Población 2042 (hab)
Almirante Brown	611,673	708,988
Avellaneda	342,236	341,592
Berazategui	384,965	494,739
Berisso	99,416	117,896
Brandsen	33,123	46,231
Campana	112,497	145,229
Cañuelas	69,063	104,878
Ensenada	63,483	74,828
Escobar	277,666	407,349
Esteban Echeverría	400,697	608,834
Exaltación de la Cruz	40,349	62,818
Ezeiza	260,176	512,002
Florencio Varela	568,253	865,806
General Las Heras	18,340	24,873
General Rodríguez	125,021	211,724
General San Martín	419,902	428,383
Hurlingham	191,897	208,609
Ituzaingó	182,900	207,404
José C. Paz	327,688	444,520
La Matanza Norte	983,225	1,581,301
La Matanza Sur	1,474,837	2,371,952
La Plata	746,705	905,685
Lanús	453,780	445,883
Lomas de Zamora	647,105	694,954
Luján	126,899	164,455
Malvinas Argentinas	374,335	465,706
Marcos Paz	74,650	119,248
Merlo	626,099	802,079
Moreno	581,219	837,979
Morón	313,728	303,245
Pilar	430,375	732,596
Presidente Perón	124,910	234,654
Quilmes	640,369	734,628
San Fernando	177,487	200,576

San Isidro	289,054	283,555
San Miguel	313,336	376,795
San Vicente	86,688	150,339
Tigre	489,063	717,128
Tres de Febrero	334,427	326,345
Vicente López	256,805	239,423
Zárate	133,090	166,312
TOTAL	14,207,533	18,871,541

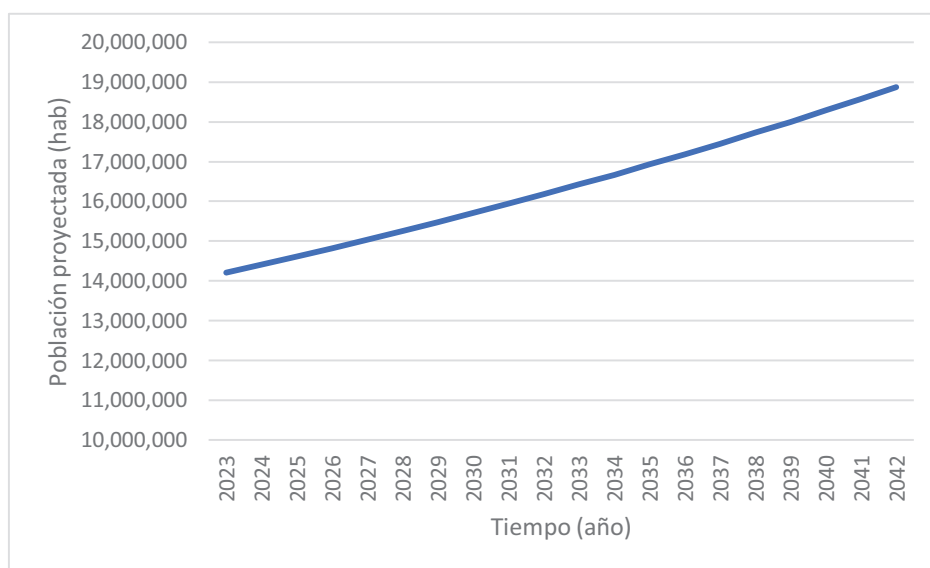


Figura 5-1. Gráfico de proyección poblacional del total de los 40 municipios considerados.

## 5.2 Generación de RAEE

En esta sección, se calculó el número de RAEE a gestionar en la planta de tratamiento a lo largo de su vida útil. Para esto, se debe conocer el número de equipos que anualmente se desechan en los 40 municipios considerados, el porcentaje de variación anual de la generación de estos (es decir, cuánto aumenta o disminuye el desecho de los equipos) y la Generación Per Cápita de los residuos-e en la región.

Como se explicó anteriormente, el diseño del plan de gestión de RAEE no debe realizarse a partir de datos actuales de generación de residuos, sino sobre estimaciones de generación de los próximos años. De lo contrario, pueden ocurrir problemas relacionados al aumento de la población o a cambios en el hábito de consumo. Por ende, los cálculos siguientes se realizaron contemplando los 20 años del proyecto y las proyecciones de población correspondientes. Sin embargo, se recomienda realizar una revisión del diseño y de la generación de RAEE cada ciertas etapas (por ejemplo, cada 5 años) para garantizar que la gestión alcance a la totalidad de la población y evitar ante todo, el colapso del sistema diseñado. En las siguientes subsecciones se describen los cálculos y las adopciones realizadas y los datos obtenidos.

### 5.2.1 Número de equipos desechados

Por un lado, como se indicó anteriormente, Fernández Protomastro (2013) estima el descarte anual de heladeras como un tercio de las unidades producidas en el mismo período temporal. Tomando el promedio de producción de heladeras en Argentina desde 2017 a 2020 (Figura 2-4), se estimó la media de heladeras descartadas en la región del AMBA considerada hacia el año 2023.

Por otro lado, en cuanto a las computadoras y los accesorios informáticos, se promedió el número de equipos descartados en el país desde 2015 a 2017 con los datos de la Cámara Argentina de Multimedia, Ofimática, Comunicaciones y Afines (CAMOCA) (2018) y se calculó el correspondiente número de equipos descartados en la región del AMBA. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 5-IV.

*Tabla 5-IV. Número de equipos desechados en los 40 municipios considerados del AMBA. Realización propia a partir de CAMOCA, 2018, Fernández Protomastro, 2013 e INDEC, 2021.*

Año	Heladeras	Notebook	Desktop	Teclados	Mouses	Monitores TRC	Pantallas LCD
2015	s/d <sup>40</sup>	2,350,000	1,100,000	2,500,000	3,000,000	135,000	315,000
2016	s/d	3,200,000	1,300,000	3,000,000	2,800,000	120,000	280,000
2017	205,442	5,200,000	1,000,000	3,000,000	2,600,000	270,000	630,000
2018	332,961	s/d					
2019	150,254	s/d					
2020	141,940	s/d					
Promedio nacional	207,649.17	3,583,333.33	1,133,333.33	2,833,333.33	2,800,000.00	175,000.00	408,333.33
Promedio regional	56,065.28	967,500.00	306,000.00	765,000.00	756,000.00	47,250.00	110,250.00

### 5.2.2 Variación en la generación inicial

Como se explicó previamente, los RAEE son la corriente de residuos que se encuentra en mayor aumento. Sin embargo, no todas las corrientes de residuos-e aumentan en la misma medida, y más aún, debido a la elevada velocidad de recambio tecnológico, no el descarte de todos los equipos incrementa. Un claro ejemplo de esto es el desecho de monitores TRC, cuya utilización se ha visto casi totalmente sustituida por pantallas LCD. Otro ejemplo relacionado es el avance de laptops frente a las desktops y la consecuente disminución en el desecho de estos equipos y de mouses y teclados. Tener en cuenta la variación en la generación inicial es fundamental para el diseño de un plan de gestión de RAEE, ya que este debe garantizar el procesamiento de aquellas corrientes de residuos que se encuentran en aumento y que tienen una generación constante y además, tener cierta capacidad ociosa para incluir a aquellas corrientes que no se encuentran en aumento ni tampoco son constantes en su generación, pero cuyos impactos ambientales negativos son considerables y deben ser evitados. Para estimar la variación en la generación inicial de los RAEE contemplados, se trabajó con los datos globales de aumento de los residuos-e propuestos por Forti et al (2020) adaptados a las corrientes de residuos-e consideradas y al hemisferio sur, que posee una menor generación que el hemisferio norte (Meffei et al, 2020). Hechos estos supuestos, se llegó a los datos de la Tabla 5-V.

*Tabla 5-V. Adaptación del porcentaje de variación anual en la generación de los residuos-e considerados. Realización propia a partir de Forti et al, 2020.*

Equipo	Variación anual (%)
Notebooks	1.28
Heladeras	1.12
Pantallas LCD	0.16
Mouses	0.10
Teclados	0.10
Desktops	-0.48

<sup>40</sup> s/d: sin datos

Monitores TRC	-0.64
---------------	-------

A partir de lo explicado y de los resultados de la Tabla 5-VI, se infirió en basar el diseño de la planta de tratamiento de RAEE a partir de las categorías de notebooks y heladeras, dejando cierta capacidad ociosa para recibir eventualmente a los equipos provenientes del resto de las categorías de la Línea 2. Por este motivo, a continuación el diseño del plan de gestión prosigue únicamente con las categorías de heladeras y notebooks.

### 5.2.3 Generación de RAEE por habitante

Una vez obtenidas la proyección poblacional, la generación de residuos-e y la variación en su generación, se pudo avanzar sobre el cálculo de la generación de residuos-e de un habitante de los 40 municipios incluidos del AMBA (Generación Per Cápita o GPC).

La GPC se calculó dividiendo el número de equipos desechados en el AMBA en un año por el número de habitantes e incorporando el aumento en la generación de equipos. Luego, al multiplicar el GPC con el número de habitantes proyectados, se obtuvo la cantidad de equipos desechados al año y la cantidad acumulada en cierto tiempo. Los resultados de las heladeras y las computadoras se presentan en la Tabla 5-VI y Tabla 5-VII, respectivamente.

Tabla 5-VI. Generación de heladeras en los años de operación del proyecto.

Año	Población (hab)	GPC (heladera/hab/d)	Cantidad de heladeras desechadas	
			Diaria (heladera/d)	Anual (heladera/año)
2023	14,207,533	0.000011	153.60	56,065.28
2024	14,408,257	0.000011	157.52	57,494.17
2025	14,613,303	0.000011	161.55	58,965.47
2026	14,822,774	0.000011	165.70	60,480.58
2027	15,036,777	0.000011	169.98	62,040.93
2028	15,255,419	0.000011	174.38	63,647.99
2029	15,478,812	0.000012	178.91	65,303.32
2030	15,707,070	0.000012	183.58	67,008.50
2031	15,940,311	0.000012	188.40	68,765.18
2032	16,178,655	0.000012	193.36	70,575.06
2033	16,422,225	0.000012	198.47	72,439.91
2034	16,671,147	0.000012	203.73	74,361.55
2035	16,925,552	0.000012	209.16	76,341.88
2036	17,185,573	0.000012	214.75	78,382.86
2037	17,451,347	0.000013	220.51	80,486.51
2038	17,723,013	0.000013	226.45	82,654.93
2039	18,000,716	0.000013	232.58	84,890.30
2040	18,284,603	0.000013	238.89	87,194.86
2041	18,574,827	0.000013	245.40	89,570.94
2042	18,871,541	0.000013	252.11	92,020.97

Tabla 5-VII. Generación de notebooks (NB) a lo largo de los años de operación de la planta de tratamiento.

Año	GPC (NB/hab/d)	Cantidad de NB desechadas
-----	----------------	---------------------------

		<i>Diaria (NB/d)</i>	<i>Anual (NB/año)</i>
2023	0.00019	2,650.68	967,500.00
2024	0.00019	2,722.54	993,727.81
2025	0.00019	2,796.63	1,020,770.43
2026	0.00019	2,873.03	1,048,655.59
2027	0.00020	2,951.81	1,077,412.04
2028	0.00020	3,033.07	1,107,069.53
2029	0.00020	3,116.87	1,137,658.92
2030	0.00020	3,203.32	1,169,212.19
2031	0.00021	3,292.50	1,201,762.47
2032	0.00021	3,384.50	1,235,344.10
2033	0.00021	3,479.43	1,269,992.69
2034	0.00021	3,577.38	1,305,745.12
2035	0.00022	3,678.46	1,342,639.65
2036	0.00022	3,782.78	1,380,715.94
2037	0.00022	3,890.45	1,420,015.07
2038	0.00023	4,001.59	1,460,579.68
2039	0.00023	4,116.31	1,502,453.95
2040	0.00023	4,234.75	1,545,683.70
2041	0.00023	4,357.03	1,590,316.42
2042	0.00024	4,483.29	1,636,401.38

En total, en los primeros 5 años del proyecto, se deben gestionar como máximo 62,040.93 heladeras y 1,077,412.04 notebooks por año.

### 5.3 Disposición inicial

Luego de que los AEE se transforman en RAEE, la etapa siguiente de la gestión es la de disposición inicial. Como se indicó anteriormente, la disposición inicial propuesta para los residuos-e es selectiva, por lo que se deben separar de los RSU y de otros residuos. Se propone que los generadores de residuos separen sus RAEE, inicialmente, en 2 líneas principales:

1. Línea 1: Aparatos de intercambio de temperatura.
2. Línea 2: Equipos de Telecomunicaciones e Informática (TIC).

Durante la primera etapa del plan de gestión, las heladeras serán recolectadas en la primera corriente; mientras que las computadoras, monitores, teclados y mouses, en la segunda.

La disposición inicial debe ser coherente con la recolección, ya que es el punto de partida de esta otra etapa. En línea con la sección “4.2.1 Modalidades de recolección”, se pueden utilizar en combinación simultáneamente distintos métodos de recolección. Para las líneas de RAEE consideradas, se propone el siguiente esquema:

1. **Línea 1: recolección domiciliaria.** Se implementará un sistema en el cual el usuario solicitará el retiro de su heladera y lo coordinará con la empresa recolectora, quien accederá al domicilio del usuario y realizará las tareas descritas en “Recolección domiciliaria”.



2. **Línea 2: entrega por parte del usuario.** Consistirá en una modalidad en la cual el usuario dirigirá sus equipos a puntos verdes municipales fijos o comercios de electrodomésticos de superficie mayor a 500 m<sup>2</sup>. Esto se sostiene en las obligaciones fijadas por la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires. La modalidad se describió en la sección “4.2.1.3 Entrega por parte del usuario”.

Por ende, teniendo en cuenta la disposición selectiva y el sistema de recolección descrito, únicamente se necesitarán contenedores para la recepción de los equipos de TICs, ya que las grandes dimensiones de las heladeras no hacen factible la contenerización.

### 5.3.1 Contenerización de la Línea 2

Al proponer que los equipos de TICs se colecten en contenedores ubicados dentro de puntos limpios o de comercios de electrodomésticos, los requisitos de los contenedores no deben ser tan estrictos, ya que la mayor protección contra la intemperie y de las condiciones climáticas viene dada por ubicar los contenedores dentro de establecimientos. Sin embargo, hay una serie de requisitos que los contenedores deben cumplir para evitar las problemáticas actuales relacionadas a la rotura de los RAEE y a la dispersión de las sustancias y/o los contaminantes contenidos en ellos. Se procuró que los contenedores de los equipos de TIC cumplan con los siguientes requisitos:

- Garantizar la adecuada seguridad y protección de los RAEE, de forma que eviten sus roturas y daños.
- Estar claramente etiquetados, indicando el tipo de RAEE que admiten.
- Contar con la capacidad suficiente, que satisfaga la generación de RAEE en la zona de estudio y contemple la capacidad de recolección.

A su vez, los sitios donde se dispongan los contenedores deben satisfacer los siguientes requisitos, adaptados de los que presenta Fernández Protomastro (2009):

- Ser un local cerrado, techado y contar con pisos impermeables para evitar infiltraciones y la contaminación de los suelos.
- Tener las instalaciones eléctricas y de iluminación necesarias.
- Poseer una puerta de acceso principal amplia que permita el ingreso de las computadoras y los accesorios informáticos.
- Poseer andenes o rampas para transportar los equipos sin afectaciones.
- Proveer la capacidad necesaria para almacenar los contenedores de los RAEE hasta su traslado a la planta de tratamiento.
- Poseer protección contra la intemperie.
- Estar protegidos contra acceso no autorizado.

Para evaluar los contenedores más adecuados para las computadoras y accesorios informáticos, se contemplaron cajas plásticas, cajas Nash, jaulas metálicas, cajas metálicas, cajas de cartón y contenedores plásticos característicos de los RSU. Los contenedores finalmente seleccionados para la disposición inicial de las computadoras y los accesorios informáticos fueron las jaulas metálicas marca Taller Esperanza SRL modelo MA 1000-R de dimensiones 122 X 100 X 82 cm y que tienen una carga admisible de 1,000 kg (Figura 5-2). Estas jaulas facilitarán la maniobra del recolector a la hora de cargar los residuos y orientarán la recolección diferenciada y primera clasificación de la planta de tratamiento. En estos contenedores, se recolectarán los equipos de TIC entregados por los usuarios. La Tabla 5-VIII presenta las dimensiones y características de los contenedores para cada equipo.



Figura 5-2. Jaula metálica propuesta para el almacenamiento de equipos de Telecomunicaciones e Informática. Recuperado de Tegui contenedores, s.f.

Tabla 5-VIII. Dimensiones de los contenedores utilizados para los TICs. Realización propia a partir de Taller Esperanza SRL, 2021.

Equipo	Dimensiones del contenedor Largo X alto X ancho (cm)	N° máximo de equipos/jaula <sup>41</sup>	Peso (kg)
Desktops	122 X 100 X 82	20	100
Notebooks		500	1,000
Teclados		610	382
Mouses		2,560	320
Pantallas LCD		20	120
Monitores TRC		18	245

#### 5.4 Recolección

El término recolección incluye no sólo la recogida de los residuos en sus distintos sitios de generación, sino también el acarreo y descarga de estos en su destino elegido (Tchobanoglous et al, 1982). Como se indicó anteriormente, se propone un sistema de recolección que combina la modalidad de recolección domiciliaria para las heladeras y la entrega por parte del usuario para los equipos de TIC. Para las dos líneas, la recolección a cargo de la empresa recolectora se hará vía camiones por rutas y calles terrestres y se propone abarcar al 100% de la población comprendida.

En el caso de las heladeras, estas serán transportadas desde los domicilios de los generadores de residuos hasta las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1. Allí, las heladeras permanecerán acopiadas hasta reunir un número de equipos que complete la capacidad total de los camiones y que justifique los costos económicos asociados al traslado. Una vez alcanzado el número suficiente de heladeras, los camiones conducidos por la empresa recolectora las transportarán desde las Estaciones de

<sup>41</sup> El término “máximo” refiere a que para calcular el número de equipos por contenedor, se contemplaron los equipos de mayores dimensiones y a que se consideró el peso máximo admitido por los contenedores.

Transferencia hasta la planta de tratamiento. En total, el circuito contará con una recolección liderada por camiones semi-livianos (con capacidad de carga entre las 3.5 y las 4.5 tn).

En el caso de los equipos de TIC, estos serán transportados por los usuarios hasta las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 2. Luego, la empresa recolectora los transportará una vez completada la capacidad de los camiones utilizados, que serán los mismos a los utilizados para las heladeras. Cabe destacar que las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1 y 2 no son las mismas (detallado en la sección “5.5 Estaciones de transferencia”).

Como vehículo para la recolección, se optó por un camión rígido con caja, como el Hyundai HD 78, que utiliza combustible diésel y posee una capacidad de caja de 21m<sup>3</sup> (Hyundai, s.f.). La Figura 5-3 presenta una representación del camión a utilizar y la Tabla 5-IX, sus dimensiones y capacidad de carga.



Figura 5-3. Modelo del camión rígido utilizado para el transporte. Recuperado de Hyundai, s.f.

Tabla 5-IX. Dimensiones de la caja del camión. Recuperado de Hyundai, s.f.

Largo X ancho X alto (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Capacidad de carga (tn)
5.0 X 2.1 X 2.0	21	4.5

Como puede inferirse de los resultados anteriores, la frecuencia de recolección a lo largo de los 20 años del proyecto debe aumentar, ya que debe seguir el comportamiento de la tasa de generación de RAEE. Por otro lado, es preciso zonificar los 40 municipios incluidos en el plan de gestión a los efectos de optimizar la recolección, lo que se presenta en la siguiente subsección.

#### 5.4.1 Zonificación y frecuencia de recolección

Teniendo en cuenta la gran superficie incluida en el proyecto, resulta importante clasificar el territorio en zonas a fin de proponer rutas y frecuencias de recolección coherentes con las características de cada una. Como se indicó previamente, el diseño del plan de gestión y de las rutas de recolección se realizó por períodos de 5 años, siendo el primer período desde 2023 a 2027. Al finalizar este período, se deben verificar y rediseñar las rutas de recolección.

Para clasificar los municipios, en primer lugar, se utilizó la categorización existente que divide los municipios del AMBA de la provincia de Buenos Aires en “primer cordón”, “segundo cordón” y “tercer cordón”. En segundo lugar, los cordones se subdividieron a fin de proponer zonas en las que las distancias por recorrer no superen los 85 km y se puedan completar sin consumir demasiado tiempo de la jornada laboral de recolección. La división de los cordones del conurbano sigue un criterio de proximidad espacial, siendo el primer cordón el más próximo a la CABA; el segundo, el siguiente más alejado y el tercero, el más lejano a la CABA. Asimismo, la población que vive en estos cordones comparte cierta homogeneidad

respecto de algunas características, como densidad poblacional y hábitos sociales, que pueden ser extrapoladas a la generación de residuos (Programa de Estudios del Conurbano, s.f.). La Tabla 5-X presenta las zonas propuestas, sus características y los municipios comprendidos en cada zona, que también pueden apreciarse en la Figura 5-4.

*Tabla 5-X. Zonificación de los municipios incluidos en el plan de gestión.*

Zona	Cordón	Población 2023 <sup>42</sup> (Hab)	Área (km2)	Generación RAEE (tn/año)	Municipios incluidos
1	1	1,613,916	320.00	15,312	General San Martín, Morón, San Isidro, Tres de Febrero y Vicente López
2	1	2,426,346	512.00	19,902	Avellaneda, La Matanza Norte, Lanús y Lomas de Zamora
3	2	2,205,260	641.00	17,636	Almirante Brown, Berazategui, Florencio Varela y Quilmes
4	2	2,135,711	943.10	14,307	Esteban Echeverría, Ezeiza y La Matanza Sur
5	2	1,681,909	1,479.40	13,128	José C. Paz, Malvinas Argentinas, San Fernando, San Miguel y Tigre
6	2	1,582,116	423.50	12,436	Hurlingham, Ituzaingó, Merlo y Moreno
7	3	285,935	2,846.00	2,230	Campana, Exaltación de La Cruz y Zárate
8	3	959,961	1,789.00	6,602	Escobar, General Rodríguez, Luján y Pilar
9	3	162,053	2,430.00	1,131	Cañuelas, General Las Heras y Marcos Paz
10	3	244,721	2,017.54	1,562	Brandsen, Presidente Perón y San Vicente
11	3	909,605	1,162.00	7,475	Berisso, Ensenada y La Plata

---

<sup>42</sup> Población proyectada.

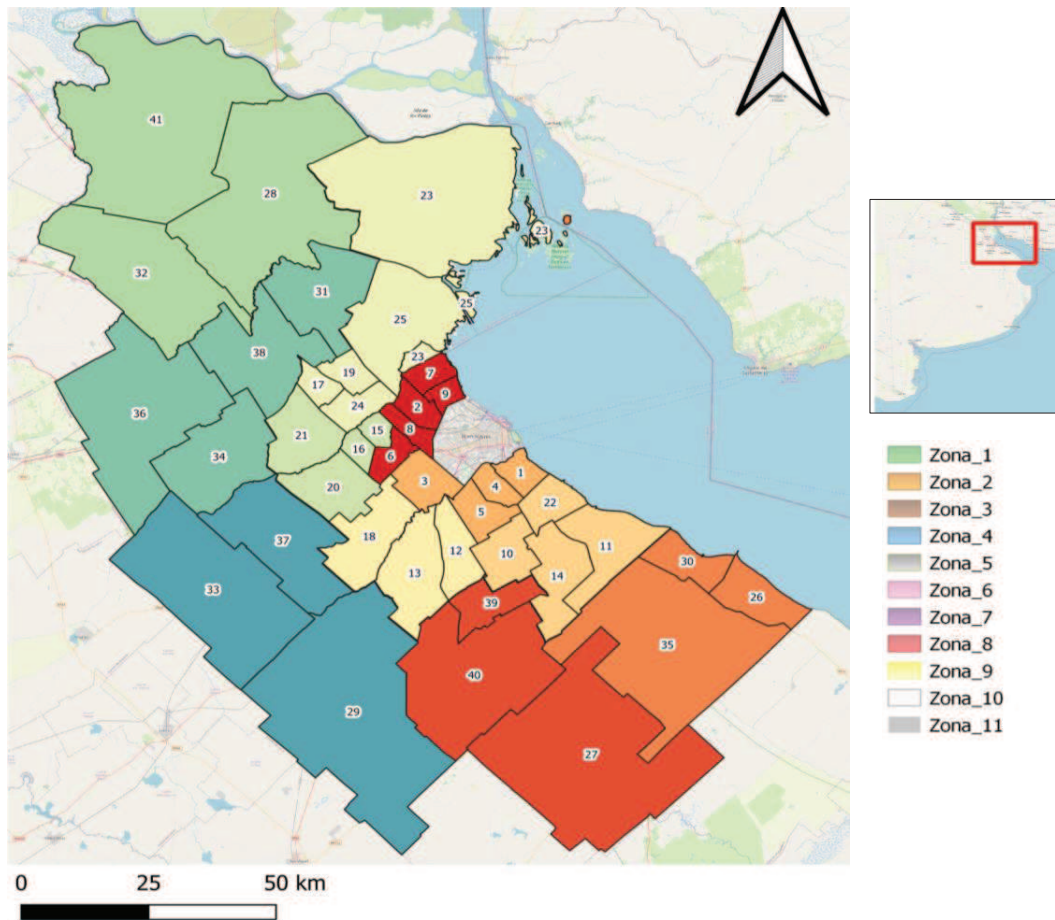


Figura 5-4. Zonificación de los municipios incluidos en el plan de gestión. Donde Avellaneda: 1; General San Martín: 2; Lanús: 3; La Matanza Norte: 3; Lanús: 4; Lomas de Zamora: 5; Morón: 6; San Isidro: 7; Tres de Febrero: 8; Vicente López: 9; Almirante Brown: 10; Berazategui: 11; Esteban Echeverría: 12; Ezeiza: 13; Florencio Varela: 14; Hurlingham: 15; Ituzaingó: 16; José C. Paz: 17; La Matanza Sur: 18; Malvinas Argentinas: 19; Merlo: 20; Moreno: 21; Quilmes: 22; San Fernando: 23; San Miguel: 24; Tigre: 25; Berisso: 26; Brandsen: 27; Campana: 28; Cañuelas: 29; Ensenada: 30; Escobar: 31; Exaltación de la Cruz: 32; General Las Heras: 33; General Rodríguez: 34; La Plata: 35; Luján: 36; Marcos Paz: 37; Pilar: 38; Presidente Perón: 39; San Vicente: 40 y Zárate: 41.

A continuación, se procedió a calcular la frecuencia de viajes necesaria para recolectar las heladeras y las notebooks de cada zona. Para ello, primero, se utilizó la Ecuación 5-IV, que indicó el número de heladeras y notebooks que deben ser recolectadas por día en cada zona ( $C_r$ ). En esta ecuación, por un lado, se estableció como número de días de generación ( $Dg$ ) 7 días a la semana, ya que el desecho de RAEE no discrimina qué día de la semana se trata. Por otro lado, se fijó el número de días recolección ( $Dr$ ) para las heladeras y para los equipos de TIC para cada zona (Tabla 5-XI). Para las heladeras, este número de días corresponde a los que funcionará la recolección domiciliaria, mientras que para los equipos de TIC corresponde a los días en que serán transportados hasta la planta de tratamiento. Por último, se utilizaron los datos del área ( $A$ ), densidad poblacional ( $\rho_p$ ) y generación per cápita ( $GPC$ ) de cada zona, ya presentadas en la Tabla 5-X.

Ecuación 5-IV. Donde:  $C_r$ : capacidad de recolección expresado en números de equipos por día (equipo/día);  $Dg$ : cantidad de días de generación del equipo expresado en días por semana (días/semana);  $Dr$ : cantidad de días de recolección del equipo expresado en días por semana (días/semana);  $A$ : área de la zona expresada en hectárea (ha);  $\rho_p$ : densidad poblacional de la zona expresada

en cantidad de habitantes por hectárea (*hab/ha*) y *GPC*: generación per cápita del equipo desechado expresado en número de equipo desechado por un habitante en un día (*equipo/hab. día*).

$$C_r = \frac{Dg}{Dr} \cdot A \cdot \rho_p \cdot GPC$$

En segundo lugar, se usó la Ecuación 5-V, que entregó el número de viajes por día de recolección que se deben realizar para transportar los equipos a partir de la capacidad de recolección obtenida ( $C_r$ ). Para esto, se fijó la capacidad de recolección del camión ( $C_c$ ) en 50 heladeras y 10,496 notebooks colocadas en las jaulas metálicas descritas. Se llegó a estos números considerando las dimensiones de la caja del camión, de los equipos y de los contenedores.

Ecuación 5-V. Donde:  $V$ : número de viajes por día de recolección en cada zona expresado en viajes por día (*viajes/día*) y  $C_c$ : capacidad de recolección del camión expresado en números de equipos por viaje (*equipo/viaje*).

$$V = \frac{C_r}{C_c}$$

De los resultados, presentados en la Tabla 5-XI, se infiere en que en la recolección de heladeras será de:

- 2 veces por semana debiendo realizar 1 viaje por cada día de recolección para las zonas 1, 5, 9 y 11.
- 2 veces por semana debiendo realizar 2 viajes por cada día de recolección para las zonas 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 10.

Por otro lado, la frecuencia de recolección de las notebooks será de una vez por mes, debiendo realizar 1 viaje por cada día de recolección para todas las zonas.

Tabla 5-XI. Frecuencia de recolección y cantidad de viajes diarios por día de recolección para recolectar las heladeras y notebooks en cada una de las zonas.

Zona	Heladeras			Notebooks		
	$Dr$ (Días/semana)	$C_r$ (Heladeras/día)	$V$ (Viajes/día de recolección)	$Dr$ (Días/semana)	$C_r$ (Notebooks/día de recolección)	$V$ (Viajes/día de recolección)
1	2	64	1	0.25	8,871	1
2	2	96	2	0.25	13,337	1
3	2	87	2	0.25	12,121	1
4	2	84	2	0.25	11,739	1
5	2	64	1	0.25	8,871	1
6	2	96	2	0.25	13,337	1
7	2	87	2	0.25	12,121	1
8	2	84	2	0.25	11,739	1
9	2	64	1	0.25	8,871	1
10	2	96	2	0.25	13,337	1
11	2	63	1	0.25	12,121	1

En este punto, es preciso aclarar que, a priori, puede parecer un número demasiado elevado de viajes por semana para la recolección de RAEE. Sin embargo, se recuerda que en cada zona se incluyen aproximadamente entre 240,000 y 3,380,000 habitantes, lo que explica la necesaria elevada frecuencia de recolección. A modo de ejemplo, se presenta en la Tabla 5-XII el mismo ejercicio realizado para el partido de San Martín, donde habitan alrededor de 420,000 habitantes. En este caso, se obtuvo que la

frecuencia de recolección de heladeras debe realizarse 1 vez cada 2 semanas y la de notebooks, 1 vez cada 2 meses (siempre realizando un único viaje por cada día de recolección), lo que coincide con las estimaciones de Fernández Protomastro (2009).

Tabla 5-XII. Frecuencia de recolección y cantidad de viajes diarios por día de recolección para recolectar las heladeras y notebooks en el partido de San Martín.

Zona	Heladeras			Notebooks		
	$D_r$ (Días/mes)	$C_r$ (Heladeras/día)	$V$ (Viajes/día de recolección)	$D_r$ (Días/mes)	$C_r$ (Notebooks/día de recolección)	$V$ (Viajes/día de recolección)
San Martín	0.5	64	1	0.0625	8,774	1

#### 5.4.2 Rutas de recolección

Como se indicó anteriormente, la recolección incluye el recorrido que realizan los camiones, la recogida de los equipos desde las Estaciones de Transferencia o desde los domicilios particulares y la descarga de los equipos en la Planta de Tratamiento (Ecuación 5-VI).

Ecuación 5-VI. Donde  $T_{total}$ : tiempo total (min);  $T_{recorrido}$ : tiempo del recorrido (min) y  $T_{descarga}$ : tiempo descarga (min).

$$T_{total} = T_{recorrido} + T_{recolección} + T_{descarga}$$

Debido a las diferencias en la recolección de los equipos de las Líneas 1 y 2, estas etapas se abordaron por separado en las subsecciones siguientes.

##### 5.4.2.1 Línea 1

En el caso de la Línea 1, la empresa recolectora debe dirigirse hasta los domicilios particulares de los usuarios, cargar las heladeras y transportarlas hasta las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1. Allí, los equipos permanecerán acopiados hasta que se reúna un número considerable de equipos que complete la capacidad de los camiones y sean transportados hasta la planta de tratamiento de residuos-e.

Para estimar la distancia que deben recorrer los camiones desde los domicilios de los usuarios hasta las Estaciones de Transferencia, en primer lugar se determinó el centroide de la zona urbana de cada municipio. Este corresponde al punto medio desde donde se realizará la recolección domiciliaria. Luego, se determinó la distancia desde los centroides hasta las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1. Por último, se calcularon las distancias desde estas Estaciones de Transferencia hasta la planta de tratamiento. Todo esto se realizó con el Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS. Cabe destacar que se trazó un circuito de recolección por cada zona, de manera de proporcionar la frecuencia más acorde a las características de cada municipio.

Como indica la Ecuación 5-VI, para obtener el tiempo total de viaje, se debe tener en cuenta el tiempo de recorrido, el tiempo de recolección y el tiempo de descarga. La distancia recorrida se obtuvo con la herramienta "Análisis de redes" de QGIS. Luego, a este valor se lo multiplicó por la velocidad recomendada por el software (menor a 50 km/h) y se duplicó para obtener el tiempo del viaje de ida y el de vuelta. En segundo lugar, para llegar al tiempo de recolección, se estimó que se necesitan 20 minutos para cargar y transportar las heladeras desde los domicilios particulares hasta el camión (Fernández Protomastro, 2009). Por último, se adoptó un tiempo de descarga de los equipos de 15 minutos.

La Tabla 5-XIII presenta las distancias entre los centroides y las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1 y entre éstas y la planta de tratamiento. Por otro lado, la Tabla 5-XIV detalla el tiempo de

viaje de recolección de cada zona. Los circuitos de los recorridos de cada zona pueden apreciarse en la Figura 5-5 y la Figura 5-6.

*Tabla 5-XIII. Distancias entre los centroides y las Estaciones de Transferencia de la Línea 1 (ETL1) y entre éstas y la planta de tratamiento de RAEE (PT).*

Zona	Municipio	Distancia centroide-ETL1 (km)	Distancia ETL1-PT (km)	Distancia total (km)
1	Gral. San Martín	5.79	58.44	76.88
1	Morón	0.33		
1	San Isidro	5.81		
1	Tres de Febrero	1.78		
1	Vicente López	4.73		
2	Avellaneda	4.39	53.83	68.98
2	La Matanza Norte	5.71		
2	Lanús	3.35		
2	Lomas de Zamora	1.70		
3	Almirante Brown	4.57	69.2	82.87
3	Berazategui	3.95		
3	Florencio Varela	3.65		
3	Quilmes	1.50		
4	Esteban Echeverría	5.72	57.38	74.36
4	Ezeiza	7.21		
4	La Matanza Sur	4.05		
5	José C. Paz	2.64	43.92	60.56
5	Malvinas Argentinas	6.35		
5	San Fernando	1.52		
5	San Miguel	3.29		
5	Tigre	2.84		
6	Hurlingham	6.90	29.70	50.26
6	Ituzaingó	4.51		
6	Merlo	2.31		
6	Moreno	6.84		
7	Campana	3.10	114.81	125.25
7	Exaltación de La Cruz	5.06		
7	Zárate	2.28		
8	Escobar	1.01	87.97	93.08
8	General Rodríguez	1.72		
8	Luján	1.82		
8	Pilar	0.56		
9	Cañuelas	7.42	102.37	117.52
9	General Las Heras	5.02		
9	Marcos Paz	2.71		
10	Brandsen	5.20	89.74	100.89
10	Presidente Perón	4.73		
10	San Vicente	1.22		



11	Berisso	2.94	94.72	114.38
11	Ensenada	11.06		
11	La Plata	5.66		

*Tabla 5-XIV. Tiempo parcial y total de viaje para la recolección de la Línea 1.*

<i>Zon a</i>	<i>Tiempo recorrido (min)</i>	<i>Tiempo de recolección (min)</i>	<i>Tiempo de descarga (min)</i>	<i>Tiempo total (min)</i>	<i>Tiempo total (hs)</i>
1	115.3	20.0	15	265.6	4.4
2	103.5	20.0	15	241.9	4.0
3	124.3	20.0	15	283.6	4.7
4	111.5	20.0	15	258.1	4.3
5	90.8	20.0	15	216.7	3.6
6	75.4	20.0	15	185.8	3.1
7	187.9	20.0	15	410.8	6.8
8	139.6	20.0	15	314.2	5.2
9	176.3	20.0	15	387.6	6.5
10	151.3	20.0	15	337.7	5.6
11	171.6	20.0	15	378.1	6.3

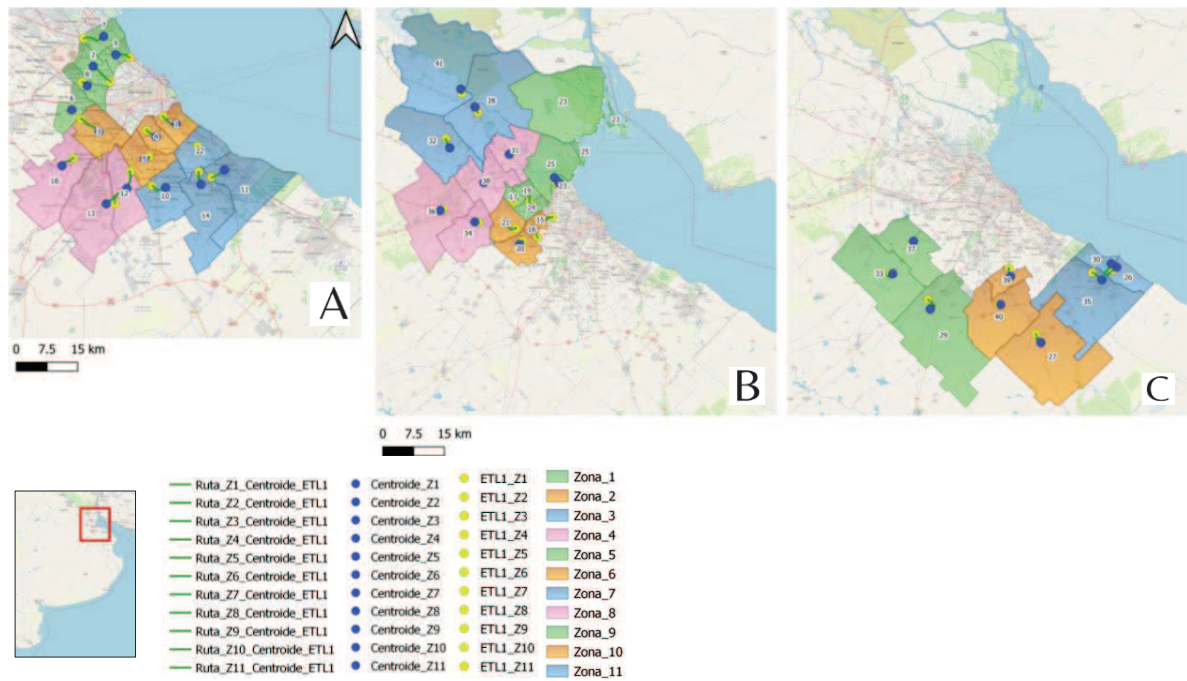


Figura 5-5. Rutas de recolección de la Línea 1 desde los centroides hasta las Estaciones de Transferencia (ETL1). Donde A: zonas 1, 2, 3 y 4; B: zonas 5, 6, 7 y 8 y C: zonas 9, 10 y 11.

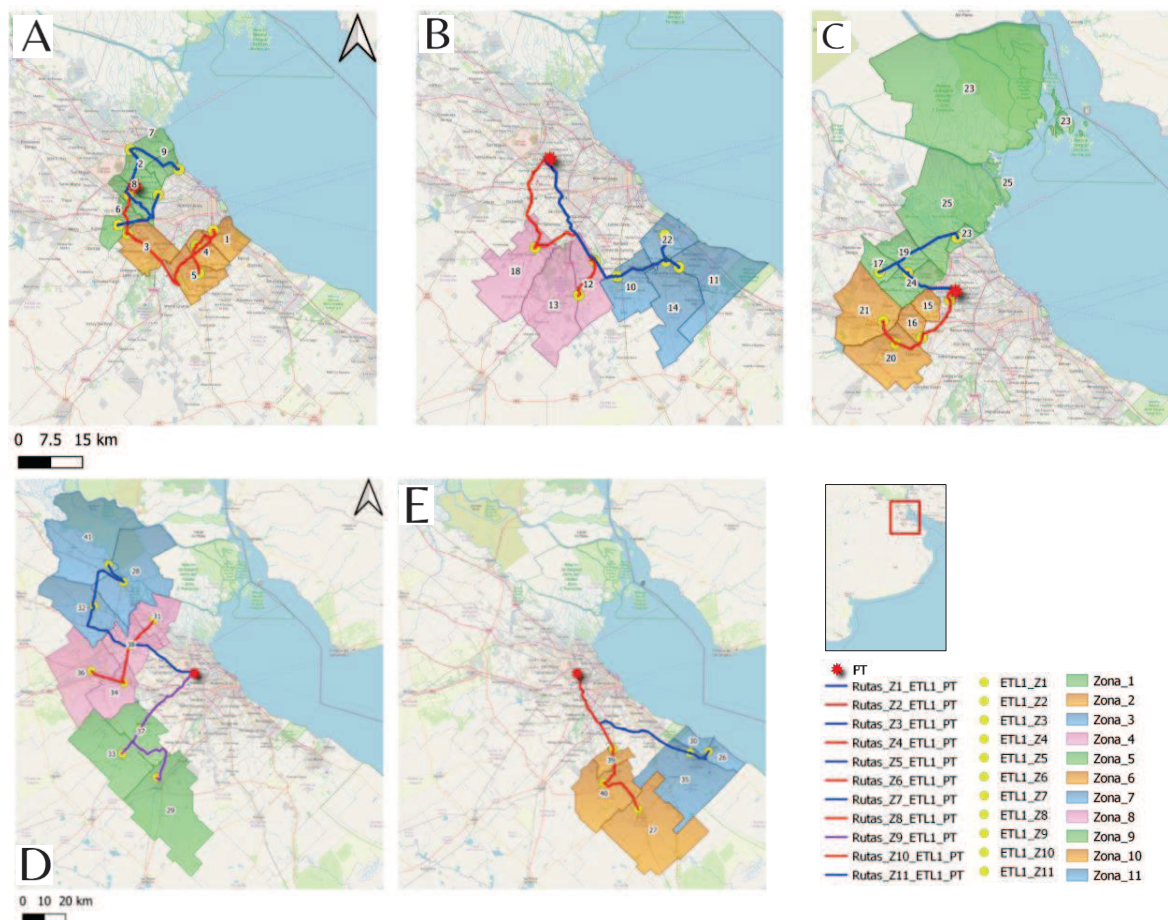


Figura 5-6. Rutas de recolección de la Línea 1 desde las Estaciones de Transferencia (ETL1) hasta la planta de tratamiento (PT). Donde A: zonas 1 y 2; B: zonas 3 y 4; C: zonas 5 y 6; D: zonas 7, 8 y 9 y E: zonas 10 y 11.

#### 5.4.2.1.1 Consumo de combustible

Para calcular el consumo de combustible, se multiplicó la distancia recorrida en cada zona por el consumo teórico de combustible y la frecuencia de recolección establecida. Como se indicó anteriormente, para la recolección se utilizará un camión con caja Hyundai HD 78. De acuerdo con los datos oficiales de Hyundai, estos camiones tienen un consumo de combustible teórico de 6 km/l. A partir de estos valores, se obtuvo el consumo de combustible por semana (Tabla 5-XV).

Tabla 5-XV. Consumo de combustible de cada zona para la recolección de la Línea 1.

Zona	Consumo de combustible (l/días)	Frecuencia de recolección (días/semana)	Consumo de combustible (l/semana)
1	25.6	2	51.3
2	23.0	2	46.0
3	27.6	2	55.2
4	24.8	2	49.6
5	20.2	2	40.4
6	16.8	2	33.5
7	41.8	2	83.5
8	31.0	2	62.1

9	39.2	2	78.3
10	33.6	2	67.3
11	38.1	2	76.3

#### 5.4.2.2 Línea 2

Para las computadoras y los accesorios informáticos, la recolección a cargo de la empresa recolectora tiene como punto de partida las Estaciones de Transferencia, siguiendo la propuesta de que sean los generadores de residuos quienes conduzcan los equipos hasta los puntos de acopio. El punto final, al igual que para la Línea 1, es la planta de tratamiento de RAEE. Al igual que en el caso de la Línea 1, se procuró plantear un circuito de recolección por cada zona, de manera de proporcionar la frecuencia más acorde a las características de cada municipio.

Para obtener el tiempo total de viaje, se repitió el procedimiento ya descrito para la Línea 1, pero, en este caso, se estimó que se necesitan 10 minutos por cada Estación de Transferencia para recolectar los equipos informáticos y cargarlos en los camiones; y a este tiempo, se lo multiplicó por la cantidad de Estación de Transferencia de cada zona. En la Tabla 5-XVI se detallan los kilómetros incluidos y el tiempo de viaje de cada zona. Los circuitos de las distancias recorridas en cada zona en la Figura 5-7.

Tabla 5-XVI. Tiempo parcial y total de viaje para la recolección de la Línea 2.

Zona	Distancia recorrida (km)	Tiempo recorrido (min)	Cantidad de ET (N°ET)	Tiempo de recolección (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo total (min)	Tiempo total (hs)
1	58.4	87.7	5	50.0	15	240.3	4.0
2	53.8	80.7	4	40.0	15	216.5	3.6
3	69.2	103.8	4	40.0	15	262.6	4.4
4	57.4	86.1	3	30.0	15	217.1	3.6
5	43.9	65.9	5	50.0	15	196.8	3.3
6	29.7	44.6	4	40.0	15	144.1	2.4
7	114.8	172.2	3	30.0	15	389.4	6.5
8	88.0	132.0	4	40.0	15	318.9	5.3
9	102.4	153.6	3	30.0	15	352.1	5.9
10	89.7	134.6	3	30.0	15	314.2	5.2
11	94.7	142.1	3	30.0	15	329.2	5.5

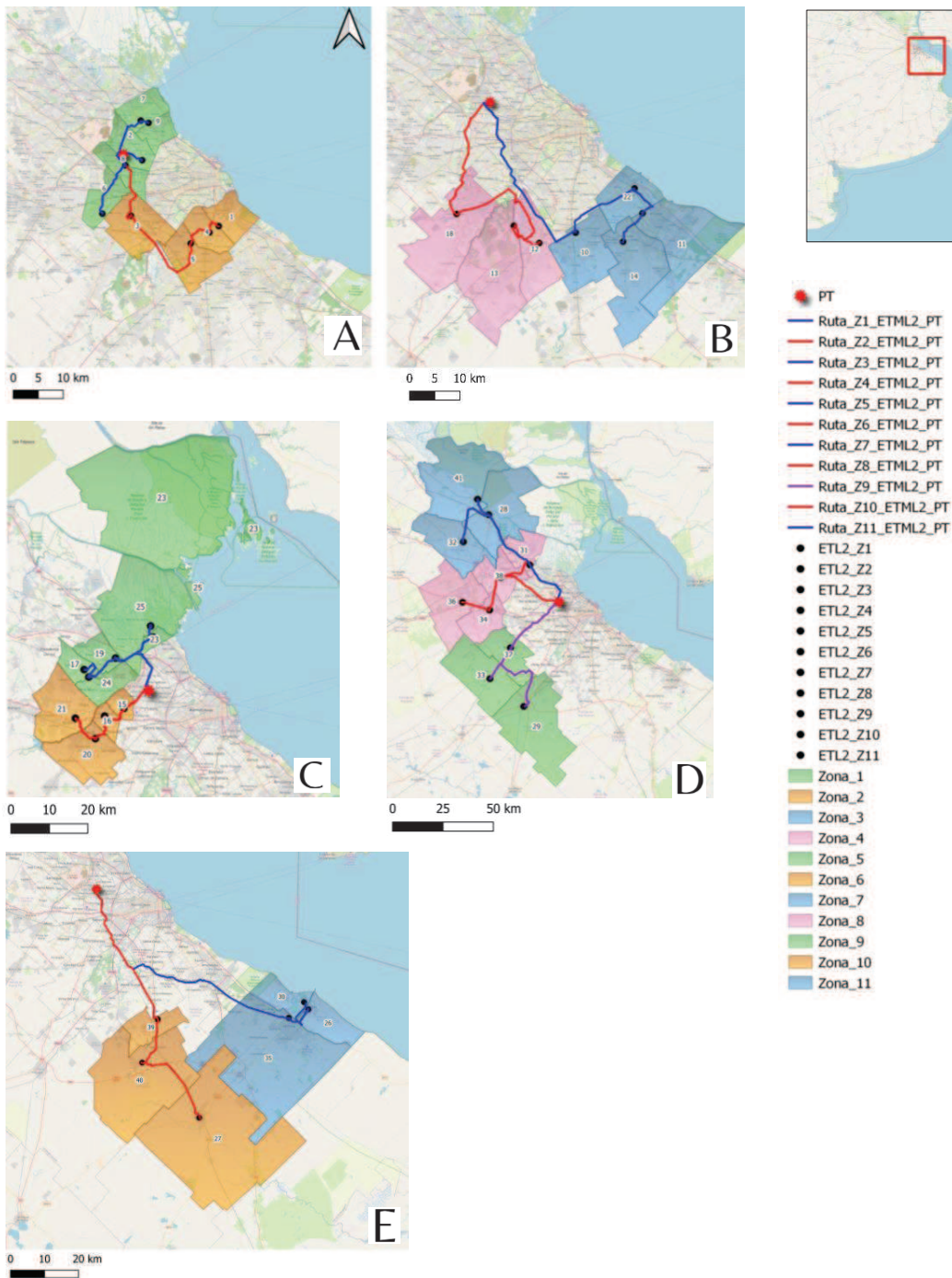


Figura 5-7. Rutas de recolección de la Línea 2 desde las Estaciones de Transferencia (ETL2) hasta la planta de tratamiento (PT). Donde A: zonas 1 y 2; B: zonas 3 y 4; C: zonas 5 y 6; D: zonas 7, 8 y 9 y E: zonas 10 y 11.

#### 5.4.2.2.1 Consumo de combustible

Al igual que para calcular el consumo de combustible empleado para recolectar las heladeras, se multiplicó la distancia recorrida en cada zona por el consumo teórico de combustible y por la frecuencia de recolección establecida. Se trabajó con el mismo consumo teórico de combustible y se llegó al consumo de combustible por semana (Tabla 5-XVII).

Tabla 5-XVII. Consumo de combustible diario y semanal de cada zona para la recolección de la Línea 2.

Zona	Consumo de combustible (l/días)	Frecuencia de recolección (días/semana)	Consumo de combustible (l/semana)
1	19.5	0.25	4.9
2	17.9	0.25	4.5
3	23.1	0.25	5.8
4	19.1	0.25	4.8
5	14.6	0.25	3.7
6	9.9	0.25	2.5
7	38.3	0.25	9.6
8	29.3	0.25	7.3
9	34.1	0.25	8.5
10	29.9	0.25	7.5
11	31.6	0.25	7.9

### 5.5 Estaciones de transferencia

Como se indicó anteriormente, las Estaciones de Transferencia no son las mismas para los equipos de las líneas 1 y 2. Esta diferenciación se alinea con la modalidad de recolección propuesta para cada línea. En el caso de las heladeras (Línea 1), el transporte y recolección es realizado en su totalidad por la empresa recolectora, por lo que la ubicación de las Estaciones de Transferencia no debe ser particularmente en zonas de fácil acceso a los vecinos. En cambio, en el caso de las computadoras y los accesorios informáticos (Línea 2), como los usuarios son los encargados de llevar los equipos hasta las Estaciones de Transferencia, es deseable y necesario que estas se ubiquen en zonas accesibles y cercanas a la población. Las funciones de las Estaciones de Transferencia serán acopiar y clasificar los equipos.

Se procuró que las Estaciones de Transferencia satisfagan los siguientes requisitos, algunos de estos adaptados de Fernández Protomastro (2009) y Meffe et al (2020):

- Ser locales cerrados, techados y contar con pisos impermeables para evitar infiltraciones y la contaminación de los suelos.
- Tener las instalaciones eléctricas y de iluminación necesarias.
- Poseer una puerta de acceso principal amplia que permita el ingreso de los equipos (especialmente importante para las Estaciones de Transferencia receptoras de heladeras).
- Tener dos o más puertas de acceso ubicadas en extremos opuestos para permitir la libre circulación de los equipos durante la entrada y salida de estos sin cruces que interfieran su desplazamiento.
- Poseer andenes o rampas para transportar los equipos sin afectaciones.
- Tener explanadas o calles que faciliten la maniobra de los equipos de transporte.
- Proveer la capacidad necesaria para almacenar los contenedores de los RAEE hasta su traslado a la planta de tratamiento.

- Poseer protección contra la intemperie y mantener la temperatura ambiente.
- Estar protegidos contra acceso no autorizado.
- Aprovechar sitios de acopio actuales o potenciales, con el fin de proponer una gestión de RAEE eficiente.

### 5.5.1 Línea 1

Para determinar las Estaciones de Transferencia de los equipos de la Línea 1, se siguió la siguiente lógica. En primer lugar, se consideró que, para que un plan de gestión sea eficiente, debe aprovechar y optimizar los recursos que se disponen en la región al momento de su diseño. En segundo lugar, se planteó que el plan debe ser armónico con la normativa existente de la región. Para ello, se apeló a la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires, que reconoce que los locales comerciales de AEE deben disponer en su predio de centros para la recepción de RAEE. En tercer lugar, se incluyó el concepto de logística inversa (explicado en la sección “4.2.3 Logística inversa”), ya que proporciona simplicidad, eficiencia y sostenibilidad en el tiempo al plan de gestión. Para incluir al concepto, se estableció que los usuarios pueden entregar su RAEE en el mismo acto que el de la compra de un AEE de tipo equivalente. Como consecuencia de la implementación de la logística inversa, los costos de la recolección se verán disminuidos. Por otro lado, se planteó que los locales comerciales de dimensiones considerables (por ejemplo, los hipermercados) funcionarán como Estaciones de Transferencia. Es por esto por lo que, en cada municipio, se localizó un hipermercado que comercializa electrodomésticos y que tiene dimensiones considerables como para acopiar heladeras en su predio. La identificación de las Estaciones de Transferencia receptoras de los equipos de la Línea 1 se presenta en la Tabla 5-XVIII. En este punto, es importante realizar dos aclaraciones. En primer lugar, se estableció una Estación de Transferencia por municipio, excepto para los siguientes municipios, que comparten la Estación de Transferencia debido a su proximidad:

- San Fernando y Tigre (1 Estación de Transferencia en San Fernando)
- San Miguel y Malvinas Argentinas (1 Estación de Transferencia en Malvinas Argentinas)
- Hurlingham y Tres de Febrero (1 Estación de Transferencia en Tres de Febrero)
- Berisso y Ensenada (1 Estación de Transferencia en Berisso)

En segundo lugar, se incluyeron Estaciones de Transferencia que son hipermercados o grandes comercios de electrodomésticos existentes, excepto para los municipios de Brandsen, Cañuelas, Exaltación de la Cruz, General Las Heras, Marcos Paz y San Vicente. Para estas excepciones, no se encontró un local comercial que cumpliera con las características solicitadas, por lo que se propuso la construcción y radicación de Estaciones de Transferencia en los sitios identificados en la Tabla 5-XVIII.

Tabla 5-XVIII. Estaciones de Transferencia receptoras de los equipos de la Línea 1.

Zona	Municipio	Nombre	Dirección	¿Existe?
1	Gral. San Martín	Carrefour Hipermercado	Av. San Martín 420	Sí
1	Morón	Frávega	Almte. Guillermo Brown 702	Sí
1	San Isidro	Carrefour Hipermercado	Bernardo de Irigoyen 2647	Sí
1	Tres de Febrero	Carrefour Hipermercado	Av. Pres. Juan Domingo Perón 7055	Sí
1	Vicente López	Carrefour Hipermercado	Av. del Libertador 215	Sí
2	Avellaneda	Carrefour Maxi Avellaneda	Av. Hipólito Yrigoyen 299	Sí

2	La Matanza Norte	Carrefour Hipermercado	Av. Don Bosco 2680	Sí
2	Lanús	Coto Lanús Oeste	Av. Pres. Bernardino Rivadavia 2602	Sí
2	Lomas de Zamora	Carrefour Hipermercado	Almafuerte 920	Sí
3	Almirante Brown	Carrefour Hipermercado	Av. Hipólito Yrigoyen 13500	Sí
3	Berazategui	Hipermercado Mayorista Maxiconsumo S.A	Calle 22 600	Sí
3	Florencio Varela	Carrefour Hipermercado	Av. Gral. José de San Martín 554	Sí
3	Quilmes	Carrefour Hipermercado	Av. La Plata 1400	Sí
4	Esteban Echeverría	Carrefour Hipermercado	Camino de Cintura 2200	Sí
4	Ezeiza	Garbarino	Mariano Castex 870	Sí
4	La Matanza Sur	Carrefour Hipermercado	Av. Brig. Gral. Juan Manuel de Rosas 13330	Sí
5	José C. Paz	Maxi Carrefour	Av. Pres. Hipólito Yrigoyen 3866	Sí
5	Malvinas Argentinas y San Miguel	Carrefour Hipermercado	Av. Pres. Arturo Umberto Illia 3770 (Malvinas Argentinas)	Sí
5	San Fernando y Tigre	Carrefour Hipermercado	Av. Hipólito Yrigoyen 3815 (San Fernando)	Sí
6	Hurlingham y Tres de Febrero	Carrefour Hipermercado	Av. Pres. Juan Domingo Perón 7055 (Tres de Febrero)	Sí
6	Ituzaingó	Carrefour Hipermercado	Blas Parera 650	Sí
6	Merlo	Carrefour Hipermercado	Avenida Argentina 1915	Sí
6	Moreno	Carrefour Hipermercado	Avenida Gaona y Alejandro Graham Bell	Sí
7	Campana	Carrefour Hipermercado	Colectora Nte. 1647	Sí
7	Exaltación de La Cruz	ET Línea 1	Mateo S. Casco 1380 e Independencia	No
7	Zárate	Carrefour Hipermercado	Av. Gral. Lavalle 1879	Sí
8	Escobar	Carrefour Hipermercado	Mateo Gelves 530	Sí
8	Gral. Rodríguez	Carrefour Hipermercado	Blvd. Bernardo de Irigoyen 1500	Sí
8	Luján	Carrefour Hipermercado	Av. Pellegrini 1050	Sí
8	Pilar	Carrefour Hipermercado	Francisco Ramírez 43	Sí
9	Cañuelas	ET Línea 1	RP 6	No
9	Gral. Las Heras	ET Línea 1	Ruta Provincial 40, B1741	No
9	Marcos Paz	ET Línea 1	RP 40 3799	No
10	Brandsen	ET Línea 1	RP 210	No
10	Presidente Perón	Carrefour Hipermercado	Av. Hipólito Yrigoyen 20260	Sí
10	San Vicente	ET Línea 1	Av. Juan Pablo II y Larrea	No



11	Berisso y Ensenada	MG HOGAR	Calle 148 y 7 (Berisso)	Sí
11	La Plata	Carrefour Hipermercado	Camino General Belgrano s/n entre 514 y 517	Sí

### 5.5.2 Línea 2

Como se indicó anteriormente, un plan de gestión eficiente aprovecha los recursos que se disponen al momento de su diseño y reorganiza la logística para formar una solución integral que pueda sustentarse en el tiempo. Es por esto por lo que, para los equipos de TIC, se eligió aprovechar los puntos limpios fijos que actualmente funcionan en los municipios como centrales de acopio de RAEE. Se realizó una investigación de los actuales puntos limpios de los municipios, y se seleccionaron algunos puntos limpios municipales que funcionarán exclusivamente como centrales de acopio y también algunos hipermercados de electrodomésticos que cuentan con la superficie disponible para la recepción y almacenamiento temporario de RAEE que establece la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires. Se dejaron de lado puntos limpios ubicados en escuelas, universidades, clubes barriales y centros religiosos.

En primer lugar, se consideró necesario que hubiera una Estación de Transferencia (es decir, un punto limpio) en cada municipio. Por ello, se identificaron cuáles municipios poseen al menos un punto limpio fijo y, para los municipios que carecen de ellos, se propusieron puntos limpios en zonas céntricas (accesibles a la población) o en zonas donde actualmente operan puntos limpios móviles. Se procuró que su superficie fuese suficiente para recibir computadoras, monitores, mouses y teclados hasta su traslado a la planta de tratamiento La Tabla 5-XIX identifica los puntos limpios de cada municipio y la Figura 5-8 los localiza.

*Tabla 5-XIX. Estaciones de Transferencia receptoras de los equipos de la Línea 2.*

Zona	Municipio	Nombre	Dirección	¿Existe?
1	Gral. San Martín	Municipalidad	Belgrano 3747	Sí
1	Morón	Plaza San José	Dr. Félix R. Burgos 1121	Sí
1	San Isidro	Parque Público del Golf	José María Moreno 1189	Sí
1	Vicente López	Punto acopio RAEE	Paraná 3999	Sí
1	Zárate	Plaza Mitre	Rivadavia 780	No
2	Avellaneda	Plaza La Conquistadora	Campichuelo 1732	No
2	La Matanza Norte	Plaza General San Martín	Hipólito Yrigoyen 2475	Sí
2	Lanús	Casa de la Cultura	Sarmiento 1713	Sí
2	Lomas de Zamora	Plaza Sargento Cabral	Antonio Filardi 401	Sí
3	Almirante Brown	Municipalidad	Leonardo Rosales 1312	Sí
3	Berazategui	Club Aldana	Calle 126 301	Sí
3	Florencio Varela	Plaza La Esmeralda	Intendente Luis Villar 3626	Sí
3	Quilmes	Plaza Conesa	Lavalle 349	Sí
4	Esteban Echeverría	Plaza Mitre	Sofía Terrero de Santamarina 489	No
4	Ezeiza	Plaza Barrio Uno	Storni y Castellanos	Sí
4	La Matanza Sur	Plaza de González Catán	Av. José Equiza 4162	No
5	José C. Paz	Plaza Belgrano	Av. José Altube 1908	No
5	Malvinas Argentinas	Centro Cultural Cumelén	Jose Uriburu 5032	Sí
5	San Fernando	Parque del Bicentenario	Sarratea 960	No
5	San Miguel	Parque San Miguel	Gaspar Campos 4603	Sí
5	Tigre	Plaza San Martín	Sarmiento 510	No

6	Hurlingham	Sede Dirección de Reciclado	Verdi 3109	Sí
6	Ituzaingó	Delegación Norte	Martín Fierro 3367	Sí
6	Merlo	Plaza Fundador Don Francisco de Merlo	Av. Calle Real 317	Sí
6	Moreno	Parque Gaona	Av del Libertador 2166	Sí
6	Tres de Febrero	Plaza Leonardo Murialdo	Gaicho Cruz 5621	Sí
7	Campana	Plaza España	Boulevard Lavalle 530	No
7	Exaltación de la Cruz	Plaza San Martín	Bartolomé Mitre 350	No
8	Escobar	Supermercado mayorista Yaguar	Ruta Panamericana Km 42.5	Sí
8	Gral. Rodríguez	Plaza General Sarmiento	Intendente Manny 780	No
8	Luján	Punto Verde Municipal del Barrio Hospital	Belgrano 1250	Sí
8	Pilar	Hipermercado Carrefour	Av. Lagomarsino 905	Sí
9	Cañuelas	Plaza San Martín	Del Carmen 550	No
9	Gral. Las Heras	Municipalidad	Av. Villamayor 250	Sí
9	Marcos Paz	Estación de reciclado municipal	25 de mayo y Belgrano	Sí
10	Brandsen	Plaza San Martín	Av. Roque Sáenz Peña 750	No
10	Presidente Perón	Plaza La Yaya	Calle 115 488	No
10	San Vicente	Plaza Mariano Moreno	Bolívar 30	No
11	Berisso	Plaza Almafuerde	Calle 156 3550	No
11	Ensenada	Plaza Belgrano	La Merced 474	No
11	La Plata	Plaza Alsina	Calles 1 y 38	Sí

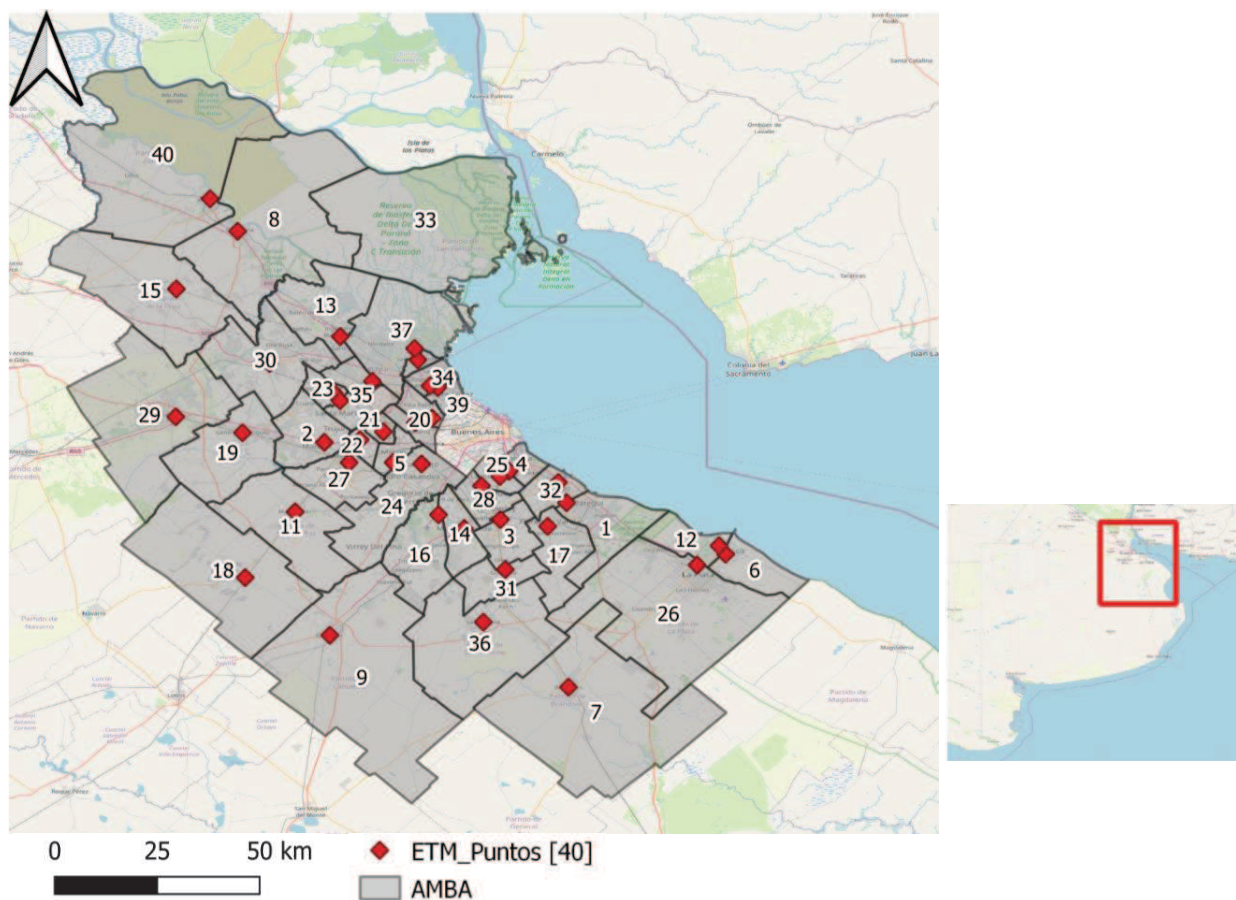


Figura 5-8. Localización de los puntos limpios (o Estaciones de Transferencia -ET-) receptores de los equipos de la Línea 2. Donde 1: Berazategui; 2: Moreno; 3: Almirante Brown; 4: Avellaneda; 5: Morón; 6: Berisso; 7: Brandsen; 8: Campana; 9: Cañuelas; 10: Malvinas Argentinas; 11: Marcos Paz; 12: Ensenada; 13: Escobar; 14: Esteban Echeverría; 15: Exaltación de la Cruz; 16: Ezeiza; 17: Florencio Varela; 18: General Las Heras; 19: General Rodríguez; 20: General San Martín; 21: Hurlingham; 22: Itzaingó; 23: José C. Paz; 24: La Matanza; 25: Lanús; 26: La Plata; 27: Merlo; 28: Lomas de Zamora; 29: Luján; 30: Pilar; 31: Presidente Perón; 32: Quilmes; 33: San Fernando; 34: San Isidro; 35: San Miguel; 36: San Vicente; 37: Tigre; 38: Tres de Febrero; 39: Vicente López; 40: Zárate.

## 5.6 Análisis de alternativas para el tratamiento

La gestión de RAEE es, en general, una actividad intensiva en mano de obra que genera una demanda significativa de empleo (MAyDS et al, 2020). Sin embargo, debido al creciente interés por la valorización de los RAEE, en el último tiempo han surgido alternativas de tratamiento automatizadas que compiten con la opción manual. Considerando que en el país las plantas de tratamiento de RAEE son escasas, y para enriquecer el análisis del diseño integral de la planta, a continuación, se compararon dos alternativas para el equipamiento y funcionamiento de la planta de tratamiento de RAEE, a saber:

- Alternativa 1: Planta manual.
- Alternativa 2: Planta manual-automatizada.

Estas alternativas compartirían la misma logística del plan de gestión, y sólo se diferenciarían en el tratamiento y los equipos empleados en la planta gestora de RAEE. Se compararon dos modalidades de producción: una modalidad que emplea pocos equipos y maquinarias y mucha mano de obra (Alternativa 1) y una modalidad híbrida entre la modalidad meramente manual y una modalidad contraria, que automatiza el proceso y cuenta con un staff menor de operarios (Alternativa 2). De esta forma, se enriqueció el análisis, al ahondar sobre dos formas distintas de funcionamiento y sobre distintas tecnologías disponibles.

Como se analizó en la sección “4.4 Tratamiento”, los equipos se tratan en dos etapas principales:

1. Etapa de descontaminación, en la que se remueven los motores, los gases refrigerantes, los aceites y los compuestos peligrosos de las heladeras y los compuestos peligrosos de los accesorios informáticos. Estos se acopian y reciben un tratamiento a cargo de gestores autorizados externos a la planta.
2. Etapa de desmontaje y tratamiento de las distintas corrientes de materiales, en la que estos se procesan (mediante trituración, molido, compactación y/o acondicionamiento) buscando obtener cantidades homogéneas por tipo de corriente de materiales.

Las dos alternativas compartirían la primera etapa, ya que, teniendo en cuenta la peligrosidad de los componentes, es recomendable que esta se realice de manera manual.

En el caso de contar con una planta manual (Alternativa 1), los múltiples operarios que trabajan allí retirarán las carcasas de los equipos; removerán los materiales peligrosos, los plásticos, metales, vidrios y demás sustancias y las segregarán por tipo de materia prima. Es decir, los procesos de desmontaje, prensado y acondicionamientos de materiales se realizarán manualmente y sólo algunos procesos (el procesamiento de cables y la compactación o el prensado) se efectuarán con equipos (Figura 5-9).



Figura 5-9. Proceso manual de la Alternativa 1. Recuperado de Fernández Protomastro, 2009.

En cambio, la planta manual-automatizada (Alternativa 2) prevé la instalación de una planta con mayor grado de automatización para el triturado y valorización de materiales y contará con un staff menor de operarios. Una vez descontaminados los equipos, estos se elevarán por una cinta transportadora a un sistema de trituración, al que se le asociarán sistemas de separación vibratoria y magnética, para separar los materiales por tipo de componentes y granulometría. Conforme la salida, el material será segregado y embolsado. Dependiendo de las exigencias del mercado, los materiales obtenidos pueden requerir una refinación adicional, ya que los procesos automáticos tienen menor precisión en comparación con la remoción manual, aunque requiera más personal (Fernández Protomastro, 2009) (Figura 5-10). En otras palabras, el proceso automatizado consiste en la trituración indiferenciada de los RAEE y la posterior utilización de tecnologías que separan automáticamente las corrientes de chatarra ferrosa, chatarra no ferrosa y plásticos del resto de las materias primas (Fernández Protomastro, 2014).



Figura 5-10. Proceso automatizado de la Alternativa 2. Recuperado de Forrec, s.f.

### 5.6.1 Alternativa 1: Planta manual

La primera etapa de la Alternativa 1 corresponde a la descontaminación y desmontaje de los RAEE. Los elementos que no revisten características de peligrosidad (como las carcasas y los componentes interiores) se retirarán y movilizarán mediante una cinta transportadora. Por su parte, los residuos peligrosos obtenidos se almacenarán en los componentes adecuados hasta que sean enviados a gestores externos autorizados. Los gases refrigerantes y los aceites se almacenarán en bombonas separadas e identificadas; y el resto de los residuos peligrosos (luminarias, componentes electrónicos, PCB, sensores de mercurio, etc.), en contenedores plásticos separados.

La cinta transportadora conducirá los componentes no peligrosos obtenidos hasta el sector de clasificación, donde se clasificarán los componentes de acuerdo con el tipo de materia prima. Luego, siguiendo esta clasificación, se almacenarán en distintos contenedores. Los residuos asimilables a urbanos y los componentes y montajes electrónicos no deberán recibir mayores tratamientos, quedando a la espera de ser enviados a sus destinos correspondientes. Por su parte, los materiales recuperables se dirigirán a la zona de compactación mediante carros. Allí, los metales y plásticos serán compactados y los vidrios serán triturados, con el objetivo de reducir el volumen y los costos asociados al transporte. Luego, se pesarán, enfardarán y almacenarán, obteniéndose listos para su comercialización. La Figura 5-11 presenta el diagrama de flujo de la Alternativa 1.

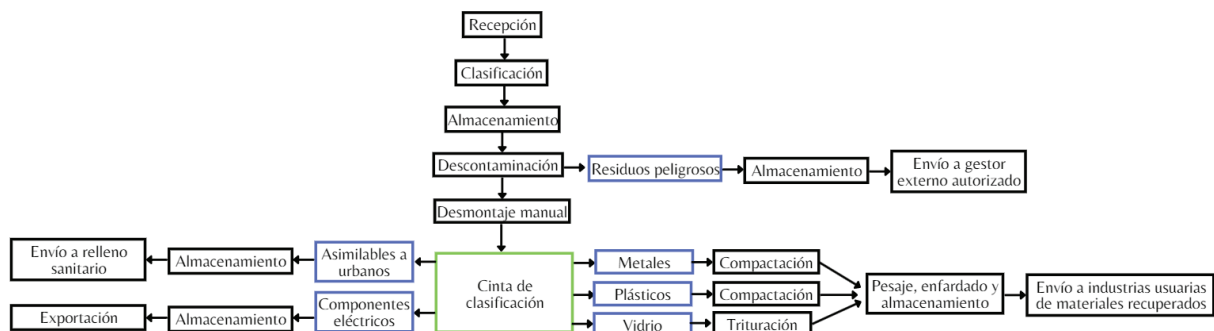


Figura 5-11. Diagrama de flujo de la Alternativa 1.

A continuación se listan los equipos que requiere la Alternativa 1:

- Bomba de vacío.
- Cinta transportadora.
- Destornilladores, herramientas neumáticas y de corte.
- Vehículos autoelevadores.
- Compactadora de plásticos.
- Compactadora de metales.
- Trituradora de vidrios.
- Recicladora de cables.

A continuación, se proveen mayores detalles de algunos equipos sugeridos.

1. Compactadora de plásticos: prensa vertical para plásticos marca DEISA (Desarrollos de Equipos Industriales SA) modelo EV05 de dimensiones 1.5 X 1 X 2.95 m (Figura 5-12) y que forma fardos de dimensiones 0.9 X 0.6 X 0.9 m.



Figura 5-12. Prensa vertical para plásticos marca DEISA. Recuperado de Desarrollos de Equipos Industriales SA, 2021.

2. Compactadora de metales: prensa horizontal marca DEISA modelo EL01 de dimensiones 0.4 X 0.35 X 0.4 m (Figura 5-13) y que forma fardos de dimensiones 0.4 X 0.35 X 0.4 m.



Figura 5-13. Prensa horizontal para metales marca DEISA. Recuperado de Desarrollos de Equipos Industriales SA, 2021.

3. Trituradora de vidrios DEISA modelo MM350 de dimensiones 1.4 X 1.7 X 1 m (Figura 5-14) con capacidad para procesar 1tn/hr de vidrios.



*Figura 5-14. Trituradora de vidrios análoga marca Abecom. Recuperado de AbyPer SA, s.f.*

4. Recicladora de cables marca Daniel Ingeniería de dimensiones 0.4 X 0.2 X 0.5 m (Figura 5-15) .



*Figura 5-15. Máquina recicladora de cables marca Daniel Ingeniería. Recuperado de Daniel Ingeniería, s.f.*

#### 5.6.2 Alternativa 2: Planta manual-automatizada

Como ya se explicó, la Alternativa 2 combina el trabajo manual con el trabajo de determinadas máquinas que automatizan los procesos de transporte, trituración y separación.

Las primeras etapas del tratamiento corresponden a la recepción, clasificación y almacenamiento de los equipos. Luego, en el caso de la Línea 1, se realizará el corte de las carcasas, la extracción de los componentes peligrosos y la separación de piezas de valor como los circuitos impresos, cables y fuentes de alimentación, lo que evitará posibles pérdidas en la siguiente etapa de trituración. El procedimiento de la descontaminación y extracción de componentes de valor se repetirá para los equipos de la Línea 2. En



el caso de los monitores LCD y TRC, estos deben desmontarse manualmente. De los primeros sólo se recuperarán los plásticos, cables, metales, PCI y demás elementos que pueden extraerse sin dañar los cristales líquidos ni los tubos fluorescentes que se utilizan para la iluminación. Por su parte, las carcasas, yugos y bandas metálicas de los monitores TRC se triturarán, pero los TRC se segregarán para su envío a un gestor autorizado a tratar residuos peligrosos.

Luego, los elementos remanentes de la Línea 1 y de la Línea 2 confluirán hasta una primera trituradora, que entregará una corriente con tamaño de salida alrededor de 50-80 mm. Esta corriente se someterá a una segunda trituración, que reducirá el tamaño de salida hasta 5-10 mm, lo que garantizará la eficiencia del proceso de separación posterior. La corriente triturada se dirigirá hasta un separador magnético de banda, que, gracias a su atracción magnética, separará los metales ferrosos de la corriente. Los metales no ferrosos y no metales proseguirán hacia un separador de Foucault, que los segregará entre sí. Una vez lograda esta separación, cada corriente pasará por sus respectivos separadores vibrantes. El separador vibrante de la corriente de metales no ferrosos la separará en aluminio y cobre; y el separador vibrante de la corriente de no metales separará los plásticos del resto de los materiales (vidrio, gomas, metales sin valor, restos). El plástico mezcla, los metales ferrosos, el cobre y el aluminio serán pesados, enfardados y almacenados hasta ser enviados a las industrias usuarias de materiales recuperados. Por su parte, la corriente de restos será almacenada para su posterior disposición final ambientalmente responsable. Así, se obtendrán las diferentes corrientes trituradas y listas para su pesaje, enfardado y almacenamiento previo al envío a las industrias reutilizadoras. La Figura 5-16 presenta el diagrama de flujo genérico de la Alternativa 2, y la Figura 5-17 y Figura 5-18, el diagrama de flujo de la Línea 1 y de la Línea 2, respectivamente.

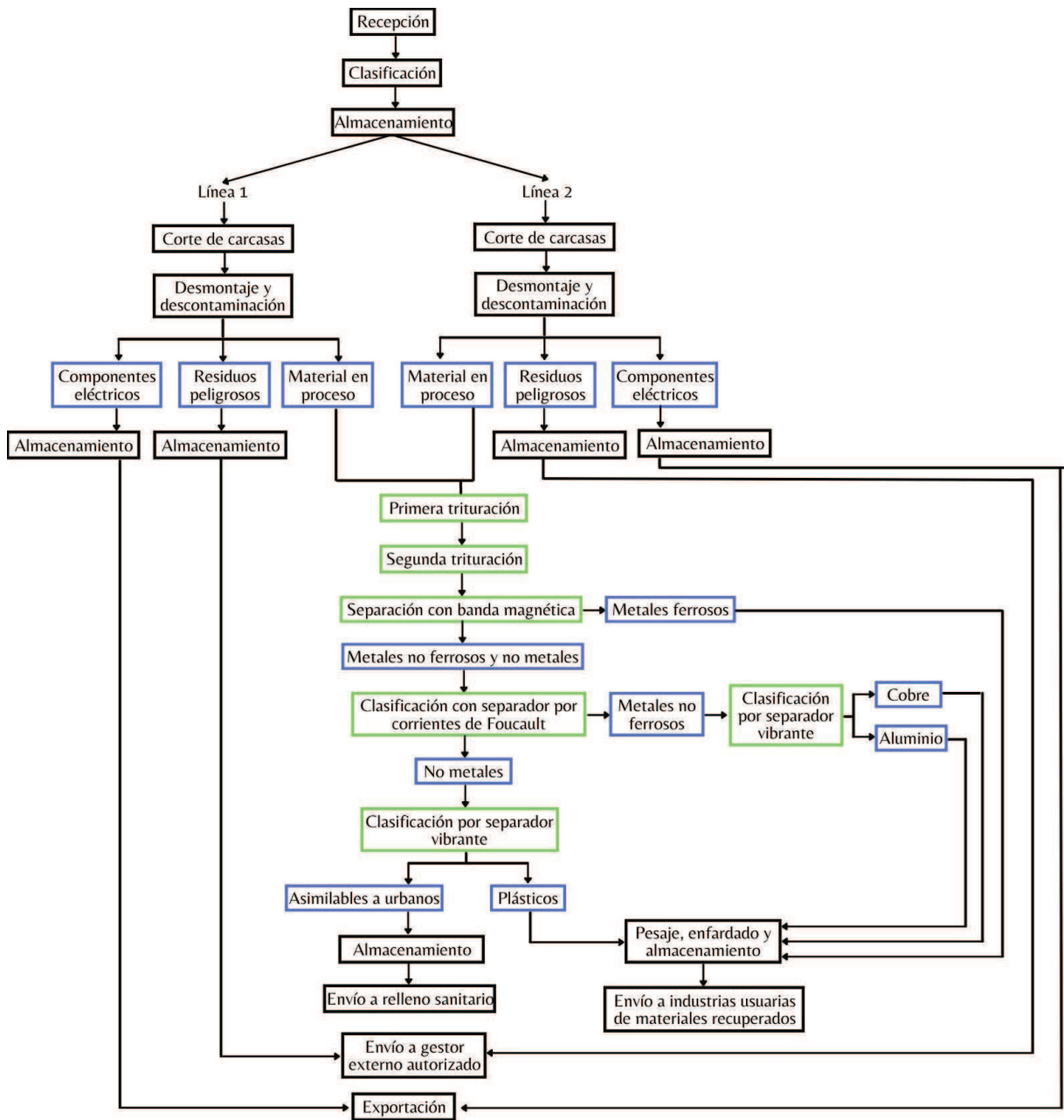


Figura 5-16. Diagrama de flujo genérico de la Alternativa 2.

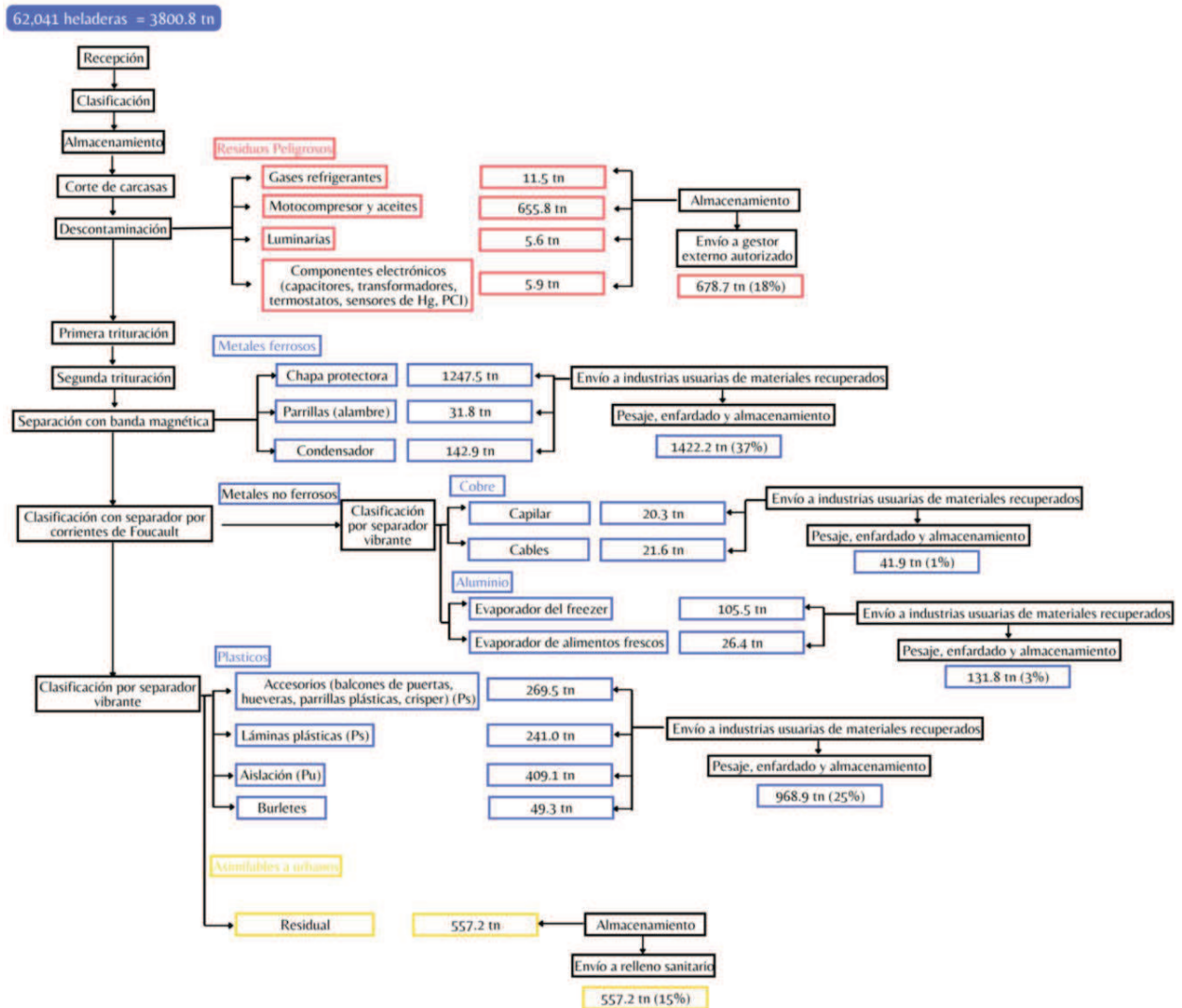


Figura 5-17. Diagrama de flujo de la Línea 1 de la Alternativa 2. Se indican las toneladas de ingreso y egreso de cada material.

1,077,412 notebooks = 2693.5 tn

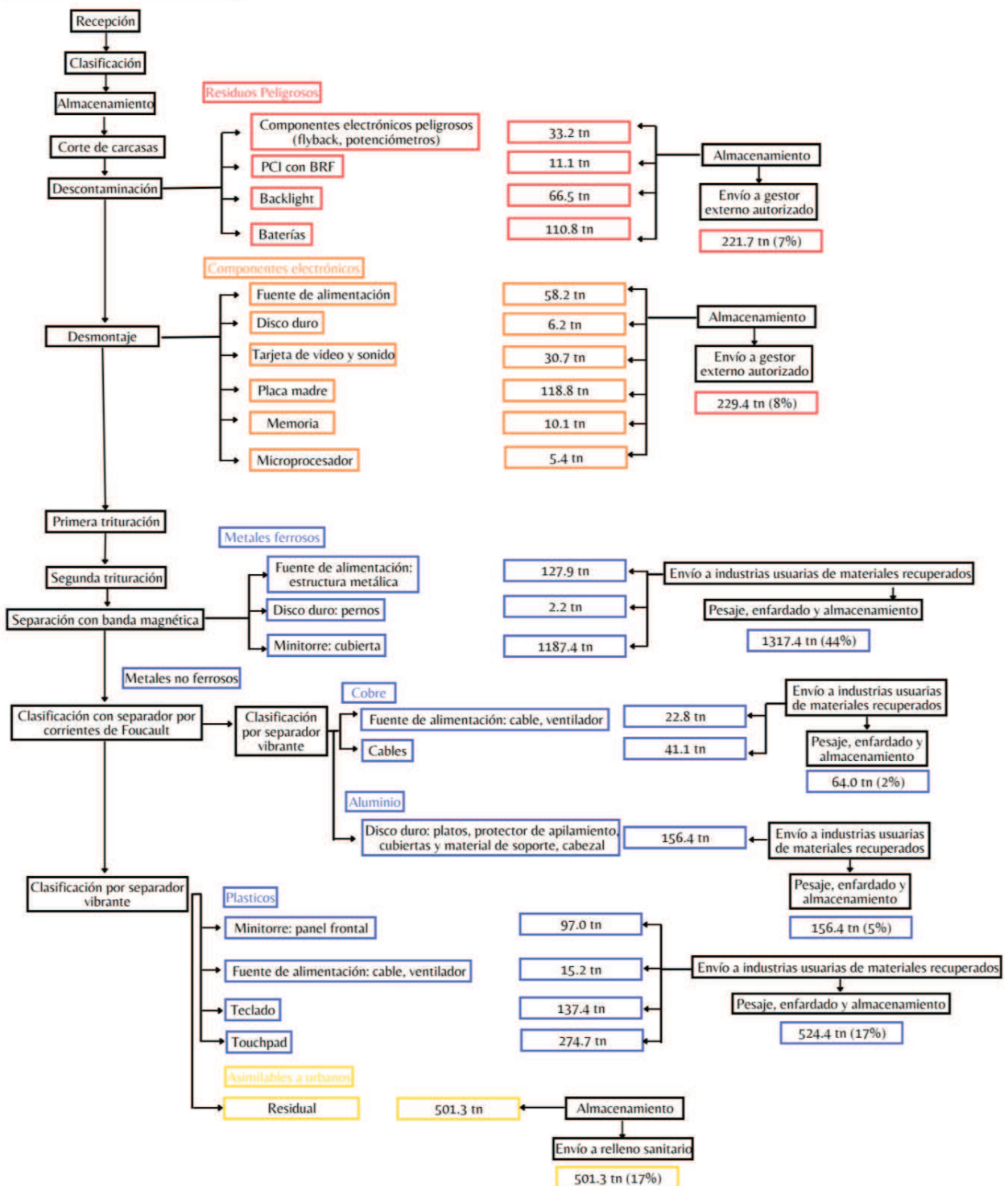


Figura 5-18. Diagrama de flujo de la Línea 2 de la Alternativa 2. Se indican las toneladas de ingreso y egreso de cada material.

La Figura 5-19 resume el balance de masa de las corrientes de materiales obtenidas gracias al tratamiento de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos.

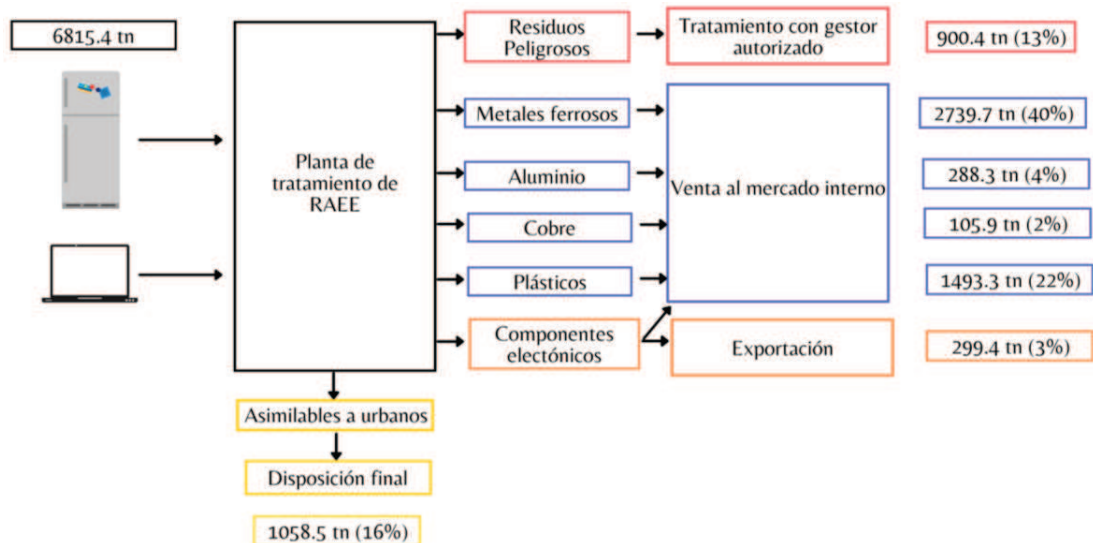


Figura 5-19. Balance de masa del tratamiento de la Línea 1 y Línea 2. Toneladas de ingreso y toneladas de salida de cada corriente de material.

Para realizar las operaciones descritas, la Alternativa 2 requiere los siguientes equipos:

- Bomba de vacío.
- Cinta transportadora.
- Destornilladores, herramientas neumáticas y de corte.
- Vehículos autoelevadores.
- Trituradora primaria.
- Trituradora secundaria.
- Separador de banda magnética.
- Separador por corrientes de Foucault.
- Separador vibrante.

1. Trituradora primaria marca GEP ECOTECH modelo GF9 de dimensiones totales 3 X 2 X 2.8 m (Figura 5-20), que obtiene un tamaño de salida alrededor de 80-50 mm.



Figura 5-20. Trituradora primaria marca GEP ECOTECH modelo GF9. Recuperado de GEP ECOTECH, 2021.

2. Trituradora secundaria marca GEP ECOTECH modelo DK-1000 de dimensiones 1.8 X 1.75 X 2.2 m (Figura 5-21), que obtiene un tamaño de salida entre 5-10 mm.



Figura 5-21. Triturador secundario marca GEP ECOTECH modelo DK-1000. Recuperado de GEP ECOTECH, 2021.

3. Separador de banda magnética marca Magnapower modelo R7 y de dimensiones 1.0 X 0.7 X 1.7 m (Figura 5-22).



Figura 5-22. Separador magnético de banda. Recuperado de Magnapower, 2022.

4. Separador por corrientes de Foucault marca Magnapower modelo ECS 900 de dimensiones totales 1.5 X 2.15 X 2.2 m (Figura 5-23).

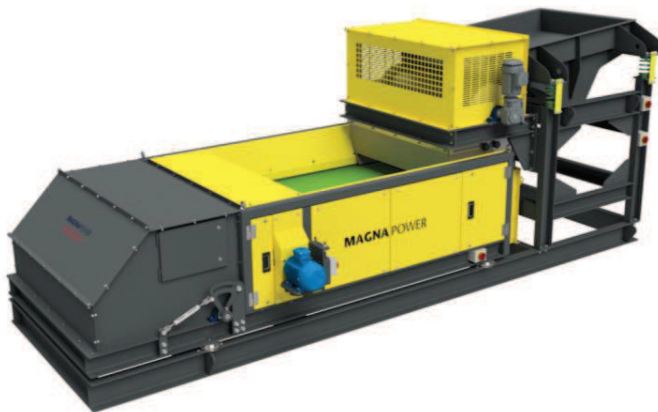


Figura 5-23. Separador magnético por corrientes de Foucault. Recuperado de Magnapower, 2022.

4. Separador vibrante marca CNC MAT de dimensiones 1.2 X 3.6 X 1.5 m (Figura 5-24).

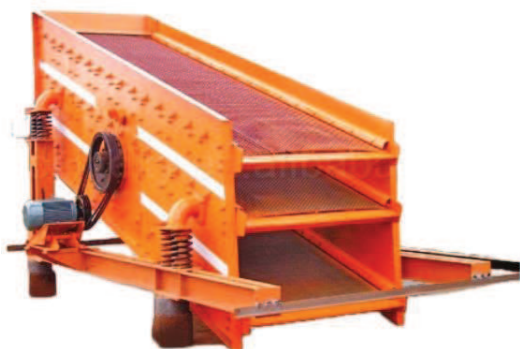


Figura 5-24. Criba vibratoria análoga marca Dehong machine Screening modelo YK1236. Recuperado Dehongjiqi, 2022.

### 5.6.3 Comparación entre las alternativas

A fin de comparar las alternativas 1 y 2 propuestas para el tratamiento de los residuos-e, se seleccionaron cuatro criterios, que se describen a continuación.

- **Eficiencia del proceso:** se considera eficiencia a la capacidad de lograr cierto efecto con el mínimo consumo de recursos (humanos, técnicos, económicos, temporales, etc.). El Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020) sostiene que el trabajo manual es más eficiente que el automatizado, ya que reduce las probabilidades de romper los componentes de los equipos, facilita la clasificación y aumenta las posibilidades de reutilización. Esto se explica por la presencia de componentes pequeños, soldados, encastrados y pegados, que dificultan su desmontaje. Sin embargo, para lograr las mismas capacidades de procesamiento, el proceso manual demanda más tiempo que el manual-automatizado. En otras palabras, la alternativa manual alcanza mejores resultados en mayor tiempo; mientras que los procesos automáticos obtienen no tan buenos resultados, a la vez que demandan mayores cantidades de energía para su funcionamiento.
- **Impacto ambiental negativo:** se considera impacto ambiental negativo a todo cambio neto generado en el ambiente como consecuencia directa o indirecta del funcionamiento de la planta gestora de RAEE que puede producir afecciones en la salud, el bienestar de las generaciones presentes o futuras, la capacidad productiva de los recursos naturales y/o los procesos ecológicos esenciales. Para funcionar, las máquinas automatizadas consumen energía eléctrica, que se obtiene de la quema de combustibles fósiles, lo que genera impacto ambiental negativo en su extracción, refinamiento, transporte y almacenamiento, además de ser un recurso no renovable. Por otro lado, se trata de equipos ruidosos, y el aumento del ruido por cierto nivel genera deterioro ambiental, afectación y ahuyentamiento de la fauna y afectación a la salud de los trabajadores. Sin embargo, puede afirmarse que el proceso manual-automatizado es más eficaz que el proceso manual al evitar más impactos ambientales negativos asociados a la producción de AEE. Esto es porque logra recuperar en menor tiempo mayor cantidad de materiales valorizables que el proceso manual, con lo cual, evita una mayor cantidad de los impactos ambientales negativos asociados a la extracción de las materias primas necesarias para dar origen a los AEE.
- **Impacto ambiental positivo:** se considera impacto ambiental positivo a todo cambio neto generado en el ambiente como consecuencia directa o indirecta del funcionamiento de la planta gestora de RAEE que puede producir beneficios en la salud, el bienestar de las generaciones presentes o futuras, la capacidad productiva de los recursos naturales y/o los procesos ecológicos esenciales. Teniendo en cuenta que la alternativa manual-automatizada logra recuperar más materiales en comparación a la alternativa manual, puede destacarse que el consecuente impacto ambiental positivo será mayor. Esto se evidenciará, mayormente, en la menor cantidad de residuos destinados al relleno sanitario y la protección de la salud de los gestores de RAEE y de los ecosistemas.
- **Análisis económico:** este criterio se apoya sobre 2 aspectos: la inversión de la planta y la ganancia posterior obtenida por la comercialización de materiales.



- a. Inversión: se comparó el precio de inversión de la alternativa manual y de la alternativa automatizada, tomando como base que ambas alternativas tendrán la misma capacidad de procesamiento y lograrán los mismos valores de valorización de materiales. La Tabla 5-XX presenta los equipos exclusivos de cada alternativa y sus precios de venta. De la comparación, se obtuvo que la planta manual requiere una inversión sustancialmente menor a la planta manual-automatizada.

Tabla 5-XX. Equipos necesarios e inversión diferencial necesaria para cada una de las alternativas. Realización propia a partir de Basterra et al, 2019; CNCMAT, 2022; Daniel Ingeniería, 2022; DEISA, 2021, Forrec, s.f., GEP ECOTECH, 2021 y Magnapower, 2022.

Equipos necesarios	Inversión (USD)	
	Alternativa 1	Alternativa 2
Compactadora de plásticos DEISA EV05	17,400	-
Compactadora de metales DEISA EL01	17,600	-
Trituradora de vidrios DEISA MM350	23,900	-
Máquina recicladora de cables Daniel Ingeniería	7,000	-
Trituradora primaria marca GEP ECOTECH modelo GF9	-	112,000
Trituradora secundaria marca GEP ECOTECH modelo DK-1000	-	92,000
Banda magnética	-	17,590
Separador por corrientes de Foucault	-	52,500
Separador vibrante	-	15,800
TOTAL	65,900	289,890

- b. Ganancia obtenida de la comercialización de materiales comercializados: de acuerdo con Fernández Protomastro (2009), los principales refinadores de metales pagan más por los materiales desmontados manualmente que aquellos que provienen de procesos de triturado. Sin embargo, teniendo en cuenta que los tiempos de procesamiento de la alternativa manual son significativamente más lentos que los de la alternativa manual-automatizada, puede afirmarse que, para el mismo período temporal, las ganancias obtenidas con la segunda alternativa serán mayores que a las de la primera.

- **Nivel de empleo:** compara el nivel de empleo generado por el funcionamiento de la planta de tratamiento. Si se compara una alternativa manual con una meramente automatizada, se observa que existe una diferencia significativa en el número de empleados. Siendo Argentina un país que requiere generar puestos de trabajo, la opción manual resultaría más atractiva frente a una automatizada. Sin embargo, como la segunda alternativa planteada es manual-automatizada y no meramente automatizada, el funcionamiento de la planta de tratamiento también promueve un importante número de puestos de trabajo. Además de los puestos directos creados, también surge un número de empleos indirectos (como personal de capacitación, supervisión, seguridad, etc.), que debe ser tenido en cuenta.

La comparación realizada sugiere que los aspectos decisivos para elegir una alternativa son el impacto ambiental (positivo y negativo) y el análisis económico. En un primer análisis, podría suponerse que la alternativa manual-automatizada genera mayor impacto ambiental negativo que la alternativa manual. Esto es cierto si sólo se analizaran los impactos directos. Sin embargo, al considerar también los impactos indirectos (como los asociados a la producción de AEE), puede afirmarse que la alternativa manual-automatizada conlleva a menores impactos ambientales negativos. Asimismo, se le asocian a esta

alternativa mayores impactos ambientales positivos. Por otro lado, la inversión de la alternativa manual-automatizada es sustancialmente mayor a la primera alternativa. A pesar de esto, las ganancias percibidas por la segunda alternativa serán mayores, con lo que la mayor inversión será recompensada y permitirá obtener mayores ganancias netas. A su vez, considerando la importancia reciente que está cobrando la gestión de RAEE, existe la posibilidad de acceder a créditos que permitirán afrontar dicha inversión, por lo que no debe ser una limitación. Teniendo en cuenta estos factores, se recomienda adoptar la Alternativa 2 (manual-automatizada).

### 5.7 Tratamiento de residuos valorizables

Luego del tratamiento de los residuos-e, se conseguirán cantidades significantes de metales ferrosos, metales no ferrosos y plásticos, lo que reafirmará su denominación de “minas urbanas”.

La recuperación de los metales se logrará en 2 etapas. La primera, a partir del desmontaje inicial, que segregará los cables y los componentes constituidos enteramente por metales. Por su parte, la segunda etapa corresponderá a las separaciones logradas por el separador de banda magnética y el separador de Foucault acoplado al separador vibrante.

Por su parte, los plásticos se obtendrán a partir del desmontaje de los RAEE y de la separación por corrientes de Foucault acoplado al separador vibrante. Estos serán almacenados y luego enfardados con el fin de ser comercializados entre las empresas que realizan su reciclado, o bien, entre aquellas que los utilizan en procesos de combustión (valorización energética). En particular, el poliuretano y poliestireno podrán enviarse para la producción de Combustibles Sólidos Recuperados (CSR), que se utilizan como combustible en la producción de cemento (Fernández Protomastro, 2013). Por otro lado, si hubiera plásticos que no pudieron clasificarse adecuadamente, estos podrán conformar bloques para construcción, cuya homologación se encuentra en análisis por la UNLP (Meffei et al, 2020).

Estos materiales valorizables serán recolectados en contenedores metálicos con ruedas de 2 m<sup>3</sup> (Figura 5-25/Figura 5-25. Contenedores metálicos propuestos para el almacenamiento de los residuos



Figura 5-25. Contenedores metálicos propuestos para el almacenamiento de los residuos valorizables. Recuperado de ConBacs, 2022.

valorizables. Recuperado de ConBacs, 2022. y Tabla 5-XXI).

Tabla 5-XXI. Dimensiones del contenedor metálico propuesto para el almacenamiento de los residuos valorizables. Recuperado de ConBacs, 2022.

Largo X ancho X alto (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
--------------------------	---------------------------

2.21 X 1.53 X 1.2	2
-------------------	---

La Tabla 5-XXII indica la cantidad diaria de materiales valorizables que pueden obtenerse a partir de la gestión de heladeras y notebooks, valor al que se llegó al multiplicar las cantidades de las sustancias valorizables detalladas en la sección “2.6 Componentes de los equipos” y la cantidad de equipos gestionada en cada zona hacia el año 2042. A partir de los elevados valores obtenidos, especialmente de metales ferrosos y plásticos, se reafirma la importancia de gestionar los residuos-e, ya que de caso, contrario, se estaría realizando minería inversa, enterrando sustancias que podrían ser aprovechadas.

*Tabla 5-XXII. Cantidad máxima de materiales valorizables obtenida a partir de la valorización de heladeras y notebooks descartados en cada zona, expresada en tn/año.*

Zona	Metales ferrosos	Aluminio	Cobre y bronce	Otros metales no ferrosos <sup>43</sup>	Metales preciosos <sup>44</sup>	Plásticos y polímeros
1	205.34	29.38	29.03	25.10	0.07	269.95
2	324.32	46.40	45.85	39.64	0.11	426.36
3	296.09	42.36	41.86	36.19	0.10	389.25
4	302.57	43.29	42.78	36.98	0.10	397.77
5	218.20	31.22	30.85	26.67	0.07	286.85
6	327.39	46.84	46.29	40.02	0.11	430.41
7	298.13	42.65	42.15	36.44	0.10	391.94
8	300.26	42.96	42.45	36.70	0.10	394.74
9	225.73	32.29	31.91	27.59	0.08	296.75
10	349.09	49.94	49.36	42.67	0.12	458.93
11	224.08	37.96	36.14	35.84	0.10	315.01
TOTAL	3,071.21	445.30	438.68	383.84	1.06	4,057.98

Para establecer el destino de los materiales valorizables, se realizó la Tabla 5-XXIII, que asigna a cada material, un destino preferencial y una empresa gestora con capacidad de reciclaje. Cabe destacar que la tabla mencionada no es exhaustiva. Además, como se indicó antes, actualmente muchos componentes electrónicos se exportan al hemisferio norte, donde se produce la refinación de los metales preciosos que contienen. En la Tabla 5-XXIII se incluyen empresas catalogadas como “Operador/Exportador de Residuos Peligrosos” y que se encuentran autorizadas para realizar su exportación respetando el Convenio de Basilea.

*Tabla 5-XXIII. Destino de los materiales valorizables de los RAEE en el AMBA. Realización propia a partir de Fernández Protomastro, 2013; FuturENVIRO, 2016 y OPDS, 2021.*

Material	Destino	Empresa gestora	Ubicación
Chatarra ferrosa	Complejos siderúrgicos, donde son reutilizados como insumos en los procesos de producción de metales ferrosos	Befesa Argentina SA	CABA, Av. Paseo Colón 728
		Industrias Dalafer SA	Quilmes, Avenida Tomás Flores 1946
		Silkers SA	Quilmes, General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes

<sup>43</sup> Principalmente: Plomo, Níquel, Magnesio, Antimonio, Cromo, Estaño, Zinc, Bismuto, Cobalto, Bario y Mercurio.

<sup>44</sup> Fundamentalmente: Plata, Oro y Paladio.

Chatarra no ferrosa	Planta de fundición, donde son reutilizados para obtener metales secundarios	Befesa Argentina SA	CABA, Av. Paseo Colón 728
		Industrias Dalafer SA	Quilmes, Avenida Tomás Flores 1946
		Silkens SA	Quilmes, General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes
Plásticos	Fabricantes de resinas para obtener plástico reciclado	Reciclar SA	Avellaneda, Sarandí, Heredia 3220
		Rexi Plast SA	La Matanza, La Tablada, Catriel 5158
		Alta Plástica SA	Pilar, Ruta 25 km 7,5
		Ecotecnia del Pilar	Pilar, Ruta 25 km 11
Poliuretano y poliestireno	Plantas de producción de Combustibles Derivados de Residuos (CDR)	ARX-Arcillex S.A.	José León Suárez, Salvador Debenedetti 8882
Cables y transformadores	Servicios técnicos o empresas dedicadas a la reutilización u obtención de cobre	Revidiego Alberto e Hijos SRL	Quilmes, Margarita Weild 3654
		Ingeniería Ambiental SA	San Francisco Solano, Av. Monteverde 2500
		Industrias Dalafer SA	Quilmes, Avenida Tomás Flores 1946
		Silkens SA	Quilmes, General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes
Plaquetas de Circuito Impreso y componentes electrónicos	Recuperación de metales base y preciosos	Befesa Argentina SA	CABA, Av. Paseo Colón 728
		Industrias Dalafer SA	Quilmes, Avenida Tomás Flores 1946
		Silkens SA	Quilmes, General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes
Vidrio	Reciclaje para la obtención de vidrio secundario	Rigolleau SA	Berazategui, Lisandro de la Torre 1651
Cartón y papel	Reciclaje para la obtención de materiales secundarios	Mercopel Recycling SA	Tres de Febrero, Caseros, Martín de Alzaga 3521

## 5.8 Tratamiento de residuos peligrosos



Dentro de la Planta de Tratamiento de RAEE, a partir de la descontaminación de equipos, se generarán residuos peligrosos. Para almacenarlos, se deben utilizar contenedores que cumplan con los siguientes requisitos establecidos por la Resolución N°177/2017 del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable:

- Ser estancos y de materiales químicamente compatibles.
- Tener tapa o cierre e impedir el contacto y/ o la mezcla con otras sustancias.

- Poseer rótulo indeleble e inalterable, identificando el/los residuos peligrosos contenidos incluyendo la siguiente información: descripción, categorización (Y), característica de peligrosidad (H) y nombre del Generador.

Teniendo en cuenta la naturaleza de los residuos generados y los requisitos establecidos, se propuso utilizar los contenedores descritos en la Tabla 5-XXIV.

*Tabla 5-XXIV. Recipientes propuestos para almacenar los residuos peligrosos hasta su envío a un gestor autorizado. Realización propia a partir de Intervent, s.f. y Soldanet, s.f.*

<i>Tipo de residuo</i>	<i>Contenedor propuesto</i>	<i>Características</i>	<i>Figura ilustrativa</i>
Gases refrigerantes de las heladeras	Cilindros de 28 L	Marca: Soldanet Diámetro: 232 mm Longitud: 830 mm	
Aceites de las heladeras	Cilindros de 28 L	Volumen de carga: 7.0 m3 a 250 bar Capacidad de carga: 28 L/bar Material: acero sin costura, con su correspondiente válvula colocada y tulipa metálica para protección de la válvula.	
Residuos peligrosos sólidos	Recipiente plástico de residuos peligrosos de 120 L con ruedas.	Marca: Colombraro. Dimensiones: 53.5 cm X 48.5 cm X 91.5 cm Material de la estructura y de la tapa: Plástico Tipo de apertura: Bisagra	

Se utilizará un contenedor distinto para cada residuos generado, teniendo que estar cada uno debidamente identificado. Esto significa que se empleará un cilindro distinto para cada gas refrigerante, y lo mismo aplicará para los residuos peligrosos sólidos. Además, los contenedores estarán ubicados en el área específica, que estará correctamente señalizada y protegida. Esta zona debe cumplir con los requisitos establecidos por la Resolución N°177/2017 del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (presentados posteriormente en la sección “5.10 Planta de tratamiento inmediata”).

La Tabla 5-XXV presenta empresas gestoras de los residuos peligrosos en la provincia de Buenos Aires y las categorías de estos residuos que incluyen; la Tabla 5-XXVI describe las categorías incluidas.

*Tabla 5-XXV. Empresas gestoras de Residuos Peligrosos de la provincia de Buenos Aires. Realización propia a partir de OPDS, s.f.*

<i>Empresa</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Categoría de residuos</i>
Industrias Dalafer SA	Quilmes, Avenida Tomás Flores 1946	Y8, Y18 contaminada con Y20, Y22, Y23, Y25, Y26, Y27, Y29, Y31, Y34 e Y42
Silkers SA	Quilmes, General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes	Y18 contaminada con constituyentes Y20, Y21, Y22, Y23, Y25, Y26, Y27, Y29, Y31, Y35 e Y42

Oikoscrap SA	Quilmes, Camino General Belgrano km.10.5, Parque Industrial Tecnológico de Quilmes	Y18 contaminadas con Y20, Y22, Y23, Y25, Y26, Y27, Y31, Y34, Y35 e Y42
Pelco SA	Tigre, Saavedra 2875	Y18, Y20, Y21, Y22, Y23, Y25, Y26, Y27, Y29, Y31 e Y42
Qualita Servicios Ambientales SA	Campana, Camino Capilla del Señor s/n	Y22, Y23, Y26, Y29 e Y31

Tabla 5-XXVI. Categorías incluidas de la Ley Nacional N°24.051 y su descripción.

Clasificación	Categoría	Descripción
Corrientes de desechos	Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados.
	Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.
Desechos que tengan como constituyente	Y20	Berilio, compuesto de berilio.
	Y21	Compuestos de cromo hexavalente.
	Y22	Compuestos de cobre.
	Y23	Compuestos de zinc.
	Y25	Selenio, compuestos de selenio.
	Y26	Cadmio, compuestos de cadmio.
	Y27	Antimonio, compuestos de antimonio.
	Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
	Y31	Plomo, compuestos de plomo
	Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.
	Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados.	

Por otro lado, la Tabla 5-XXVI incluye la lista de gestores autorizados para el tratamiento de los gases refrigerantes de los equipos de frío.

Tabla 5-26. Empresas gestoras de gases refrigerantes en Argentina. Recuperado de Fernández Protomastro, 2014.

Empresa	Ubicación
Giacomino SA	Pepití 1972/96, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Ansal – Refrigeración SA	Otamendi 530, Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Frío Industrias Argentinas SA	Betbeder 138, Villa Mercedes, San Luis
Refrigeración Polar	Uruguay 6687, Boulogne, Buenos Aires
Frigofe	Av. 27 de febrero 2439, Rosario, Santa Fe
Cervetto Refrigeración	Lavalle 898, Río IV, Córdoba
Rebo Refrigeración	Mtro. Joaquín González 165, Neuquén, Neuquén
Hetzer Refrigeración SA	25 de Mayo 3775, Santa Fe, Santa Fe
Blimark SA	Acha 273, Mar del Plata

## 5.9 Tratamiento de residuos asimilables a urbanos

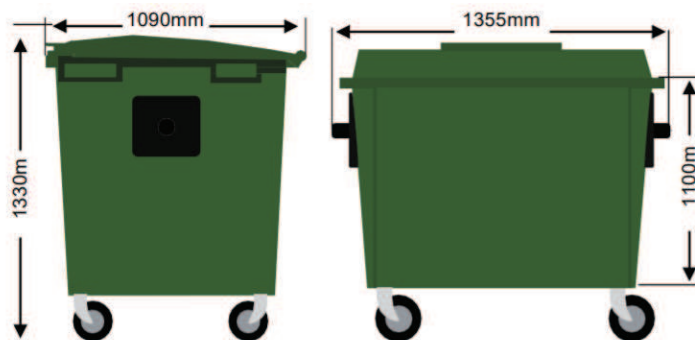
Por último, de la gestión de residuos-e también se obtendrán residuos que no tienen características de peligrosidad ni tampoco potencial de valorización elevado y que son asimilables a los generados en los domicilios urbanos. Estos residuos pueden recibir disposición final en relleno sanitario con la debida autorización municipal. La Tabla 5-XXVII indica la cantidad diaria de residuos asimilables a urbanos (o corriente denominada “restos”) obtenidos a partir de la gestión de heladeras y notebooks. Se remarca que la cantidad generada de estos de residuos asimilables a urbanos es despreciable frente a la cantidad de residuos valorizables, y en comparación con las prácticas realizadas actualmente (en ausencia de un plan de gestión y valorización de RAEE), al disminuir las cantidades de desechos vertidos en rellenos

sanitarios, se logra cumplir con el principio de jerarquía establecido para los RAEE y con los objetivos establecidos por la normativa.

*Tabla 5-XXVII. Peso diario expresado en kg de materiales asimilables a urbanos obtenido a partir de la gestión de heladeras y notebooks descartadas en cada zona.*

Zona	Restos
1	269.78
2	451.99
3	403.35
4	420.84
5	309.52
6	290.68
7	52.51
8	187.54
9	31.26
10	49.50
11	162.35
TOTAL	2,629.31

Tomando un valor medio de densidad de los residuos de 360 kg/m<sup>3</sup> (FIUBA, 2010), se obtuvo que el volumen diario de residuos a transportar diariamente es de 7.3 m<sup>3</sup>. Para almacenar transitoriamente los residuos destinados a disposición final dentro de la planta de tratamiento, se utilizarán contenedores de 1,100 L (Figura 5-26). Los residuos serán luego trasladados al camión recolector con una pala cargadora. En este punto es importante destacar que, como los residuos obtenidos no poseen materia orgánica en descomposición, a diferencia de los RSU, no se generarán lixiviados y tampoco se emitirán olores si los materiales son resguardados de la intemperie. Por este motivo, los requisitos de impermeabilización de la zanja no son tan exigentes como para un relleno sanitario.



*Figura 5-16. Dimensiones y esquema del contenedor de residuos destinados a relleno sanitario. Recuperado de ConBacs, 2022.*

Para realizar el transporte de los residuos, se utilizará un camión volcador marca Iveco, modelo Trakker 6x4 de capacidad 26 tn y 20 m<sup>3</sup> (Figura 5-27 y Tabla 5-XXVIII). Se deberá realizar un viaje cada tres días para transportar los residuos a disponer, o bien, dos viajes un único día, lo que facilitará la organización de la planta de tratamiento al establecer un día fijo a esta tarea.



Figura 5-17. Camión volcador a utilizar para el transporte de la corriente restos. Recuperado de Autoline, s.f.

Tabla 5-XXVIII. Dimensiones del camión volcador. Recuperado de Iveco, s.f.

Largo X ancho X alto (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Capacidad de carga (tn)
7.9 X 2.6 X 3.1	20	26

Los residuos domiciliarios se transportarán al centro de disposición final CEAMSE, que es el utilizado por la mayor parte de los municipios del AMBA. Este se ubica a 4.24 km de la planta de tratamiento de RAEE. Al igual que en la sección “5.4.2 Rutas de recolección”, se utilizó la Ecuación 5-VI para calcular el tiempo total de viaje, compuesto por el tiempo del tiempo de recorrido, el tiempo de recolección y el tiempo de descarga. La distancia recorrida se obtuvo con la herramienta “Análisis de redes” de QGIS; y a este valor se lo multiplicó por la velocidad recomendada por el software (menor a 50 km/h). Luego, se duplicó este valor (para considerar tanto el viaje de ida como el de vuelta) y se le adicionó un tiempo de recolección de 15 min y un tiempo de descarga de 25 min. Por su parte, para calcular el consumo de combustible del viaje, se multiplicó la distancia recorrida en por el consumo teórico de combustible. Se obtuvo un tiempo total de viaje de 1.1 hs (Tabla 5-XXIX) y un consumo de combustible de 2.8 L/semana (Tabla 5-XXX). El recorrido puede apreciarse en la Figura 5-28.

Tabla 5-XXIX. Tiempo total de viaje desde la planta de tratamiento hasta el centro de disposición final CEAMSE.

Tiempo recorrido (min)	Tiempo de recolección (min)	Tiempo de descarga (min)	Tiempo total (min)	Tiempo total (hs)
12.7	15.0	25.0	65.4	1.1

Tabla 5-XXX. Consumo de combustible desde la planta de tratamiento hasta el centro de disposición final CEAMSE (ida y vuelta).

Consumo de combustible (l/días)	Frecuencia de recolección (días/semana)	Consumo de combustible (l/semana)
2.8	1	2.8





Figura 5-18. Recorrido desde la planta de tratamiento hasta el centro de disposición final CEAMSE.

El relleno sanitario, como mínimo, debe contar con los siguientes elementos, adaptados de los postulados por Fernández Protomastro (2013):

- Sistema de impermeabilización de base y taludes de doble barrera.
- Sistema de captación, conducción y tratamiento de lixiviados.
- Sistema de detección de pérdidas.
- Sistema de captación y conducción de gases.
- Elementos de control de ingreso de agua de lluvia por escurrimiento.
- Sistemas de impermeabilización para la clausura.
- Planes de contingencia y un programa de monitoreo ambiental.

Asimismo, debe cumplir con los requisitos establecidos por la Ley Nacional N°24.051, a saber:

- Una permeabilidad del suelo no mayor de 10 cm/seg hasta una profundidad no menor de 150 cm tomando como nivel 0 la base del relleno de seguridad; o un sistema análogo, en cuanto a su estanqueidad o velocidad de penetración.
- Una profundidad del nivel freático de por lo menos 2 metros, a contar desde la base del relleno de seguridad.
- Una distancia de la periferia de los centros urbanos no menor que la que determine la Autoridad de Aplicación.
- Una franja perimetral cuyas dimensiones determinará la Autoridad de Aplicación.

## 5.10 Planta de tratamiento inmediata

La planta de tratamiento se ubicará sobre la calle 118 N°5511, en la localidad de Billinghamurst, partido de General San Martín, provincia de Buenos Aires. Se trata de una ubicación estratégica, ya que es cercana a la Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) -el relleno sanitario al que pueden destinarse las fracciones no reutilizables- y al casco residencial del partido de General San Martín. Esto se traduce en menores distancias recorridas y, por ende, menores gastos en la recolección de residuos. Además, la localización presenta un fácil acceso vehicular, lo que facilitará el ingreso y egreso de los camiones utilizados para el transporte de los equipos. La Figura 5-29 presenta la ubicación del predio.

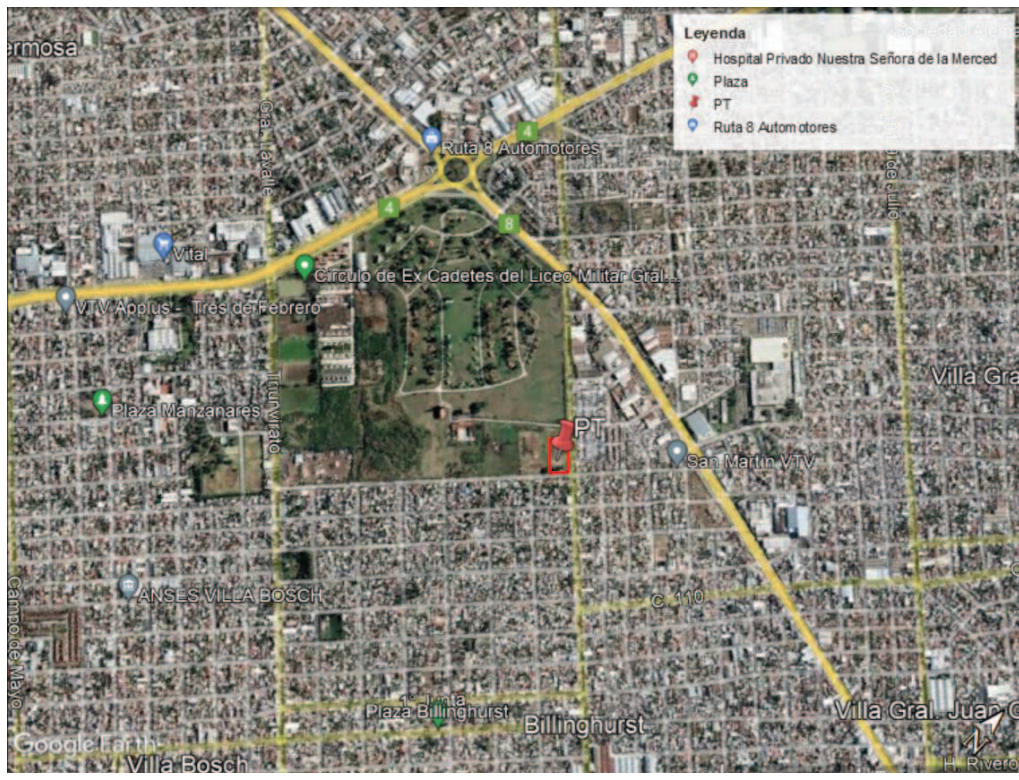


Figura 5-19. Localización de la Planta de Tratamiento de RAEE (PT).

En la Planta de Tratamiento no se transformarán químicamente los materiales y tampoco se aplicarán procesos térmicos, sino que se trabajará en seco, sin generar efluentes gaseosos o líquidos. El tratamiento radicará en lograr una correcta clasificación, segregación, agrupación, compactación y/o trituración de los materiales. Sin embargo, a pesar de esta relativa simplicidad en el proceso, se deberá brindar especial atención a que la planta cumpla con las medidas de higiene y seguridad establecidas para el personal empleado, el ambiente y la población involucrada. Por ello, se plantearon una serie de requisitos que mínimamente debe cumplir, siguiendo los lineamientos de Fernández Protomastro (2009), Fernández Protomastro (2013), Fernández Protomastro (2014), MinTIC (2008), MITECO (2016), la Resolución N°389/2010 de la OPDS, la Ley Nacional N°24.051 y la Ley N°14.321 de la provincia de Buenos Aires, a saber:

- Ser un local cerrado y techado, estar protegido de la intemperie y tener pisos impermeables y resistentes química y estructuralmente.
- Poseer un sistema de contención y recolección de líquidos.

- Disponer de buena ventilación.
- Contar con la instalación eléctrica necesaria y con la iluminación suficiente en el interior y exterior y sobre los bancos de trabajo.
- Tener las salidas de emergencia apropiadas.
- Contar con una puerta de acceso principal amplia y, al menos dos puertas de acceso que permitan la correcta circulación de equipos y operarios.
- Estar delimitado por un muro perimetral o barrera de árboles a una altura, que permita disminuir el impacto de la contaminación visual.
- Poseer andenes o rampas que permitan la carga y descarga de los equipos desde los camiones sin afectaciones al equipo y al hombre. Poseer explanadas o calles para la maniobra de los equipos de transporte.
- Contar con un sistema de tratamiento de efluentes cloacales que sea conforme con la reglamentación sanitaria y ambiental.
- Disponer de áreas que permitan el almacenamiento de residuos separados por sus características.
- Poseer un manifiesto que lleve registro de los flujos de equipos, componentes, materiales y residuos peligrosos que son generados en los procesos.
- Cumplir con las normas de Protección de Personal, Luces de Emergencia, Control de fuego. Disponer de un plan de emergencia para casos de vertidos o emisiones.
- Contar con un manual de operación, planes de contingencia y planes de capacitación.
- Cumplir con el conjunto de normas y permisos ambientales, de higiene y seguridad laboral y las habilitaciones municipales. Estar inscripto en el Registro Nacional de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos.
- Tener contratos con operadores que reutilicen, reciclen, revaloricen o dispongan finalmente de los RAEE.
- Emplear medidas de seguridad necesarias que prevengan el daño y el robo de los AEE y RAEE, así como de las fracciones obtenidas en los procesos de tratamiento.

Teniendo en cuenta los procesos implicados en la planta de tratamiento, se diseñó una planta subdividida en las siguientes áreas:

- Zona de descarga y acopio.
- Zona de depósito.
- Zona de procesamiento.
- Zona de envío.
- Zona de oficinas y servicios.

La zona de descarga y acopio se subdividió en sectores que delimitan las actividades allí desarrolladas, a saber:

- Zona de circulación vehicular y estacionamiento: playón destinado al tránsito, maniobra, estacionamiento y descarga de los camiones. Esta zona debe permitir la circulación de camiones de dimensiones considerables.
- Zona de circulación personal y maquinaria: superficie destinada a la circulación del personal autorizado y de los autoelevadores, zorras hidráulicas y demás medios de transporte necesarios para transportar los equipos y sus contenedores.

- Zona de clasificación y acopio: en esta zona primeramente, los AEE y RAEE reciben su correspondiente clasificación de acuerdo con el número de línea de tratamiento y el equipo en cuestión. Luego, estos se acopian siguiendo la clasificación anteriormente realizada. La zona debe tener las dimensiones necesarias para realizar las maniobras requeridas para clasificar los equipos y almacenarlos. Además, deberá proveer de racks para el almacenamiento de los equipos de menor tamaño (monitores, CPU, mouses, etc.). El área estará dividida en 2 depósitos:
  - Depósito 1: acopio de los AEE y RAEE de la Línea 1.
  - Depósito 2: acopio de los AEE y RAEE de la Línea 2.

Para determinar el área mínima necesaria de la zona de acopio de los equipos, se estimó el área ocupada por las heladeras y las notebooks recolectadas en cada zona, que se presenta en la Tabla 5-XXXI. Se llegó a estos valores a partir de las dimensiones de las heladeras y de los contenedores de las notebooks y de las frecuencias de recolección de cada zona. Por otro lado, considerando que las heladeras tienen una altura media de 1.60 m, es conveniente que la zona de acopio alcance una altura de 2 m.

*Tabla 5-XXXI. Área necesaria para acopiar los equipos en cada zona.*

Zona	Heladeras		Notebooks			Heladeras y notebooks
	Cantidad máxima diaria recibida (N°equipos)	Área ocupada (m2)	Cantidad máxima diaria recibida (N°equipos)	Cantidad máxima diaria recibida de contenedores (N°contenedores)	Área ocupada (m2)	Área total ocupada (m2)
1	64	26.13	8,871	18	21.65	47.77
2	96	39.28	13,337	27	32.54	71.82
3	87	35.70	12,121	24	29.58	65.28
4	84	34.58	11,739	23	28.64	63.22
5	64	26.13	8,871	18	21.65	47.77
6	96	39.28	13,337	27	32.54	71.82
7	87	35.70	12,121	24	29.58	65.28
8	84	34.58	11,739	23	28.64	63.22
9	64	26.13	8,871	18	21.65	47.77
10	96	39.28	13,337	27	32.54	71.82
11	63	25.67	12,121	24	29.58	55.25
TOTAL	886	362.46	126,465	253	308.57	671.03

Los equipos permanecerán acopiados bajo condiciones controladas, que impedirán la lixiviación de sus componentes y las pérdidas y/o roturas de materiales, hasta ser dirigidos a la zona de procesamiento, donde serán sometidos a los procesos detallados en la sección “5.6.2 Alternativa 2: Planta manual-automatizada”, conforme la capacidad de procesamiento de la planta y la línea de trabajo en cuestión. Los equipos de las Líneas 1 y 2 serán transportados de la zona de descarga y acopio hasta la zona de procesamiento en zorras playas (Figura 5-30).



Figura 5-30. Ejemplos de zorras playas para transportar los equipos hasta la zona de procesamiento. Recuperado de Emprendimientos XYCNCO SRL, s.f. y Taller Esperanza SRL, s.f.

En la zona de procesamiento habrá sectores diferenciados dependiendo la línea de tratamiento, pero también zonas comunes en las que los flujos de materiales de ambas líneas confluirán y recibirán un tratamiento unificado.

Como resultado de los tratamientos realizados, en la zona de procesamiento se obtendrán las siguientes corrientes:

1. Equipos y/o componentes destinados a la reutilización.
2. Corrientes de materiales recuperados (plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos y componentes electrónicos).
3. Residuos asimilables a urbanos.
4. Residuos peligrosos.

Estas corrientes se dirigirán hasta la zona de depósito, en la que permanecerán separados en las cuatro corrientes presentadas hasta partir hacia los destinos que les correspondan. Los subsectores de almacenamiento de las Corrientes 1 y 2 deben permanecer bajo condiciones que eviten la lixiviación de los componentes, el deterioro y las pérdidas y/o roturas de materiales y estar protegidos de la intemperie. Asimismo, dentro del subsector destinado a la Corriente 2 habrá una distinción entre los materiales destinados a la venta al mercado interno (plástico, metales ferrosos, metales no ferrosos y vidrio) y aquellos destinados a la exportación (plaquetas o tarjetas de circuitos integrados, discos duros, memorias RAM, procesadores).

Por su parte, la Corriente 3 debe permanecer en contenedores cerrados o tapados, para evitar la dispersión aérea de los residuos, del polvo y de partículas, así como también la posibilidad de generación y/o escurrimiento de lixiviados debido a las precipitaciones.

Por último, la Corriente 4, debido a sus características de peligrosidad, posee requisitos más estrictos que deben ser garantizados. Estos son establecidos por la Resolución N°177/2017 del Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable e incluyen los siguientes:

- Estar claramente delimitado, identificado y con acceso restringido utilizando cartelería con la leyenda “Acceso Restringido- Almacenamiento de Residuos Peligrosos”.
- Hallarse separado con distancias adecuadas de otras áreas de usos diferentes.
- Contar con piso o base impermeable y estar techado o poseer medios para resguardar los residuos peligrosos acopiados de la intemperie.
- Contar con un sistema de colección, captación y contención de posibles derrames con tapa o rejilla, que no permita vinculación alguna con desagües pluviales o cloacales.
- Poseer dimensiones acordes a la tasa de generación de residuos peligrosos y la periodicidad de los retiros.
- Realizar el acopio de los residuos peligrosos en recipientes estancos, de materiales químicamente compatibles, debidamente tapados o cerrados, impidiendo el contacto y/ o la mezcla con otras sustancias. Los recipientes también deberán poseer rótulo indeleble e inalterable, identificando el/los residuos peligrosos contenidos incluyendo la siguiente información: descripción, categorización (Y), característica de peligrosidad (H) y nombre del Generador.

La zona de envío es desde donde partirán los camiones que transportarán cada corriente hasta su destino indicado. Al igual que la zona de descarga y acopio, debe tener una superficie que permita el tránsito de distintos camiones de gran porte.

Por último, la zona de oficinas y servicios se subdividirá en:

- Sector de oficinas: incluye un sector destinado a las oficinas técnicas y administrativas.
- Sala de reuniones: consiste en una sala multipropósito, que puede servir para desarrollar reuniones, capacitaciones, exposiciones o eventos similares.
- Vestuarios: almacenará la vestimenta del personal y los Elementos de Protección Personal (EPP).
- Sanitarios.
- Comedor.
- Área recreativa y espacios verdes.
- Área de seguridad y recepción.

La Tabla 5-XXXII presenta la superficie requerida por cada sector. Se llegó a estos valores a partir de las dimensiones de los equipos incluidos en la Tabla 5-XX y de la información proporcionada por los documentos de Fernández Protomastro (2009), Fernández Protomastro (2013) y Sallqa Pacha et al (2021) adaptada a la superficie disponible en el predio seleccionado. Cabe destacar que la superficie obtenida para el acopio y el tratamiento de notebooks se incrementó un 30% contemplado en caso de recibir otros equipos informáticos. Además, se adicionó un 5% por seguridad.

*Tabla 5-XXXII. Superficie de los sectores y subsectores de la planta de tratamiento.*

N°	Sector y subsector	Área (m2)
1	Zona de descarga y acopio	4,770
1.1	Circulación vehicular, personal y de maquinaria	3,220
1.2	Estacionamiento	250

1.3	Clasificación	300
1.4	Acopio	1,000
1.4.1	Acopio Línea 1	388
1.4.2	Acopio Línea 2	612
2	Zona de procesamiento	1,100
	Línea 1. Corte de carcasas	150
	Línea 1. Desmontaje y descontaminación	100
	Línea 1. Pre-trituración y trituración	100
	Línea 2. Corte de carcasas	150
	Línea 2. Desmontaje y descontaminación	100
	Línea 2. Trituración	100
	Línea 2 (capacidad ociosa). Corte de carcasas	100
	Línea 2 (capacidad ociosa). Desmontaje y descontaminación	100
	Líneas 1 y 2. Separador magnético de banda	100
Líneas 1 y 2. Separadores vibrantes	100	
3	Zona de depósito	1,000
3.1	Depósito de equipos y/o componentes reutilizables	193
3.2	Depósito de materiales recuperables	269
3.3	Depósito de residuos asimilables a urbanos.	269
3.4	Depósito de residuos peligrosos	269
4	Zona de envío	500
5	Zona de oficinas y servicios	422
5.1	Oficina administrativa	50
5.2	Oficinas técnicas	50
5.3	Sala de reuniones	20
5.4	Vestuarios	15
5.5	Sanitarios	30
5.6	Comedor y cocina	30
5.7	Área recreativa y espacios verdes	222
5.8	Área de seguridad y recepción	5
TOTAL		7,791.95

## 5.11 Ampliación de la planta de tratamiento

Como se indicó anteriormente, este proyecto sostiene el Principio de Progresividad de la Ley General del Ambiente (Ley Nacional N°25.675) y el lineamiento de la Gradualidad planteado por la Resolución N°522/2016 del MAyDS. Se considera que, para lograr un plan de gestión integral de los residuos-e, es preciso iniciar incluyendo sólo algunas categorías de estos residuos y, en un futuro próximo, incluir progresivamente el resto de las categorías. Para realizar un análisis completo, se incluye a continuación una propuesta de ampliación de la planta de tratamiento ya descrita. Esta ampliación consiste en la construcción de módulos destinados al tratamiento y valorización del resto de las categorías de RAEE adaptadas de la clasificación propuesta por la Directiva Europea 2012/19/EU, Forti et al (2020) y la Universidad de las Naciones Unidas (Tabla 2-II). De esta forma, la propuesta consiste en la construcción inmediata de una planta de tratamiento dedicada a las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos, y en la construcción futura de un complejo destinado al tratamiento del total de los RAEE. El proyecto futuro consiste en una ampliación del predio libre de la planta de tratamiento “Minas de RAEE” de la calle 118 N°5511, localidad de Billinghamurst, partido de General San Martín (Figura 5-31). La Tabla 5-XXXIII describe la ampliación propuesta para la planta de tratamiento de residuos-e.

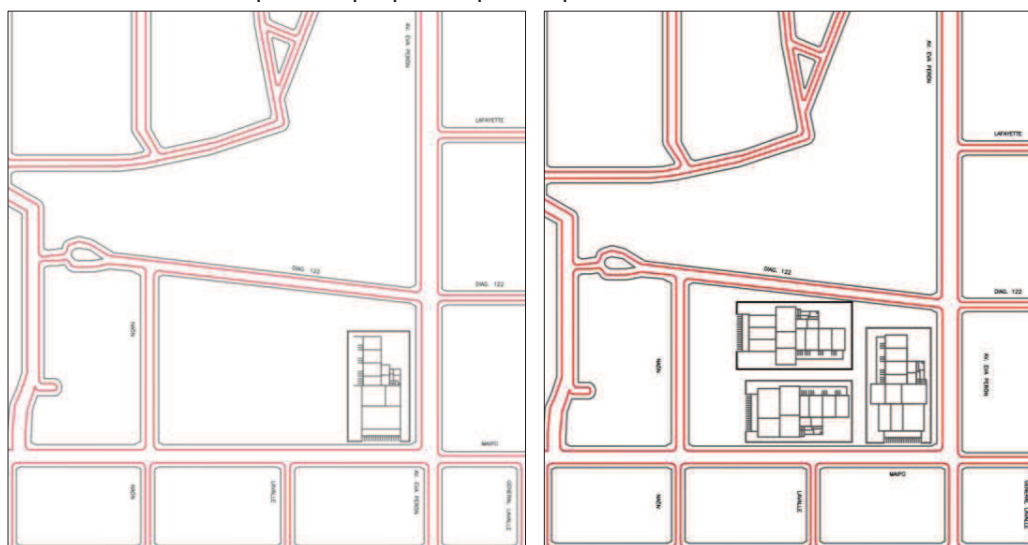


Figura 5-31. Izquierda. Plan inmediato de la planta de tratamiento de RAEE. Derecha. Plan futuro de la planta de tratamiento de RAEE.  
Tabla 5-XXXIII. Módulos incluidos en la ampliación de la planta de tratamiento de RAEE.

Módulo	Línea de tratamiento	Categoría de RAEE	Aparatos incluidos
1 (ampliado)	1	Aparatos de intercambio de temperatura	Heladeras, freezers, congeladores, aires acondicionados.
	2	Aparatos de informática y de telecomunicaciones pequeños	Computadoras, notebooks, mouses, teclados, televisores, tabletas, teléfonos, GPS, calculadoras, impresoras.
2	3	Grandes aparatos	Lavarropas, lavavajillas, hornos, secadoras, cocinas eléctricas, fotocopiadoras.
	4	Herramientas eléctricas	Sierras, herramientas eléctricas, herramientas electrónicas, taladradoras, máquinas de coser.
	5	Instrumentos de supervisión y control	Detectores de humo, reguladores de calefacción, instrumentos de control.



3	6	Pequeños aparatos	Tostadoras, aspiradoras, hornos microondas, ventiladores, estufas eléctricas, juguetes eléctricos y electrónicos (trenes eléctricos, consolas portátiles, videojuegos, material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos, etc.), cafeteras, relojes, afeitadoras eléctricas, balanzas, calculadoras, teléfonos, hervidores eléctricos.
	7	Equipos de imagen y sonido	Parlantes, radios, auriculares, videocámaras, cámaras, equipos de audio.
	8	Equipos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis; aparatos de laboratorio; aparatos médicos.

Los 3 módulos tendrán los mismos sectores que los del módulo 1 original, pero sus dimensiones se adaptarán a los tamaños de las corrientes procesadas en cada uno. La Tabla 5-XXXIV incluye la superficie requerida del complejo industrial del tratamiento de RAEE y la Tabla 5-XXXV la detalla.

Tabla 5-XXXIV. Superficie del complejo industrial destinado al tratamiento de RAEE.

N°	Sector y subsector	Área (m <sup>2</sup> )		
		Módulo		
		1 <sup>45</sup>	2	3
1	Zona de descarga y acopio	4,053	5,281	5,231
1.1	Circulación vehicular, personal y de maquinaria	2,203	3,231	3,481
1.2	Estacionamiento	250	250	250
1.3	Clasificación	300	300	300
1.4	Acopio	1,300	1,500	1,200
2	Zona de procesamiento	1,490	1,610	1,660
3	Zona de depósito	1,300	1,300	1,300
3.1	Equipos y/o componentes reutilizables	251	251	251
3.2	Materiales recuperables	350	350	350
3.3	Residuos asimilables a urbanos	350	350	350
3.4	Residuos peligrosos	350	350	350
4	Zona de envío	500	500	500
5	Zona de oficinas y servicios	449	449	449
5.1	Oficina administrativa	50	50	50
5.2	Oficinas técnicas	52	52	52
5.3	Sala de reuniones	30	30	30
5.4	Vestuarios	20	20	20
5.5	Sanitarios	35	35	35
5.6	Comedor y cocina	35	35	35
5.7	Área recreativa y espacios verdes	222	222	222
5.8	Área de seguridad y recepción	5	5	5
TOTAL (m <sup>2</sup> )		7,791.95	9,140.42	9,140.42

Tabla 5-XXXV. Detalle de la superficie del complejo industrial destinado al tratamiento de RAEE.

	Módulo 1 <sup>46</sup>	Módulo 2	Módulo 3
--	------------------------	----------	----------

<sup>45</sup> Ampliado.

<sup>46</sup> Ampliado.

	Sector y subsector		Área (m <sup>2</sup> )	Sector y subsector		Área (m <sup>2</sup> )	Sector y subsector		Área (m <sup>2</sup> )	
Descarga y acopio	Circulación vehicular, personal y de maquinaria		2,203	Circulación vehicular, personal y de maquinaria		3,231	Circulación vehicular, personal y de maquinaria		3,481	
	Estacionamiento		250	Estacionamiento		250	Estacionamiento		250	
	Clasificación		300	Clasificación		300	Clasificación		300	
	Acopio	Línea 1	504	Acopio	Línea 3	700	Acopio	Línea 6	400	
Línea 2		796	Línea 4		400	Línea 7		400		
			Línea 5		400	Línea 8		400		
Procesamiento	Línea 1	Corte de carcasas	225	Línea 3	Corte de carcasas	300	Línea 6	Corte de carcasas	300	
		Desmontaje y descontaminación	150		Desmontaje y descontaminación	150		Desmontaje y descontaminación	150	
		Pre-trituración y trituración	150		Segundo tratamiento	150		Segundo tratamiento	150	
	Línea 2	Corte de carcasas	225	Línea 4	Corte de carcasas	200	Línea 7	Corte de carcasas	200	
		Desmontaje y descontaminación	130		Desmontaje y descontaminación	100		Desmontaje y descontaminación	100	
		Trituración	150		Segundo tratamiento	100		Segundo tratamiento	100	
	Línea 2 <sup>47</sup>	Corte de carcasas	100	Línea 5	Corte de carcasas	150	Línea 8	Corte de carcasas	200	
		Desmontaje y descontaminación	100		Desmontaje y descontaminación	100		Desmontaje y descontaminación	100	
					Segundo tratamiento	100		Segundo tratamiento	100	
	Líneas 1-2	Primera separación	130	Líneas 3-5	Primera separación	130	Líneas 6-8	Primera separación	130	
		Segunda separación	130		Segunda separación	130		Segunda separación	130	
	Depósito	Equipos y/o componentes reutilizables		251	Equipos y/o componentes reutilizables		251	Equipos y/o componentes reutilizables		251
		Materiales recuperables		350	Materiales recuperables		350	Materiales recuperables		350
		Residuos asimilables a urbanos		350	Residuos asimilables a urbanos		350	Residuos asimilables a urbanos		350
Residuos peligrosos		350	Residuos peligrosos		350	Residuos peligrosos		350		
Envío	Zona de envío		500	Zona de envío		500	Zona de envío		500	
Oficinas y	Oficina administrativa		50	Oficina administrativa		50	Oficina administrativa		50	
	Oficinas técnicas		52	Oficinas técnicas		52	Oficinas técnicas		52	
	Sala de reuniones		30	Sala de reuniones		30	Sala de reuniones		30	
	Vestuarios		20	Vestuarios		20	Vestuarios		20	

<sup>47</sup> Capacidad ociosa.

	Sanitarios	35	Sanitarios	35	Sanitarios	35
	Comedor y cocina	35	Comedor y cocina	35	Comedor y cocina	35
	Área recreativa y espacios verdes	222	Área recreativa y espacios verdes	222	Área recreativa y espacios verdes	222
	Área de seguridad y recepción	5	Área de seguridad y recepción	5	Área de seguridad y recepción	5
TOTAL (m2)		7,791.95		9,140.42		9,140.42

## 5.12 Red de distribución de agua

En la siguiente subsección se realizó el diseño de la red de distribución de agua tanto de la planta de tratamiento original (“proyecto inmediato”) como de la ampliación propuesta (“proyecto futuro”).

Se define red de distribución de agua al conjunto de tuberías, accesorios y estructuras destinados a la conducción de agua potable para consumo doméstico, comercial, industrial, etc. (Gualtieri, 2017). La red debe tener capacidad suficiente como para asegurar la provisión continua de cierta cantidad de agua potable con una presión adecuada, que es fijada por la concesionaria de la zona. En el caso del proyecto en cuestión, la concesionaria es Agua y Saneamientos Argentinos SA (AySA), por lo que los criterios y adopciones realizadas a continuación coinciden con los que este organismo establece. Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La presión mínima de cualquier punto de la red debe ser de 10 mca.
- Las cañerías distribuidoras<sup>48</sup> deben ubicarse en las veredas; y las cañerías maestras<sup>49</sup>, en las calzadas, a menos que las interferencias lo impidan.
- Las cañerías pueden colocarse por vereda o por calzada, debiendo establecerse como mínimo a 1 m en sentido horizontal a las cañerías o cloacas pluviales paralelas, debiendo estar estas a mayor profundidad.

Para modelar la red de distribución de agua, se utilizó el programa EPANET 2.0, que fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para simular el comportamiento dinámico del agua dentro de un sistema de distribución (EPA, 2012). Además, se empleó el programa EPACAD 1.0.1, diseñado por la Universidad Politécnica de Valencia, para lograr la conversión entre los archivos generados.

### 5.12.1 Parámetros de diseño

#### 5.12.1.1 Proyección de población

Para dimensionar la red de distribución de agua, es necesario conocer cuál va a ser la población actual y futura que deberá ser abastecida mediante este sistema. En este proyecto, corresponde al número de trabajadores de la planta de tratamiento de RAEE desde 2023 hasta 2042.

<sup>48</sup> Cañerías distribuidoras o secundarias: cañerías de menor diámetro y que abastecen a las conexiones domiciliarias.

<sup>49</sup> Cañerías maestras o cabeceras: cañerías de mayor diámetro. Abastecen a las cañerías distribuidoras o subsidiarias y en algunos casos también directamente a las conexiones domiciliarias.

### 5.12.1.2 Caudal de diseño

En segundo lugar, se debe calcular el caudal de diseño, es decir, la cantidad de agua potable que la red proveerá. Para ello, se debe definir la dotación por habitante, las pérdidas, el coeficiente pico anual y el coeficiente pico horario.

- Dotación por habitante: corresponde al volumen diario de agua consumido por habitante y se expresa en L/hab.día. Este parámetro varía según el país, la provincia y la zona donde se proyecte la red y la utilización del agua. El Ente Nacional De Obras Hídricas De Saneamiento (ENOHSA) sugiere las dotaciones de diseño presentadas en la Tabla 5-XXXVI.

Tabla 5-XXXVI. Dotaciones de diseño propuestas por ENOHSA.

Uso	Dotación de diseño (L/hab.día)
Surtidor público	40
Conexión domiciliaria con medidor	150-250
Conexión domiciliaria sin medidor	150-300
Conexión comercial	Se calcula en función al número de empleados o locales sanitarios.
Conexión industrial	Se calcula en función al tipo de industria y al consumo real requerido.
Escuela	(20-100) L/alumno.turno
Hospital y/o clínica con internación	(200-300) L/cama.día

- Pérdidas: indican el porcentaje de agua transportada por la red, pero que no puede ser aprovechada por el sistema, ya sea por fallas estructurales, malas conexiones de juntas, etc. AySA estima que el 25% del agua provista corresponde a pérdidas. Las pérdidas pueden considerarse en la dotación si esta tiene en cuenta un consumo de agua incrementado para suplir las pérdidas.
- Coeficiente pico diario: refiere al incremento de consumo de agua correspondiente al día de mayor consumo, que generalmente, coincide con un día estival. AySA lo establece en 1.15.
- Coeficiente pico horario: indica el incremento de consumo de agua que se produce en la hora de mayor consumo, que suele ser en el mediodía. AySA lo establece en 1.5.

La Ecuación 5-VII indica el caudal de diseño que debe ser provisto para una cierta cantidad de habitantes o trabajadores.

Ecuación 5-VII. Cálculo del caudal de diseño de agua. Donde  $Q$ : caudal de diseño de agua (L/día),  $Dot/hab$ : dotación por habitante (L/hab.día),  $Hab$ : habitantes (hab),  $Cp_{diario}$ : coeficiente pico diario y  $Cp_{horario}$ : coeficiente pico horario.

$$Q = \frac{Dot}{Hab} \cdot Hab \cdot Cp_{diario} \cdot Cp_{horario}$$

### 5.12.1.3 Velocidad

Las velocidades admisibles se establecen en función del diámetro de las tuberías, tal como lo establece la Tabla 5-XXXVII. Velocidades menores o mayores a las presentadas deben ser justificadas; en particular, es importante que las velocidades sean menores a 1.8 m/s, ya que a mayor velocidad, aumenta la pérdida de carga, por lo que la presión mínima de la red podría comprometerse.

Tabla 5-XXXVII. Velocidades admisibles en función del diámetro nominal de la tubería. Donde DN: Diámetro Nominal.

DN (mm)	Velocidad (m/s)
* 200	0.3-0.9
250-500	0.6-1.3
> 600	0.8-1.8

#### 5.12.1.4 Diámetros

Los diámetros de las cañerías que van a conformar el sistema de provisión de agua deben obtenerse del cálculo de la red. Por su parte, las cañerías de diámetros de hasta 315 mm siguen la pendiente del terreno. Las cañerías mayores o iguales a 315 mm de diámetro adoptan pendientes a los efectos de simplificar la limpieza que estas podrían necesitar.

#### 5.12.1.5 Presión de servicio

Por un lado, AySA establece que la red de distribución debe asegurar en todo punto una presión mínima de 10 mca. Por otro lado, debe corroborarse que la presión dinámica no exceda la presión máxima de trabajo de acuerdo con el tipo y clase de cañería utilizada.

### 5.12.2 Elementos de la red

Los elementos de la red de agua son elementos de operación, que se colocan en cámaras para que se mantengan protegidos. A continuación, se incluyen algunos elementos de una red de distribución de agua.

#### 5.12.2.1 Válvulas de cierre

Las válvulas de cierre se utilizan para dividir la red en sectores que puedan aislarse en casos de fallas, tareas de mantenimiento o trabajos complementarios, sin afectar el servicio en el resto de las zonas. Se suelen utilizar válvulas esclusas (de cierre vertical).

#### 5.12.2.2 Válvulas de agua

En las tuberías principales de Diámetro Nominal (DN) mayor o igual a 100 mm sin conexiones domiciliarias se deben colocar válvulas de aire en los puntos altos de quiebre, así como también en las tuberías de DN mayor o igual a 300 mm. Su función es evitar que se produzca cavitación en las cañerías. Suelen ir en los puntos más elevados porque es allí donde se pueden generar presiones lo suficientemente menores como para que se forme vacío en las cañerías.

#### 5.12.2.3 Hidrantes

Se deben conectar sobre las tuberías de DN 75 mm o superior, en vereda, cercanos a las esquinas y con una distancia máxima de 200 m entre ellos. Luego del ramal de conexión debe colocarse una válvula esclusa de cierre del mismo diámetro que el del hidrante.

#### 5.12.2.4 Cámaras de limpieza

Son cámaras que se ubican en puntos bajos, de modo que permitan drenar y realizar la limpieza o la desinfección de la red de distribución de agua. Consisten en derivaciones de la tubería provistas de una válvula de cierre y de los elementos necesarios para alejar el líquido contenido en la red.

### 5.12.3 Metodología de cálculo y ecuaciones fundamentales

La metodología de cálculo se asienta sobre los lineamientos originalmente planteados por Hardy Cross. Esta metodología utiliza dos tipos de elementos en el diseño del sistema de distribución de agua: los nudos y los tramos. Los nudos representan conexiones y fuentes de agua (como depósitos de almacenamiento y tanques). Por su parte, los tramos representan cañerías, bombas y válvulas; y son los elementos que conectan los nudos. El conjunto de los nudos y los tramos forma una malla.

La metodología se asienta sobre la aplicación del Principio de Conservación de masa y energía en los nudos, por lo que, en primer lugar, puede plantearse la ecuación de continuidad en estos elementos. Esto significa que el caudal de agua que ingresa en un nudo debe ser el mismo al que egresa; o, lo que es lo

mismo, el caudal de agua transportado por las cañerías que se interconectan en un nudo debe ser igual al consumo de agua que se manifiesta en ese nudo.

En segundo lugar, como se trabaja con agua, que es un fluido incompresible y newtoniano, puede plantearse la ecuación de Bernoulli. Esta ecuación sostiene que a lo largo de una línea de corriente<sup>50</sup> de un escurrimiento permanente y unidimensional (como el escurrimiento del agua), la energía total en un punto cualquiera se mantiene constante y es igual a la suma de 3 energías:

1. Energía cinética: debido a la velocidad (V) que posee el fluido (Ecuación 5-VIII).

*Ecuación 5-VIII. Energía cinética del fluido. Donde  $E_c$ : energía cinética (m), V: velocidad del fluido en la sección considerada (m/s) y g: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).*

$$E_c = \frac{V^2}{2g}$$

2. Energía potencial: causada por la altitud (Z) del fluido con respecto a un plano de referencia (Ecuación 5-IX).

*Ecuación 5-IX. Energía potencial del fluido. Donde  $E_h$ : energía potencial (m), Z: elevación con respecto a un plano de referencia (m).*

$$E_h = Z$$

3. Energía de presión: debida a la presión (P) que ejerce el fluido (Ecuación 5-X). Este término es el que establece la calidad del servicio, ya que debe satisfacer la altura de presión mínima en los puntos de entrega del agua potable a las industrias, comercios, usuarios u otros receptores del servicio.

*Ecuación 5-X. Energía de presión del fluido. Donde  $E_p$ : energía de presión (m),  $\rho$ : densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>) y  $\gamma$ : peso específico (N/m<sup>3</sup>).*

$$E_p = \frac{P}{\rho g} = \frac{P}{\gamma}$$

Entonces, la ecuación de Bernoulli adquiere la expresión de la Ecuación 5-XI, que permite describir la relación entre la presión, la velocidad y la altura de un fluido en una sección considerada y, además, indica que la sumatoria de la energía del fluido es constante. Esto significa que los términos de energía cinética, potencial y de presión pueden modificarse intercambiando valores entre sí, pero siempre manteniendo la sumatoria total constante.

*Ecuación 5-XI. Ecuación de Bernoulli. Donde C: constante.*

$$E_c + E_h + E_p = C$$

A medida que un fluido circula por una tubería, experimenta una pérdida de energía debido a la fricción, a lo que se denomina “pérdida de carga” ( $\Delta J$ ). Para representar este fenómeno, es útil detenerse sobre los conceptos de “línea de energía total”, “línea de energía” (o “línea hidrodinámica”) y “línea piezométrica”, que representan ciertas energías que posee el flujo (Figura 5-32). La línea de energía total representa la suma de la energía cinética, potencial y de presión. Si a esta energía total se le restan las pérdidas de carga debido a la fricción, se obtiene la línea de energía, e indica la energía hidráulica

---

<sup>50</sup> Es decir, la curva que en todos los puntos es tangente al vector de velocidad de una partícula del fluido.

remanente del fluido que escurre en relación con el plano de referencia elegido. Por último, si además se deduce la energía potencial del líquido, se obtiene la línea piezométrica.

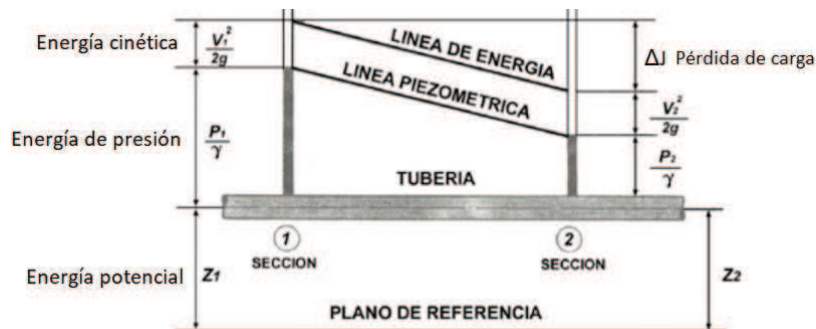


Figura 5-32. Representación de las líneas de energía total, de energía y piezométrica. Adaptado de Cortés, 2018.

Si se aplica la ecuación de Bernoulli del fluido entre los puntos 1 y 2 de la Figura 5-31, se llega a la expresión de la Ecuación 5-XII.

Ecuación 5-XII. Ecuación de Bernoulli de un fluido que circula entre los puntos 1 y 2 de una tubería. Donde \$P\_i/\rho g\$: presión expresada en "metros de columna de agua" (mca) en la sección \$i\$, \$v\_i\$: velocidad media en la sección \$i\$ (m/s); \$Z\_i\$: elevación con respecto a un plano horizontal de referencia (m) y \$\Delta J\$: pérdida de carga a lo largo del tramo 1-2.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta J_{1-2}$$

Las expresiones más utilizadas para calcular la pérdida de agua que circula por una tubería son las de Darcy-Weisbach (aplicable para cualquier tipo de líquido y flujo), Hazen-Williams (sólo aplicable al agua) y Chezy-Manning (aplicable para conductos en régimen laminar). La ecuación básica de las tres expresiones se presenta en la Ecuación 5-XIII.

Ecuación 5-XIII. Cálculo genérico de la pérdida de carga. Donde \$\Delta J\$: pérdida de carga, \$Q\$: caudal, \$A\$: coeficiente de resistencia y \$B\$: exponente del caudal.

$$\Delta J = A Q^B$$

Los valores de los parámetros \$A\$ y \$B\$ se definen en la Tabla 5-XXXVIII.

Tabla 5-XXXVIII. Fórmulas de pérdida de carga en tuberías a presión. Donde \$f\$: factor de fricción dependiente de \$\epsilon\$, \$D\$ y \$Q\$; \$\epsilon\$: coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach; \$D\$: diámetro de la tubería (m); \$Q\$: caudal (m3/seg); \$L\$: longitud de la tubería (m); \$C\$: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams y \$n\$: coeficiente de rugosidad de Chezy-Manning. Adaptado de EPA, 2012.

Fórmula	Coficiente de resistencia (A)	Exponente de caudal (B)
Darcy-Weisbach	$\frac{f(\epsilon, D, Q) 8 L}{g \pi^2 D^5}$	2
Hazen-Williams	$\frac{10.678 L}{C^{1.852} D^{4.871}}$	1.852
Chezy-Manning	$\frac{4^{10/3} n^2 L}{\pi^2 D^{16/3}}$	2

### 5.12.3.1 EPANET

Como ya se indicó, el programa EPANET permite modelar el comportamiento hidráulico y de la calidad de agua en redes de distribución a presión. Este programa realiza distintas simulaciones y permite determinar el caudal que circula por cada una de las cañerías y la presión en cada nudo, hasta dar con una dinámica

que dé cumplimiento a los requisitos establecidos (EPA, 2012). En su modelación, EPANET realiza las siguientes suposiciones:

- El fluido es incompresible y newtoniano.
- El flujo es unidimensional y permanente.

Por su parte, para contabilizar las pérdidas de energía por fricción, EPANET permite utilizar las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.

### 5.12.3.2 Sección de zanja típica

La sección de la zanja se determina en función al material y el diámetro de la cañería a utilizar (AySA, 2010). La Tabla 5-XXXIX presenta los anchos de zanja recomendados por la concesionaria de la zona en función al diámetro y el material. Por su parte, la Figura 5-33 presenta una representación de una sección de zanja típica para una cañería de PVC.

*Tabla 5-XXXIX. Anchos de zanja en función de los DN de las cañerías y de los materiales. Realización propia a partir de AySA, 2010.*

Diámetro nominal (DN) de la cañería (mm)	Material de la cañería	
	PVC	PEAD
	Ancho de zanja (mm)	
63	400	400
75	400	400
80	s/d	s/d
90	400	400
110	400	400
160	500	500
225	500	500
315	600	600
355	700	700
400	800	s/d
450	s/d	900



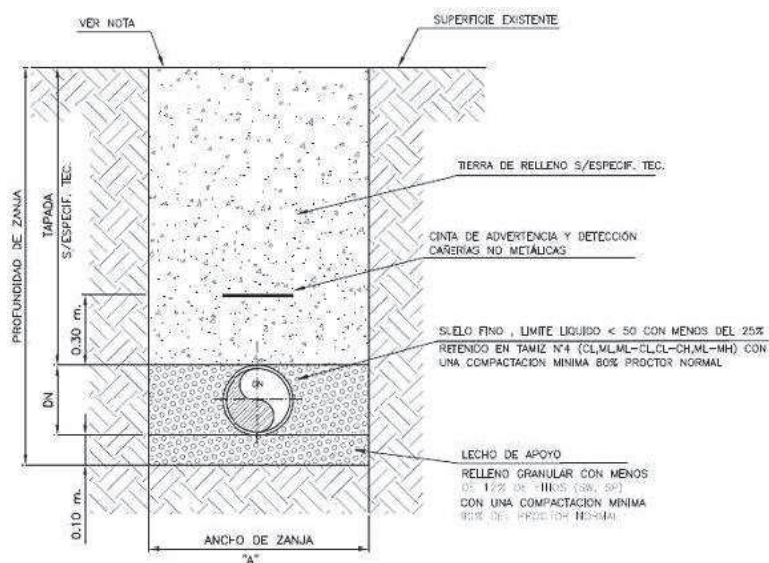


Figura 5-33. Sección de zanja típica para una cañería de PVC. Recuperado de AySA, 2010.

#### 5.12.4 Red de distribución de agua inmediata: memoria descriptiva

Para obtener el caudal de agua que deberá ser provista por la red, se adoptaron los valores incluidos en la Tabla 5-XL, que surgen de los lineamientos planteados por AySA y ENOHSA.

Tabla 5-XL. Parámetros adoptados en el diseño de la red de distribución de agua inmediata.

Parámetro	Unidad	Valor
Trabajadores	Hab	110
Dotación por trabajador	L/día.hab	100
Coefficiente pico diario	Adimensional	1.15
Coefficiente pico horario	Adimensional	1.5

Por su parte, para adquirir los datos topográficos necesarios, se contactó al Instituto Geográfico Militar (IGN), que proveyó la carta topográfica con los datos requeridos. Además, se trabajó con QGIS y Google Earth de forma de recopilar imágenes a una escala menor a 500 m, que permitieron detallar los anchos de vereda. Una vez obtenidas estas imágenes, se exportaron y escalaron a AutoCAD.

En cuanto a las características de las cañerías, se instalarán cañerías de PVC (Policloruro de Vinilo no Plastificado) clase 10 junta elástica. En la Tabla 5-XLI se detallan sus diámetros y cantidades.

Tabla 5-XLI. Cantidades requeridas de cañerías en la red de distribución de agua inmediata.

Diámetro Nominal de cañería	Longitud (m)
Cañería PVC Clase 10 $\phi$ 50 mm	44.70
Cañería PVC Clase 10 $\phi$ 63 mm	92.47

Además, la red contará con un hidrante y una válvula esclusa tipo Euro 20 de 63 mm de diámetro. El material empleado en las cañerías y en las piezas especiales destinadas a la conducción de agua potable cumplirá con los requisitos de las Normas IRAM correspondientes, que aseguran las propiedades necesarias para un correcto y duradero funcionamiento. Por último, como fuente de agua, se instalará un tanque de agua en el punto de mayor altura topográfica de la red.

Luego de modelar la red de distribución de agua, se obtuvieron los resultados de la Figura 5-34 y Figura 5-35. En la primera puede apreciarse que las presiones de todos los nodos superan el umbral mínimo fijado por AySA. En la segunda, se clasifican los diámetros de las cañerías. Al utilizar sólo dos diámetros distintos, el diseño de la red se simplifica, ya que resulta más práctico limitar las diferencias de las cañerías al tratarse de una red sencilla.

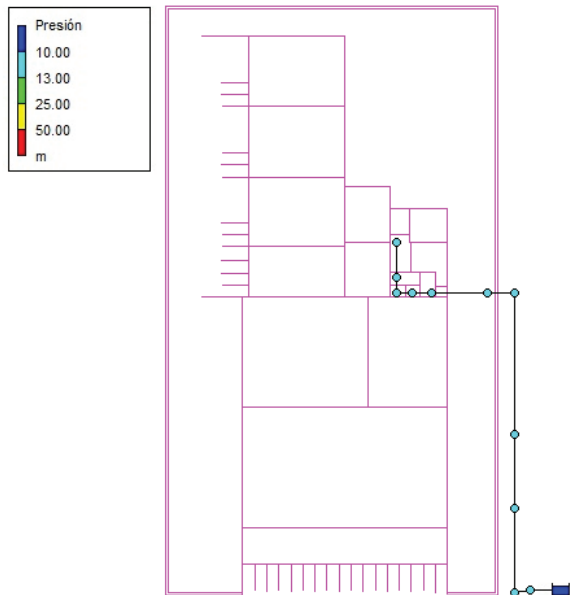


Figura 5-34. Presiones obtenidas en la red de distribución de agua inmediata en EPANET.

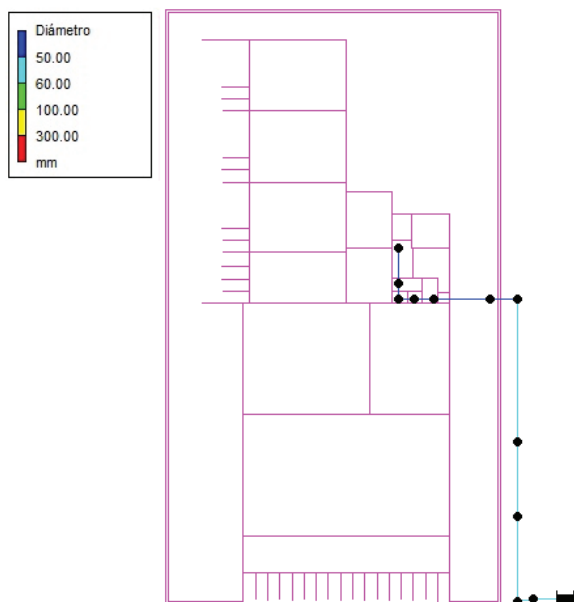


Figura 5-20. Diámetros utilizados en la red de distribución de agua inmediata.

Los reportes de las modelaciones de EPANET pueden consultarse en la sección “11.2 Red de distribución de agua inmediata” del Anexo.

#### 5.12.4.1 Cómputo y presupuesto

Para determinar el cómputo del proyecto de red de distribución de agua inmediata, se tuvieron en cuenta los aspectos detallados a continuación. El cómputo se presentó en dólares estadounidenses, para lo cual se convirtieron las cotizaciones obtenidas en pesos argentinos con la cotización del Banco Nación del día 21 de enero de 2022 del dólar oficial: US \$1= AR \$104.34 (Banco Nación, 2022).

1. Limpieza del terreno y liberación de la traza. Se incluyó la necesidad de nivelar, liberar la traza y de limpiar el terreno donde se colocará la red de distribución de agua. Se contabilizó mediante la unidad Gl (Global), que involucra la totalidad de las tareas implicadas: la sumatoria del costo de la mano de obra, los materiales empleados, los medios auxiliares, los traslados, etc.
2. Red de cañerías:
  - a. Cama de asiento y relleno de arena. Se adoptó el ancho de zanja que establece AySA para cañerías de PVC de 57 y 63 mm (Tabla 5-XXXIX) y una profundidad del diámetro de la cañería incrementada en 0.1 m, tal como lo presenta la Figura 5-32. A este ancho y profundidad, se le asoció la longitud de las cañerías.
  - b. Tierra de relleno. Incluye el tapado, relleno y compactación con material propio de la excavación y/o con aportes externos. Se repitió el cálculo anterior, pero cambiando el espesor de la cama de asiento y relleno de arena por una profundidad de 1.15 m. A los valores obtenidos, se les adicionó el coeficiente de esponjamiento, para el cual se adoptó un valor de 1.3.
  - c. Excavación de zanjas para el alojamiento de las cañerías. Se obtuvo de la suma de los dos valores anteriores.
3. Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales como ramales, asiento de arena, malla de advertencia, arena, etc. Se tuvieron en cuenta la longitud total de las cañerías empleadas y los accesorios, como las curvas de 90°.
4. Piezas especiales:
  - a. Provisión e instalación de válvulas esclusas. Se computó la cantidad de válvulas esclusas a instalar.
  - b. Provisión e instalación del hidrante. Se incluyó la cantidad de hidrantes considerados.
5. Conexiones internas. Se contabilizó el número de conexiones internas a implementar.
6. Obras especiales. Se incluyeron mediante la unidad Gl.

La Tabla 5-XLII presenta los datos y cálculos auxiliares empleados para calcular el cómputo del proyecto y la Tabla 5-XLIII incluye el presupuesto total de la red de distribución de agua inmediata.

*Tabla 5-XLII. Resumen de los cálculos auxiliares realizados para obtener el presupuesto de la red de distribución de agua inmediata. Donde DN: Diámetro Nominal, Ce: coeficiente de esponjamiento y L: longitud y V: volumen.*

DN (mm)	L (m)	Ancho de zanja (mm)	Profundidad cama de asiento y relleno de arena (m)	Ce	Profundidad relleno de suelo (m)	V cama de asiento y relleno de arena (m <sup>3</sup> )	V relleno de suelo (m <sup>3</sup> )	V de zanja (m <sup>3</sup> )
50	44.70	400	0.15	1.3	1.15	2.68	26.73	29.41
63	92.47	400	0.16	1.3	1.15	6.03	55.30	61.33

*Tabla 5-XLIII. Cómputo y presupuesto de la red de distribución de agua inmediata.*

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Limpieza del terreno y liberación de la traza	Gl	1.00	USD 325.86	USD 325.86
2	Red de cañerías				

2.1.	Cama de asiento y relleno de arena	m3	8.71	USD 46.67	USD 406.58
2.2.	Tierra de relleno	m3	82.03	USD 31.63	USD 2,594.32
2.3.	Excavación de zanjas	m3	90.74	USD 26.84	USD 2,435.00
3	Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales				
3.1.	DN 50 mm	m	44.70	USD 11.54	USD 515.74
3.2.	DN 63 mm	m	92.47	USD 14.28	USD 1,320.79
3.3.	Curva 90° PVC DN	Unidad	3.00	USD 10.39	USD 31.16
4	Piezas especiales				
4.1.	Provisión e instalación de válvulas esclusas	Unidad	1.00	USD 79.55	USD 79.55
4.2.	Provisión e instalación de hidrantes	Unidad	1.00	USD 69.01	USD 69.01
5	Conexiones internas	Unidad	2.00	USD 10.78	USD 21.56
6	Obras especiales	Gl	1.00	USD 287.52	USD 287.52
TOTAL					USD 8,087.10

#### 5.12.5 Red de distribución de agua futura: memoria descriptiva

La diferencia entre los parámetros adoptados para la red de distribución de agua inmediata y la futura radica en el número de trabajadores. Como el plan futuro pretende la expansión del tratamiento de RAEE a otras categorías, se necesitará mayor cantidad de empleados y, consecuentemente, un mayor caudal de agua. Se trabajó con los mismos valores de la Tabla 5-XL, a excepción del número de trabajadores, que ascenderá a 450.

La cañería por instalar será de PVC (Policloruro de Vinilo no Plastificado) clase 10 junta elástica. En la Tabla 5-XLIV se detallan sus diámetros y cantidades.

*Tabla 5-XLIV. Cantidades requeridas de cañerías en la red de distribución de agua futura.*

Diámetro Nominal de cañería	Longitud (m)
Cañería PVC Clase 10 $\phi$ 50 mm	115.50
Cañería PVC Clase 10 $\phi$ 63 mm	466.11

Además, la red contará con un hidrante y tres válvulas esclusas tipo Euro 20 de 63 mm de diámetro ubicadas al inicio de cada módulo. Nuevamente, el material empleado en las cañerías y en las piezas especiales destinadas a la conducción de agua potable cumplirá con los requisitos de las Normas IRAM aplicables.

Luego de modelar la red de distribución de agua, se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que las presiones de todos los nodos superan la presión mínima establecida por AySA (Figura 5-36). Por su parte, en la Figura 5-37 se clasifican los diámetros de las cañerías utilizadas.

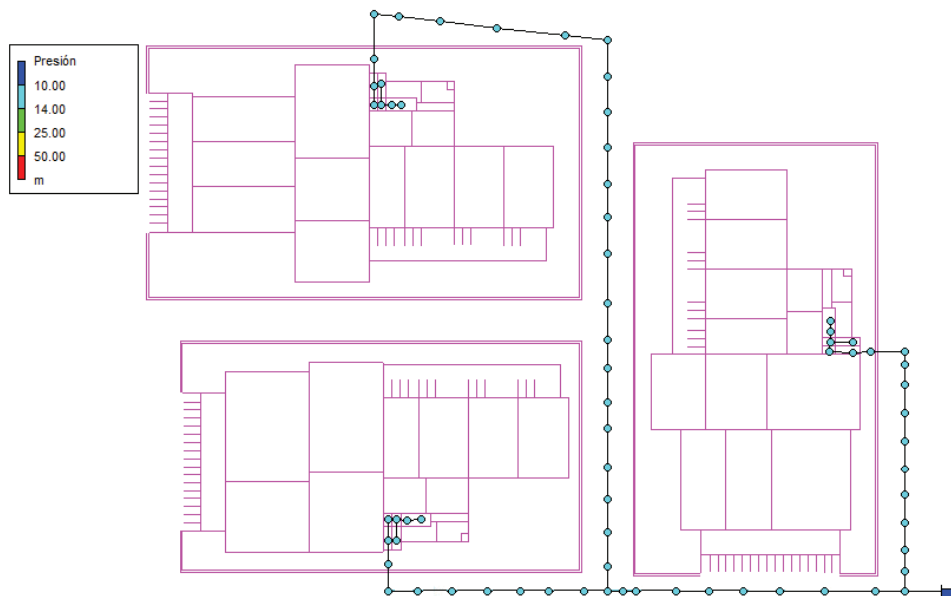


Figura 5-21. Presiones obtenidas en la red de distribución de agua futura en EPANET.

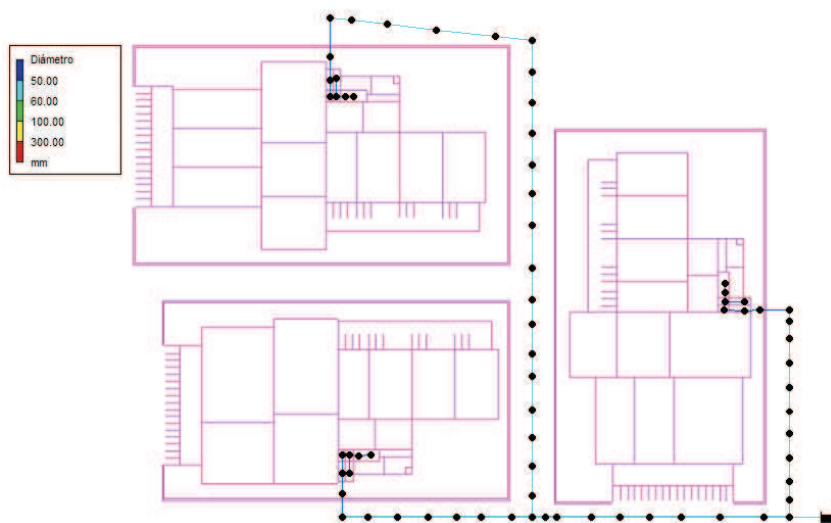


Figura 5-37. Diámetros utilizados en la red de distribución de agua futura.

Los reportes de las modelaciones de EPANET pueden consultarse en la sección “11.3 Red de distribución de agua futura” del Anexo.

#### 5.12.5.1 Cómputo y presupuesto

Para determinar el cómputo del proyecto, se repitió el procedimiento y las adopciones descritas para la red de distribución de agua inmediata. La Tabla 5-XLV contiene los datos y cálculos auxiliares

empleados para calcular el cómputo del proyecto y la Tabla 5-XLVI incluye el presupuesto total de la red de distribución de agua futura.

Tabla 5-XLV. Resumen de los cálculos auxiliares realizados para obtener el presupuesto de la red de distribución de agua futura. Donde DN: Diámetro Nominal, Ce: coeficiente de esponjamiento y L: longitud y V: volumen.

DN (mm)	L (m)	Ancho de zanja (mm)	Profundidad cama de asiento y relleno de arena (m)	Ce	Profundidad relleno de suelo (m)	V cama de asiento y relleno de arena (m <sup>3</sup> )	V relleno de suelo (m <sup>3</sup> )	V de zanja (m <sup>3</sup> )
50	4,077.12	400	0.15	1.3	1.15	244.63	2,438.12	2,682.74
63	1455.75	400	0.16	1.3	1.15	94.91	870.54	965.45

Tabla 5-XLVI. Cómputo y presupuesto de la red de distribución de agua futura.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Limpieza del terreno y liberación de la traza	Gl	1.00	USD 364.19	USD 364.19
2	Red de cañerías				
2.1.	Cama de asiento y relleno de arena	m <sup>3</sup>	339.54	USD 46.67	USD 15,847.90
2.2.	Tierra de relleno	m <sup>3</sup>	3,308.66	USD 31.63	USD 104,644.10
2.3.	Excavación de zanjas	m <sup>3</sup>	3648.20	USD 26.84	USD 97,900.67
3	Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales				
3.1.	DN 50 mm	m	4,077.12	USD 11.54	USD 47,041.33
3.2.	DN 63 mm	m	1,455.75	USD 14.28	USD 20,793.16
3.3.	Curva 90° PVC DN	Unidad	10.00	USD 10.39	USD 103.88
4	Piezas especiales				
4.1.	Provisión e instalación de válvulas esclusas	Unidad	3.00	USD 79.55	USD 238.64
4.2.	Provisión e instalación de hidrantes	Unidad	3.00	USD 69.01	USD 207.02
5	Conexiones internas	Unidad	6.00	USD 10.78	USD 64.69
6	Obras especiales	Gl	1.00	USD 325.86	USD 325.86
TOTAL					USD 287,531.44

### 5.13 Red cloacal

En la siguiente subsección se realizó el diseño de la red cloacal de la planta de tratamiento original (“proyecto inmediato”) y de la ampliación propuesta (“proyecto futuro”).

Se define a la red cloacal al sistema integrado por el conjunto de cañerías colectoras, colectores, cloacas máximas y estaciones de bombeo cuya función es transportar los efluentes cloacales que se generan en las conexiones domiciliarias o industriales hasta los establecimientos de tratamiento, puntos de vuelcos y/o estaciones de bombeo (AySA, 2010). La red de recolección debe tener capacidad para recibir y conducir el caudal máximo de diseño y para transportar los sólidos suspendidos en el líquido, evitando sedimentos y olores.

Preferentemente, los efluentes cloacales se transportan por gravedad, a menos que exista un punto de menor altura, que necesite la instalación de una estación de bombeo. Por este motivo, el diseño de los conductos se realiza con pendiente decreciente partiendo desde los extremos, donde se encuentran los puntos más elevados y los diámetros de las cañerías menores, hasta los puntos más bajos, donde se encuentran los tramos de diámetros mayores (Penza, 2016). El motivo de que los mayores diámetros se encuentran en los puntos más bajos es que estos van recolectando los efluentes cloacales hasta que alcanzan las conducciones principales del sistema cloacal público, que recibe los desagües de los distintos predios. El sistema de conductos incluye a conducciones

principales (o colectores) y conducciones secundarias (o colectoras), siendo las colectoras las que reciben las descargas domiciliarias y/o industriales. Las colectoras se proyectan en tramos rectos entre accesos a las mismas, siendo estos accesos importantes para evitar las eventuales desobstrucciones que pueden ocurrir ante la sedimentación de material sólido (Penza, 2016).

Para el diseño de la red de cloacas se adoptaron los siguientes criterios establecidos por AySA, que también es la concesionaria del servicio cloacal en la región, y las recomendaciones de ENOHSA:

- La red de recolección se debe diseñar a partir del caudal máximo de diseño, es decir, del caudal del día de mayor consumo y de la hora de mayor consumo.
- El diseño de la red de recolección contempla que los conductos no funcionen totalmente llenos.
- La red debe asegurar la inexistencia de filtraciones o desbordes que puedan causar la contaminación del suelo o de cuerpos de agua subterráneos, así como también evitar que se produzcan atascamientos en las instalaciones.
- Para la instalación de cañerías de cloaca y agua por la misma vereda, la distancia mínima entre perímetros externos de las cañerías debe ser de 1 m en sentido horizontal y de un diámetro en sentido vertical por debajo de la cañería de agua.
- La instalación de las cañerías se realiza por vereda siempre y cuando el ancho de la vereda lo permita y cuando la profundidad promedio del tramo no supere los 2 m. Cuando la profundidad es superior, se debe estudiar la instalación de la cañería por calzada.
- Si la distancia entre las líneas municipales es mayor de 25 m, es recomendable establecer una red colectora en ambas veredas.

### 5.13.1 Parámetros de diseño

#### 5.13.1.1 Generación de efluentes cloacales

Para dimensionar la red cloacal, es necesario conocer cuántos efluentes cloacales deberán ser transportados por la red. Para ello, en primer lugar, se debe conocer la población presente y futura, es decir, hasta el período de tiempo en que se proyecte la utilización de la red. Para este proyecto, se debe conocer el número de trabajadores de la planta de tratamiento de RAEE desde 2023 hasta 2042, que serán los generadores de los efluentes cloacales recibidos por la red en cuestión. En segundo lugar, se deben calcular qué caudales de aportes realizará esta población, es decir, el volumen de efluentes cloacales que generará en función del tiempo. Para ello, se debe definir la dotación de consumo por habitante, el coeficiente pico, el coeficiente de reducción, el coeficiente pico y el caudal de infiltración.

- Dotación de consumo por habitante: indica el consumo medio diario de agua potable por cada habitante servido y se expresa en L/hab.día. Este parámetro varía según la zona donde se proyecte la red; en Argentina, la dotación de diseño se estima entre 150 y 200 L/hab.día, con un máximo de 250 L/hab.día para zonas con climas áridos y semiáridos (AySA, 2010). Sin embargo, este número puede incrementarse para contemplar las potenciales pérdidas que ocurren en las redes.
- Coeficiente de reducción: corresponde a la parte del total de la dotación de agua que se descarta a la red cloacal. Se utiliza un coeficiente de 0.8, lo que indica que el 80% del agua consumida por los habitantes se devuelve a la red cloacal (AySA, 2010).
- Coeficiente pico: establece la variación horaria y estacional del consumo de agua. AySA establece un coeficiente pico de 1.5 (AySA, 2010).

- Caudal de infiltración: indica la cantidad de aguas superficiales y/o pluviales que ingresan a la red de recolección cloacal por medio de las juntas de las cañerías, favorecidas por el hecho de que las cañerías de recolección de efluentes cloacales funcionan parcialmente llenas. Este caudal se encuentra entre los (0.05-0.09) L/s.Hm (AySA, 2010).

Las colectoras y los colectores se proyectan por tramos rectos, que abarcan la longitud de la vereda. Para conocer el caudal de aporte de cada tramo, en primer lugar se debe conocer el caudal de aporte de cada lote. Este se obtiene calculando qué parte del agua potable consumida por todos los habitantes del lote se devuelve a la red cloacal en las épocas de mayor consumo de agua. Luego, al dividir el caudal de aporte por lote por el número de tramos por lote y adicionarle el producto entre el caudal de infiltración de cada tramo y la longitud de cada tramo, se obtiene el caudal de aporte por cada tramo. De esta forma, en primer lugar se calcula el caudal de efluentes cloacales por lote (Ecuación 5-XIV), luego se multiplica por la cantidad de lotes en un tramo de cierta longitud y se le adiciona el caudal de infiltración correspondiente al mismo tramo (Ecuación 5-XV).

*Ecuación 5-XIV. Cálculo del caudal de aporte por lote. Donde Q aporte/Lote: caudal de aporte cloacal por lote (L/lote.día), Dot/Hab: dotación de consumo por habitante (L/hab.día), C red: coeficiente de reducción, C pico: coeficiente pico, Hab/lote: cantidad de habitantes por lote (Hab/lote).*

$$\frac{Q \text{ aporte}}{\text{Lote}} = \frac{\text{Dot}}{\text{Hab}} \cdot C_{\text{red}} \cdot C_{\text{pico}} \cdot \frac{\text{Hab}}{\text{Lote}}$$

*Ecuación 5-XV. Cálculo del caudal de aporte por tramo. Donde Q aporte/Tramo: caudal de aporte cloacal por tramo (L/tramo.seg), Lotes/Tramo: cantidad de lotes por tramo (Lote/tramo), Q inf: caudal de infiltración (L/seg. m) y L tramo: longitud del tramo (m).*

$$\frac{Q \text{ aporte}}{\text{Tramo}} = \left( \frac{Q \text{ aporte}}{\text{Lote}} \cdot \frac{\text{Lotes}}{\text{Tramo}} \right) + \left( \frac{Q \text{ inf} \cdot L_{\text{tramo}}}{100} \right)$$

#### 5.13.1.2 Diámetros y pendientes mínimas

Las redes cloacales utilizan tuberías con diámetros estándares, que suelen ser mayores a los 200 mm. Para lograr que el líquido escurra y los sólidos no se depositen se debe proporcionar cierta pendiente a las tuberías. Estas pendientes deben seguir aproximadamente la pendiente natural del terreno con el fin de minimizar las tareas de excavación. Se trabaja con pendientes iguales o mayores a la pendiente mínima, que es aquella a la que se evita la deposición de los sólidos en las paredes de los caños. Las pendientes mínimas dependen del diámetro de las cañerías y de la velocidad. La Tabla 5-XLVII establece las pendientes en función de los DN de las cañerías.

*Tabla 5-XLVII. Pendientes de las cañerías en función de sus diámetros nominales. Realización propia a partir de AySA, 2010.*

DN de la cañería (mm)	Pendiente (m/m)
200	0.003
300	0.002
400	0.0015
500 – 1,000	0.001
> 1,000	0.0008

Además, las pendientes deben ser compatibles con la velocidad mínima (o velocidad de autolimpieza) y máxima.

#### 5.13.1.3 Velocidad mínima o de autolimpieza

La velocidad mínima, también llamada “velocidad de autolimpieza” es la velocidad mínima de transporte del líquido conducido por las cañerías que asegura que no se depositen sólidos en las paredes del



caño (Penza, 2016). La velocidad mínima se establece en 0.6 m/s para cañería a sección llena, teniéndose que verificar en conductos de DN de 300 mm o mayores (AySA, 2010).

Además, existe otro criterio para calcular la velocidad, que es el criterio de la tensión tractiva. La tensión tractiva (o fuerza de arrastre) es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo del efluente cloacal sobre un colector en el fondo de este. Esta tensión es la que arrastra los materiales que eventualmente se depositan en el fondo (Danilo, 2020). El valor medio de la tensión tractiva por unidad de área mojada se calcula con la Ecuación 5-XVI.

*Ecuación 5-XVI. Cálculo de la tensión tractiva ( $\tau$ ). Donde  $\omega$ : peso del efluente,  $R$ : radio hidráulico e  $i$ : pendiente hidráulica.*

$$\tau = \omega \cdot R \cdot i$$

#### 5.13.1.4 Tirante máximo

Se denomina “tirante” a la distancia vertical desde el punto más bajo de la sección a la superficie libre del agua. Como se indicó anteriormente, las redes cloacales se diseñan contemplando que las cañerías no funcionen totalmente llenas; para ello, se adopta un tirante de un valor del 85% del diámetro de la cañería (Ecuación 5-XVII y Figura 5-38).

*Ecuación 5-XVII. Relación entre el tirante ( $h$ ) y el diámetro ( $d$ ).*

$$\frac{h}{d} < 0.85$$



*Figura 5-22. Relación entre el diámetro de la cañería y el tirante máximo. Recuperado de Scherdtfeger, 2019.*

Por otro lado, existe una relación entre el cociente del tirante y el diámetro de la tubería ( $h/D$ ) y el cociente del caudal a sección parcial y llena ( $q/Q$ ); o, lo que es análogo, entre el cociente del tirante y el diámetro de la tubería ( $h/D$ ) y el cociente de la velocidad a sección parcial y llena ( $v/V$ ) (Figura 5-39). Al ingresar al gráfico de la Figura 5-38 con la relación  $q/Q$  y cortando la curva de caudal, se obtiene el valor de  $h/D$  en el eje de las ordenadas. Luego, ingresando con la misma relación  $q/Q$  y cortando nuevamente la curva de caudal, se traza una línea horizontal hasta cortar la curva de velocidad y luego en abscisas se obtiene la relación  $v/V$ . Así, con la Ecuación 5-XVIII, se obtiene la velocidad a sección parcial, que debe ser mayor que la velocidad mínima (Ecuación 5-XIX).

*Ecuación 5-XVIII. Cálculo de la velocidad a sección parcial a partir de la velocidad a sección llena. Donde  $k$ : constante gráfica.*

$$v = k V$$

*Ecuación 5-XIX. Verificación de la velocidad mínima.*

$$v > V_{\min}$$

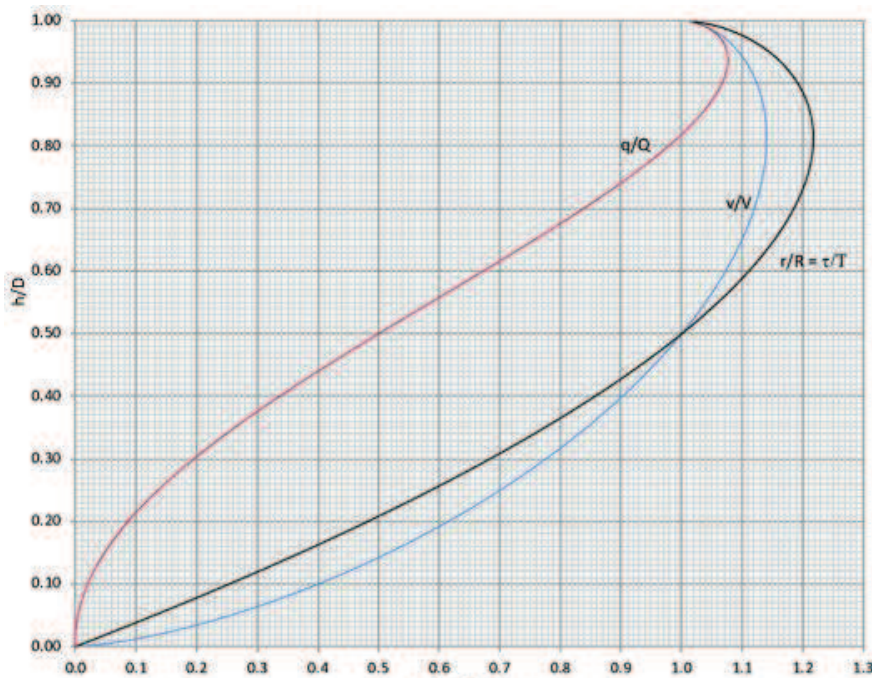


Figura 5-239. Relación entre el tirante y el diámetro de la tubería y los caudales y velocidades a sección parcial y llena. Recuperado de Castro et al, 2020.

### 5.13.1.5 Velocidad máxima

Asimismo, existe una velocidad máxima de transporte del líquido conducido por las cañerías, que limita la acción erosiva sobre el material. Esta velocidad se calcula a partir de la Ecuación 5-XX y la Ecuación 5-XXI, teniendo en cuenta que se recomienda una velocidad máxima de 3 m/s para el escurrimiento por gravedad (AySA, 2010).

Ecuación 5-XX. Cálculo de la velocidad máxima ( $V_{m\acute{a}x}$ ) en m/s. Donde  $g$ : aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ),  $R$ : radio hidráulico (m).

$$V_{m\acute{a}x} = 6 \sqrt{g \cdot R}$$

Ecuación 5-XXI. Cálculo del radio hidráulico ( $R$ ) en m. Donde  $DN$ : diámetro nominal (m).

$$R = \frac{DN}{4}$$

### 5.13.1.6 Tapada

Se define a la tapada como la profundidad desde el nivel del terreno hasta el punto más alto del caño (esto es, el intradós del caño) (Figura 5-40). La función de la tapada mínima es proteger a los conductos frente a las eventuales roturas por los impactos del tránsito (si se ubican por debajo de la calzada) o a cualquier otro peso o adversidad que pueda incidir sobre ellos (Penza, 2016). La tapada mínima es de 1.20 m para colectora simple y 0.80 m para doble colectora (AySA, 2010). Además, se recomienda trabajar con



Figura 5-40. Representación de la tapada mínima. Recuperado de Penza, 2016.

una tapada máxima entre 3 y 4 m para evitar las incomodidades de ubicar las instalaciones a elevadas profundidades, los elevados costos de excavación y la posibilidad de encontrar napas freáticas y para proteger los materiales del caño (Penza, 2016).

#### 5.13.1.7 Fórmula de Chezy-Manning

La fórmula de Chezy-Manning permite calcular la velocidad del efluente en las cañerías cloacales, o bien, la sección de los conductos con escurrimiento a gravedad. Para esto, teniendo en cuenta el material de la cañería, se adoptó un coeficiente de Manning (n) de valor 0.01 en la Ecuación 5-XXII.

*Ecuación 5-XXII. Fórmula de Chezy-Manning. Donde V: velocidad del efluente (m/s), R: radio hidráulico de la sección (m), i: pendiente hidráulica (m/m) y n: coeficiente de Chezy.*

$$V = \frac{R^{2/3} \cdot i^{1/2}}{n}$$

#### 5.13.2 Instalaciones complementarias

El objetivo de las instalaciones complementarias es asegurar que la red colectora funcione correctamente, pueda inspeccionarse fácilmente y mantenerse en buenas condiciones de funcionamiento. Las instalaciones complementarias más empleadas son las conexiones domiciliarias, las Bocas de Registro, las Bocas de Acceso y Ventilación y las estaciones elevadoras.

##### 5.13.2.1 Bocas de Registro

Las Bocas de Registro (BR) (Figura 5-41) son estructuras que permiten el acceso de operarios a las cañerías para realizar una rápida inspección y mantenimiento, evitando incurrir costosas tareas de desmontaje. Es importante prever estos accesos para posibilitar las eventuales obstrucciones que pueden tener lugar con la sedimentación de material sólido. Además, sirven para ventilar las cañerías.



*Figura 5-24. Boca de registro. Recuperado de Scherdtfeger, 2019.*

Las BR poseen un diámetro mínimo de 1 m en la parte inferior (es decir, la zona de trabajo) y que puede reducirse a 0.6 m en la parte superior (el acceso). Se ubican en cada esquina de las plantas urbanas; en todas las nacientes de tuberías; en la unión entre colectoras y los colectores; en cambio de pendiente, de diámetro, de dirección y/o de material; donde deben realizarse saltos y donde las razones de proyecto así lo requieran. La Figura 5-42 representa distintas ubicaciones de las BR. Cabe destacar que las BR ubicadas en calzada deben soportar el peso de los vehículos que por allí transiten.

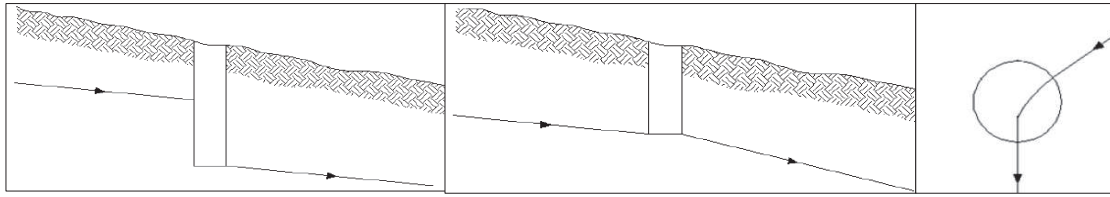


Figura 5-2542. Izquierda. BR en un salto. Centro. BR en un cambio de pendiente. Derecha. BR en un cambio de dirección. Recuperado de Penza, 2016.

Por otro lado, para redes cloacales domiciliarias, se recomienda respetar las distancias máximas entre BR tal como lo presenta la Tabla 5-XLVIII.

Tabla 5-XLVIII. Distancia entre BR según el DN de la cañería. Realización propia a partir de AySA, 2010.

DN cañería (mm)	Distancia entre BR (m)
150 – 500	120
600 – 1,500	150
> 1,500	Se estudia en particular

#### 5.13.2.2 Bocas de Acceso y Ventilación

Las Bocas de Acceso y Ventilación (BAV) son estructuras que reemplazan a las BR donde haya arranque de una sola colectora y la tapada no exceda el valor de 1.20 m. De no darse estas condiciones, se instalan únicamente las BR. Puede apreciarse un diagrama de una BAV en la Figura 5-43.

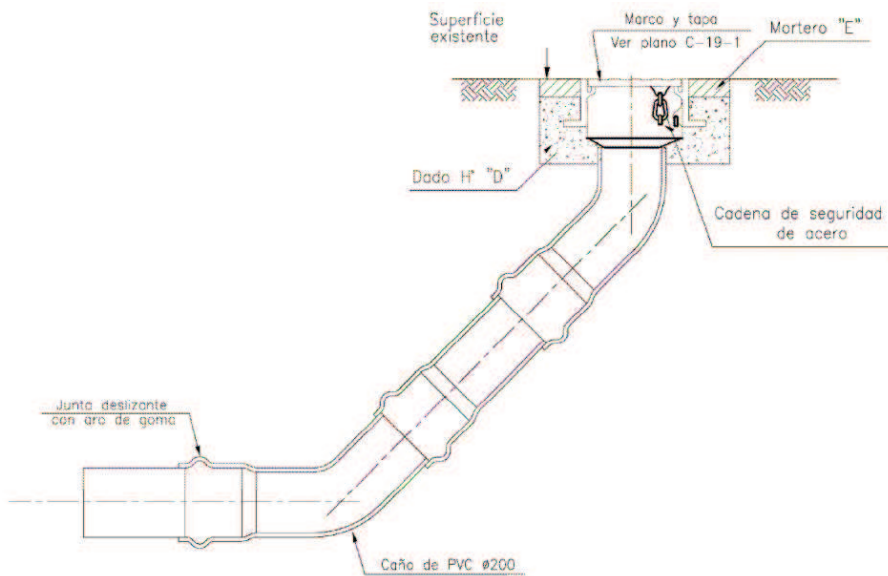


Figura 5-43. Boca de Acceso y Ventilación en vereda. Recuperado de AySA, 2010.

#### 5.13.2.3 Estación de bombeo

Se instala una estación de bombeo en la red cloacal cuando el transporte de los efluentes cloacales por gravedad no es suficiente, ya que se ubica en una zona de poca elevación. Se componen por una cámara donde llegan las aguas servidas, una reja donde se retienen los materiales gruesos, un sistema de bombas que permiten impulsar el líquido y una cañería de impulsión a una cámara de descarga a mayor cota, desde donde se empalma con la red cloacal.

#### 5.13.2.4 Conexión domiciliaria

En las redes cloacales debe haber conexiones domiciliarias, que son aquellas que actúan de enlace entre la colectora y la red interna domiciliaria o industrial. Las Especificaciones Técnicas Particulares de AySA establecen que las cañerías de las conexiones domiciliarias deben ser de DN 110 mm. Además, el empalme de la conexión con la colectora debe realizarse mediante un ramal a 45°, que desemboque con el mismo sentido que el flujo de la colectora.

#### 5.13.3 Metodología de cálculo

Para el diseño de la red cloacal, se asume un régimen de escurrimiento permanente y uniforme. Por otro lado, la red debe dimensionarse para el caudal máximo horario al final del período de diseño, verificando que se respete la velocidad de autolimpieza.

La metodología radica en la proyección de colectoras y colectores en tramos rectos que se trazan sobre planos topográficos. Para diseñar la red de cloacas, es necesario contar con un plano base que contenga el amanzanamiento de la zona, las cotas de terreno y los anchos de vereda. En función de las pendientes del terreno, se debe definir la dirección de cada tramo de la red de cloaca, de forma de garantizar el transporte del líquido por gravedad. Además, se debe definir cuál va a ser el punto de descarga de la red generada.

Una vez diseñada la red cloacal siguiendo los lineamientos ya descritos, se deben verificar 3 parámetros: un parámetro hidráulico, la tapada y la velocidad de autolimpieza. La verificación del parámetro hidráulico garantiza que las cañerías no funcionen totalmente llenas. Por su parte, la verificación de la tapada asegura que los conductos se ubiquen, como mínimo, a 1.20 m o 0.80 m (según corresponda), y como máximo, que no superen los 3 m o 4 m (según se establezca). La tapada mínima garantiza la protección de los conductos y que se logren correctamente las conexiones domiciliarias o industriales internas. La tapada máxima limita las excavaciones a realizar y las dificultades de trabajar a elevadas profundidades. Por último, la verificación de autolimpieza garantiza el transporte de los sólidos suspendidos sedimentables por las cañerías, evitando así la generación de sedimentos y olores.

Entre los materiales más utilizados de las cañerías figuran: hormigón comprimido, fibrocemento, hierro fundido, PVC, Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV). Actualmente, se usan casi con exclusividad los 2 últimos materiales mencionados (PVC y PRFV) (Gigena, 2015). Las cañerías deben contar con la aprobación de las normas IRAM, que aseguran un funcionamiento y duración apropiados.

En cuanto al diseño estructural, se debe diseñar una zanja compatible con el material y diámetro de las cañerías a utilizar. La cañería no debe apoyarse sobre el fondo de la zanja, sino sobre un lecho de apoyo, que generalmente, es arena. Además, en presencia de napa es necesario colocar geotextil al fondo de la zanja. La sección de la zanja se determina considerando las condiciones reales del suelo y el tipo de cañería a instalar (Tabla 5-XLIX y Figura 5-44). Por último, una vez ejecutada la zanja, la superficie deberá ser reconstruida de acuerdo con las especificaciones técnicas dadas.

Tabla 5-XLIX. Anchos de zanja en función de los DN de las cañerías y de los materiales. Realización propia a partir de AySA, 2010.

	Material de la cañería		
	PVC	PEAD	Fundición Dúctil (FD)
Diámetro nominal (DN) de la cañería (mm)	Ancho de zanja (mm)		
110	400	400	s/d
160	500	500	s/d

200	500	500	s/d
315	700	700	s/d
355	700	700	s/d
400	800	900	s/d
700	s/d	s/d	1,300
800	s/d	s/d	1,400
900	s/d	s/d	1,500
1,000	s/d	s/d	1,600
1,200	s/d	s/d	1,800

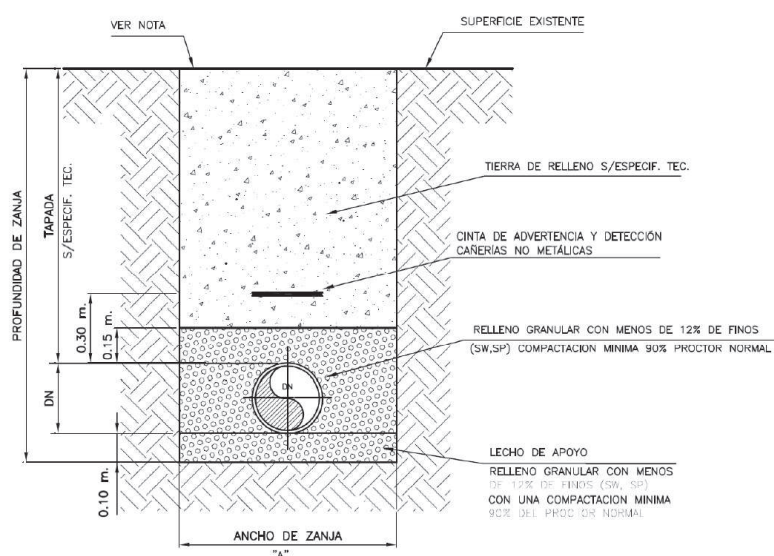


Figura 5-4426. Zanja típica de una cañería de PVC. Recuperado de AySA, 2010.

#### 5.13.4 Red cloacal inmediata: memoria descriptiva

Para el diseño de la red cloacal inmediata, se adoptaron los valores incluidos en la Tabla 5-LTabla 5-XL, que surgen de los lineamientos planteados por AySA.

Tabla 5-L. Parámetros adoptados en el diseño de la red cloacal inmediata.

Parámetro	Unidad	Valor
Dotación por habitante	L/día.hab	250
Coefficiente pico	Adimensional	1.5
Coefficiente de reducción	Adimensional	0.8
Caudal de infiltración	L/seg.Hm	0.009
Tapada mínima	m	1.2
Coefficiente Manning	Adimensional	0.01

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) fue el organismo que proveyó de la carta topográfica con la cual se obtuvieron las cotas del terreno. Para conformar el plano de amanzanamiento, se trabajó con los programas QGIS, Google Earth y AutoCAD. Se analizó la pendiente del terreno para definir las direcciones que debería tener cada tramo de la red de cloaca a fin de garantizar la esorrentía por gravedad del efluente. Así, se identificaron los puntos de vuelco del líquido cloacal, es decir, los puntos donde debe ser direccionado el efluente cloacal en cada manzana. Del análisis del terreno, se determinó que el punto de descarga será la Boca de Registro de AySA ubicada en la intersección de la calle Maipú y de la Avenida Eva

Perón, que depositará finalmente los efluentes cloacales en una planta depuradora. Es decir, que en este proyecto, se utilizará un punto de descarga correspondiente a un colector de la concesionaria de la zona.

Los conductos cloacales serán de PVC de Diámetro Nominal 200 mm y se ubicarán bajo vereda. La longitud total por instalar será 83.29 m y el volumen total de excavación por realizar será 93.17 m<sup>3</sup>. La Tabla 5-LI resume los datos de diseño de la red cloacal. Estos valores cumplen con las verificaciones detalladas anteriormente en la sección “5.13.3 Metodología de cálculo”.

Tabla 5-LI. Datos de la red cloacal inmediata. Donde BR: Boca de Registro, L: longitud, Q: caudal, D: diámetro e i: pendiente.

N° Tramo	BR		Cota terreno (m.IGM)		L (m)	N° Lotes	Q		D (mm)	i adoptada	Boca de salida		Boca de llegada	
	Salida	Llegada					Q tramo (L/s)	Q acumulado (L/s)			Intradós (mIGM)	Tapada (m)	Intradós (mIGM)	Tapada (m)
1	BAV1	BR1	21.15	21.25	83.29	2	0.39	0.39	200	3‰	19.95	1.20	19.70	1.55

#### 5.13.4.1 Cómputo y presupuesto

Para determinar el cómputo del proyecto de red cloacal inmediata, se tuvieron en cuenta los aspectos detallados a continuación.

1. Limpieza del terreno y liberación de la traza.
2. Red de cañerías:
  - a. Cama de asiento y relleno de arena. Se adoptó el ancho de zanja que establece AySA para cañerías de PVC de 200 mm (Tabla 5-XLIX). A este ancho se le asoció la longitud de las cañerías y la tapada de cada tramo.
  - b. Tierra de relleno. Se obtuvo con el ancho de zanja adoptado previamente, la longitud de las cañerías, la tapada de cada tramo y el coeficiente de esponjamiento, para el cual se adoptó un valor de 1.3.
  - c. Excavación de zanjas para el alojamiento de las cañerías. Se obtuvo de la suma de los dos valores anteriores.
3. Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales. Se tuvieron en cuenta la longitud total de las cañerías empleadas y los accesorios, como las curvas de 90°.
4. Instalaciones complementarias:
  - a. Bocas de Registro. Se contabilizó la cantidad de BR a instalar.
  - b. Bocas de Acceso y Ventilación. Se computó el número de BAV a empalmar.
  - c. Conexiones internas. Se contabilizó la cantidad de conexiones internas a realizar.
5. Obras especiales.

La Tabla 5-LII presenta los cálculos auxiliares empleados para calcular el cómputo del proyecto y la Tabla 5-LIII incluye el presupuesto total de la red cloacal inmediata.

Tabla 5-LII. Resumen de los cálculos auxiliares realizados para obtener el presupuesto de la red cloacal inmediata. Donde DN: diámetro nominal, L: longitud, < T >: tapada promedio, Ce: coeficiente de esponjamiento y V: volumen.

DN (mm)	L (m)	< T >. L (m <sup>2</sup> )	Ancho de zanja (mm)	Profundidad cama de asiento y relleno de arena (m)	Ce	V cama de asiento y relleno de arena (m <sup>3</sup> )	V de tierra de relleno (m <sup>3</sup> )	V de zanja (m <sup>3</sup> )
200	83.29	114.51	500	0.45	1.3	18.74	74.43	93.17

Tabla 5-LIII. Cómputo y presupuesto de la red cloacal inmediata.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Limpieza del terreno y liberación de la traza	Gl	1	USD 230.02	USD 230.02

2	Red de cañerías				
2.1.	Cama de asiento y relleno de arena	m3	18.74	USD 46.67	USD 874.66
2.2.	Tierra de relleno	m3	74.43	USD 31.63	USD 2,354.15
2.3.	Excavación de zanjas	m3	93.17	USD 26.84	USD 2,500.34
3	Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales				
3.1.	DN 200 mm	m	83.29	USD 73.80	USD 6,146.19
4	Instalaciones complementarias				
4.1.	Bocas de Registro	Unidad	1	USD 143.76	USD 143.76
4.2.	Bocas de Acceso y Ventilación	Unidad	1	USD 187.85	USD 187.85
4.3.	Conexiones domiciliarias	Unidad	2	USD 8.63	USD 17.25
5	Obras especiales	Gl	1	USD 210.85	USD 210.85
TOTAL					USD 12,665.05

### 5.13.5 Red cloacal futura: memoria descriptiva

Para el diseño de la red cloacal futura, se adoptaron los mismos valores a los presentados por la Tabla 5-L y se siguió el mismo procedimiento descrito en la sección “5.13.4 Red cloacal inmediata: memoria descriptiva” Tabla 5-XL. De esta forma, se diseñó que la red cloacal futura será constituida por conductos de PVC de Diámetro Nominal 200 mm y tendrá una longitud de 471.45 m y se obtuvo que el volumen total de excavación por realizar será 949.76 m<sup>3</sup>. La Tabla 5-LIV resume los datos de diseño de la red cloacal. Estos valores cumplen con las verificaciones detalladas anteriormente en la sección “5.13.3 Metodología de cálculo”.

Tabla 5-LIV. Datos de la red cloacal futura. Donde BR: Boca de Registro, L: longitud, Q: caudal, D: diámetro e i: pendiente.

N° Tramo	BR		Cota terreno (m.IGM)		L (m)	N° Lotes	Q		D (mm)	i adoptada	Boca de salida		Boca de llegada	
	Salida	Llegada					Q tramo (L/s)	Q acumulado (L/s)			Intradós (mIGM)	Tapada (m)	Intradós (mIGM)	Tapada (m)
1	BAV1	BR1	20.00	20.85	86.75	2	0.53	0.529	200	3‰	18.80	1.20	18.54	2.31
2	BR1	BR2	20.85	21.00	82.87	0	0.01	0.536	200	3‰	18.54	2.31	18.29	2.71
3	BR2	BR3	21.00	21.15	75.38	0	0.01	0.543	200	3‰	18.29	2.71	18.07	3.08
4	BR3	BR4	21.15	21.25	72.37	2	0.53	1.070	200	3‰	18.07	3.08	17.85	3.40
5	BR6	BR5	20.25	20.75	73.27	0	0.01	1.077	200	3‰	17.85	2.40	17.63	3.12
6	BR5	BR4	20.75	21.25	80.81	2	0.53	1.605	200	3‰	17.63	3.12	17.39	3.86

#### 5.13.5.1 Cómputo y lista de materiales

Para determinar el cómputo del proyecto, se repitió el procedimiento y las adopciones descritas para la red cloacal inmediata. La Tabla 5-LV presenta los cálculos auxiliares empleados para calcular el cómputo del proyecto y la Tabla 5-LVI incluye el presupuesto total de la red cloacal futura.

Tabla 5-LV. Resumen de los cálculos auxiliares realizados para obtener el presupuesto de la red cloacal futura. Donde DN: diámetro nominal, L: longitud, < T >: tapada promedio, Ce: coeficiente de esponjamiento y V: volumen.

DN (mm)	L (m)	< T >. L (m <sup>2</sup> )	Ancho de zanja (mm)	Profundidad cama de asiento y relleno de arena (m)	Ce	V cama de asiento y relleno de arena (m <sup>3</sup> )	V de tierra de relleno (m <sup>3</sup> )	V de zanja (m <sup>3</sup> )
200	471.45	1,297.98	500	0.45	1.3	106.08	843.69	949.76

Tabla 5-LVI. Cómputo y presupuesto de la red cloacal futura.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
1	Limpieza del terreno y liberación de la traza	Gl	1	USD 268.35	USD 268.35
2	Red de cañerías				
2.1.	Cama de asiento y relleno de arena	m3	106.08	USD 46.67	USD 4,951.01
2.2.	Tierra de relleno	m3	843.69	USD 31.63	USD 26,683.58



2.3.	Excavación de zanjas	m3	949.76	USD 26.84	USD 25,487.19
3	Provisión, acarreo y colocación de cañerías, juntas y piezas especiales				
3.1.	DN 200 mm	m	471.45	USD 73.80	USD 34,790.71
4	Instalaciones complementarias				
4.1.	Bocas de Registro	Unidad	6	USD 143.76	USD 862.56
4.2.	Bocas de Acceso y Ventilación	Unidad	1	USD 187.85	USD 187.85
4.3.	Conexiones domiciliarias	Unidad	6	USD 8.63	USD 51.75
5	Obras especiales	Gl	1	USD 230.02	USD 230.02
TOTAL					USD 93,513.03

## 6 Planos del Proyecto

Se adjuntan en el Anexo “11.1 Planos del proyecto” los siete (7) planos elaborados para el presente proyecto. Estos ilustran la planta de tratamiento, su red de distribución de agua y red cloacal tanto de la planta de tratamiento del plan inmediato como de la del plan futuro (es decir, de la ampliación propuesta). De esta forma, sirven como un complemento de la memoria descriptiva y de cálculo del capítulo anterior. A continuación, se enumeran los planos diseñados:

1. PT-001: planta de tratamiento inmediata.
2. PT-002: planta de tratamiento futura.
3. PT-003: red de distribución de agua de la planta de tratamiento inmediata.
4. PT-004: red de distribución de agua de la planta de tratamiento futura.
5. PT-005: red cloacal de la planta de tratamiento inmediata.
6. PT-006: red cloacal de la planta de tratamiento futura.
7. PT-007: diagrama de flujo de la planta de tratamiento inmediata.

## 7 Cómputo y análisis económico

En el presente capítulo se detalló el cómputo y análisis económico de la gestión de RAEE propuesta para los 40 municipios incluidos del AMBA. El análisis se divide en dos etapas: Inversión y Operación y mantenimiento. Además, se detallan las ganancias que se obtendrán una vez puesto en marcha el proyecto y lograda la consecuente valorización de los residuos-e. El análisis se computó en dólares estadounidenses (USD). Para convertir las cotizaciones obtenidas en pesos argentinos, se utilizó la cotización del Banco Nación del día 21 de enero de 2022 del dólar oficial: US \$1= AR \$104.34 (Banco Nación, 2022).

### 7.1 Inversión

La inversión del proyecto consiste en el costo de todos los insumos, equipos y materias primas necesarios para lograr la puesta en marcha del plan de gestión de RAEE detallado anteriormente. Esto incluye los equipos, maquinarias, herramientas, vehículos, etc., además de los costos ingenieriles y de mano de obra implicados en la ejecución de la planta de tratamiento y de las estaciones de transferencia necesarias. La Tabla 7-I incluye el cómputo y presupuesto de la etapa de inversión del proyecto. No se consideró el costo de la compra del terreno de la Planta de Tratamiento ni tampoco de las Estaciones de Transferencia. En total, se calcula un costo de inversión de USD 1,451,893 (UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y TRES DÓLARES ESTADOUNIDENSES).

Tabla 7-I. Cómputo y presupuesto del proyecto de la gestión y valorización de RAEE. Inversión inicial.

Etapa	Categoría	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Preliminar	Anteproyecto	Evaluación de Impacto Ambiental	Unidad	1.00	6,400.00	6,400.00
Disposición inicial	Recolección Línea 2	Jaula metálica	Unidad	1,680.00	325.00	546,000.00
Recolección, transporte y transferencia	Vehículo	Camión rígido	Unidad	5.00	28,752.16	143,760.78
	EPP	Guantes	Unidad	15.00	15.62	234.33
		Ropa de trabajo	Unidad	15.00	38.34	575.04
		Calzado	Unidad	15.00	47.92	718.80
	Equipamiento y maquinaria	Zorra carretilla	Unidad	5.00	71.88	359.40
		Autoelevador	Unidad	5.00	16,992.72	84,963.58
Tratamiento	Red de distribución de agua	Construcción	Unidad	1.00	8,087.10	1,086.22
	Red cloacal	Construcción	Unidad	1.00	12,665.05	7,032.09
	Equipamiento, herramientas y maquinaria	Autoelevador	Unidad	2.00	16,992.72	33,985.43
		Zorra playa	Unidad	2.00	143.76	287.52
		Rack de almacenamiento	Unidad	11.00	86.26	948.82
		Báscula	Unidad	2.00	4,360.74	8,721.49
		Bomba de vacío	Unidad	1.00	162.93	162.93
		Destornilladores y herramientas neumáticas	Unidad	3.00	95.84	287.52
		Sistemas de corte de metal	Unidad	5.00	47.92	239.60

		Cinta transportadora	m	25.00	747.79	18,694.65
		Trituradora primaria	Unidad	1.00	112,000.0	112,000.00
		Trituradora secundaria	Unidad	1.00	92,000.00	92,000.00
		Banda magnética	Unidad	1.00	17,590.00	17,590.00
		Separador por corrientes de Foucault	Unidad	1.00	52,500.00	52,500.00
		Separador vibrante	Unidad	2.00	15,800.00	31,600.00
		Mesas de clasificación	Unidad	5.00	57.50	287.52
		Tolva de descarga	Unidad	1.00	3,596.55	3,596.55
		Pala cargadora	Unidad	1.00	31,000.00	31,000.00
		Contenedores de 120 L para residuos peligrosos	Unidad	6.00	99.10	594.59
		Contenedores de 2000 L para residuos valorizables	Unidad	10.00	1,658.04	16,580.41
		Contenedores de 1100 L para residuos asimilables a urbanos	Unidad	6.00	517.54	3,105.23
		Cilindro 28 L	Unidad	5.00	450.45	814.64
	Vehículo	Camión volcador	Unidad	1.00	2,142.27	2,142.27
	EPP	Casco de seguridad	Unidad	80.00	4.79	383.36
		Calzado de seguridad	Unidad	98.00	62.46	6,121.01
		Guantes	Unidad	90.00	1.69	151.81
		Barbijos	Unidad	112.00	0.92	103.05
		Equipos de respiración apto para polvos	Unidad	2.00	131.44	262.87
		Equipos de respiración autónoma para gases	Unidad	2.00	1,155.74	2,311.48
		Anteojos de seguridad	Unidad	30.00	1.41	42.27
		Protectores auditivos	Unidad	30.00	1.15	34.50
		Ropa de trabajo	Unidad	112.00	33.35	3,735.48
		Chaleco reflectivo	Unidad	6.00	3.08	18.46
	Seguridad	Matafuegos	Unidad	10.00	76.38	763.85
		Valla de seguridad	Unidad	1.00	32.06	32.06
		Rociador automático con detector de humos	Unidad	110.00	57.70	6,346.56
		Señalética y cartelería	Unidad	20.00	63.45	1,268.93
		Camilla	Unidad	1.00	134.18	134.18
		Desfibrilador	Unidad	1.00	1,916.81	1,916.81
		Botiquín de primeros auxilios	Unidad	2.00	33.28	66.55
	Oficinas	Escritorios y sillas	Unidad	1.00	575.04	575.04
		Computadoras	Unidad	6.00	575.04	3,450.26
		Teléfono	Unidad	1.00	383.36	383.36
	Comedor	Mesa comedor y sillas	Unidad	1.00	718.80	718.80
		Microondas	Unidad	1.00	239.60	239.60

		Heladera	Unidad	1.00	670.88	670.88
	Vestuario	Guardarropas	Unidad	4.00	634.73	2,538.93
		Banco	Unidad	2.00	383.36	766.72
	Sanitarios	Equipamiento	Unidad	8.00	862.56	6,900.52
	Vigilancia y recepción	Mesa y sillas	Unidad	1.00	383.36	383.36
	Sala de reuniones	Mesa y sillas	Unidad	1.00	670.88	670.88
		Pantalla proyectora	Unidad	1.00	575.04	575.04
Recursos humanos	Dirección	Anteproyecto y dirección de obra	Salario anual	1.00	3,000.00	3,000.00
	Mano de obra	Operarios de construcción	Salario anual	30.00	5,175.39	155,261.64
		Supervisión de obra	Salario anual	2.00	6,900.52	13,801.04
	Gestión	Gestores	Salario anual	1.00	7,360.55	7,360.55
TOTAL						1,451,893.16

Por otro lado, la Tabla 7-II analiza cuánto incide cada etapa en la inversión inicial total del proyecto. A partir de este análisis, puede apreciarse que el mayor porcentaje de incidencia corresponderá a la etapa de Disposición inicial. Esto se explica a partir del elevado grado de cobertura del proyecto en cuestión, que, al incluir a 40 municipios del AMBA, requerirá de un significativo número de insumos para el depósito de RAEE. La gestión y valorización de artefactos eléctricos y electrónicos implica asegurar su correcta preservación y evitar que se rompan, dañen o se estropee alguno de sus componentes, por lo que la disposición inicial será una etapa crítica. En segundo orden, el mayor porcentaje de incidencia corresponderá a la etapa de tratamiento. Esto se debe a que el proyecto requerirá de equipos y herramientas de cierto avance tecnológico en el país y cuyo precio es elevado, motivo que también explica el bajo número de proyectos de gestión y valorización de RAEE que existe hasta el momento (MAyDS et al, 2020).

*Tabla 7-II. Incidencia de cada etapa sobre el presupuesto total de la inversión inicial del proyecto de la gestión y valorización de RAEE.*

<i>Etapa o categoría</i>	<i>Precio total (USD)</i>	<i>Incidencia (%)</i>
Preliminar	6,400.00	0.44%
Disposición inicial	546,000.00	37.61%
Recolección, transporte y transferencia	230,611.94	15.88%
Tratamiento	489,457.98	33.71%
Recursos humanos	179,423.23	12.36%
TOTAL	1,451,893.16	100.00%

## 7.2 Operación y mantenimiento

Una vez finalizada la etapa de inversión y lograda la puesta en marcha del plan de gestión de RAEE, es necesario proveer el capital necesario para garantizar la correcta ejecución del proyecto. La Tabla 7-III incluye el cómputo y presupuesto de la etapa de operación y mantenimiento del proyecto. En total, se calcula un costo de operación y mantenimiento de USD 76,278 (SETENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS SETENTA Y OCHO DÓLARES ESTADOUNIDENSES).

Tabla 7-III. Cómputo y presupuesto del proyecto de la gestión y valorización de RAEE. Operación y mantenimiento.

Categoría	Tarea	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
Recursos humanos	Recolección	Conductor	Salario mensual	5.00	268.35	1341.77
		Asistente de carga y descarga	Salario mensual	10.00	306.69	3066.90
	Operación de la planta de tratamiento	Supervisor	Salario mensual	2.00	670.88	1341.77
		Técnico operario	Salario mensual	80.00	603.80	48303.62
		Administración	Salario mensual	5.00	651.72	3258.58
		Limpieza	Salario mensual	3.00	306.69	920.07
		Técnico de seguridad, higiene y medio ambiente	Salario mensual	1.00	766.72	766.72
		Recursos contables	Salario mensual	2.00	670.88	1341.77
		Recursos legales	Salario mensual	1.00	575.04	575.04
		Recepcionista	Salario mensual	2.00	709.22	1418.44
	Disposición final de residuos asimilables a urbanos	Conductor	Salario mensual	1.00	268.35	268.35
	Estación de transferencia	Recepción de AEE y RAEE	Salario mensual	22.00	383.36	8433.97
	Insumos	Servicios	Energía, agua, luz, gas, internet, teléfono	Factura mensual	1.00	479.20
Transporte		Combustible	Litros mensuales	2,852.08	0.87	2471.04
Mantenimiento	Mantenimiento de la planta de tratamiento	Equipos, vehículos y maquinaria	Monto mensual	1.00	2,290.84	2290.84
TOTAL						76,278.07

Para analizar la incidencia de las etapas de la operación y mantenimiento del proyecto se realizó la Tabla 7-IV. Puede apreciarse que la categoría de recursos humanos será responsable del 93.13% del total de los costos de la operación y mantenimiento. Esto, en parte, resulta alentador, teniendo en cuenta que se estaría promoviendo la generación de empleo formal. Como se indicó anteriormente, la gestión actual de los RAEE presenta altos niveles de trabajos informales. En este sentido, el proyecto no sólo promovería la gestión y valorización de los RAEE, lo que conlleva a la protección del ambiente y los ecosistemas, sino también a la protección de la salud de los trabajadores informales que se involucran en las tareas asociadas y a la generación de trabajo decente.

*Tabla 7-IV. Incidencia de cada etapa sobre el presupuesto total de la operación y mantenimiento del proyecto de la gestión y valorización de RAEE.*

<i>Categoría</i>	<i>Precio total (USD)</i>	<i>Incidencia (%)</i>
Recursos humanos	71,036.99	93.13%
Insumos	2,950.24	3.87%
Mantenimiento	2,290.84	3.00%
TOTAL	76,278.07	100.00%

### 7.3 Ingresos

Como se indicó anteriormente, existirá un ingreso directo de capital generado por el plan de gestión de RAEE, específicamente, por la venta de las materias primas recuperadas que pueden ser utilizadas como insumos de nuevos procesos productivos. Para calcular estos ingresos, se utilizaron los precios de los Materiales Recuperados Post Consumo (MRPC) postulados por Conexión Reciclado para el año 2021 y los datos de Fernández Protomastro (2021) y Magariños et al (2013). Los resultados se presentan en la Tabla 7-V. Cabe destacar que también existirá una ganancia en caso vender los equipos y/o componentes reutilizables; sin embargo, se decidió no incluir estos ingresos debido a la posibilidad de preferir su donación frente a su venta. En total, se calcula un ingreso anual de USD 4,254,440 (CUATRO MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA DÓLARES ESTADOUNIDENSES).

*Tabla 7-V. Ingresos anuales derivados de la comercialización de materiales valorizados en la planta de tratamiento de residuos-e. Realización propia a partir de Conexión Reciclado, 2021, Fernández Protomastro, 2021 y Magariños et al, 2013.*

	<i>Output (tn/año)</i>	<i>Precio (USD/tn)</i>	<i>Ingreso (USD/año)</i>
Metales ferrosos	2,739.66	194.84	533,805.48
Aluminio	288.27	1,916.81	552,564.52
Metales no ferrosos	105.90	287.52	30,447.37
Plástico mezcla	1,493.27	383.36	572,462.57
Componentes electrónicos	229.41	11,181.39	2,565,160.27
TOTAL			4,254,440.21

Asimismo, pueden estimarse los ahorros obtenidos a partir del plan de gestión y valorización en cuestión. Al proponer otra forma de gestión para los RAEE, se disminuyen los costos asociados a los actuales servicios municipales de recolección, transporte, transferencia y disposición final que conducen estos residuos hasta los rellenos sanitarios. A partir de los datos presentados por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (s.f.) y de CEAMSE (2022), se estimaron los costos de las etapas de la gestión de Residuos Sólidos Urbanos por tonelada de RSU gestionada. Al multiplicar estos valores por las toneladas de RAEE incluidas en el plan de gestión y valorización, se estima que el ahorro anual será de USD 634,267 (SEISCIENTOS TREINTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE DÓLARES ESTADOUNIDENSES) (Tabla 7-VI). Sin embargo, este valor sólo es preciso si todos los municipios

considerados destinaran los residuos-e a disposición final. Como esta situación actualmente no es clara, por la falta de estadísticas provinciales y municipales, no se incluyó este cómputo en el análisis económico general.

*Tabla 7-VI. Costos de las etapas de la GIRSU y ahorro asociado gracias a la gestión y valorización de RAEE<sup>51</sup>. Realización propia a partir de CEAMSE, 2022 y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, s.f.*

	USD/tn	Ahorro (USD)
Personal	USD 76.42	USD 449,124.37
Combustible	USD 4.21	USD 24,736.41
Recolección	USD 4.75	USD 27,907.74
Disposición final	USD 22.54	USD 132,498.35
TOTAL		USD 634,266.87

#### 7.4 Aspectos económicos adicionales

A partir del análisis económico realizado, se derivaron las siguientes observaciones.

En primer lugar, se destaca que el costo inicial de implementación de una gestión de RAEE es elevado en sus inicios, cuando se debe montar toda la infraestructura de operaciones y logística. Sin embargo, luego de un tiempo, el plan de gestión permite obtener ganancias, no sólo ecológicas, sino también económicas. Esto se produce por los ingresos directos obtenidos por la venta de las materias primas recuperadas como insumos de nuevos procesos y, potencialmente, también de equipos y componentes reutilizables. Además, también podrían obtenerse ingresos indirectos, si se implementaran junto a los planes de gestión de residuos-e, planes de recambio de equipos menos eficientes, lo que derivaría en ingresos derivados por el ahorro energético logrado (detallado en la sección “2.5 Consumo eléctrico y plan de recambio de las heladeras domésticas”).

Por otro lado, el elevado valor de la inversión explica el pequeño número de antecedentes de programas de implementación del tratamiento de RAEE. Bajo el marco de políticas existentes, los recicladores formales no obtienen mayor rentabilidad económica en comparación con los recicladores informales. Sin embargo, esa afirmación no incluye ni considera los costos ambientales y sanitarios derivados del reciclaje informal de residuos-e, como la contaminación ambiental y los daños en la salud. En este sentido, se sostiene que el costo de gestionar los residuos es mucho menor que el costo de sanear la contaminación y los perjuicios en la salud (Fernández Protomastro, 2013).

Por otro lado, es importante mencionar que múltiples autores<sup>52</sup> y normativas<sup>53</sup> proponen una serie de mecanismos distintos para financiar la gestión de residuos-e. Algunos de ellos hacen referencia a la necesidad de incorporar eco-tasas, es decir, la internalización parcial o total del costo de gestión de un AEE en su precio de venta. El incremento del precio de venta puede devolverse al consumidor cuando

<sup>51</sup> Estos cálculos se realizaron considerando que los RAEE se entierran en los rellenos sanitarios sin discriminar por tipo de residuo, ya que actualmente no se realiza una recolección y tratamiento diferenciado. Si se cumplieran estrictamente los requerimientos legales, el precio no debería ser el de los RSU sino el de residuos-e, cifra que asciende a los \$40,000/tn; con lo cual, los ahorros serían aún mayores.

<sup>52</sup> Fernández Protomastro, 2013; Forti et al, 2020; Ilgin et al, 2010; Jara, 2018; Liu, 2009; Rodríguez Lepure, 2018; Tanides, 2011; Yang et al, 2008.

<sup>53</sup> Ley N°1,854 de la CABA, Ley N°14,321 de la provincia de Buenos Aires, Resolución Nacional N°522/16 del MAyDS, etc.



participe en la gestión del RAEE; análogo a lo que sucede en Argentina con la utilización de envases de vidrio. Por su parte, otros autores refieren a mecanismos de financiación derivados de alianzas con cámaras y asociaciones industriales, así como fabricantes, importadores y comercializadores, e incluso organismos internacionales como la Agencia Internacional de la Energía (IEA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre otros. En este sentido, además de la internalización del costo ambiental en el producto, el Estado puede participar mediante subsidios, compensaciones, desgravaciones, multas<sup>54</sup> y otros mecanismos financieros para impulsar el desarrollo de la industria de la gestión de RAEE.

## 7.5 Conclusión

En síntesis, el costo de inversión inicial del proyecto será de USD 1,451,893 (UN MILLÓN CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y TRES DÓLARES ESTADOUNIDENSES); mientras que el costo de operación y mantenimiento anual será de USD 915,336 (NOVESENTOS QUINCE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS DÓLARES ESTADOUNIDENSES); y el ingreso anual máximo, de USD 4,254,440 (CUATRO MILLONES DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA DÓLARES ESTADOUNIDENSES). Como las ganancias superan los costos de operación y mantenimiento y la depreciación (esto es, el cociente de la inversión del proyecto y los años de vida útil), el proyecto resultará viable desde un punto de vista económico, gracias a la comercialización de los materiales recuperados de los residuos-e (Figura 7-1).

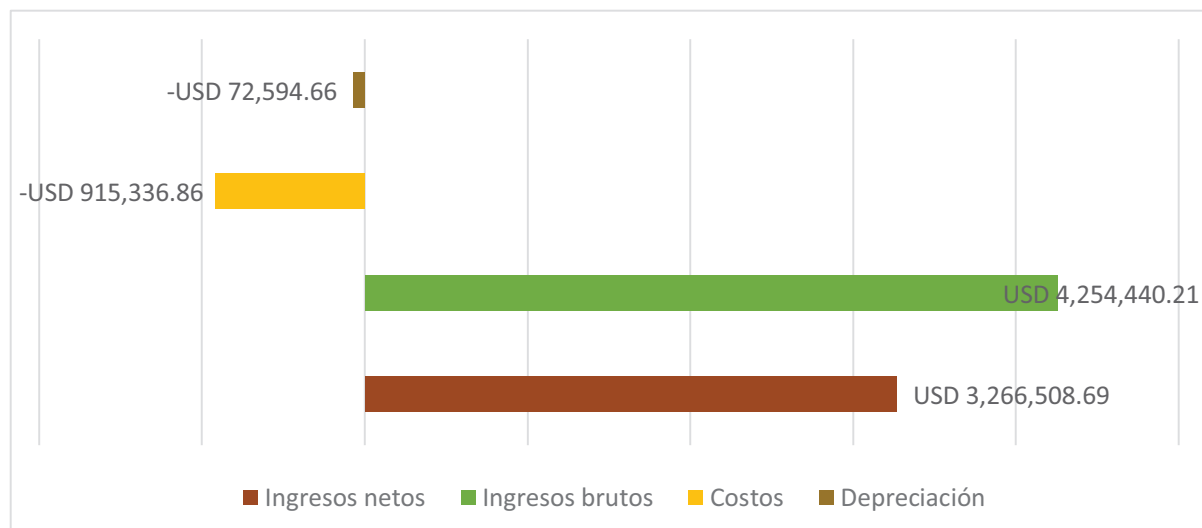


Figura 7-1. Gráfico de los ingresos netos obtenidos.

<sup>54</sup> Por ejemplo, el Estado puede sancionar o multar a los productores y grandes usuarios que no cumplan con las buenas prácticas ambientales o no se integren a los SIGRAEE.

## 8 Evaluación de Impacto Ambiental y Social

La Ley General del Ambiente (Ley Nacional N°25.675) establece que toda obra o actividad capaz de degradar al ambiente o a alguno de sus componentes, o bien de afectar significativamente la calidad de vida de la población debe estar sujeta a una Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAyS), que, a su vez, debe realizarse antes de la ejecución de esta obra o actividad. De esta forma, la EIAyS es un documento que permite identificar, predecir, evaluar y mitigar los potenciales impactos que un proyecto de obra o actividad puede causar al ambiente, en el corto, mediano y largo plazo (Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). Luego de su realización, el proponente del proyecto ya sea público o privado, debe presentar la EIAyS a la autoridad ambiental competente, lo que le permite a esta tomar una decisión informada respecto de la viabilidad ambiental y ejecución de un proyecto.

La presente Evaluación de Impacto Ambiental y Social se realizó conforme los lineamientos de la normativa de la provincia de Buenos Aires, esto es: la Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales de la provincia de Buenos Aires (Ley N°11.723) y la Resolución N°492/2019 del OPDS, que establece el procedimiento, contenidos y organización de una EIAyS.

### 8.1 Objetivos y alcance

El objetivo de esta Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAyS) es analizar, de acuerdo con la normativa nacional, provincial y municipal vigente, la incidencia de las etapas de construcción, operación y cierre de la planta de tratamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) sobre el ambiente y el medio socioeconómico, previo a su instalación.

Los alcances del presente EIAyS son los siguientes:

- a) Caracterizar el medio físico, biológico y socioeconómico del sitio de emplazamiento de la planta de tratamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y su área de influencia, a fin de identificar impactos existentes y constituir la línea de base física, biológica y socioeconómica.
- b) Relacionar la línea de base física, biológica y socioeconómica con las acciones del proyecto, a fin de identificar, clasificar y valorar los impactos generados por el proyecto analizado.
- c) Redactar el Plan de Gestión Ambiental, compuesto por el Plan de prevención y mitigación, el Plan de seguimiento y monitoreo y el Plan de contingencias.

### 8.2 Introducción

#### 8.2.1 Datos generales

##### 8.2.1.1 Nombre del proyecto

“Minas de RAEE” es el nombre de la planta de tratamiento de RAEE que se pretende ejecutar.

##### 8.2.1.2 Ubicación del proyecto

“Minas de RAEE” proyecta su localización en la localidad de Billinghamurst, partido de General San Martín, provincia de Buenos Aires. El predio proyectado se encuentra a 1 km del centro de la localidad de Billinghamurst y a 4,8 km del de la localidad de San Martín. La región corresponde al primer cordón del conurbano bonaerense y al conglomerado del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). La Tabla 8-1 presenta las coordenadas del terreno de la planta de tratamiento y la Figura 8-1 representa su ubicación.

*Tabla 8-1. Coordenadas de los vértices de la planta de tratamiento "Minas de RAEE".*

Vértice	Coordenadas UTM – WGS 84	
	Sur	Oeste
1	34°33'58.30"	58°34'41.12"
2	34°34'1.05"	58°34'37.87"
3	34°34'2.58"	58°34'39.67"
4	34°33'59.82"	58°34'42.87"

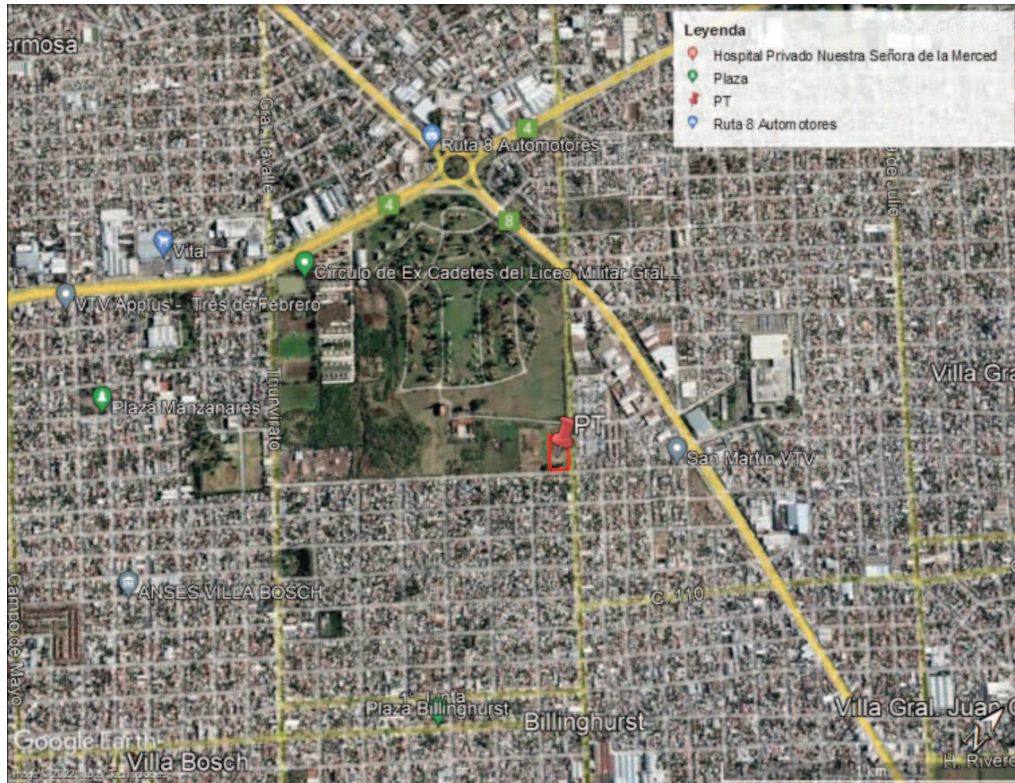


Figura 8-1. Ubicación del proyecto “Minas de RAEE”.

### 8.2.1.3 Vida útil del proyecto

“Minas de RAEE” contempla una duración de 22 años, divididos en 3 etapas, como se indica en la Tabla 8-II. En cuanto al cronograma del proyecto, el inicio de la construcción se prevé para principios del mes de junio del 2023.

Tabla 8-II. Duración del proyecto “Minas de RAEE”.

	Construcción	Operación	Cierre
Duración (años)	1	20	1

### 8.2.2 Objetivos y alcance del proyecto

El objetivo del proyecto “Minas de RAEE” es diseñar y garantizar una gestión integral de ciertas categorías de RAEE. Esta gestión integral se concretizará en la construcción y operación de una planta de tratamiento y valorización de RAEE, que permitirá recuperar mayormente los metales y plásticos de estos residuos, así como también proporcionar una gestión ambientalmente adecuada de los residuos peligrosos y domiciliarios que poseen. De esta forma, “Minas de RAEE” da cumplimiento a la Ley N°14.321, que establece la gestión sustentable de RAEE en la provincia, y al principio de jerarquía de la gestión de residuos planteadas por las Resoluciones N°389/2019 de la OPDS y 522/2016 del MAyDS.

La importancia de los RAEE radica en que se componen de materiales muy diversos, algunos con alto valor de mercado y otros que son riesgosos para los ecosistemas y los seres vivos. Esto hace que, por un lado, cuando un Aparato Eléctrico y Electrónico (AEE) se descarta, hay una corriente significativa de materiales y componentes valiosos para reinsertarlos en el ciclo productivo<sup>55</sup>; y, al mismo tiempo, existe un abanico de sustancias con características de peligrosidad tanto para la población como para el ambiente. Por estos motivos, resulta imprescindible proporcionar una gestión integral competente a los residuos-e.

## 8.3 Descripción del proyecto

### 8.3.1 Memoria descriptiva del proyecto

El proyecto corresponde al diseño de una Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) para los municipios del AMBA de la provincia de Buenos Aires. En particular, del conjunto de equipos que componen los RAEE, este proyecto focaliza sobre 2 líneas de trabajo, a saber:

- Línea 1: heladeras domésticas.
- Línea 2: computadoras y accesorios informáticos (mouses, teclados y monitores).

Estos equipos serán sometidos a las etapas globales de la gestión integral, que son las siguientes: generación, disposición inicial, recolección, transporte y transferencia, tratamiento, valorización de los residuos y disposición final. En el caso de los equipos de la Línea 1, estos se recolectarán desde los domicilios de los usuarios y serán transferidos hasta hipermercados y grandes comercios de electrodomésticos seleccionados. Allí se acopiarán hasta conseguir un número suficiente de artefactos que justifique su traslado hasta la planta de tratamiento “Minas de RAEE”. Por su parte, el transporte de los equipos de la Línea 2 quedará a cargo de los vecinos, que deberán acercarlos hasta Estaciones de Transferencia ubicadas en cada municipio. Allí se acopiarán hasta antes de trasladarlos finalmente hasta “Minas de RAEE”. Una vez en la planta de tratamiento, los equipos serán sometidos a tratamientos específicos que pretenden maximizar la valorización de los materiales y componentes (mediante la reutilización y reciclaje), minimizar el envío a disposición final en rellenos sanitarios y obtener separadamente las corrientes de residuos peligrosos para darles un manejo ambientalmente seguro y racional.

De esta forma, las heladeras domésticas, computadoras y accesorios informáticos serán los insumos del proyecto, a partir de los cuales se recuperarán los plásticos y metales que contienen para reintroducirlos en los ciclos productivos de industrias nacionales e internacionales, y, por otro lado, se gestionarán de manera ambientalmente segura los residuos que se obtienen a partir de su gestión. Adicionalmente, “Minas de RAEE” promete la obtención de beneficios económicos a partir de la comercialización de las sustancias valiosas mencionadas. Para poder llevar a cabo el proyecto, será necesario constituir las redes de recolección de los equipos; la adaptación y fortalecimiento de espacios seleccionados de determinados hipermercados y comercios de electrodomésticos; la construcción, ejecución y/o optimización de las estaciones de transferencia; y la construcción, ejecución y posterior cierre de la planta de tratamiento de RAEE.

---

<sup>55</sup> Algunas estimaciones indican que el 97% de los componentes y materiales contenidos en un AEE son recuperables o reciclables (Hernández et al, 2020).

### 8.3.2 Instalaciones

La planta de tratamiento de residuos-e estará compuesta por las zonas y sectores presentados en la Tabla 8-III.

*Tabla 8-III. Instalaciones y superficie de "Minas de RAEE".*

Zona	Sector	Sub-sector	Área (m <sup>2</sup> )	
Descarga y acopio	Circulación vehicular, personal y de maquinaria	-	3,220	
	Estacionamiento	-	250	
	Clasificación	-	300	
	Acopio	Acopio Línea 1		388
		Acopio Línea 2		612
Procesamiento	Línea 1	Corte de carcasas	150	
		Desmontaje y descontaminación	100	
		Pre-trituración y trituración	100	
	Línea 2	Corte de carcasas	150	
		Desmontaje y descontaminación	200	
		Trituración	200	
	Convergencia de líneas 1 y 2	Separación magnética	100	
		Separación por vibración	100	
Depósito	Depósito de equipos y/o componentes reutilizables	-	193	
	Depósito de materiales recuperables	-	269	
	Depósito de residuos asimilables a urbanos.	-	269	
	Depósito de residuos peligrosos	-	269	
Envío	-	-	500	
Oficinas y servicios	Oficina administrativa	-	50	
	Oficinas técnicas	-	50	
	Sala de reuniones	-	20	
	Vestuarios	-	15	
	Sanitarios	-	30	
	Comedor y cocina	-	30	
	Área recreativa y espacios verdes	-	222	
	Área de seguridad y recepción	-	5	
TOTAL			7,792	

Por otro lado, la estructura edilicia de la planta será adecuada: estará protegida de la intemperie, contará un sistema de contención y recolección de líquidos y tendrá infraestructura resistente química y estructuralmente. Deberá proveer la suficiente energía eléctrica como para permitir el funcionamiento de los equipos presentados en la Tabla 8-IV.

*Tabla 8-IV. Equipos empleados en la etapa de operación de Minas de RAEE.*

Maquinaria	Marca
Trituradora primaria	GEP ECOTECH
Trituradora secundaria	GEP ECOTECH

Separador de banda magnética	Magnapower
Separador por corrientes de Foucault	Magnapower
Separador vibrante	CNC MAT

## 8.4 Caracterización del ambiente

### 8.4.1 Descripción del sitio

“Minas de RAEE” ocupará 7,792 m<sup>2</sup> de la localidad de Billinghamurst, provincia de Buenos Aires. El predio estará delimitado por la Avenida Eva Perón y las calles Maipú, Naón y Diagonal 122. El acceso a la planta de tratamiento se realizará por la calle Maipú, que conecta con la Avenida Eva Perón, que a su vez se comunica con la Ruta Provincial N°8 a 2 km y con la Ruta Provincial N°4 a 2,3 km.

### 8.4.2 Área de influencia

Es pertinente diferenciar el espacio físico donde la probabilidad de ocurrencia de impactos ambientales es máxima (“área de influencia directa”) del espacio en que esta probabilidad disminuye, debido al alejamiento al sitio donde se genera impacto (“área de influencia indirecta”) (Universidad Nacional de San Martín [UNSAM], 2010). Se consideró como área de influencia directa de la planta de tratamiento a la superficie donde se realizarán las tareas productivas y donde circularán las personas, vehículos y maquinarias. Como área de influencia indirecta, se adoptó el área circundante alrededor de 15 km de “Minas de RAEE” (Figura 8-2).

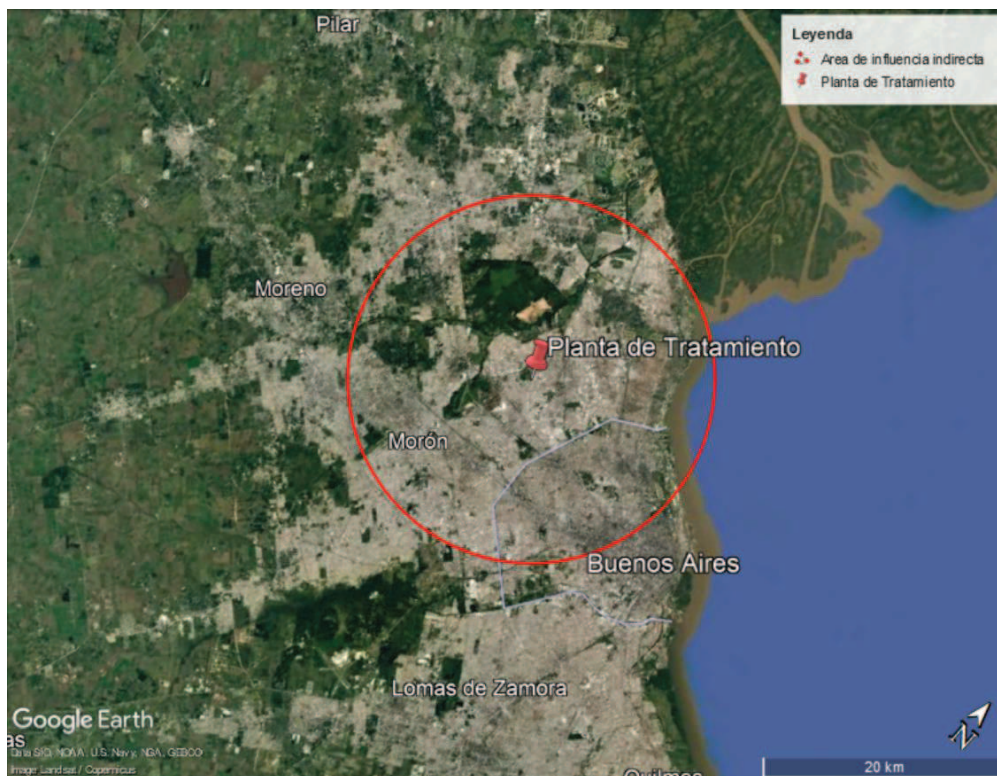


Figura 8-2. Área de influencia indirecta del proyecto "Minas de RAEE".

### 8.4.3 Medio físico

#### 8.4.3.1 Clima

El clima de la zona de estudio es templado húmedo y se encuentra principalmente influenciado por el Río de La Plata. Presenta veranos cálidos y húmedos, inviernos frescos y precipitaciones más frecuentes en el verano. Además, se percibe el efecto de “isla urbana de calor”, que explica que las temperaturas en las regiones urbanas tienden a ser mayores que las del área suburbana o rural circundante (GBCA, 2018; Servicio Meteorológico Nacional [SMN], s.f.). Este fenómeno se produce por el reemplazo de vegetación y espacios abiertos por edificios, calles e infraestructura urbana; y de superficies permeables y húmedas por asfalto y cemento, además de otros factores (como por ejemplo, la ubicación geográfica de la ciudad), que favorecen su intensidad (GBCA, 2020).

Para la obtención de la información climática se utilizaron los datos del SMN, cuya serie más actual disponible abarca los años 1981-2010. Considerando este período, la temperatura media anual es de 18.2°C. El mes más cálido es enero, con 30°C de temperatura media; mientras que el mes más frío es julio, con una temperatura media de 7°C. Por su parte, la temperatura máxima media alcanza un valor de 22.8°C; y la temperatura mínima media, de 13.6°C. Asimismo, la región percibió un aumento de eventos de olas de calor en los últimos años (SMN, s.f.).

La precipitación dominante es en forma de lluvias. Estas se registran todos los meses, con valores menores en los meses de junio y julio (alrededor de los 60 mm mensuales) y mayores de octubre a abril (alrededor de los 126 mm mensuales). Considerando el período 1981-2010, la precipitación anual es de 1,233.3 mm (SMN, s.f.). Por otro lado, considerando el período 1956-2008, la frecuencia de días con heladas meteorológicas anuales se aproxima a 15, por lo que son poco frecuentes (Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires [FAUBA], 2013).

La Figura 8-3 presenta el gráfico de los valores climatológicos medios del período 1981-2010 correspondientes a la estación meteorológica de San Andrés, ubicada dentro del área de influencia indirecto de “Minas de RAEE” y la Figura 8-4, el gráfico de las temperaturas extremas del período 1961-2021 de la misma estación meteorológica.

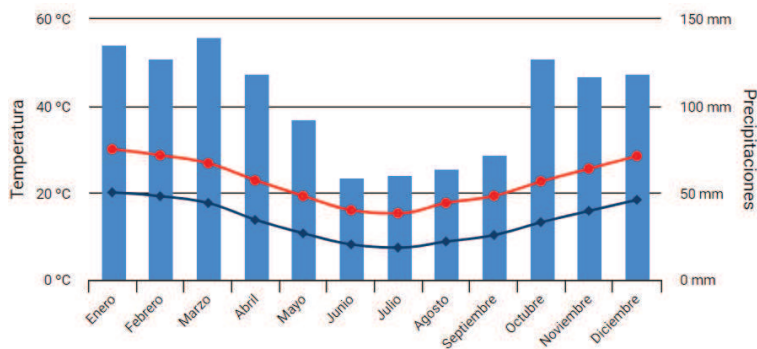


Figura 8-3. Temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación media de San Andrés (partido de General San Martín) en el período 1981-2010. Recuperado de SMN, s.f.

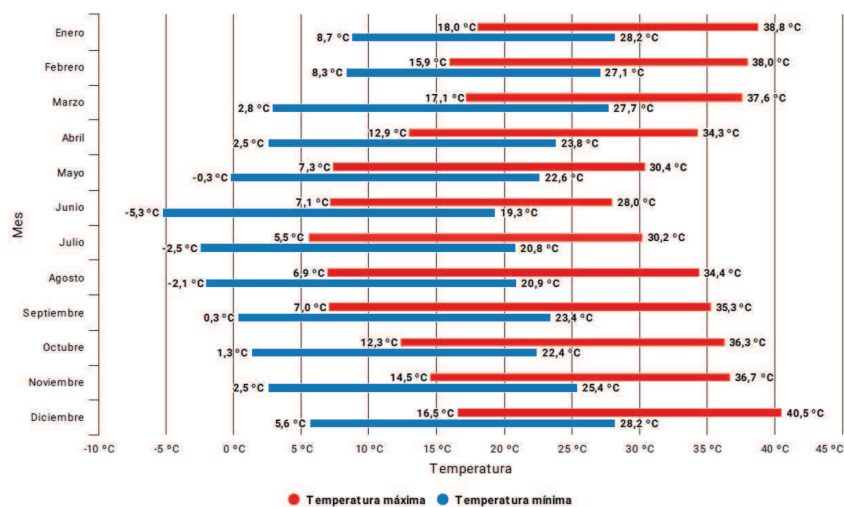


Figura 8-4. Temperaturas extremas diarias de San Andrés (partido de General San Martín) en el período 1961-2021. Recuperado de SMN, s.f.

El promedio anual de la humedad relativa es de 79%, con un mínimo de 71% en el mes de enero y un máximo de 86% en junio y julio (Czajkowski et al, s.f.). La evapotranspiración potencial es del orden de los 800 mm, por lo cual existe un exceso de agua anual (Pereyra, 2018).

Por otro lado, los vientos de la zona son en general suaves, con un valor promedio de 12.4 km/h y sentido predominante E (Tabla 8-V). Existen 2 vientos característicos: el Pampero y la Sudestada. El Pampero es un viento frío y seco que proviene del océano Pacífico y es más frecuente en el verano, provocando tormentas y el descenso de la temperatura. Por su parte, la Sudestada proviene del océano Atlántico y se caracteriza por ser fría y húmeda. Provoca lluvias durante varios días y es responsable del fenómeno de Sudestada, que se produce porque el viento sopla en contra de la corriente del río de La Plata, generando un “taponamiento”, evitando su desembocadura y generando el aumento del nivel del agua, que puede causar inundaciones en las zonas adyacentes a la costa.

Tabla 8-V. Velocidad del viento (km/h) en la zona de estudio. Recuperado de Czajkowski et al, s.f.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
13	12	12	11	11	12	12	12	13	14	13	14

#### 8.4.3.2 Calidad de aire

Para determinar la calidad del aire, se utilizó el muestreo de calidad de aire que realizó la Municipalidad de General San Martín el 3 y 7 de mayo de 2019 (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019). En este estudio se muestrearon 6 puntos dentro del partido de San Martín, que son de interés por su cercanía a zonas industriales y centros urbanos y por la significativa circulación vehicular que los caracteriza. La Tabla 8-VI y la Figura 8-5 localizan los puntos de muestreo.

Tabla 8-VI. Localización de los puntos de muestreo del estudio de calidad de aire realizado en mayo de 2019. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

Punto	Sitio	Localidad	Latitud	Longitud	Característica
1	Plaza San Martín	San Martín	34°35'32.09"S	58°31'52.87"O	Centro urbano
2	Plaza del Padre	Villa Lynch	34°34'39.27"S	58°32'17.07"O	Zona industrial
3	Plazoleta E. Morris	Villa Maipú	34°33'12.08"S	58°31'48.43"O	Zona industrial



4	Plaza Roca	Villa Ballester	34°33'4.71"S	58°33'39.07"O	Centro urbano
5	Plaza de Los Trabajadores	Loma Hermosa	34°31'39.34"S	58°34'31.29"O	Zona industrial
6	Ruta Provincial N°8 y Ruta Provincial N°4	José León Suárez	34°33'42.81"S	58°35'14.75"O	Centro urbano localizado a 1.5 km de "Minas de RAEE"

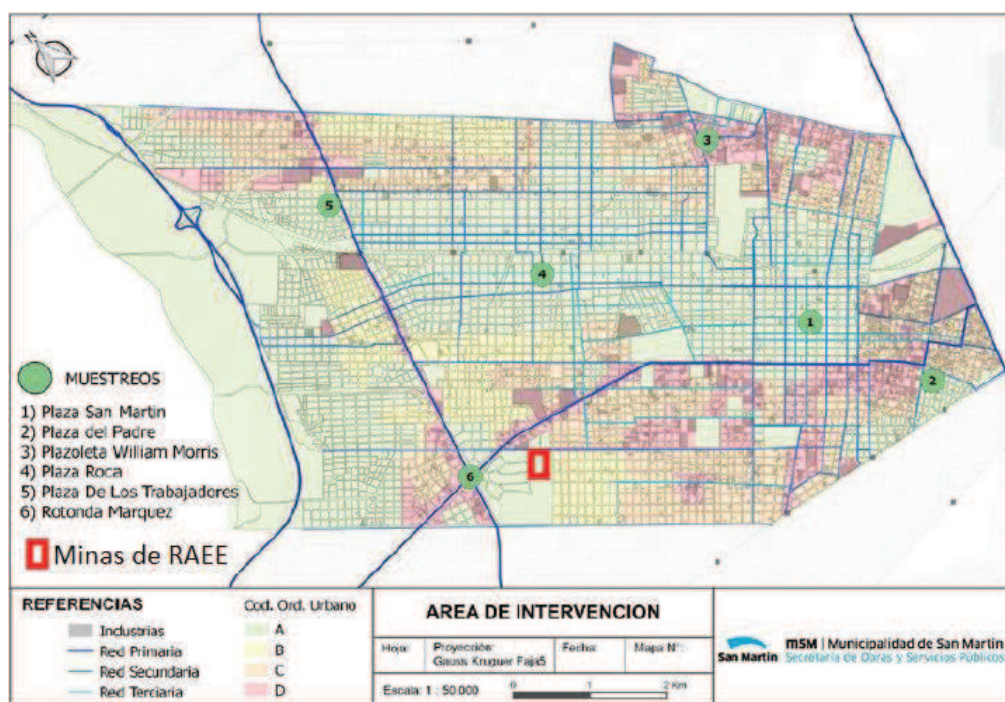


Figura 8-5. Localización de los puntos de muestreo del estudio de calidad de aire realizado en mayo de 2019. Recuperado de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

En el citado muestreo, se analizaron los siguientes principales agentes contaminantes del aire: dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO) y plomo (Pb), a partir de los métodos de análisis indicados por la Tabla 8-VII.

Tabla 8-VII. Parámetros analizados en el muestreo de calidad de aire realizado en mayo de 2019 y sus respectivas técnicas de análisis. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

Fórmula	Método de análisis
CO	NIOSH 6604
NO <sub>x</sub>	ASTM D 1607
O <sub>3</sub>	NOISH P&CAM 154
Pb	EPA 40 CFR 50 APENDIX J / SM 3111 B
SO <sub>2</sub>	EPA 40 CFR 50 APENDIX A

En materia de normativa ambiental aplicable, en la zona rigen la Ley de protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera de la provincia de Buenos Aires (Ley provincial N°5,965), cuyo decreto reglamentario vigente es el Decreto N°1,074/2018 de la OPDS, y el Plan nacional de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas (Ley Nacional N°20,284). La Tabla 8-VIII incluye los valores de los principales agentes contaminantes del aire muestreados y su comparación con los valores admitidos con la normativa. De la comparación puede afirmarse que ningún

parámetros superó los límites establecidos por la normativa, a excepción del plomo. Esto no puede afirmarse para este parámetro, ya que se realizó una medición que no detecta límites inferiores a 0.005 mg/m<sup>3</sup>, por lo que no puede determinarse si los valores muestreados se encontraron por debajo o por encima del límite establecido por la normativa.

*Tabla 8-VIII. Resultados de los parámetros determinados en el muestreo de calidad de aire realizado en mayo de 2019 y su comparación con la normativa de referencia. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.*

Fórmula	Tiempo promedio	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Decreto N°1,074/18	Ley Nacional N°20,284
CO	1 hora	mg/m <sup>3</sup>	0.8	0.796	0.891	1.379	0.8	0.846	40	50
NO <sub>2</sub>	1 hora	mg/m <sup>3</sup>	0.059	0.061	0.011	0.019	0.059	0.055	0.367	0.45
O <sub>3</sub>	8 horas	mg/m <sup>3</sup>	0.006	0.006	0.01	0.007	0.006	0.006	0.100	-
Pb	3 meses	mg/m <sup>3</sup>	< 0.005						0.00015	-
SO <sub>2</sub>	24 horas	mg/m <sup>3</sup>	< 0.001						1.25	-

#### 8.4.3.3 Nivel de ruido

Para determinar el nivel de ruido ambiental, se utilizó el muestreo también realizado por la Municipalidad de General San Martín (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, s.f.). En este estudio se muestrearon 23 puntos dentro del partido de San Martín, que son de interés por su cercanía a zonas industriales y a zonas de gran tráfico de vehículos y colectivos. La Tabla 8-IX y la Figura 8-6 localizan los puntos de muestreo.

*Tabla 8-IX. Localización de los puntos de muestreo de ruido ambiental. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, s.f.*

Punto	Lugar
1	Av. Gral. Paz y Av. San Martín
2	Av. Márquez y Ruta Provincial N°8
3	Ruta Provincial N°8 y Av. Perón
4	Av. Márquez y San Martín
5	Municipalidad Campos YMitre
6	Av. Márquez y 9 de Julio
7	Av. Constituyentes y Av. Arturo Illia
8	Alvear y Independencia
9	Av. Constituyentes y J.M.Campos
10	Italia y Av. Márquez
11	Muñiz y R. Peña
12	Mitre y M. Acosta
13	Fronzizi y Sarmiento
14	Las Calas y Los Pensamientos
15	Cisneros y Gascón
16	Córdoba y Casares
17	Colón y San José De Flores
18	Italia y San Lorenzo
19	Av. Eva Perón y Chacabuco
20	Estrada y Villegas
21	Colegio Militar y L.N. Alem
22	Moreno y González
23	Sgto. Cabral y Esmeralda

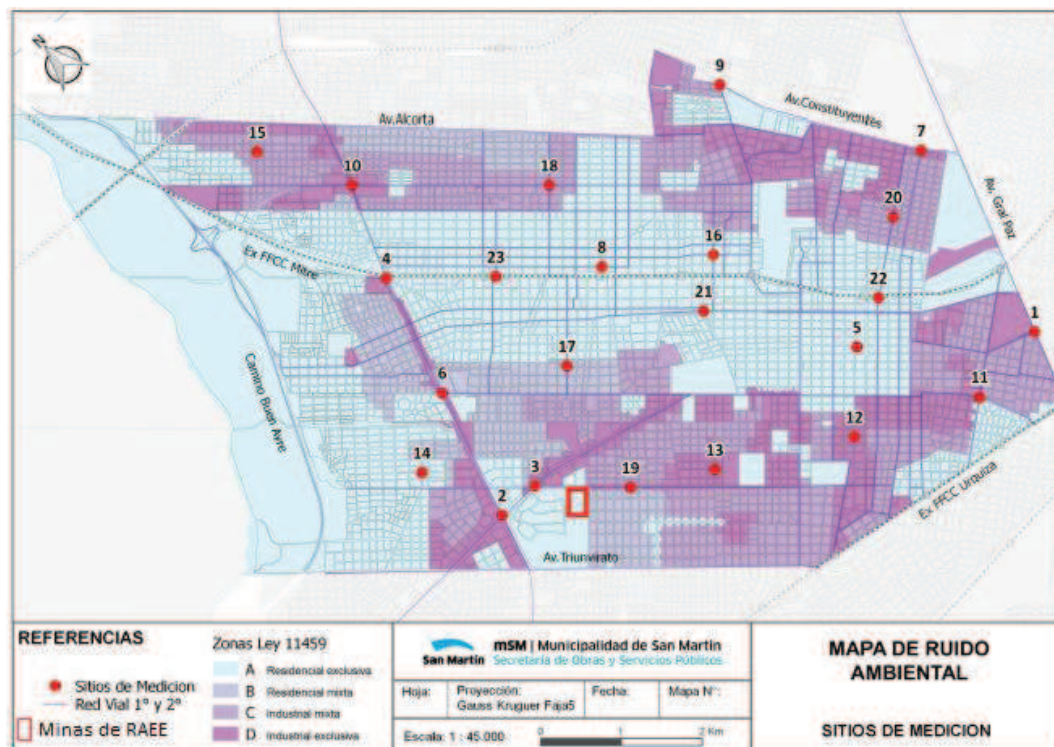


Figura 8-6. Localización de los puntos de muestreo de ruido ambiental. Recuperado de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, s.f.

Las mediciones se realizaron con un medidor de nivel sonoro marca Sound Pro modelo QE-7052. Se tomaron mediciones en 3 horarios diferentes: uno a la mañana, otro a la tarde y el último a la noche, para poder determinar el nivel de ruido de fondo ambiental característico de cada una de esas franjas horarias. Además, se siguieron las indicaciones de la Norma IRAM 4062:2016 “Ruidos Molestos al Vecindario – Método de medición y clasificación” (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, s.f.).

Los resultados obtenidos por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín (s.f.) entregaron valores entre 45 dBA y 79.1 dBA. Si se discriminan los resultados por horario, los mayores valores promedio se obtuvieron a la tarde (69.5 dBA), luego a la mañana (68.6 dBA) y por último, a la noche (61.5 dBA). Los mayores valores de la mañana y la tarde se explican a partir de los mayores niveles de tránsito vehicular y de producción industrial que acontecen en estos horarios. Los resultados obtenidos por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín se incluyen en el anexo (“11.4 Evaluación de Impacto Ambiental y Social”).

#### 8.4.3.4 Geología, geomorfología y edafología

La zona de estudio se encuentra en la provincia geológica de la Llanura Chaco-Pampeana (Fucks et al, 2008), una unidad morfológica muy extensa que ocupa gran parte de América del Sur. Regionalmente, limita con el Delta del Paraná y el río de La Plata, de los cuales recibe gran influencia. Además, la Llanura Chaco-Pampeana bonaerense posee numerosos cursos fluviales menores que desaguan en el río Paraná o en el río de La Plata y que forman pequeñas cuencas en sentido SO-NE, como las de los ríos Carcaraña, del Medio, Arrecifes, Areco, Luján, Reconquista y Matanza-Riachuelo (Pereyra, 2018).

En la región afloran sedimentos pertenecientes al Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno), que son las más recientes. Esto se debe a que la zona no se encuentra sujeta a fenómenos tectónicos que podrían causar el plegamiento o alzamiento de sedimentos más antiguos. En cuanto a las unidades estratigráficas, se destaca la presencia de sedimentos loésicos, especialmente en la Formación Buenos Aires; de sedimentos limosos en la Formación Ensenada y de sedimentos limosos y arenosos fluviales en la Formación Luján. Estos sedimentos se encuentran cubiertos por depósitos fluviales recientes y actuales, depósitos finos lacustres y palustres y depósitos de arenas eólicas. Hacia el NE, se hacen presentes sedimentos marinos, debido a la Formación Querandí, cuyos sedimentos marinos provienen de las ingresiones marinas del período Cuaternario superior y se representan por facies arcillosas de planicies de marea y albúfera, y a la Formación La Plata, representada por facies regresivas y cordones de conchillas del platense marino. Además, se observa la ingesión marina más antigua de la región, caracterizada por bancos a nivel de subsuelo y que recibe la denominación de “belgranense” (Fidalgo, 1999; Pereyra, 2004; Pereyra, 2018). Por su parte, la Formación La Postera se compone por sedimentos limo-arcillosos y arenas limosas. La Formación Puelche consiste en una secuencia de arenas cuarzosas que superponen a las arcillas de la Formación Paraná y constituyen el acuífero más importante de la región por su calidad y productividad (Auge, 1986). Por último, la Formación Paraná consiste en arcillitas limo-arenosas con intercalaciones de arenisca cuarzosa. La Tabla 8-X presenta y caracteriza las principales unidades estratigráficas aflorantes y sub-aflorantes del AMBA y la Figura 8-7 representa la Formación Pospampeana, que incluye a la Formación La Plata, Querandí y Luján, y a la Formación Pampeana, compuesta por la Formación Buenos Aires y Ensenada. Cabe destacar que la determinación de la textura se realizó siguiendo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos estadounidense (SUCS), cuyas referencias se detallan en la Tabla 8-XI.

*Tabla 8-X. Unidades aflorantes y sub-aflorantes del AMBA y sus principales características. Realización propia a partir de Pereyra, 2004.*

<i>Unidad estratigráfica</i>	<i>Era</i>	<i>Período</i>	<i>Subperíodo</i>	<i>Características</i>	<i>Litología</i>	<i>Textura</i>
Depósitos deltaicos actual			Reciente	Depósito de planicie deltaica, albardones y <i>point bars</i>	Limos, arenas y arcillas	CL-OL-ML-OH
Depósitos fluviales recientes			Reciente	Depósitos fluviales	Arenas y limos	ML-CL-OL-OH
Fm. <sup>56</sup> La Plata	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno medio	Depósitos de cordones litorales marinos	Arenas	CL-ML-GW-GS
Fm. Querandí	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno medio	Depósitos de planicie de marea y albúfera	Arcillas y limos	OL-OH-CH
Fm. La Postera	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno inferior	Depósitos eólicos indiferenciados	Arenas y limos	ML-SM
Fm. Luján	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno superior-Holoceno inferior	Depósitos fluviales	Limos	ML-CL-OL-CH
Fm. Buenos Aires	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno superior	Depósitos loésicos	Limos	ML-MH-SM

<sup>56</sup> Formación.

Ingresión Belgranense	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno superior	Depósitos marinos antiguos del Pleistoceno superior	Arenas	CL-ML-GW-GS
Fm. Ensenada	Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno inferior	Depósitos loésicos	Limos	ML-MH-SM
Fm. Puelche	Cenozoico	Neógeno	Plioceno	Depósitos fluviales	Arenas	SP
Fm. Paraná	Cenozoico	Neógeno	Mioceno	Depósitos marinos	Arenas, limos y lentes de arena	CH

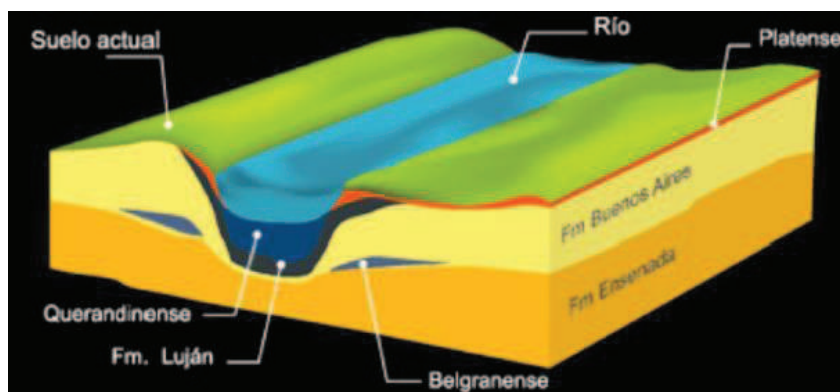


Figura 8-7. Representación de la disposición estratigráfica. Recuperado de Organismo Provincial de Integración Social y Urbana, 2018.

Tabla 8-XI. Explicación de las referencias utilizadas por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Realización propia a partir de Santamarina et al, 2008.

Primera letra	Significado	Segunda letra	Significado
G	Grava	P	Pobrementemente graduado (tamaño de partícula uniforme)
S	Arena	W	Bien graduado (tamaños de partícula diversos)
M	Limo	H	Elevada plasticidad
C	Arcilla	L	Baja plasticidad
O	Orgánico		

Desde el punto de vista geomorfológico, el área se encuentra en la Pampa Ondulada del litoral fluvial argentino (Fidalgo, 1999). Pereyra (2004) identifica 3 procesos principales que controlaron la evolución geomorfológica de la zona:

1. Proceso fluvial, debido a las oscilaciones del nivel del mar mediante ingresiones y regresiones.
2. Proceso eólico, responsable de la acumulación de sedimentos de tipo loésico.
3. Procesos marinos y fluviales, que impulsan la formación de suelos.

Como resultado de estos factores, en primer lugar, en la Pampa Ondulada se distingue una planicie loésica que presenta un relieve suavemente ondulado que es atravesada por distintas cuencas, como las de los ríos Samborombón y Salado. La planicie loésica es la unidad que presenta menor riesgo de anegamiento, con excepción a las depresiones de las cuencas ya mencionadas. Al mismo tiempo, corresponde a la zona donde se asienta la mayor parte de la población. Por su parte, las planicies aluviales y terrazas fluviales se desarrollan en los principales cursos fluviales que desembocan en el río de La Plata, como el río Matanza Riachuelo, Luján, Reconquista y cursos menores, como los arroyos Morón, Sarandí, Santo Domingo, Pereyra y Maldonado, entre otros. Estos también poseen terrazas y planicies aluviales,

pero han sido muy modificados por la acción antrópica (canalizados, entubados y rectificados). Esta unidad es la de menor tamaño y tiene una elevada posibilidad de inundación. La planicie poligenética del río de la Plata actúa como la planicie aluvial del río y presenta un relieve plano a suavemente ondulado con geoformas de diferente origen. Al igual que las planicies y terrazas fluviales, tiene mayor riesgo de inundación. Tierra adentro, se extiende una extensa planicie donde se ubican los antiguos canales de marea y la albúfera. En el pasado, constituía un escollo para la navegación que sólo era visible en bajantes. Esta zona es actualmente afectada por las sudestadas (Fidalgo, 1999; Fucks et al, 2008; Pereyra, 2004). Ocupando un pequeño sector de la región, se encuentra el Delta del Paraná, que presenta características muy distintivas y una compleja evolución geológico-geomorfológica asociada a las fluctuaciones cuaternarias del nivel del mar. En la zona más próxima a la zona densamente urbanizada (partidos de Tigre y San Fernando), las geoformas reconocidas corresponden a planicies interdistributarias que conforman las islas del delta, que se caracterizan por poseer un sector marginal de mayor altura (albardones) y una parte central más deprimida, usualmente anegada total o parcialmente. Por este motivo, el potencial de inundación de la región es muy elevado, lo que la convierte en la zona menos apta para permitir una ocupación humana (Kandus, 1997). La Tabla 8-XII caracteriza las unidades geomórficas más destacables del AMBA y la Figura 8-8 las localiza.

*Tabla 8-XII. Principales unidades geomórficas del AMBA y sus características. Realización propia a partir de Pereyra, 2004.*

<i>Proceso geomórfico dominante</i>	<i>Unidad geomórfica</i>	<i>Relieve relativo<sup>57</sup></i>	<i>Suelos principales</i>	<i>Potencial de inundación</i>
Eólico	Planicie loésica	Moderado	Argiudoles Hapludoles	Baja
Procesos marinos y fluviales	Paleoacantilado	Alto		
	Planicie poligenética del río de La Plata	Bajo	Endoacuoles Natracualfes Hapludertes	Alta
Fluviales	Planicies y terrazas fluviales	Bajo	Hapludoles Endoacuoles Udifluventes	Alta
	Laderas de valles	Moderado	Argiudoles Hapludoles Natraboles	
	Delta del Paraná	Bajo	Hapludoles Endoacuoles Udifluventes	Muy alta

<sup>57</sup> Relieve relativo alto: más de 10 m en menos de 50 m en la horizontal. Relieve relativo bajo: menos de 1 m en menos de 100 m en la horizontal. Relieve relativo moderado: comprendido entre los extremos.

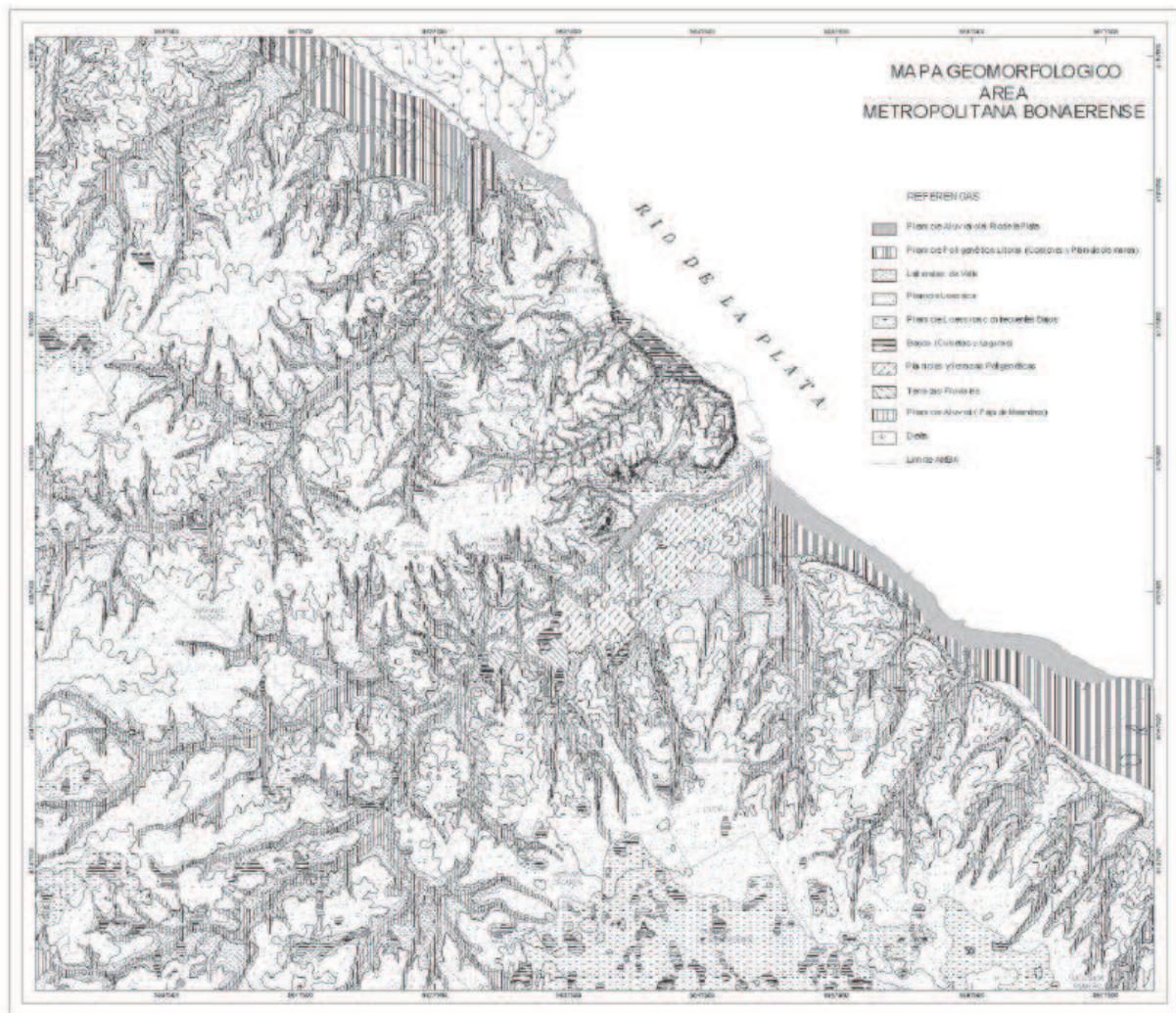


Figura 8-8. Mapa geomorfológico del AMBA. Recuperado de Pereyra, 2004.

#### 8.4.3.5 Edafología

En el estado natural de la región predominan los suelos Molisoles y Argiudoles, que poseen un elevado grado de desarrollo y cuentan con un buen drenaje. En sectores de drenaje deficiente predominan los Natracualfes, Natracuoles, Endoacuoles y Argialboles. Por su parte, en sectores más activos se encuentran Hapludoles y Entisoles, de muy escaso desarrollo edáfico. Por último, aparecen asociados a arcillas expansivas Vertisoles y subgrupos vérticos de diferentes Molisoles. Como resultado, la región posee suelos naturales con elevada fertilidad natural, lo que, en combinación con la presencia de humedad durante la mayor parte del año y de temperaturas templadas con baja amplitud térmica, explica la elevada productividad de la zona desde el punto de vista de las actividades agrícolas. Sin embargo, los suelos actuales se encuentran muy modificados y en algunos sectores han desaparecido total o parcialmente. Asimismo, debe destacarse el riesgo de inundación de la región. Las frecuentes lluvias intensas pueden producir anegamientos en suelos poco permeables. A su vez, en las zonas cercanas a los cursos fluviales, los ascensos freáticos también pueden generar anegamientos. La Tabla 8-XIII caracteriza a los suelos naturales del AMBA.

Tabla 8-XIII. Suelos más frecuentes en el AMBA y sus características<sup>58</sup>. Realización propia a partir de Pereyra, 2004.

Suelo	Espesor	Contenido de materia orgánica	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	Grado de desarrollo	Susceptibilidad a la erosión	Fertilidad
Hapludoles	Alto	Alto	Moderada	Bajo a moderado	Baja	Alta
Argiudoles	Alto	Alto	Alta	Muy alto	Baja	Alta
Natralboles	Alto	Moderado a alto	Alta	Muy alto	Moderada	Moderada
Udifluventes	Bajo	Bajo	Baja	Muy bajo	Alta	Baja
Udipsamentes	Bajo	Muy bajo	Muy baja	Muy bajo	Muy alta	Muy baja
Natracualfes	Alto	Bajo	Alta	Bajo	Alta	Baja
Endo-epiacuoles	Bajo a moderado	Alto	Baja a moderada	Moderado	Moderada	Moderada a alta

#### 8.4.3.5.1 Calidad del suelo

Para determinar la calidad del suelo del área de influencia estudiada, se utilizó el muestreo realizado por CEAMSE el 21 de mayo de 2018 (Organismo Provincial de Integración Social y Urbana, 2018). En este estudio se obtuvieron 7 muestras de suelo cercano al relleno sanitario, que es la zona potencialmente mayormente afectada debido a la dispersión de residuos. La Figura 8-9 localiza los puntos de muestreo del estudio.



Figura 8-9. Localización de los puntos muestreados de suelo. Recuperado de Organismo Provincial de Integración Social y Urbana, 2018.

Los valores obtenidos se compararon con los límites establecidos por el Decreto Nacional N°831/1993, reglamentario de la Ley Nacional de Residuos Peligrosos (Ley N°24,051), en el Anexo II, Tabla 9 ("Niveles

<sup>58</sup> Espesor bajo: menor a 1 m. Espesor alto: mayor a 2 m. Contenido de materia orgánica bajo: menor a 1%. Contenido de materia orgánica alto: mayor a 2%. CIC baja: menor a 10 cmol/kg. CIC alta: mayor de 40 cmol/kg. En todos los casos, los valores moderados están comprendidos entre los extremos.



guía de calidad de suelos para uso residencial”). La Tabla 8-XIV presenta los resultados obtenidos y los compara con los valores admitidos con la normativa.

*Tabla 8-XIV. Resultados de los parámetros determinados en el muestreo de calidad de aire realizado en mayo de 2019 y su comparación con la normativa de referencia. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.*

Analito	Unidad	Rango de concentraciones	Decreto N°1,074/18
Pb	mg/kg	8 – 44.3	500
Fe	mg/kg	8,878 – 24,870	-
Mn	mg/kg	147 – 495	-
Ni total	mg/kg	11.6	100
Zn total	mg/kg	51.6 – 147	500
Cr total	mg/kg	9.4 – 16.6	250
Ba total	mg/kg	122 - 201	500

De la comparación puede afirmarse que ninguno de los parámetros superó los límites establecidos por la normativa. Sin embargo, para basarse en monitoreos más completos, se recurrió a la Línea de Base Ambiental realizada por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín en 2019. La Tabla 8-XV presenta los analitos incluidos en el muestreo de suelo y las técnicas de análisis empleadas.

*Tabla 8-XV. Parámetros analizados en el muestreo de suelos y sus respectivas técnicas de análisis. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.*

Analito	Técnica de análisis
Cd	EPA 7130
Pb	EPA 7420
Hg	EPA 7470
HTP	EPA 8015D
a-BHC	EPA 8081A
Aldrin	EPA 8081A
Dieldrín	EPA 8081A
Endrín	EPA 8081A
Endosulfán I	EPA 8081A
Endosulfán II	EPA 8081A
Endosulfán Sulfato	EPA 8081A
g-BHC	EPA 8081A
Metoxicloro	EPA 8081A
p,p´DDE	EPA 8081A
p,p´DDT	EPA 8081A
Clorpirifós	EPA 8270
Diclorvos	EPA 8270
Dimetoato	EPA 8270
Paratión	EPA 8270
Metil paratión	EPA 8270

En base al estudio realizado, la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín (2019), afirma que los parámetros analizados en suelo no superan los límites establecidos por la normativa.

#### 8.4.3.6 Hidrología superficial y subterránea

En cuanto a la hidrología superficial, el AMBA se encuentra emplazado entre cinco cuencas de llanura: las cuencas de los ríos Luján, Reconquista y Matanza-Riachuelo, de los arroyos de CABA y de la zona Sur (Figura 8-10). Fundamentalmente, son destacables los cursos de los ríos Luján, Reconquista y Matanza-Riachuelo, ya que a partir de estos se estructura la mayor parte del drenaje regional y una red de ríos y arroyos de menor magnitud. Asimismo, todos los ríos del área pertenecen a la cuenca del Plata.



Figura 8-10. Cuencas del AMBA. Recuperado de Observatorio Metropolitano, s.f.

Las características de los cursos fluviales corresponden a cursos de llanura, por lo que su topografía es relativamente plana y uniforme y su velocidad de escurrimiento, baja. Por este motivo, los anegamientos pueden ser frecuentes en épocas de abundantes lluvias. Por otro lado, como se trata de una zona densamente poblada e intervenida, los ríos y arroyos se ven sujetos al tejido urbano e industrial. La mayoría de los cursos se ven intervenidos por la acción antrópica, ya sea por entubamientos, canalizaciones y rectificaciones; incluso algunos cursos de la región han desaparecido debido a la expansión urbana (Pereyra, 2004). Al grado de intervención de los cursos fluviales, se le suma la contaminación producida por los asentamientos urbanos y las industrias. Esta se evidencia a partir de la presencia de residuos y de vuelco de efluentes cloacales e industriales no tratados adecuadamente en los cursos fluviales, lo que degradan la calidad del agua superficial de la región (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019). Esta problemática se relaciona con los anegamientos y las inundaciones que se producen en algunos cursos fluviales (como por ejemplo, el río Luján). Estos fenómenos se explican, en parte, porque las intervenciones realizadas sobre los cursos de agua no se realizaron teniendo en cuenta las cotas que alcanzan durante las crecidas ni tampoco las características de las planicies aluviales (Pereyra, 2004), a la topografía de la zona y a los regímenes de lluvia actual. La Tabla 8-XVI caracteriza los 3 principales ríos de la región.

Tabla 8-XVI. Características principales de los principales cursos fluviales del AMBA y sus cuencas. Realización propia a partir de Centro Científico Tecnológico de Mendoza, s.f.; Defensor del Pueblo de la Nación et al, 2007; Gobierno de la provincia de Buenos Aires, s.f.; Lastra, 2007; MINCyT, 2011 y Observatorio Metropolitano, s.f.

Río	Longitud del río (km)	Superficie de la cuenca (km <sup>2</sup> )	Ejemplos de afluentes	Población aproximada (Hab) <sup>59</sup>
Luján	128	2,690	Arroyo Moyano Leguizamón, Grande, Las Flores, Carabassa, Escobar, Garín, Claro.	1,800,000
Reconquista	82	1,750	La Horqueta, El Durazno, La Choza, Canal de Álvarez, Del Sauce, Gregorio de Laferrere, Villa Ballester, José León Suarez, Basualdo, Las Tunas, Cordero.	4,000,000
Matanza-Riachuelo	64	2,240	Arroyos Cañuelas, Chacón y Morales, Cildáñez.	5,000,000
La Plata	317	3,100,000	Río Matanza-Riachuelo, Conchitas, Espinillo, Buñirico, Arreguy, Atalaya, Morales, Rincón, Samborombón.	3,800,000

Por otro lado, hacia el sur de Buenos Aires se encuentran numerosos cursos paralelos que desaguan directamente en el río de La Plata, pero que no alcanzan la magnitud de los ríos ya caracterizados. Se trata de varios arroyos que se encuentran entubados en sus tramos superiores, que coinciden con las zonas más densamente pobladas. Entre ellos se incluyen los arroyos Sarandí, Jiménez y Santo Domingo, la cuencas de Quilmes y el río Santiago (Arauz et al, 2007; Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos de la provincia de Buenos Aires, s.f.). Por último, se distinguen cuencas menores sobre las que se establece la CABA, a saber: Medrano, Vega, White, Maldonado, Radio Antiguo, Ugarteche, Boca-Barracas, Ochoa-Elía, Erézcano, Cildáñez y Larrazábal-Escalada. Algunas desembocan en el río de la Plata y otras en el río Riachuelo. A medida que la ciudad fue creciendo, estos cursos fueron canalizados y entubados; y sobre ellos se construyeron calles y avenidas, de modo que han sido ocultados, al menos parcialmente, quedando su existencia sujeta a eventos de inundaciones (González, 2018).

En particular, General San Martín se emplaza en la cuenca del río Reconquista y la cuenca del Arroyo Medrano. El 69.5% de la superficie del partido corresponde a la primera cuenca y el restante 30.5%, a la segunda cuenca (Figura 8-11). Además, es importante destacar que la mayoría de los cuerpos de agua se encuentran rodeados por urbanizaciones precarias y que, en algunos casos, las planicies aluviales se han rellenado con escombros y materiales de relleno no adecuados. A esto se le suman los eventos de contaminación proveniente de efluentes cloacales e industriales y la presencia de residuos ya mencionados (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019).

<sup>59</sup> Corresponde a la población argentina que se asienta sobre la cuenca.



Figura 8-11. Cuencas hídricas sobre General San Martín. Recuperado de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

En cuanto a la hidrología subterránea, el recurso hídrico más importante de la región es el acuífero Puelche, que ocupa 92,000 km<sup>2</sup> de la provincia de Buenos Aires. Se constituye por arenas cuarzosas y tiene espesor variable entre 20 y 30 m en las zonas urbanas (Auge, 1986). Almacena un volumen explotable de 860 hm<sup>3</sup>, por lo que autores como Auge (1986) y Génova (2011) lo postulan como una reserva alternativa para la provisión de agua del AMBA. Hidráulicamente, actúa como un acuífero semiconfinado, lo que permite su comunicación con el Acuífero Pampeano que se le superpone, del que se recarga y descarga naturalmente y del que también puede recibir sustancias contaminantes (García, 2016).

Por su parte, el acuífero Pampeano almacena agua en los poros de los sedimentos Pampeanos. También es un acuífero semiconfinado, que se recarga por infiltración directa de las precipitaciones. Esta recarga se ve limitada en las zonas urbanas debido a la impermeabilización artificial propia de las ciudades (por edificios, cemento, veredas, etc.) (Auge, 1986; HIDROAR SA, 2007).

#### 8.4.4 Medio biológico

##### 8.4.4.1 Ambientes

Según las Regiones Fitogeográficas desarrolladas por Cabrera (1971), la zona de estudio se encuentra en el Distrito Pampeano Oriental de la Provincia Pampeana. Se trata de una unidad donde predominan las praderas, que originalmente se encontraban constituidas principalmente por gramíneas, pudiendo encontrar bosques marginales, arboledas artificiales, cultivos agrícolas y espejos de agua en sectores de menor extensión. En las lagunas aparecen ejemplares de junco y sectores de vegetación adaptada a suelos salinos (Cabrera, 1971; Pereyra, 2018). En síntesis, la vegetación originaria fue de estepas y pseudo-estepas de gramíneas en las zonas más elevadas y de pajonales y juncos en las zonas más bajas, coincidentes con los valles de arroyos (UNSAM, 2009). Actualmente, los hábitats se han fragmentado y/o reducido, por lo que la biodiversidad de la zona se ve comprometida y las comunidades naturales se limitan a sectores aislados. Por otro lado, en la zona se hacen presentes algunas especies exóticas,

incluyendo las arbóreas, que típicamente, sólo se hacían presentes bajo cultivos o en comunidades reducidas, ya que las gramíneas limitan el desarrollo de los árboles.

#### 8.4.4.2 Flora

Originalmente, en el Distrito Pampeano Oriental predominaban las gramíneas de los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica*, *Briza*, *Bromus*, *Bothriochloa*, *Eragrostis* y *Poa*, pero quedan sólo algunos ejemplares de estos debido al avance de la ganadería y de la agricultura. Entre las especies de arbustos pueden encontrarse los géneros *Margyricarpus*, *Baccharis*, *Heimia*, *Alicropsis*, *Berroa*, *Chaptalia*, *Aster*, *Vicia*, *Oxalis*, *Adesmia* y las especies *Anemone decapetala*, *Polygala linoides*, *Oxalis macachin*, *Trifolium polymorphum* y *Conyza chilensis*. Las comunidades hidrófilas se hacen presentes en microambientes y pueden reconocerse a partir de los juncales de *Scirpus californicus* (en lagunas y orillas de ríos), totorales de *Typha* sps (en pantanos), pajonales de espadaña (*Zizaniopsis bonariensis*) (en suelos inundables), duraznillos de *Solanum malacoxylon* (también en suelos inundables), pajonales de paja colorada (*Paspalum quadrifarium*) (en campos húmedos) y pajonales de cortadera (*Scirpus giganteus*) (en suelos pantanosos del Delta y de la ribera platense). En suelos salobres, hay praderas de pasto (*Distichlis spicata*), hunquillares de *Juncus acutus*, espartillales de *Spartina densiflora*, entre otros. En los ríos y lagunas aparecen camalotales flotantes con gramíneas o bien cubiertos por la flotante *Azolla filiculoides*. Asimismo, se destaca la presencia de especies exóticas, como el trébol carretilla (*Medicago polymorpha*, *Medicago minima*), el cardo (*Cardus acanthoides*), el cardo de castilla (*Cynara cardunculus*), la avena silvestre (*Avena barbata*), el pastito de invierno (*Poa annua*) y *Briza minor* (Burkart, 1990; Cabrera, 1971). Sin embargo, estas especies sólo se hacen presentes en aquellos sitios donde la acción antrópica se limitó, lo que ocurre en pequeñas zonas de la región. La Figura 8-12 presenta imágenes de la vegetación original del Distrito Pampeano Oriental.



Figura 8-12. Fotografías de especies representativas del Distinto Pampeano Oriental. Donde A: *Piptochaetium montevidense*, B: *Stipa neesiana*, C: *Briza brizoides*, E: *Carduus acanthoides*, D: *Bothriochloa laquroides* y E: *Medicago polymorpha*. Realización propia a partir de Instituto de Botánica Darwinion, s.f. y Sistema de Información sobre Biodiversidad, s.f.

Como se indicó anteriormente, la vegetación original se redujo y limitó a zonas alejadas. Actualmente, la planicie de inundación del río Reconquista representa la mayor cantidad de espacios verdes públicos actuales y potenciales del municipio de General San Martín. Esto se hace evidente en el indicador de m<sup>2</sup> de espacio verde por habitante. Actualmente, cada habitante dispone de 0.7 m<sup>2</sup> de espacios verdes si sólo se consideran los públicos; y 3.3 m<sup>2</sup> si también se consideran. En ambos casos, este número se encuentra muy por debajo de los 10 m<sup>2</sup>/hab que recomienda la Organización de las Naciones Unidas

(ONU) (Municipalidad de San Martín, s.f.; Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019).

#### 8.4.4.3 Fauna

En cuanto a la abundancia y presencia de fauna, nuevamente se aprecia una disminución de las especies originarias de la región, debido a la reducción y/o fragmentación de sus hábitats por el avance y las afecciones de las actividades antrópicas.

En el último muestreo realizado por el CEAMSE (2019) en el Complejo Ambiental Norte III, se identificaron 881 individuos de invertebrados terrestres y 141 individuos de macroinvertebrados acuáticos. Las aves son la clase que mejor se adaptó a los cambios del ambiente (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019). La Tabla 8-XVII presenta algunas especies de aves representativas y las caracteriza a partir de su estado de conservación. Se obtuvo que, de las especies reportadas, ninguna se encuentra amenazada o en peligro de extinción.

Tabla 8-XVII. Ejemplos de fauna clase aves. Realización propia a partir de CEAMSE, 2017; CEAMSE, 2019; MAyDS et al, 2017; Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019; Sistema de Información sobre Biodiversidad (SIB), s.f. y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2021.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Estado de conservación <sup>60</sup>
Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila mora	NA (No Amenazada)
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Benteveo	NA
Tyrannidae	<i>Myiodynastes maculatus</i>	Benteveo rayado	NA
Phalacrocoracidae	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá	NA
Motacillidae	<i>Anthus correndera</i>	Cachirla goteada	NA
Mimidae	<i>Mimus dorsalis</i>	Calandria castaña	NA
Falconidae	<i>Caracara plancus</i>	Carancho	NA
Falconidae	<i>Milvago chimango</i>	Chimango	NA
Psittacidae	<i>Myiopsitta monachus</i>	Cotorra	NA
Ardeidae	<i>Ardea alba</i>	Garza blanca	NA
Ardeidae	<i>Nycticorax nycticorax</i>	Garza bruja	NA
Laridae	<i>Chroicocephalus maculipennis</i>	Gaviota capucho café	NA
Laridae	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaviota capucho gris	NA
Laridae	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota cocinera	NA
Passeridae	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión	LC (Preocupación menor)
Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Halconcito colorado	NA
Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón plumizo	NA
Furnariidae	<i>Furnarius rufus</i>	Hornero	NA
Jacaniidae	<i>Jacana jacana</i>	Jacana	NA
Columbidae	<i>Columba livia</i>	Paloma doméstica	LC
Columbidae	<i>Patagioenas maculosa</i>	Paloma manchada	NA
Columbidae	<i>Patagioenas picazuro</i>	Paloma picazuro	NA
Anatidae	<i>Anas georgica</i>	Pato maicero	NA
Cuculidae	<i>Guira guira</i>	Pirincho	NA
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Ratona común	NA
Poliptilidae	<i>Poliptila dumicola</i>	Tacuarita azulada	NA

<sup>60</sup> El Estado de conservación se categorizó a partir del informe realizado por el MAyDS y Aves Argentinas (MAyDS et al, 2017) para todos los casos, excepto para el gorrión y la paloma doméstica. Como estas especies no fueron incluidas en el informe, su clasificación se realizó a partir de la lista roja elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Charadriidae	<i>Vanellus chilensis</i>	Tero común	NA
Columbidae	<i>Columbina picui</i>	Torcarcita	NA
Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza	NA
Turdidae	<i>Turdus amaurochalinus</i>	Zorzal chalchalero	NA
Turdidae	<i>Turdus rufiventris</i>	Zorzal colorado	NA

Por otro lado, en la zona se ha reportado la proliferación de roedores y de insectos vectores de enfermedades, como por ejemplo, el mosquito del dengue (*Aedes aegypti*) (Carbajo, 2003).

#### 8.4.4.4 Áreas Naturales Protegidas

Por último, se relevaron las Áreas Naturales cercanas a “Minas de RAEE” (Tabla 8-XVIII). Sólo dos Áreas Naturales se encuentran a menos de 40 km de la localización proyectada para la planta de tratamiento.

Tabla 8-XVIII. Áreas Naturales Protegidas cercanas a “Minas de RAEE”. Realización propia a partir de OPDS, s.f. y MAyDS, s.f.

Nombre	Categoría	Partido	Distancia a “Minas de RAEE”
Arroyo El Durazno	Reserva Natural de Objetivo Definido Educativo	Marcos Paz	34 km
Laguna de Rocha	Reserva Natural Mixta Integral	Esteban Echeverría	34 km

De acuerdo con la Ley de Reservas y Parques Naturales de la provincia de Buenos Aires (Ley N°12,459), las Reservas naturales de objetivos definidos educativas son áreas en las que “se desarrollan principalmente tareas tendientes a la divulgación de una educación y concientización de la población respecto de la naturaleza y su conservación”, por lo que la actividad humana se permite, pero “en forma reglamentada y compatibilizando las necesidades de conservación de las especies u objetos de interés con las posibilidades de aprovechamiento y uso de los restantes recursos”. Por su parte, en las Reservas Naturales Integrales sólo se permite la realización de exploraciones científicas y se prohíbe “toda acción que pueda cambiar la evolución del medio natural vivo e inanimado, salvo aquéllas permitidas por la Autoridad de Aplicación”.

#### 8.4.5 Medio socioeconómico

El AMBA es el conglomerado urbano que se extiende desde Campana hasta La Plata, con límite físico en el Río de la Plata e imaginario en la Ruta Provincial 6. Está conformada por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y los siguientes 40 municipios de la provincia de Buenos Aires: Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, General Las Heras, General Rodríguez, General San Martín, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza, Lanús, La Plata, Lomas de Zamora, Luján, Marcos Paz, Malvinas Argentinas, Merlo, Moreno, Morón, Pilar, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel, San Vicente, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López, y Zárate (Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, s.f.). Cuenta con una superficie de 16,558 km<sup>2</sup>, que representa el 0.6% del total nacional (INDEC, 2010). En particular, “Minas de RAEE” se localizará en el partido de General San Martín, que se ubica en el primer cordón del conurbano y ocupa un área de 56.50 km<sup>2</sup>. Limita al E con los partidos de Vicente López y San Isidro; al N con Tigre; al O con San Miguel y Tres de Febrero y al S con la CABA, de quien la separa la avenida General Paz (Figura 8-13).



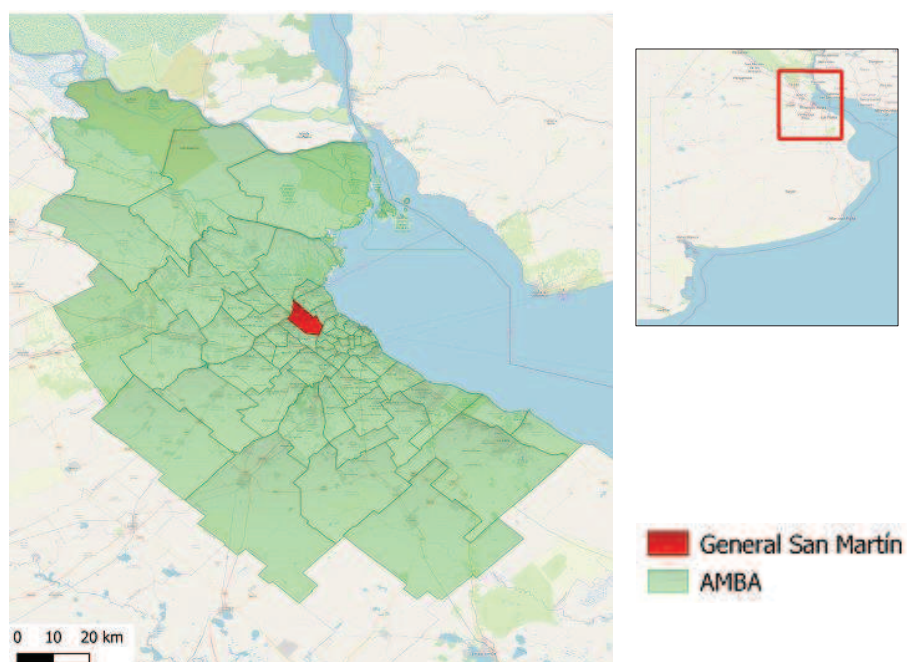


Figura 8-13. Localización del AMBA y de General San Martín.

#### 8.4.5.1 Caracterización poblacional

De acuerdo con el último censo realizado, el AMBA cuenta con una población de 14,839,026 habitantes, por lo que la densidad poblacional es de 896.17 hab/km<sup>2</sup>, valor que la convierte en la región más densamente poblada del país. En particular, el partido de General San Martín posee 414,196, lo que representa el 3% de la población del AMBA. El aumento intercensal de población desde el año 2001 al 2010 fue del 13% para el AMBA y del 3% para General San Martín. Por su parte, la composición etaria de la población del partido es la siguiente: el 30% corresponde a menores de 20 años, el 30% a habitantes de entre 20 y 39 años, 22% entre 40 y 59 años, 14% entre 60 y 79 años y el 3% a mayores de 80 años. Esto corresponde a más de la mitad de la población en edad de trabajo (INDEC, 2010).

En cuanto a las características educativas, en primer lugar, puede indicarse que el índice de analfabetismo del partido es del 1%, porcentaje que corresponde a los menores dentro del AMBA (Universidad Nacional de General Sarmiento [UNGS], 2021). Por otro lado, el 39% de la población alcanzó como nivel educativo máximo el secundario completo (Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019) (Tabla 8-XIX).

Tabla 8-XIX. Máximo nivel de educación alcanzado por la población del partido General San Martín. Realización propia a partir de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

Nivel de educación	Porcentaje (%)
Sin instrucción o primario incompleto	5.2
Primario completo	39.6
Secundario completo	39.1
Terciario o universitario completo	16.1

En cuanto a los indicadores de nivel de empleo, en primer lugar, el 70% de la población del partido tuvo intención de participar en el mercado de trabajo hacia el año 2010. Por su parte, el 6% de la población del partido son desocupados (UNGS, 2021).

Del total de los 133,202 hogares del partido de General San Martín, el 7% presentó Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en el año 2010 (INDEC, 2010; Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019). Los hogares con porcentajes mayores de este indicador se ubican en las inmediaciones de los cursos de agua que desembocan en el río Reconquista, que se encuentran muy afectados debido, principalmente, a los vuelcos ilegales y a los residuos allí arrojados. Por otro lado, el 53% de la población cuenta con un desagüe de inodoro a la red cloacal, mientras que el resto de la población tiene desagüe a cámara séptica y pozo ciego, a pozo ciego o a un hoyo, o bien no posee retrete (INDEC, 2010).

#### 8.4.5.2 Aspectos económicos

La provincia de Buenos Aires representa el 35% de la economía nacional; y dentro de ella, el partido de General San Martín es uno de los principales referentes económicos, ya que contribuye al 1.3% del Valor Agregado Nacional y al 3.8% del provincial. Hacia el año 2010, el partido tuvo un ingreso de \$50,200 por habitante, valor que duplicó al promedio del conurbano bonaerense y que se encontró un 69% sobre la media provincial y un 54% sobre la media nacional (Figura 8-14) (Gutiérrez Cabello et al, 2012).

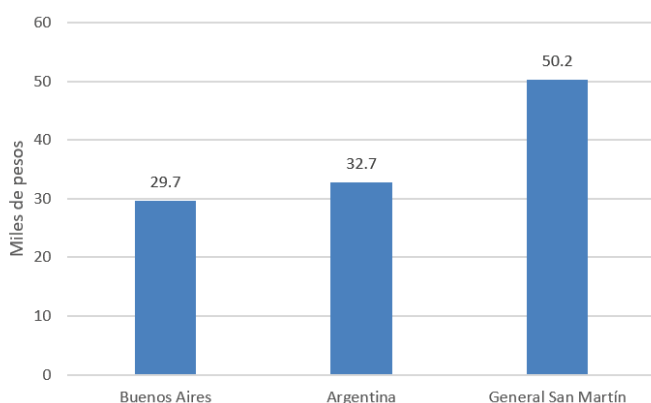


Figura 8-14. Valor Agregado Bruto por habitante en el partido de General San Martín, provincia de Buenos Aires y Argentina en el año 2010. Realización propia a partir de Gutiérrez Cabello et al, 2012.

En general, la mayoría de los partidos del conurbano bonaerense basan su economía en desarrollos comerciales e industriales; sin embargo, el partido de General San Martín se encuentra influenciado principalmente por su sector industrial, ya que aproximadamente dos tercios de la economía de la jurisdicción son generados por esta actividad, por lo que ha sido denominada como la “Capital de la industria” (Gutiérrez Cabello et al, 2020). El sector presenta un entramado productivo en el que combina grandes empresas y Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y que se destaca por los rubros metalmecánica, cauchos y plásticos y textiles. Si se agrupa a las industrias nacionales y del partido de General San Martín en grandes rubros, puede observarse que los tres rubros mencionados del partido supera la participación a nivel nacional (Tabla 8-XX) (Déntice et al, 2014; INDEC, 2008).

Tabla 8-XX. Porcentaje de participación de los rubros industriales en la Argentina y en el partido de General San Martín. Realización propia a partir de Déntice et al, 2014.

Rubro	Participación nacional (%)	Participación en el partido de General San Martín (%)

Metalmecánica	37.0	40.4
Plástico y Caucho	4.2	14.1
Textil, confecciones y cuero	2.0	13.4
Alimentos, bebidas y tabaco	20.0	8.4
Refinación de petróleo y químicos	23.9	7.9
Resto	12.9	15.8

En cuanto a la localización de la industria, Villa Lynch concentra el 28% de las industrias (348 establecimientos), y le siguen Villa Ballester con el 16% (202 establecimientos) y Villa Maipú con el 15% (191 establecimientos) (Déntice et al, 2014). En todos los casos existe una ocupación residencial mezclada con usos industriales. El resto de los establecimientos se encuentran dispersos en los otros barrios del partido. La complejidad ambiental de los establecimientos es dispar: de acuerdo con la clasificación propuesta por la Ley de Radicación Industrial de la provincia de Buenos Aires (Ley N°11.459), existen industrias de la primera categoría (establecimientos inocuos), segunda categoría (establecimientos incómodos) y tercera categoría (establecimientos peligrosos), en relación con el riesgo que constituyen para la seguridad, salubridad e higiene de la población y daños a los bienes y al medio ambiente (Gutiérrez Cabello et al, 2012).

#### 4.3.3. Organización urbana

##### 8.4.5.3 Urbanización

El partido de General San Martín fue fundado el 25 de febrero de 1864, como respuesta a la rápida expansión de la población, consecuencia de que el ferrocarril que recorría desde la ciudad de Buenos Aires hasta Campana comenzó a circular por el entonces pueblo de San Martín (Municipalidad de General San Martín, s.f.). El territorio del partido se halla casi totalmente urbanizado y se encuentra muy influido por su cercanía a la CABA, lo que puede apreciarse en su infraestructura y en la movilidad de la población hasta esta jurisdicción. La trama urbana es en general regular, haciéndose más abierta hacia el N y en su zona central. La Figura 8-15 presenta los barrios del partido.



Figura 8-15. Barrios del partido de General San Martín. Recuperado de Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV), 2016.

Por otro lado, no puede dejarse de hacer mención a la presencia de asentamientos informales y de áreas críticas en General San Martín, que concentran un significativo número de personas en condiciones de pobreza. Esta población se ubica, en su mayoría, en asentamientos informales o áreas bajas o inundables; en el partido, estos asentamientos son mayores en los terrenos lindantes al río Reconquista y a CEAMSE (Figura 8-16). Suelen ser zonas de deficiente servicio de provisión de red de agua potable y de cloacas, y que presentan contaminación por metales pesados y efluentes cloacales (Busnelli, 2018). En este punto, es importante recalcar la relación que existe entre la informalidad y los RAEE. Muchas veces, quienes reciclan y recolectan los RAEE de la vía pública, vertederos o basurales clandestinos, son personas que viven en situaciones precarias. Esto representa un riesgo muy alto para su salud y para el ambiente, ya que suelen utilizar métodos inseguros, como la quema o fundición, que los exponen directamente a las sustancias peligrosas que pueden contener los residuos. También implica un riesgo para sus familias, debido a la introducción en el hogar de contaminantes que se han adherido a su cuerpo y/o su ropa o al desmontar y procesar esos materiales (MAyDS et al, 2020).

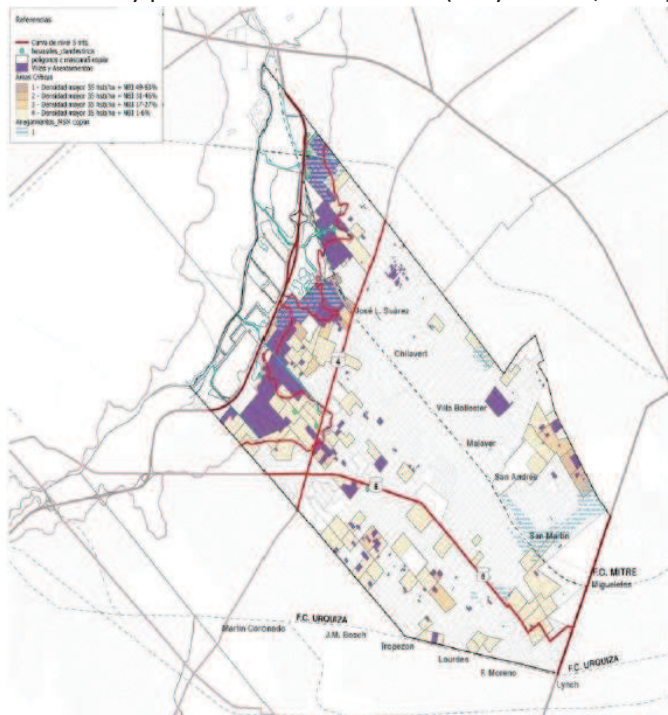


Figura 8-16. Localización de asentamientos informales y de áreas críticas en el partido de General San Martín. Recuperado de Busnelli, 2018.

#### 8.4.5.4 Infraestructura

##### 8.4.5.4.1 Infraestructura vial

General San Martín posee una red vial que lo vincula con CABA y con los municipios vecinos. Los ejes viales destacables son la Avenida General Paz, el Camino del Buen Aire, el Camino de Cintura (Ruta Provincial N°4), Avenida Balbín, la Avenida de Los Constituyentes y la Ruta Provincial N°8. La trama vial carece de múltiples vías de gran calibre que atraviesan el municipio de punta a punta, ya que se presentan vías de menor jerarquía y con “quiebres” en su recorrido. Esto impacta negativamente en la movilidad urbana, aumentando la duración de los viajes y la comodidad de los usuarios (Municipalidad de General San Martín, s.f.).

#### 8.4.5.4.2 Infraestructura ferroviaria

El ferrocarril fue un elemento clave para el desarrollo de General San Martín y lo continúa siendo en el presente, ya que permite la movilidad diaria de la población desde y hacia la CABA. Las líneas ferroviarias que atraviesan el partido son dos. En primer lugar, el Ferrocarril Mitre (Ramal José León Suárez), que estructura los barrios céntricos; y en segundo lugar, el Ferrocarril Urquiza (Ramal General Lemos), que garantiza la movilidad del extremo sur del partido.

La Figura 8-17 presenta la infraestructura vial y ferroviaria de General San Martín.

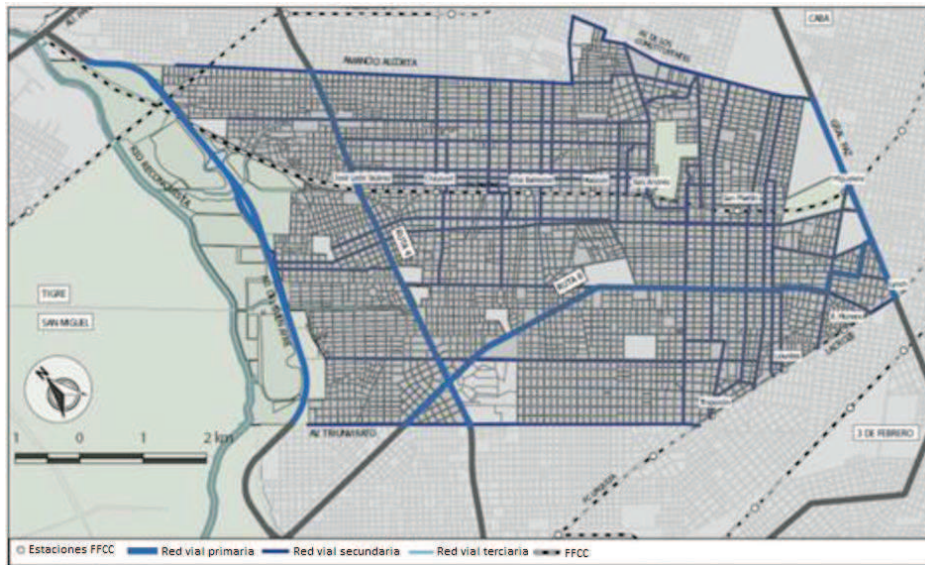


Figura 8-17. Infraestructura vial y ferroviaria de General San Martín. Recuperado de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, 2019.

## 8.5 Evaluación de Impactos Ambientales y Sociales

### 8.5.1 Metodología

En este capítulo, se evaluaron los aspectos ambientales que actúan como generadores de los potenciales impactos sobre los factores del medio físico, biológico y antrópico. En primer lugar, se identificaron las acciones del proyecto potencialmente generadoras de impacto ambiental y/o social. En segundo lugar, se consideraron los factores ambientales y sociales que podrían recibir los impactos. Luego, se evaluaron cuantitativamente los potenciales impactos resultantes. Para esto, se realizó la matriz de Leopold, que consiste en una matriz de doble entrada en la que las columnas presentan las acciones del proyecto potencialmente generadoras de impacto ambiental y/o social, y las filas, los factores ambientales potencialmente impactados. Para valorar los impactos, se los caracterizó utilizando los atributos descritos en la Tabla 8-XXI. De esta forma, se evaluaron los impactos a partir de valores otorgados individualmente a una serie de criterios utilizados de manera combinada y que, en conjunto, dan cuenta de la importancia del impacto que una acción determinada generaría sobre un factor puntual. Cabe destacar que se consideró como Impacto Ambiental y/o Social a cualquier cambio en el ambiente y medio socioeconómico, ya fuera adverso o beneficioso, total o parcial, consecuente de las actividades, productos o servicios del proyecto en cuestión (UNSAM, 2010).

Tabla 8-XXI. Definición y valoración de los atributos de los impactos.

Atributo	Descripción	Valor	Implicancia
Signo (S)	Clasificación de los impactos en beneficiosos, perjudiciales o neutros.	+1	Impacto positivo
		0	Impacto neutro
		-1	Impacto negativo
Intensidad (IN)	Grado de destrucción del factor.	1	Baja
		2	Media
		3	Alta
		8	Muy alta
		12	Total
Extensión (EX)	Alcance del impacto.	1	Puntual
		2	Parcial
		4	Extenso
		8	Total
		10	Crítica
Momento (MO)	Tiempo transcurrido entre la realización de acción y la aparición del impacto.	1	Largo plazo
		2	Medio plazo
		4	Inmediato
		8	Crítico
Persistencia (PE)	Tiempo de permanencia del impacto.	1	Fugaz
		2	Temporal
		4	Permanente
Reversibilidad (RE)	Posibilidad de reconstrucción natural del ambiente.	1	Corto plazo
		2	Medio plazo
		4	Irreversible
Recuperabilidad (RC)	Posibilidad de reconstrucción del ambiente por acción antrópica.	1	Recuperable inmediatamente
		2	Recuperable en mediano plazo
		8	Mitigable
		10	Irrecuperable
Efecto (EF)	Dependencia de la acción con el efecto.	1	Indirecto
		4	Directo

Los atributos se relacionan como lo establece la Ecuación 8-I para obtener el valor numérico de cada impacto ambiental y/o social (IMP).

Ecuación 8-I. Cálculo de la importancia de un impacto ambiental.

$$IMP = (3 IN + 2 EX + MO + PE + RE + RC + EF) * S$$

Para lograr una mejor visualización de los resultados, los valores obtenidos se colorearon siguiendo la distribución que expone la Tabla 8-XXII.

Tabla 8-XXII. Tipos y valores de las importancias de los impactos.

Valores	Tipo
> 0	Positivo
0	Neutro
Entre -1 y -25	Negativo bajo
Entre -26 y -50	Negativo moderado
> -50	Negativo elevado

Como resultado, se obtuvo una matriz que permite identificar fácilmente cuáles son los factores más susceptibles de recibir impactos y en cuál acción del proyecto se ven más comprometidos.

## 8.5.2 Acciones del proyecto

A continuación, se listan las acciones del proyecto de importancia suficiente como para ser consideradas generadoras de impacto y se clasificaron en las tres etapas del proyecto: construcción, operación y cierre.

### 8.5.2.1 Etapa de construcción

La etapa de construcción comprenderá aquellas acciones requeridas previas a la operación en óptimas condiciones de la planta de tratamiento “Minas de RAEE”. Entre sus subetapas incluirá:

- Despeje y movimiento de suelo, que a su vez incluye:
  - Transporte de equipos y maquinaria.
  - Acondicionamiento y trazado del terreno.
  - Nivelación, compactación y relleno del terreno.
- Construcción de infraestructura:
  - Construcción y soldado de cimientos.
  - Construcción civil de la planta de tratamiento.
  - Establecimiento de redes de provisión de agua y de desagüe.
  - Colocación de instalaciones eléctricas, lumínicas y electromecánicas.
  - Construcción de obras complementarias.
- Instalación de maquinaria:
  - Traslado de equipos y maquinaria.
  - Montaje de equipos y maquinaria.
- Limpieza final.

### 8.5.2.2 Etapa de operación

La etapa de operación comprenderá las actividades vinculadas con el proceso productivo normal del proyecto y con el mantenimiento de la planta. Esto último incluirá la limpieza de la planta, las reparaciones periódicas de las instalaciones e infraestructura de la planta y el mantenimiento preventivo de los equipos. Se compondrá por las siguientes subetapas:

- Transporte y recepción de RAEE.
- Pretratamiento de RAEE:
  - Clasificación.
  - Acopio.
  - Desmontaje y descontaminación.
  - Reparación.
- Tratamientos físicos:
  - Compresión.
  - Trituración.
  - Separación por magnetismo y vibración.
  - Almacenamiento diferenciado y acopio.
- Transporte de restos.
- Transporte y venta de materiales y equipos reutilizables.
- Transporte de residuos peligrosos.
- Mantenimiento:
  - Limpieza periódica de la planta.

- Monitoreo preventivo del sistema eléctrico, lumínico, ductos, infraestructura, equipos y maquinaria.
- Reparaciones eventuales de equipos y maquinaria.

### 8.5.2.3 Etapa de cierre

Posterior al cese de actividades de la planta, se llevarán a cabo las acciones necesarias para restaurar las condiciones ambientales previas al inicio del proyecto. Se entregará el predio limpio y sin ningún residuo, equipo ni maquinaria; pero no se contempla demolición alguna, dejando abierta la posibilidad de reutilizar el predio para otra utilidad. Entre sus subetapas abarcará:

- Desmontaje de equipos.
- Limpieza final e higienización de la planta.

### 8.5.3 Potenciales factores del medio impactados

Los factores y sub-factores susceptibles de recibir efectos se listaron a continuación.

- Medio Físico:
  - Aire:
    - Calidad de aire.
    - Ruido.
  - Agua:
    - Agua superficial.
    - Agua subterránea.
  - Suelo:
    - Composición del suelo.
    - Calidad de suelo.
    - Vibraciones.
- Medio Biológico:
  - Flora:
    - Performance vegetal.
    - Abundancia floral.
  - Fauna:
    - Estado de conservación de los individuos.
    - Abundancia faunística.
- Medio Antrópico:
  - Población:
    - Calidad de vida.
  - Economía
    - Empleo.
    - Economía local.
  - Servicios:
    - Infraestructura.
    - Paisaje.



## 8.5.4 Potenciales impactos negativos

### 8.5.4.1 Etapa de construcción

Los movimientos del suelo, la remoción del estrato superficial, la construcción, instalación y limpieza implicados en esta subetapa generarán levantamiento de material particulado (PM 10 y PM 2.5) y emisiones vehiculares (como CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> y VOCs, entre otros). De esta manera, la calidad del aire podría afectarse. Asimismo, debido a las operaciones de los vehículos y maquinaria pesada, se observará un incremento del nivel de ruido y de las vibraciones. Por otro lado, ocasionalmente podrían ocurrir derrames de hidrocarburos y lubricantes provenientes de los equipos utilizados, que, por escurrimiento superficial llegarían a cursos de agua superficiales, lo que repercutiría negativamente en su calidad. Estos derrames también podrían alcanzar aguas subterráneas y al suelo. Además, el suelo también sufriría el impacto generado por el transporte de maquinaria pesada, que compactaría la estructura edáfica y su fertilidad, afectando también los canales de escurrimiento y drenaje.

En cuanto a los impactos negativos sobre el medio biológico, al eliminar o reducir la presencia vegetal en el área, la biodiversidad podría verse comprometida. Además, el material particulado dispersado podría depositarse en las superficies foliares, perturbando los procesos metabólicos de los individuos y generando una situación de estrés vegetal. Asimismo, la pérdida de vegetación afectaría el hábitat de las especies; y la presencia humana y las consecuencias de utilizar maquinaria pesada (como por ejemplo, emisión de material particulado y ruido) promoverían la migración de especies. Sin embargo, debido a las características urbanas del área de estudio, su grado de intervención antrópica y la reducción de flora y fauna reportadas, el grado de afectación de estos factores no alcanzará una magnitud significativa. Cabe destacar que la fauna reportada no registró especies endémicas o en categorías de conservación nacional o internacional.

Por último, la salud humana se vería afectada debido al aumento del nivel de ruido y a la emisión de contaminantes atmosféricos, transportados por los vientos de dirección predominante hacia el E; zona en la que se concentra un barrio de General San Martín. A esto se le suma la posibilidad de que se produzcan cortes parciales del suministro de agua potable debido a interconexiones entre la nueva red de distribución y la red existente, lo que impactaría sobre los servicios de General San Martín. Además, el transporte de maquinarias en los accesos podría afectar el tránsito, la infraestructura vial y el paisaje.

### 8.5.4.2 Etapa de operación

En cuanto a los impactos sobre el medio físico, durante la operación y el mantenimiento de la planta de tratamiento, se utilizará maquinaria pesada y vehículos que emitirán material particulado y emisiones gaseosas, que perjudicarían la calidad del aire local y la salud humana. Estos también aumentarían el nivel de ruido de la zona y de las vibraciones. Por otro lado, existe la posibilidad de que escurran productos de limpieza (como detergentes, hipoclorito de sodio, antibacterianos) hacia cursos de agua superficiales y luego se infiltren en el suelo. Sin embargo, como la planta de tratamiento de RAEE no generará efluentes líquidos industriales, el volumen generado no será significativo.

Por otro lado, las emisiones de polvo, el aumento del nivel de ruido y la presencia humana afectarían las especies de flora y fauna.

Finalmente, la salud humana podría afectarse a partir de la emisión de material particulado y de gases y el aumento del ruido. A esto se le suma la generación de residuos, que además de la salud humana, podría influir negativamente sobre el paisaje.

### 8.5.4.3 Etapa de cierre

Durante la etapa de cierre, la calidad del aire podría afectarse levemente debido a la emisión de gases contaminantes y material particulado proveniente de la actividad de maquinarias necesarias para la desinstalación de equipos y del movimiento de materiales. También se produciría un aumento del nivel de ruido de la zona y de las vibraciones. Además, debido a una limpieza inadecuada de las instalaciones, existe la probabilidad de que productos de limpieza escurran hacia un curso de agua superficial o se infiltren en el suelo. Las emisiones y el incremento del ruido también impactarían sobre el medio biológico.

En cuanto a los impactos negativos sobre el medio antrópico, podría registrarse una disminución de la demanda de empleo y de materias primas y servicios, consecuencias del abandono de la operación de la planta de tratamiento.

### 8.5.5 Análisis conclusivo

La ejecución de “Minas de RAEE” generará Impactos Ambientales y Sociales positivos, neutros y negativos (Figura 8-18).

		Construcción				Operación						Cierre		
		Despeje y movimiento de suelo	Construcción de infraestructura	Instalación de maquinaria	Limpieza final	Transporte y recepción de RAEE	Pretratamiento	Tratamientos físicos	Transporte de restos	Transporte y venta de materiales y equipos reutilizables	Transporte de residuos peligrosos	Mantenimiento	Desmontaje de equipos	Limpieza final e higienización de la planta
Medio físico	Aire	Calidad de aire	-50	-47	-47		-57		-54	-54	-54		-47	
		Ruido	-25	-25	-22		-25		-28	-22	-22		-25	
	Agua	Calidad de agua superficial	-20			-20								-20
		Calidad de agua subterránea				-18							-10	-18
	Suelo	Compactación del suelo	-22	-19	-19		-19							-19
		Calidad del suelo		-20										-17
Vibraciones		-17	-17	-17		-20		-17	-17	-17	-17		-17	
Medio biológico	Flora	Performance vegetal	-20	-17	-17		-20	-17	-17	-17	-17		-17	
		Abundancia floral	-29											
	Fauna	Estado de conservación de los individuos	-20	-20	-20		-17		-17	-17	-17		-17	
		Abundancia faunística	-26											
Medio antrópico	Población	Calidad de vida	-12	-12	-12		-12		-12		-12		-12	
	Economía	Empleo											-22	
		Economía local												
	Servicios	Provisión de servicios		-13										
		Paisaje	-47	-47	-47		-49		-49	-49	-49		-47	

Figura 8-18. Matriz de Impactos Ambientales y Sociales de "Minas de RAEE".

Los impactos positivos más sobresalientes se vinculan con el medio antrópico. En primer lugar, se destaca la oferta de empleo, necesaria para cubrir las tareas que se ejecutarán durante la construcción y la operación de la planta de tratamiento. Esto es especialmente importante ya que contribuiría con la formalización de los trabajos involucrados en la gestión de los RAEE. A este primer impacto positivo le siguen la promoción de la economía local (producto de la venta de equipos y componentes reutilizables) y la mejora de la calidad de vida humana (debido al tratamiento de los residuos y la optimización de los servicios de la localidad, causada por la optimización de los servicios de provisión de agua de red y de cloacas).

Por otro lado, los impactos negativos más significativos comprenden al medio físico (en particular, la matriz atmosférica) y al medio antrópico (puntualmente, la apreciación del paisaje). En primer lugar, la matriz atmosférica recibiría impactos negativos debido a la dispersión del viento de los contaminantes aéreos y a la vida media elevada de gases como, por ejemplo, el CO<sub>2</sub> (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], s.f.). Estas características se traducen en mayores valores de los atributos

extensión y permanencia. Cabe destacar que la dirección predominante del viento hacia el E generaría efectos nocivos debido a la inhalación de contaminantes aéreos. En segundo lugar, se generaría un impacto en la apreciación estética del paisaje, al ser intervenido con maquinaria pesada, vehículos y una construcción. Sin embargo, esto tendría lugar en una zona que ya se encuentra muy modificada, por lo que la magnitud del cambio no alcanza valores mayores. Por otro lado, se reportaron impactos puntuales en el incremento del nivel de ruido y en la abundancia floral y faunística. La construcción, el tratamiento mecánico de los residuos, el transporte y el desmontaje de equipos son operaciones ruidosas, pero que, nuevamente, no contribuirían significativamente los niveles de ruido reportados en la zona. En cuanto a los impactos sobre la flora y fauna, se trata de una zona urbana y con biodiversidad reducida, por lo que la intensidad de este efecto no sería tan considerable. En contraparte, este efecto tendría un carácter irreversible. A estos se le suman impactos negativos de menor valor, especialmente durante la etapa de construcción. Esto se debe a que en esta etapa se producirá un uso en el cambio del suelo para constituir un nuevo uso industrial, por lo que la mayoría de las matrices se ven comprometidas. Fundamentalmente, las acciones del proyecto generadoras de impactos más severos son las asociadas al transporte. Debido a la utilización de los vehículos, se emitirán contaminantes atmosféricos desde una fuente móvil, por lo que obtuvieron mayor extensión en comparación a las emisiones que hubiese obtenido una fuente fija. A esto se le suma la permanencia de la acción, debido a la emisión de CO<sub>2</sub>, que como ya se mencionó, tiene una vida media considerable y es un Gas de Efecto Invernadero. Los contaminantes emitidos por el transporte afectarían la calidad del aire, el medio biótico, es decir, la flora y fauna y la población. Cabe destacar que como la planta de tratamiento no se ubicará cercana a cursos de agua libres y a la vez, no se generarán efluentes líquidos propios del proceso productivo, la calidad de agua superficial y subterránea no se afectarán considerablemente.

## 8.6 Plan de Gestión Ambiental

Un Plan de Gestión Ambiental (PGA) consiste en la estructuración de programas específicos que emprenden acciones concretas capaces de garantizar una adecuada gestión ambiental. De esta forma, el PGA se compone por subplanes o programas, cada uno con sus correspondientes implicancias y acciones a desarrollar. Como resultado, el PGA permite evaluar la mitigación de impactos negativos previamente identificados y conducir a una toma de decisión integral respecto de la viabilidad ambiental y social de un proyecto en cuestión (Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019). A continuación, se incluyeron el Plan de prevención y mitigación; el Plan de seguimiento y monitoreo y el Plan de contingencias ambientales que componen el presente PGA.

### 8.6.1 Plan de prevención y mitigación

El Plan de prevención y mitigación tiene como finalidad trabajar sobre los impactos negativos que podrían ocurrir durante las diferentes etapas del proyecto previamente identificados, así como también inducir comportamientos en el personal en lo que respecta a su responsabilidad en la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente (UNSAM, 2010). Se define “medidas de mitigación” al conjunto de lineamientos que buscan implementar de forma jerarquizada la prevención, minimización, restauración y, en última instancia, la compensación de los impactos negativos que se producen como consecuencia de un proyecto. La Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2019) clasifica y define a los distintos tipos de medidas de la manera siguiente:

- Preventivas: recaudos orientados a evitar los impactos ambientales y/o sociales. Esto puede lograrse a través de cambios en la tecnología, escala o ubicación del proyecto, o bien de alguno de sus componentes o actividades.
- Minimizadoras: medidas reductoras de los impactos negativos que no pudieron ser evitados. También pueden abordarse desde cambios tecnológicos, de ubicación o escala de un proyecto.
- Restauradoras: acciones recuperadoras de los recursos que inevitablemente son impactados debido a un proyecto.
- Compensadoras: medidas equilibrantes de los efectos causados que se implementan sobre los impactos negativos residuales que no pudieron ser prevenidos, minimizados ni restaurados.

La Tabla 8-XXIII incluye las medidas de mitigación propuestas para "Minas de RAEE", indicando: la etapa en la que deben concretarse (etapas de construcción, operación y cierre -denominadas etapas 1, 2 y 3, respectivamente), los impactos a evitar, el tipo de medida (preventiva, minimizadora, restauradora y compensadora -simbolizadas "P", "M", "R" y "C", respectivamente), y las acciones propuestas que permiten materializarlas.

Tabla 8-XXIII. Medidas de mitigación propuestas durante la construcción, operación y cierre de "Minas de RAEE".

Etapa <sup>61</sup>			Impacto implicado	Tipo <sup>62</sup>				Medida de mitigación
1	2	3		P	M	R	C	
X			-Afectación del suelo -Afectación del agua superficial -Afectación de la salud humana			X		Almacenar transitoriamente los efluentes cloacales de la construcción hasta ser retirados por la compañía prestadora del servicio sanitario químico portátil.
X			-Alteración de la calidad del aire -Afectación del suelo -Afectaciones sobre la fauna -Afectaciones sobre la flora -Afectación de la salud humana -Alteración del paisaje	X				Humedecer las áreas donde se realice el movimiento de tierras para minimizar la dispersión del polvo.
					X			Mantener tapados los residuos de la construcción susceptibles de ser dispersados y las acumulaciones de suelo.
				X				Minimizar las tareas que provoquen levantamiento de polvo o acotarlas a días no excesivamente ventosos.
					X			Controlar que la remoción de suelo y cobertura vegetal sea estrictamente la mínima necesaria.
X			-Afectaciones sobre la flora -Afectaciones sobre la fauna -Molestias en la población -Afectaciones sobre los servicios	X				Planificar las acciones del proyecto en etapas, para organizar el plan de trabajo y analizar que los plazos de ejecución sean razonables.
					X			Comunicar las fechas estimadas y los plazos de ejecución a la población afectada. Presentar e informar los cortes del suministro de agua que fuesen necesarios realizar.
				X				Prever la circulación del tránsito normal, procurando realizar las movilizaciones de vehículos y maquinarias más caudalosas en horarios de menor circulación vial.

<sup>61</sup> Etapa 1: Construcción. Etapa 2: Operación. Etapa 3: Cierre.

<sup>62</sup> P: medida preventiva; M: medida minimizadora; R: medida restauradora y C: medida compensadora.

			-Alteraciones de la infraestructura vial					
X	X	X	-Alteración de la calidad del aire -Incremento del nivel de ruido -Afectación del agua superficial -Afectación del suelo -Afectaciones sobre la fauna -Afectaciones sobre la flora -Afectación de la salud humana	X				Realizar el mantenimiento preventivo de las maquinarias, vehículos y equipos utilizados para evitar derrames de contaminantes (como combustibles, aceites, lubricantes, grasas) y la emisión excesiva de gases de combustión.
				X				Disponer de la documentación correspondiente a la habilitación técnica de los vehículos (VTV) y maquinarias y los permisos correspondientes para conducirlos.
				X				Priorizar el uso de combustible de calidad Premium, para reducir las emisiones de SOx.
				X				Verificar el cumplimiento de las normas de tránsito vigentes, especialmente las de velocidad de los vehículos, para minimizar las emisiones generadas.
				X				Mantener y certificar el funcionamiento y emisiones de equipamiento tales como molinos, trituradores, compresores, separadores, autoelevadores, equipos de limpieza y luminarias.
X	X	X	-Incremento del ruido ambiental	X				Realizar capacitaciones respecto del uso de sirenas o alarmas en los vehículos y maquinarias y de los silbatos que no coincidan con situaciones de emergencias ni accidentes para reducir el nivel de ruido generado.
				X				Proporcionar capacitaciones y entrenamientos a los operadores de los equipos y maquinarias para asegurar el cumplimiento de todas las medidas operativas necesarias para reducir la emisión de material particulado y gases de combustión.
X	X	X	-Pérdida innecesaria del recurso hídrico	X				Evitar derrames o derroche de agua en el proyecto.
X	X	X	-Afectación del suelo -Afectación del agua superficial -Afectación de la salud humana	X				Implementar planes de capacitación periódicos para educar e informar al personal sobre las normas de protección del ambiente, uso racional del recurso hídrico, gestión de residuos, minimización de impactos y medidas de Seguridad Ocupacional. Esto incluye el correcto empleo de Elementos de Protección Personal (EPP) y del uso de equipos de lucha contra incendios y primeros auxilios.
X	X	X	-Afectación del suelo -Afectación del agua superficial -Afectación del agua subterránea	X				Controlar los sitios de acopio de materiales e insumos como productos químicos, productos de limpieza y lubricantes, previniendo la contaminación y los derrames.
				X				Limpiar e higienizar los sectores de la planta de tratamiento.
				X				Almacenar los productos químicos bajo condiciones que garanticen su conservación y con sus hojas de seguridad correspondientes y accesibles.
					X			En caso de ocurrencia de derrames sobre el suelo, removerlos inmediatamente.
						X		En caso de ocurrencia de derrames sobre el suelo, tratar adecuadamente el vuelco generado

X	X	X	-Afectación del suelo -Afectación del agua superficial -Afectación de la salud humana -Alteración del paisaje		X		Disponer temporalmente los residuos generados en los contenedores apropiados y diferenciados con colores y carteles para separar por tipo de residuo.
						X	Retirar los contenedores periódicamente de la zona de trabajo para su tratamiento, recuperación y/o disposición final, según sea el tipo de residuo.
						X	Reciclar el material recuperable de los residuos asimilables a domiciliarios.
						X	Reutilizar, si fuese posible, los residuos generados en la planta de tratamiento.
						X	Reunir y reciclar los lubricantes. Almacenar adecuadamente y retirar los aceites usados.
X	X	X	-Afectación de la salud humana	X			Proveer a los trabajadores de EPP según su actividad y capacitarlos en su uso y mantenimiento del estado de estos.
				X			Verificar el estado de los extintores y de los otros equipos de seguridad.
				X			Realizar el mantenimiento de la cartelería de advertencias necesaria, de acuerdo con la actividad desarrollada.
				X			Establecer un programa para el manejo de roedores, insectos, plagas y la propagación de vectores.
	X	X	-Afectaciones sobre la fauna -Afectaciones sobre la flora -Alteración del paisaje			X	Promover y participar en la construcción de espacios verdes dentro del municipio.
						X	Destinar parte de los ingresos obtenidos por la venta de materiales y equipos reutilizables al financiamiento de Áreas Naturales Protegidas.

### 8.6.2 Plan de seguimiento y monitoreo

Para lograr los efectos esperados de las medidas de mitigación, es necesario llevar a cabo monitoreos que analicen su efectividad. Por este motivo, es necesario asignar una determinada frecuencia de implementación de las medidas de mitigación propuestas. La planilla de control resultante (Tabla 8-XXIV) incluye los puntos a evaluar *in situ* en las etapas de construcción, operación y cierre y la frecuencia con la que se recomienda implementarlos.

Tabla 8-XXIV. Medidas incluidas en el Plan de Seguimiento y Monitoreo.

Etapa <sup>63</sup>			Medida de mitigación	Frecuencia
1	2	3		
X			Almacenar transitoriamente los efluentes cloacales de la construcción hasta ser retirados por la compañía prestadora del servicio sanitario químico portátil.	Diariamente
X			Humedecer las áreas donde se realice el movimiento de tierras para minimizar la dispersión del polvo.	3 veces por semana
			Mantener tapados los residuos de la construcción susceptibles de ser dispersados y las acumulaciones de suelo.	Permanentemente

<sup>63</sup> Etapa 1: Construcción. Etapa 2: Operación. Etapa 3: Cierre.

			Minimizar las tareas que provoquen levantamiento de polvo o acotarlas a días no excesivamente ventosos.	Permanentemente
			Controlar que la remoción de suelo y cobertura vegetal sea estrictamente la mínima necesaria.	Puntualmente (cuando se realice la remoción del suelo)
X			Planificar las acciones del proyecto en etapas, para organizar el plan de trabajo y analizar que los plazos de ejecución sean razonables.	Puntualmente (previo al comienzo de obra)
			Comunicar las fechas estimadas y los plazos de ejecución a la población afectada. Presentar e informar los cortes del suministro de agua que fuesen necesarios realizar.	Puntualmente (previo al comienzo de obra)
			Prever la circulación del tránsito normal, procurando realizar las movilizaciones de vehículos y maquinarias más caudalosas en horarios de menor circulación vial.	Permanentemente
X	X	X	Realizar el mantenimiento preventivo de las maquinarias, vehículos y equipos utilizados para evitar derrames de contaminantes (como combustibles, aceites, lubricantes, grasas) y la emisión excesiva de gases de combustión.	Conforme las especificaciones técnicas del fabricante
			Disponer de la documentación correspondiente a la habilitación técnica de los vehículos (VTV) y maquinarias y los permisos correspondientes para conducirlos.	Al incorporarse al proyecto
			Priorizar el uso de combustible de calidad Premium, para reducir las emisiones de SOx.	Permanentemente
			Verificar el cumplimiento de las normas de tránsito vigentes, especialmente las de velocidad de los vehículos, para minimizar las emisiones generadas.	Permanentemente
X	X	X	Realizar capacitaciones respecto del uso de sirenas o alarmas en los vehículos y maquinarias y de los silbatos que no coincidan con situaciones de emergencias ni accidentes para reducir el nivel de ruido generado.	Mensualmente
			Proporcionar capacitaciones y entrenamientos a los operadores de los equipos y maquinarias para asegurar el cumplimiento de todas las medidas operativas necesarias para reducir la emisión de material particulado y gases de combustión.	Mensualmente
X	X	X	Evitar derrames o derroche de agua en el proyecto.	Permanentemente
X	X	X	Implementar planes de capacitación periódicos para educar e informar al personal sobre las normas de protección del ambiente, uso racional del recurso hídrico, gestión de residuos, minimización de impactos y medidas de Seguridad Ocupacional. Esto incluye el correcto empleo de Elementos de Protección Personal (EPP) y del uso de equipos de lucha contra incendios y primeros auxilios.	Mensualmente
X	X	X	Controlar los sitios de acopio de materiales e insumos como productos químicos, productos de limpieza y lubricantes, previniendo la contaminación y los derrames.	Permanentemente
			Limpiar e higienizar los sectores de la planta de tratamiento.	Diariamente
			Almacenar los productos químicos bajo condiciones que garanticen su conservación y con sus hojas de seguridad correspondientes y accesibles.	Permanentemente

			En caso de ocurrencia de derrames sobre el suelo, removerlos inmediatamente.	Permanentemente
			En caso de ocurrencia de derrames sobre el suelo, tratar adecuadamente el vuelco generado	Permanentemente
X	X	X	Disponer temporalmente los residuos generados en los contenedores apropiados y diferenciados con colores y carteles para separar por tipo de residuo.	Permanentemente
			Retirar los contenedores periódicamente de la zona de trabajo para su tratamiento, recuperación y/o disposición final, según sea el tipo de residuo.	Diariamente
			Reciclar el material recuperable de los residuos asimilables a domiciliarios.	Semanalmente
			Reutilizar, si fuese posible, los residuos generados en la planta de tratamiento.	Permanentemente
			Reunir y reciclar los lubricantes. Almacenar adecuadamente y retirar los aceites usados.	Semanalmente
X	X	X	Proveer a los trabajadores de EPP según su actividad y capacitarlos en su uso y mantenimiento del estado de estos.	Permanentemente
			Verificar el estado de los extintores y de los otros equipos de seguridad.	Conforme las especificaciones técnicas del fabricante
			Realizar el mantenimiento de la cartelería de advertencias necesaria, de acuerdo con la actividad desarrollada.	Mensualmente

### 8.6.3 Plan de contingencias

El Plan de contingencias tiene como objetivo proporcionar mecanismos de respuesta oportunos y eficientes para responder ante la eventual manifestación de incidentes. Se entiende por contingencia a toda situación o suceso no deseado que puede ocurrir dentro del área del proyecto y su zona de influencia y que pone en riesgo el ambiente, la vida de las personas y la seguridad del patrimonio de la empresa y/o de terceros. Por ende, un plan de contingencia permite minimizar la magnitud y extensión de los daños a las personas, instalaciones y al ambiente.

Debido a las características del proyecto en cuestión, se contemplaron la posibilidad de ocurrencia de las siguientes emergencias: incendio, derrames, fugas de gas, inundaciones o lluvias intensas y accidentes laborales. El presente plan de contingencias se realizó a partir de los documentos de la Dirección de Higiene y Seguridad de la Universidad Nacional de Cuyo (2017), Fernández Protomastro (2009), SOLDICOM (2020) y Soto (2016).

#### 8.6.3.1 Incendio

Los hidrocarburos, utilizados como combustibles, son de naturaleza inflamable y reductora, por lo que reaccionan violentamente con oxidantes y representan un riesgo de incendio y explosión. Para dar respuesta en caso de incendios, la planta de tratamiento deberá contar con un sistema de alarma ante peligro de incendio, equipos de extinción de fuego y cartelería de evacuación y de puntos de encuentro. Además, el personal deberá estar capacitado en el uso de los equipos extintores de fuego y de los Equipos de Protección Personal competentes. A continuación se detallan ordenadamente las acciones que deberán llevarse a cabo ante un incendio:

1. Reconocer el lugar a evacuar, las salidas principales y las de emergencia.



2. Reconocer la cantidad de personas presentes en el establecimiento. Sólo abrir las puertas de emergencia si la cantidad de personas lo demanda. Ubicar dónde se disponen las herramientas para cortar los precintos y los accesos a las linternas. Dar prioridad de salida a las personas con movilidad reducida.
3. Cortar la energía eléctrica, el gas y el agua.
4. Efectuar el plan de llamadas (a bomberos, policía, emergencias médicas, defensa civil, responsable del edificio etc.)
5. Mantener ordenados y posicionados los extintores y utilizarlos en caso de ser necesario.
6. Comprobar la inexistencia de personas dentro del establecimiento luego de la evacuación. Organizar la llegada de los servicios de emergencia despejando el lugar del estacionamiento.
7. Implementar la atención de primeros auxilios en caso de ser necesario y con urgencia.
8. Adoptar las medidas necesarias para mantener la calma. Dirigir a todas las personas evacuadas a la zona de seguridad.

Una vez controlada la situación y extintas las situaciones de riesgo, se deben implementar acciones para rehabilitar el establecimiento. Entre ellas se incluyen:

1. Asegurar el uso de la protección de seguridad.
2. Eliminar los escombros y restos del incendio.
3. Rehabilitar los servicios.
4. Acondicionar y limpiar el edificio.
5. Reubicar el mobiliario.

#### 8.6.3.2 Derrames

Durante la vida útil del proyecto, pueden ocurrir derrames de combustibles, lubricantes, aceites o de productos de limpieza, entre otros. Los derrames pueden provocar accidentes o lesiones en las personas, o en las matrices ambientales (fundamentalmente, agua superficial, agua subterránea y suelo). A estas características se le suman los riesgos de incendio asociados con los combustibles. En caso de generación de un derrame, se deberá proseguir a realizar las siguientes acciones:

1. Actuar inmediatamente, de ser posible y siempre que no suponga un riesgo en la seguridad del personal, en el equipo, contenedor y/o instalación que esté produciendo el derrame de forma de cortar rápidamente el flujo del derrame.
2. Detener o evitar cualquier situación que pueda suponer un riesgo de incendio o explosión (por ejemplo, la generación de chispas).
3. Definir el lugar de derrame, la sustancia derramada y la cantidad aproximada del derrame para definir los instrumentos a emplear.
4. Verificar si hay o no personal afectado y llamar a emergencias inmediatamente en caso de identificarlo. Restringir el acceso al área sólo al personal involucrado en el control de la contingencia.
5. Dar aviso al responsable del edificio.
6. Revisar la Hoja de Datos de Seguridad (HDS) de la sustancia derramada.
7. Contener y evitar que el derrame escurra en el suelo o en el agua mediante la construcción de zanjas o de pequeños diques de material absorbente, o la instalación de sacos de arenas o de mangas absorbentes. Se puede retardar la difusión de los derrames de hidrocarburos producidos en terrenos permeables agregando agua luego de confinar el derrame entre pretiles.

8. Identificar la posible afectación de factores ambientales y dependiendo de la magnitud del evento, avisar a la Autoridad Ambiental e implementar las acciones que la situación requiera (como por ejemplo, realizar mediciones de la calidad de agua).

Una vez controlado el derrame, realizar las siguientes tareas:

1. Si se retiró suelo contaminado, rellenar con material limpio y de características similares al anterior.
2. Guardar el material contaminado en contenedores aptos para residuos peligrosos y destinarlos al almacenamiento de estos tipos de residuos.
3. Todos los materiales utilizados para la contención y limpieza del derrame y los EPP empleados también deben almacenarse y eliminarse como residuos peligrosos.
4. Retirar, reparar o reemplazar el equipo, contenedor y/o instalación produjo el derrame.
5. En caso de existir, monitorear las matrices ambientales afectadas e implementar las acciones de remediación pertinentes.

#### 8.6.3.3 Fugas de gas

Ante una fuga de gas, existe la posibilidad de generación de incendio y explosiones; y, en cuanto a los perjuicios en la salud humana, se pueden producir asfixias y la pérdida de conocimiento del personal cercano al escape del gas. Entre las acciones a implementar se incluyen:

1. Avisar inmediatamente a la empresa proveedora del servicio y al responsable del edificio.
2. Cortar la energía eléctrica y el gas.
3. Evacuar el establecimiento, procurando mantener la calma.
4. Verificar si hay o no personal afectado y llamar a emergencias inmediatamente en caso de identificarlo.
5. Verificar la ausencia de personas dentro del edificio.

#### 8.6.3.4 Inundaciones o lluvias intensas

Teniendo en cuenta las características de la zona del emprendimiento, existe la posibilidad de anegamiento de la instalación o de las inmediaciones. Esto conlleva a un riesgo de electrocución y caídas de personas, además del deterioro de las instalaciones, incluyendo los Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Las siguientes acciones deben ser ejecutadas para evitar estos riesgos:

1. Cerrar toda abertura o canalización por donde pueda ingresar el agua.
2. Cortar los servicios (luz, gas y agua).
3. Evacuar el establecimiento, procurando mantener la calma.
4. Prevenir el riesgo de electrocución.
5. Ubicar y mantener a disposición el botiquín de primeros auxilios.
6. Verificar la ausencia de personas dentro del edificio.
7. Llamar a emergencias en caso de reportar una situación que requiera vigilancia médica.

Luego de disipar la situación de riesgo, proceder a rehabilitar el establecimiento de la siguiente forma:

1. Recuperar la documentación y los equipos de valor.
2. Desagotar el agua y/o barro acumulado mediante el uso de bombas, baldes, mangueras, palas, entre otros.
3. Lavar y desinfectar la zona afectada.

4. Evitar la operación de sistemas eléctricos, incluidos los de los equipos.

#### 8.6.3.5 Accidentes laborales

En todas las etapas del proyecto existe la posibilidad de ocurrencia de accidentes de trabajo de distinta magnitud. En este sentido, cobran singular importancia y es obligatoria la utilización de Equipos de Protección Personal (EPP), que deben ser acordes con el tipo de tarea que los trabajadores realicen. Además, deben ser provistos por los contratistas y su calidad, estado y diseño deben cumplir con las normas vigentes (Ley Nacional de Higiene y Seguridad -Ley N°19,587-). Como ya se indicó, se deben realizar capacitaciones sobre su uso y su mantenimiento. Entre los EPP obligatorios se incluyen:

- Casco de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Guantes, para distintos usos, como por ejemplo para uso corriente, para instalaciones eléctricas y para manejo de sustancias peligrosas.
- Equipos de respiración apto para polvos.
- Equipos de respiración autónoma para gases.
- Barbijo.
- Anteojos de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Ropa de trabajo adecuada.
- chaleco reflectante.

Además, los trabajos específicos (como trabajos en altura o soldadura, entre otros) requerirán de EPP específicos y acordes a los riesgos que estos implican.

Por otro lado, la planta de tratamiento debe proveer los siguientes elementos para alertar la existencia de riesgos y peligros y garantizar un ambiente de trabajo sano y seguro:

- Elementos de seguridad y protección de zona de carga de los equipos de trituración.
- Equipos extintores de fuego (matafuegos de tipo A-B-C, arena y mangueras, entre otros).
- Botiquines de primeros auxilios.
- Rociadores automáticos con detectores de humo.
- Señalética y cartelera que indique las distintas zonas de trabajo, las vías de circulación de vehículos, las vías de circulación de personas, las salidas de emergencia y de evacuación y la ubicación de los equipos extintores de fuego.
- Señalética y demarcación de zonas de recepción de carga de los equipos y de zonas de presencia o almacenamiento de residuos peligrosos.
- Planes de fumigación de insectos vectores y roedores.
- Auditorías ambientales internas y externas que garanticen una adecuada gestión ambiental.
- Registro actualizado de todos los incidentes y accidentes sufridos.

## 8.7 Conclusiones

Luego de la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental y Social, se determinó que el proyecto en cuestión es viable desde un enfoque ambiental y socioeconómico. “Minas de RAEE” impulsará el tratamiento y la valorización de la corriente de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos generados

en 40 municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires, lo que promoverá la gestión sustentable de estos residuos y dará cumplimiento a la jerarquía de la gestión de residuos y a los principios de la economía circular planteados por la normativa. Como consecuencia, se garantizará un tratamiento ambientalmente adecuado de las distintas corrientes que poseen los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos y se disminuirá la cantidad de residuos destinados al relleno sanitario. Asimismo, el proyecto promoverá la creación de una nueva cadena de valor a partir de la comercialización de materiales recuperados de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, por lo que la economía local logrará beneficios económicos, a la vez de que se evitarán y/o minimizarán los impactos generados para obtener estos mismos materiales en otras cadenas productivas. Por otro lado, mediante la implementación de este proyecto se contribuirá a la integración y formalización de los trabajos, ya que la gestión actual de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos presenta altos niveles de trabajos informales, lo que representa un riesgo a la población directa e indirectamente involucrada. Por estos motivos, “Minas de RAEE” no sólo resolverá una importante problemática ambiental, sino que también favorecerá la salud y la calidad de vida de la población, promoverá el trabajo decente y aparejará beneficios en la economía local.

Por otro lado, debe indicarse que el proyecto presentará impactos negativos, especialmente asociados a la recolección y transporte de los residuos. Sin embargo, se concluyó que los impactos negativos identificados pueden ser prevenidos, mitigados, restaurados o compensados mediante la correcta implementación del Plan de Gestión Ambiental propuesto. En síntesis, el proyecto en cuestión no presentará impactos negativos significativos que requieran impedir su desarrollo.

## 9 Conclusiones

Luego de la realización del presente trabajo, se logró diseñar un plan de gestión y valorización de las heladeras, las computadoras y los accesorios informáticos desechados en los 40 municipios del Área Metropolitana de Buenos Aires de la provincia de Buenos Aires. Para esto, fue necesario analizar la generación y la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en la región de estudio. Este análisis se complementó con el estudio de la dinámica productiva de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos incluidos y con el marco legal aplicable a la gestión de residuos-e. En conjunto, esto condujo al diseño integral de una planta de tratamiento de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, que es la concretización del plan de gestión y valorización. Para complementar el diseño, también se incluyó el diseño de la red de distribución de agua y de la red cloacal de la planta de tratamiento, por lo que se profundizó sobre estos dos servicios de infraestructura, que son indispensables para el desarrollo industrial.

De esta manera, se propuso una gestión integral y valorización de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos a partir de dos corrientes iniciales. Como resultado, se pudo comparar y particularizar la gestión de equipos correspondientes a diferentes categorías de residuos-e: la categoría de los “grandes electrodomésticos” (representada por las heladeras) y la de los “equipos de informática y telecomunicaciones” (representada por las computadoras, mouses, teclados y monitores). Una vez lograda la gestión de estas corrientes iniciales de residuos-e, el plan propuesto podrá expandirse al resto de las categorías, ya que se diseñó la ampliación de la planta de tratamiento original. Así, uno de los pilares del proyecto fue el Principio de Progresividad de la Ley General del Ambiente (Ley Nacional N°25.675), ya que se establecieron metas interinas y finales, que permitirán afrontar realística y debidamente el problema ambiental de los residuos-e. Por otro lado, el plan de gestión y valorización involucra la participación de los generadores y productores de los residuos, lo que promete resultados óptimos, a partir del grado de inclusión de estos actores; y optimiza los recursos actuales que posee el Área Metropolitana de Buenos Aires, ya que aprovecha Estaciones de Transferencia que son conocidas para los vecinos de los municipios. Cabe destacar que, para aumentar el éxito del plan de gestión y valorización, puede implementarse una campaña de comunicación, que permita conocer a los habitantes la importancia de gestionar adecuadamente a los residuos-e, aumentando así su participación y compromiso.

Se pueden analizar los beneficios de gestionar y valorizar los residuos-e desde una perspectiva ambiental, económica y social.

En primer lugar, entre los principales beneficios ambientales, debe destacarse que cada uno de los distintos materiales que componen un residuo-e recibirá un tratamiento adecuado y que cumplirá con los requisitos establecidos por la normativa. Esto no sucede en la gestión actual de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, ya que estos son enterrados en un relleno sanitario, abandonados en sitios no adecuados o acumulados indefinidamente. Como consecuencia de proporcionar un tratamiento ambientalmente adecuado, se evitará la contaminación ambiental y se protegerá la salud de los ecosistemas y de la población de las generaciones actuales y futuras. Además, se dará cumplimiento a la jerarquía de la gestión de residuos, lo que podrá apreciarse a partir de la cantidad de residuos recuperados obtenidos, que superará ampliamente la cantidad de residuos asimilables a urbanos destinados al relleno sanitario.

Desde el punto de vista económico, el proyecto también resulta atractivo, ya que propone la creación de una nueva cadena de valor a partir de la comercialización de materiales recuperados de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Además de los beneficios ambientales que esto atañe, se percibirán importantes beneficios económicos, ya que los residuos-e contienen diversos materiales que cada vez son más escasos a nivel mundial y que tienen valor industrial y económico. A diferencia de otras categorías de residuos, los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos contienen porcentajes mayoritarios de estos materiales, motivo por el cual se los denomina “minas urbanas”. Este motivo explica por qué los planes de gestión de residuos-e resultan económicamente más atractivos que los planes de gestión de Residuos Sólidos Urbanos, por ejemplo.

Por último, al promover la generación y formalización de empleo y la creación de una nueva cadena de valor, también se resolverá una importante cuestión asociada a la gestión actual de los residuos-e, que es el elevado número de trabajos informales que involucra. Los recuperadores y gestores informales se exponen sin la protección necesaria a las sustancias peligrosas que contienen los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, lo que conlleva a importantes perjuicios en su salud y en la de sus familias. Esto, además de generar serios daños en la salud de la población argentina, significa un costo económico en la salud pública.

A modo de cierre, es interesante referirse a dos hechos recientes que conducen a reafirmar que la gestión de los residuos-e es factible de implementarse. El primero de ellos es que las medallas repartidas en los Juegos Olímpicos de Tokio realizados en 2021 se fabricaron a partir de metales reciclados de laptops, smartphones y máquinas fotográficas (Télam, 2021). El segundo es que, actualmente, se están desarrollando misiones espaciales que investigan la posibilidad de recuperar metales contenidos en asteroides cercanos a la Tierra, similar a lo que plantea la película “*Don’t look up*” dirigida por Adam McKay (BBC, 2020; NASA, 2021). Esto último significa una inversión económica muy elevada, pero que se sostiene debido a las ganancias que se pretenden recuperar. Sin embargo, estas misiones se asemejan más a la economía lineal ya desarrollada en la Tierra, que no ha demostrado ser sostenible. En este sentido, la minería urbana de los residuos-e sobresale como una alternativa sostenible en el tiempo y que aparece importantes beneficios en los ecosistemas, en la economía y en la población, a la vez que minimiza y/o resuelve una problemática ambiental que debe ser atendida debidamente.

## 10 Bibliografía

- AbyPer SA. (s.f.). *ABECOM. Productos*. Recuperado de <http://www.abyper.com.ar/productos>
- Acindar. (s.f.). *Reciclado de chatarra ferrosa*. Recuperado de <https://www.acindar.com.ar/reciclado-chatarra-ferrosa/>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (s.f.). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Recuperado de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2012). *EPANET 2. Manual de usuario*. Recuperado de <https://epanet.es/manuales/epanet-2-manual-de-usuario-espanol/>
- Agua y Saneamientos Argentinos SA (AySA). (2010). *Guías y criterios técnicos para el diseño y ejecución de redes externas de agua potable*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/aysa.pdf>
- Agua y Saneamientos Argentinos SA (AySA). (2010). *Guías y criterios técnicos para el diseño y ejecución de redes externas de cloaca*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/aysa.pdf>
- Ámbito financiero. (2 de Junio de 2021). *Tras 4 años, vuelve la producción en el país de computadoras*. Recuperado de <https://www.ambito.com/economia/computadoras/tras-4-anos-vuelve-la-produccion-el-pais-n5197436>
- Arauz, M., Barcat, B., & Caraballo, A. (2007). *La Ribera Sur. Jornadas de evaluación y propuestas*. Buenos Aires: Fundación Ciudad. Recuperado de [http://www.fundacionciudad.org.ar/pdf/La\\_Ribera\\_Sur\\_E-y-P\\_2007.pdf](http://www.fundacionciudad.org.ar/pdf/La_Ribera_Sur_E-y-P_2007.pdf)
- Auge, M. (1986). Hydrodynamic behavior of the Puelche Aquifer in Matanza River basin. *Groundwater* 25 (5), pp. 636-642. Recuperado de <https://ngwa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-6584.1986.tb03712>
- Autoline. (s.f.). *Sale. Dump trucks*. Recuperado de <https://autoline.ng/-/sale/dump-trucks-3-5t/IVECO-Trakker-450--21052818293137752800>
- Baldé C.P., Wang, F., Kuehr, R. & Huisman, J. (2015). The global e-waste monitor 2014. Recuperado de <http://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>
- Baldé C.P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. & Stegmann, P. (2017). *Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2017*. Recuperado de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/GEM%202017-S.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2015). *Programas de normalización y etiquetado de eficiencia energética*. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Gu%C3%ADa-E-Programas-de-normalizaci%C3%B3n-y-etiquetado-de-eficiencia-energ%C3%A9tica.pdf>
- Banco Nación. (21 de enero de 2022). *Cotizaciones de divisas en el Mercado Libre de Cambios "Valor Hoy" al último cierre Operaciones*. Recuperado de <https://www.bna.com.ar/Cotizador/MonedasHistorico>
- Bermejo, A., Fiora, J., & Gil, S. (2018). Por qué renovar la heladera. Eficiencia energética de refrigeradores. *Petrotecnia* 6, pp. 58-67. Recuperado de [http://www.petrotecnia.com.ar/Petro\\_6-18/Heladeras.pdf](http://www.petrotecnia.com.ar/Petro_6-18/Heladeras.pdf)
- British Broadcasting Corporation (BBC). (30 de octubre de 2020). *Psyche 16, el asteroide que vale más que la economía global de nuestro planeta y que está en la mira de la NASA*. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54734137>

- Burkart, S., León, R., & Movia, C. (1990). Inventario fitosociológico del pastizal de la Depresión del Salado (Prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana* 30 (4), pp. 27-67. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/23222517>
- Busnelli, R. (2018). Atlas de residuos sólidos industriales del partido de Gral. San Martín. Nuevos modelos de gestión para la construcción de viviendas. *Congreso Internacional Vivienda y Ciudad: Debate en torno a la Nueva Agenda Urbana*. Instituto de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11577/1A.8-Busnelli.pdf>
- Cabrera, A. (1971). Fitogeografía de la República Argentina. *Sociedad Argentina de Botánica XIV* (1-2), pp. 1-50. Recuperado de [http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/\\_documentos/sipcyt/bfa003895.pdf](http://naturalis.fcnym.unlp.edu.ar/repositorio/_documentos/sipcyt/bfa003895.pdf)
- Carbajo, A. (2003). *Distribución espacio-temporal de Aedes aegypti (Diptera: Culicidae): su relación con el ambiente urbano y el riesgo de transmisión del virus dengue en la Ciudad de Buenos Aires* (Tesis de Doctorado). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n3605\\_Carbajo.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3605_Carbajo.pdf)
- Castro, A. (2013). *Cómo desmontar un ordenador portátil*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/aicvigo1973/como-desmontar-un-ordenador-portatil>
- Castro, F., & La Motta, E. (2020). Herramientas gráficas de diseño para determinar la pendiente mínima de autolimpieza en tuberías de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro. *Ingeniería del Agua* 24 (1), pp. 49-63. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/338959245\\_Herramientas\\_graficas\\_de\\_diseno\\_para\\_determinar\\_la\\_pendiente\\_minima\\_de\\_autolimpieza\\_en\\_tuberias\\_de\\_alcantarillado\\_sanitario\\_de\\_pequeno\\_diametro](https://www.researchgate.net/publication/338959245_Herramientas_graficas_de_diseno_para_determinar_la_pendiente_minima_de_autolimpieza_en_tuberias_de_alcantarillado_sanitario_de_pequeno_diametro)
- Cempre. (s.f.). Metales. En *Manual de Gestión de Residuos*. Recuperado de [http://cempre.org.uy/docs/manual\\_girsu/parte\\_3.4\\_metales.pdf](http://cempre.org.uy/docs/manual_girsu/parte_3.4_metales.pdf)
- Cempre. (s.f.). Plásticos. En *Manual de Gestión de Residuos*. Recuperado de [http://www.cempre.org.uy/docs/manual\\_girsu/parte\\_3.2\\_plasticos.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/parte_3.2_plasticos.pdf)
- Centro de Estudios para la Producción (CEP). (s.f.). El sector de grandes electrodomésticos en Argentina. Recuperado de [http://www.funcex.org.br/material/redemercosul\\_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS\\_ARGENTINA/ARG\\_28.pdf](http://www.funcex.org.br/material/redemercosul_bibliografia/biblioteca/ESTUDOS_ARGENTINA/ARG_28.pdf)
- Choque, E., & Barrios, A. (2013). Reciclaje de residuos electrónicos en computadoras de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. *Ciencia y Desarrollo* 15 (2), pp. 60-67.
- Clarín. (28 de Julio de 2010). *Greenpeace afirma que exportar y reciclar pilas es más barato que enterrarlas en el país*. Recuperado de [https://www.clarin.com/sociedad/Greenpeace-pilas-reciclado\\_0\\_SJSvQfkAwXe.html](https://www.clarin.com/sociedad/Greenpeace-pilas-reciclado_0_SJSvQfkAwXe.html)
- ConBacs. (2022). *Producto. Contenedores*. Recuperado de <https://conbacs.com.ar/producto/1-100-litros/>
- Conexión Reciclado. (2021). *Precios reciclables*. Recuperado de <https://conexionreciclado.com.ar/preciosreciclables-precios-de-referencia-de-algunos-materiales-reciclables-post-consumo/>
- Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). (2017). *Complejo Ambiental Norte III. Monitoreo ambiental 2014-2016*. Recuperado de [https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/03/Monitoreo\\_Ambiental\\_Norte.pdf](https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/03/Monitoreo_Ambiental_Norte.pdf)



- Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). (2019). *Complejo Ambiental Norte III. Monitoreo Ambiental 2016-2018*. Recuperado de [https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2019/08/Monitoreo\\_Ambiental\\_Norte\\_2016-2018.pdf](https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2019/08/Monitoreo_Ambiental_Norte_2016-2018.pdf).
- Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE). (2022). *Generadores privados – centros de descarga, servicios, horarios y tarifas*. Recuperado de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2021/03/Centros-Serv-Horarios-y-Tarifas-IGOGP-01-ABR-21.pdf>
- Cortés, R. (2018). *Líneas de carga*. Recuperado de <https://sites.google.com/site/201808rodrigocortes/apuntes/semana-3>
- Cui, J., & Forssberg, E. (2003). Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *Journal of Hazardous Materials* 99 (3), pp. 243–263.
- Czajkowski, J., Gómez, A., & Calisto Aguilar, M. (s.f.). *Atlas bioclimático*. Recuperado de <http://www.arquinstal.com.ar/atlas.html>
- Daniel Ingeniería. (s.f.). *Metalurgia línea industrial*. Recuperado de <http://danielingenieria.com/portfolio/metalurgia-linea-industrial/>
- Danilo, D. (2020). *Criterio de la tensión tractiva*. Manuscrito inédito, Departamento de Hidrología, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-cajamarca/hidrologia/criterio-de-la-tension-tractiva/11020399>
- Defensor del Pueblo de la Nación, Fundación Ambiente y Recursos Naturales, Fundación ProTigre y Cuenca del Plata, Cáritas Diocesana de San Isidro, Asamblea del Delta y Río de La Plata, Fundación Metropolitana, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de General Sarmiento, Universidad Nacional de Luján, Universidad Nacional de La Plata & Universidad de Morón. (2007). *Informe especial cuenca del río Reconquista. Primera parte*. Recuperado de [http://www.cuencareconquista.com.ar/documentos/informe\\_reconquista.pdf](http://www.cuencareconquista.com.ar/documentos/informe_reconquista.pdf).
- Déntice, E., López, C., & Busellini, L. (2014). Entramado productivo del partido de General San Martín. Análisis de caso. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas* 13, pp. 98-127. Recuperado de <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/rfce/article/view/388>:
- Desarrollos de Equipos Industriales SA (DEISA SA). (s.f.). *Equipos y plantas. Prensas*. Recuperado de <https://desarrollosindustriales.com/categorias-equipos-y-plantas/prensas/>
- Dirección de Higiene y Seguridad de la Universidad Nacional de Cuyo. (2017). *Plan de contingencias*. Recuperado de <https://www.uncuyo.edu.ar/higiene/planes-de-contingencias>.
- Educar. (s.f.). *Dentro de la heladera*. Recuperado de [https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml\\_\\_get\\_\\_03d653d6-934a-4df1-849b-585abf7766a3/91221/data/8661d54e-7a07-11e1-80d9-ed15e3c494af/index.html](https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml__get__03d653d6-934a-4df1-849b-585abf7766a3/91221/data/8661d54e-7a07-11e1-80d9-ed15e3c494af/index.html)
- El auditor. (20 de Mayo de 2021). *Reciclado: penales bonaerenses transforman los residuos electrónicos*. Recuperado de [https://elauditor.info/actualidad/reciclado--penales-bonaerenses-transforman-los-residuos-electronicos\\_a60a576ce98dfe63a70d6aa0b](https://elauditor.info/actualidad/reciclado--penales-bonaerenses-transforman-los-residuos-electronicos_a60a576ce98dfe63a70d6aa0b)
- Emprendimientos XYNCO SRL. (s.f.). *Contacto minorista*. Recuperado de <https://www.xynco.com.ar/>
- Eygen, E., Meester, S., Tran, H., & Dewulf, J. (2016). Resource savings by urban mining: The case of desktop and laptop computers in Belgium. *Resources, Conservation and Recycling* 107 (6), pp. 53–64.
- Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). (2013). *Heladas meteorológicas*. Recuperado de [https://www.agro.uba.ar/heladas/elpalomar\\_aero\\_0.htm](https://www.agro.uba.ar/heladas/elpalomar_aero_0.htm)

- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA). (2011). Estudio de calidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Área Metropolitana de Buenos Aires. Verano 2010/2011. Informe final. Recuperado de <https://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2011/06/Tercer-Informe-ECRSU-AMBA.pdf>
- Fang, W., Yang, Y., & Xu, Z. (2013). PM10 and PM2.5 and Health Risk Assessment for Heavy Metals in a Typical Factory for Cathode Ray Tube Television Recycling. *Environ. Sci. Technol.* 47 (21), pp. 12469–12476.
- Fernández Protomastro, G. (2009). *Alternativa para la gestión sustentable de las Heladeras Fuera de Uso (HFU) en la Argentina*. Manuscrito inédito, e-Scrap y Grupo Ecogestionar SRL, Buenos Aires, Argentina.
- Fernández Protomastro, G. (2013). *Minería urbana y la gestión de los recursos electrónicos*. Buenos Aires: Grupo Uno.
- Fernández Protomastro, G. (2014). *Buenas prácticas para la gestión sostenible de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE*. Buenos Aires: Grupo Uno.
- Fidalgo, F. (1999). Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. En R. Caminos, J. Panza, N. Pezzutti, D. Rastelli, & M. Etcheverría, *Geología Argentina* (págs. 700-702). Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Anales 29: Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/81>.
- Forrec. (s.f.). *Plantas de tratamiento de frigoríficos*. Recuperado de <https://www.forrec.es/plantas/frigorifico.html>
- Forti, V., Baldé, C.P., Kuehr, R. & Bel, G. (2020). Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020. Cantidades, flujos y potencial de la economía circular. Recuperado de [https://residuoselectronicosal.org/wp-content/uploads/2021/03/GEM\\_2020\\_Spanish\\_final\\_pages-1.pdf](https://residuoselectronicosal.org/wp-content/uploads/2021/03/GEM_2020_Spanish_final_pages-1.pdf)
- Fucks, E., & Deschamps, C. (2008). Depósitos cuaternarios en el noroeste de la provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina* 63 (3), pp. 326-343. Recuperado de <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/1299/1261>
- Fundación Ecolec. (2017). *Proceso de reciclaje*. Recuperado de <https://www.ecolec.es/wp-content/uploads/2017/06/Ecolec-Proceso-de-reciclaje.pdf>
- FuturENVIRO. (2016). Argentina inaugura su primera planta de producción de CSR a gran escala. *Gestión y tratamiento de residuos. América Latina*, pp. 40-24. Recuperado de [http://www.futurenviro.com/pdf/articulos/2016-10/ARX\\_ARCILLEX\\_FuturENVIRO\\_Waste\\_October2016.pdf](http://www.futurenviro.com/pdf/articulos/2016-10/ARX_ARCILLEX_FuturENVIRO_Waste_October2016.pdf).
- García, C. (s.f.). *Electrometalurgia y reciclaje de materiales. Reciclado de materiales metálicos*. Manuscrito inédito, Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales, Universidad de Cantabria, Santander, España. Recuperado de [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2904/course/section/2733/tema\\_08.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/2904/course/section/2733/tema_08.pdf)
- García, J. (2016). *Particularidades del Acuífero Puelche en la región de La Plata* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata, Argentina. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/64657>
- Gastiarena, M., Fazzini, A., Prieto, R., & Gil, S. (Abril de 2017). Gas versus electricidad: usos de la energía en el sector residencial. *Petrotecnia* 50, pp. 51-60. Recuperado de <http://www.petrotecnia.com.ar/abril17/Petro/GasVsElec.pdf>

- Génova, L. (2011). Calidad del agua subterránea para riego complementario en la Pampa Húmeda argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 110 (2), pp. 63-81. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5718066.pdf>
- Gigena, J.M. (2015). *Proyecto red colectora cloacal "San Ignacio Village"* (Práctica Profesional Supervisada). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/2360/ITF%20-%20Gigena%2C%20Juan%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil, S., Griffa, B. & Gutiérrez Cabello, A. (2020). Eficiencia Energética, una herramienta para mitigar la pobreza y las emisiones de carbono. Noticias de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). Recuperado de <http://noticias.unsam.edu.ar/wp-content/uploads/2020/08/Plan-de-recambio-de-heladeras.pdf>
- Gobierno de Argentina. (2018). *Ministerio de Economía. Balance Energético Nacional de la República Argentina, año 2018.* Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Gobierno de Argentina. (s.f.). *La heladera y el freezer.* Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/cuidemos-la-energia-en-nuestro-hogar/en-la-cocina/heladera-y-freezer>
- Gobierno de Argentina. (s.f.). *La heladera.* Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/cuidemos-la-energia-en-nuestro-hogar/las-distintas-etiquetas/la-heladera>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2018). Impacto en Buenos Aires. En G. d. Ambiental, *Cambio Climático. Plan de Acción Buenos Aires 2030* (págs. 25-32). Recuperado de [https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med\\_ambiente/apra/des\\_sust/archivos/pacc/cap2\\_pacc\\_ba3030.pdf](https://www.buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/apra/des_sust/archivos/pacc/cap2_pacc_ba3030.pdf)
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2020). *Plan de Acción Climática 2050. Ciudad de Buenos Aires.* Recuperado de [https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/pac\\_2050\\_0.pdf](https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/pac_2050_0.pdf)
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2021). *Estadística de la Ciudad de Buenos Aires. Energía eléctrica (kw) facturada por tipo de usuario. Ciudad de Buenos Aires. Enero 2010/diciembre 2020.* Recuperado de <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=71085>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2021). *Estadística de la Ciudad de Buenos Aires. Usuarios de energía eléctrica por tipo de usuario. Ciudad de Buenos Aires. Enero 2010/diciembre 2020.* Recuperado de <https://www.estadisticaciudad.gob.ar/eyc/?p=71088>
- Gobierno de la provincia de Buenos Aires. (s.f.). *COMIREC. La cuenca.* Recuperado de [https://www.gba.gob.ar/comirec/la\\_cuenca](https://www.gba.gob.ar/comirec/la_cuenca)
- Gobierno de Rosario. (s.f.). *Normativa de Rosario. Reglamento de edificación.* Recuperado de <https://www.rosario.gob.ar/mr/normativa/reglamento-de-edificacion/seccion-3/seccion-3.1>
- González, S. (2018). Riesgo hídrico y planificación urbana en la ciudad de Buenos Aires. *Estudios del hábitat* 16 (2), pp. 141-152. Recuperado de <https://revistas.unlp.edu.ar/Habitat/article/download/6026/5336/>
- Grosso, M. (2019). Especialización productiva y las prácticas de outsourcing y offshoring en el sector de Software y Servicios Informáticos. *Pymes, Innovación y Desarrollo* 7 (3), pp. 37-62.
- Grupo EcoGestionar SRL. (s.f.). *Taller de Integración Regional para la Gestión de Residuos Electrónicos en Latinoamérica.* Recuperado de

- [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/panama/presentaciones/Fernandez\\_EcoGestionar\\_Argentina.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/panama/presentaciones/Fernandez_EcoGestionar_Argentina.pdf)
- Gualtieri, J.L. (2017). *Ejecución de la red de distribución de agua potable plan PRO.CRE.AR barrio Parque Liceo ciudad de Córdoba* (Práctica Profesional Supervisada de Ingeniería). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/5065>
- Gutiérrez Cabello, A., & Ciancio, A. (2020). *El impacto de la cuarentena en la economía nacional y el caso de la industria del partido de General San Martín*. Documentos de Economía Regional 72. Centro de Economía Regional. Escuela de Economía y Negocios. Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia\\_regional/Impacto%20Cuarentena%20e%20Industria%20San%20Mart%C3%ADn.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/Impacto%20Cuarentena%20e%20Industria%20San%20Mart%C3%ADn.pdf)
- Gutiérrez Cabello, A., Lifschitz, E., Pérez Barcia, V., Salto, L., & Salama, A. (2012). *Análisis comparativo de las estructuras económicas del partido de General San Martín, provincia de Buenos Aires y República Argentina*. Documentos de Economía Regional N°15. Centro de Economía Regional. Escuela de Economía y Negocios. Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de [https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia\\_regional/Estructura%20Econ%C3%B3mica%20de%20General%20San%20Mart%C3%ADn.pdf](https://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/economia_regional/Estructura%20Econ%C3%B3mica%20de%20General%20San%20Mart%C3%ADn.pdf)
- Hermes, C. J., & Melo, C. (2008). A first-principles simulation model for the start-up and cycling transients of household refrigerators. *International Journal of Refrigeration* 31, pp. 1341–1357.
- Hernández, J., Majul, M., Santillán, R., Rodríguez, E., Burzacca, L., Deco, C., Bender, C. & Costa, S. (2020). Logística de recolección para la gestión de residuos informáticos. *III Simposio Argentino de Informática Industrial e Investigación Operativa (SIIIO 2020)* (49), pp. 75-88. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/116731>
- Hewlett-Packard Development Company (HP). (s.f.). *Programa HP Planet Partners. Reciclaje de suministros*. Recuperado de <https://www.hp.com/pe-es/hp-information/recycling/ink-toner.html>
- HIDROAR SA. (2007). *Estudio hidrogeológico y proyecto para la caracterización y depresión del nivel de agua del acuífero freático*. Recuperado de [http://www.cohife.org/advf/CABA/GCABA\\_F001.pdf](http://www.cohife.org/advf/CABA/GCABA_F001.pdf)
- Horie, Y. (2004). *Life Cycle Optimization of Household Refrigerator-Freezer Replacement*. Center for Sustainable Systems. University of Michigan. Recuperado de <https://css.umich.edu/publication/life-cycle-optimization-household-refrigerator-freezer-replacement>
- Hyundai. (2018). *Ficha HD78*. Recuperado de [https://www.hyundai.com.ar/publicfiles/datasheets/ficha%20tecnica%20hyundai%20hd78%20\(2018\)\\_1536937155.pdf](https://www.hyundai.com.ar/publicfiles/datasheets/ficha%20tecnica%20hyundai%20hd78%20(2018)_1536937155.pdf)
- Hyundai. (s.f.). *Modelo HD 78*. Recuperado de <https://www.hyundai.com.ar/modelo/hd78/precio>
- Indumetal Recycling SA. (2021). *Productos Electrónicos (RAEE)*. Recuperado de <https://www.indumetal.com/productos-electronicos-raee/>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM). (s.f.). *¿Qué es la eficiencia energética?* Recuperado de <http://www.eficienciaenergetica.org.ar/quees.asp?id=que>
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.). *Flora del Conosur. Catálogo de las Plantas Vasculares del Conosur*. Recuperado de <http://www.darwin.edu.ar/proyectos/floraargentina/fa.htm>

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (1991). *Censo Nacional de Población y Vivienda 1991*. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel3-Tema-2-41>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2001). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001*. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-134>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2001). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010*. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-134>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2003). *¿Qué es el Gran Buenos Aires?* Recuperado de [https://www.indec.gov.ar/dbindec/folleto\\_gba.pdf](https://www.indec.gov.ar/dbindec/folleto_gba.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2008). *INDEC Informa*. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/ftp/indecinforma/datos/iiago08.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2010). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001*. Recuperado de <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-2-41-135>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2010). Estimaciones y proyecciones de población 2010-2040. Total del país. Recuperado de [https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/publicaciones/proyeccionesyestimaciones\\_nac\\_2010\\_2040.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/cuadros/publicaciones/proyeccionesyestimaciones_nac_2010_2040.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2021). Encuesta de comercios de electrodomésticos y artículos para el hogar. Tercer trimestre de 2021. Recuperado de [https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/electro\\_11\\_21332B2C39F2.pdf](https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/electro_11_21332B2C39F2.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). (2021). *Mercado de trabajo. Tasas e indicadores socioeconómicos (EPH). Primer trimestre de 2021*. Recuperado de [https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/mercado\\_trabajo\\_eph\\_1trim21F7C133BA46.pdf](https://www.indec.gov.ar/uploads/informesdeprensa/mercado_trabajo_eph_1trim21F7C133BA46.pdf)
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2009). *Iniciativas para el Uso Racional de la Energía*. Recuperado de [http://www.infoleg.gov.ar/basehome/actos\\_gobierno/actosdegobierno19-1-2009-3.htm](http://www.infoleg.gov.ar/basehome/actos_gobierno/actosdegobierno19-1-2009-3.htm)
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). (2016). *Gestión de pilas y baterías eléctricas en Argentina*. Recuperado de <https://www.inti.gov.ar/publicaciones/descargac/20>
- Intervent. (s.f.). *Contenedor Residuos Patológicos C/ruedas 120lts Colombraro*. Recuperado de [https://www.intervent.ar/MLA-852793158-contenedor-residuos-patologicos-cruedas-120lts-colombraro-\\_JM](https://www.intervent.ar/MLA-852793158-contenedor-residuos-patologicos-cruedas-120lts-colombraro-_JM)
- Isildar, A., Van Hullebusch, E., Lenz, M., Laing, G., Marra, A., Cesaro, A., Panda, S.; Akcil, A.; Kucuker, M.A & Kuchta, K. (2019). Biotechnological strategies for the recovery of valuable and critical raw materials from waste electrical and electronic equipment (WEEE) – A review. *Journal of Hazardous Materials* 362, pp. 467-481.
- Iveco. (s.f.). *Ficha Trakker triptico A4*. Recuperado de [https://www.iveco.com/argentina/Producto/Documents/technical-sheets/trakker\\_eco.pdf](https://www.iveco.com/argentina/Producto/Documents/technical-sheets/trakker_eco.pdf)
- Kandus, P. (1997). *Análisis de patrones de vegetación a escala regional en el Bajo Delta Bonaerense del río Paraná (Argentina)* (Tesis de Doctorado). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n2990\\_Kandus.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2990_Kandus.pdf)
- Kasulaitis, B., Babbitt, C., Kahhat, R., Williams, E., & Ryen, E. (2015). Evolving materials, attributes, and functionality in consumerelectronics: Case study of laptop computers. *Resources, Conservation and Recycling* 100 (24), pp. 1–10.

- Kotera, Y., Hirasawa, E. & Sakitani, H. (1999). Integrated recycle plant for electric home appliances-automated primary disassembling for refrigerators. *Proceedings First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing 2*, pp. 268-272.
- Lambert, A., & Stoop, M. (2001). Processing of discarded household refrigerators: lessons from the Dutch example. *Journal of Cleaner Production* 9 (17), pp. 243–252.
- Laner, D., & Rechberger, H. (2007). Treatment of cooling appliances: Interrelations between environmental protection, resource conservation, and recovery rates. *Resources, Conservation and Recycling* 52 (62), pp. 136–155.
- Lastra, G. (2007). *Problemática del río de La Reconquista y sus consecuencias socio-ambientales* (Proyecto Final de Ingeniería). Facultad de Ingeniería, Universidad de Flores, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://www.uflo.edu.ar/files/varios/volumen4/trabajo%207/Tesis%20GLL%20-%20con%20agradecimientos.pdf>
- Li, X., Ren, Q., You, X., Yang, Y., Shan, M., & Wang, M. (2019). Material flow analysis of discarded refrigerators from households in urban and rural areas of China. *Resources, Conservation & Recycling* 149 (26), pp. 577–585.
- Magariños, S., Manfredi, G. & Fandiño, N. (2013). Viabilidad de un sistema de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Proyecto Final de Ingeniería). Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/207>
- Magnapower. (2022). *Eddy Current Separators*. Recuperado de <https://www.magnapower.com/eddy-current-separators/>
- Magnapower. (2022). *Overband Magnets*. Recuperado de <https://www.magnapower.com/permanent-overband-magnets/>
- Mahlia, T., & Saidur, R. (2010). A review on test procedure, energy efficiency standards and energy labels for room air conditioners and refrigerator-freezers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, pp. 1888–1900.
- Marin Cano, F. A., & Henao Franco, V. A. (2012). *Manual para el manejo integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*. Manuscrito inédito, Facultad de Ingenierías, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. Recuperado de [http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4684/628445M337E\\_Anexo.pdf](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4684/628445M337E_Anexo.pdf)
- Meffei, L. & Burucua, A. (2020). Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) & Organización Internacional del Trabajo (OIT). Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y empleo en la Argentina. Recuperado de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos\\_aires/documents/publication/wcms\\_737650.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_737650.pdf)
- Mercado Libre. (2021). *Hyundai Hd78*. Recuperado de [https://vehiculo.mercadolibre.com.ar/MLA-1105933596-hyundai-hd78-\\_JM](https://vehiculo.mercadolibre.com.ar/MLA-1105933596-hyundai-hd78-_JM)
- Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos de la provincia de Buenos Aires. (s.f.). *Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana de Buenos Aires*. Recuperado de <https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/planes-reg/Lineamientos-Estrategicos-para-la-Region-Metropolitana-de-Buenos-Aires.pdf>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia (MinTIC). (2008). *Estudio piloto de recolección, clasificación, reacondicionamiento y reciclaje de computadores e impresoras usadas llevado a cabo en Bogotá en el marco del proyecto “Inventario de e-waste en Sudamérica”*

- del Centro Regional de Basilea para Sudamérica. Recuperado de [https://www.sica.int/busqueda/busqueda\\_archivo.aspx?Archivo=odoc\\_54846\\_1\\_15112010.pdf](https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_54846_1_15112010.pdf)
- Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) & Ministerio Nacional de Energía y Minería (MINEM). (2017). *Plan de acción nacional de energía y cambio climático*. Recuperado de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_de\\_accion\\_nacional\\_de\\_energia\\_y\\_cc\\_2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_accion_nacional_de_energia_y_cc_2.pdf)
- Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) & Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2020). *Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular*. Recuperado de [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos\\_aires/documents/publication/wcms\\_758092.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_758092.pdf)
- Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). (2017). *Inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>
- Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS). (s.f.). *Acción ambiental. Conocé nuestras Áreas Protegidas*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/contenidos/areas-protegidas>
- Ministerio Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) & Aves Argentinas. (2017). *Categorización de las Aves de la Argentina según su estado de conservación*. Recuperado de <https://avesargentinas.org.ar/sites/default/files/Categorizacion-de-aves-de-la-Argentina.pdf>
- Ministerio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT). (14 de Marzo de 2011). *Cuenca Matanza-Riachuelo. Landsat 5 TM*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae/educacion-y-formacion-masiva/materiales-educativos/cuenca-matanza-riachuelo-landsat-5-tm-14-de-marzo-de-2011>
- Ministerio Nacional de Energía y Minería (MINEM). (2014). *Distribución de Energía Eléctrica Facturada y Cantidad de Usuarios por tipo y por jurisdicción provincial*. Recuperado de <https://www.minem.gob.ar/www/830/25677/distribucion-de-energia-electrica-facturada-y-cantidad-de-usuarios-por-tipo-y-por-jurisdiccion-provincial>
- Ministerio Nacional de Energía y Minería (MINEM). (2014). *Distribución de Energía Eléctrica Facturada y Cantidad de Usuarios por tipo y por jurisdicción provincial*. Recuperado de <https://www.minem.gob.ar/www/830/25677/distribucion-de-energia-electrica-facturada-y-cantidad-de-usuarios-por-tipo-y-por-jurisdiccion-provincial>
- Ministerio Nacional de Energía y Minería (MINEM). (2018). *Guía de uso responsable de la energía en edificios y viviendas multifamiliares. Para encargados, consorcistas y administradores*. Recuperado de [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/eficiencia/guias\\_de\\_uso\\_responsable/guiaencargados-marzo2018.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/eficiencia/guias_de_uso_responsable/guiaencargados-marzo2018.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de Colombia (MITECO). (2016). *Nota técnica sobre requisitos técnicos a cumplir por las instalaciones de tratamiento de RAEE*. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/rqtecnicosinsttratamientoraee-v2\\_tcm30-185564.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/rqtecnicosinsttratamientoraee-v2_tcm30-185564.pdf)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de Colombia (MITECO). (Marzo de 2017). *Calidad y evaluación ambiental. Productos químicos. Contaminantes orgánicos persistentes: COP*.

- Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/contaminantes-organicos-persistentes-cop/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de Colombia (MITECO). (23 de Febrero de 2021). *Resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental por la que se publican los objetivos mínimos estatales autonómicos de recogida separada de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos para el año 2021*. Recuperado de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/resolucionyobjetivosminimosderecogidaseparadaderaeeestatalesyautonomicos2021\\_tcm30-523304.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/resolucionyobjetivosminimosderecogidaseparadaderaeeestatalesyautonomicos2021_tcm30-523304.pdf).
- Municipalidad de General San Martín. (s.f.). *Nuestro municipio. Nuestra historia*. Recuperado de [https://web.archive.org/web/20100312100345/http://www.sanmartin.gov.ar/sitio/nuestro\\_municipio/historia.htm](https://web.archive.org/web/20100312100345/http://www.sanmartin.gov.ar/sitio/nuestro_municipio/historia.htm)
- Municipalidad de San Martín. (s.f.). *La ciudad. Datos geográficos*. Recuperado de <http://www.sanmartin.gov.ar/la-ciudad/datos-geograficos/>
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (11 de Diciembre de 2021). *Psyche Mission*. Recuperado de <https://solarsystem.nasa.gov/missions/psyche/in-depth/>
- Niu, X., & Li, Y. (2007). Treatment of waste printed wire boards in electronic waste for safe disposal. *Journal of Hazardous Materials* 145, pp. 410–416.
- Observatorio metropolitano. (s.f.). *Planes y proyectos. Cuencas*. Recuperado de <https://observatorioamba.org/planes-y-proyectos/cuencas>
- Observatorio Permanente de la Industria del Software y Servicios Informáticos (OPSSI). (2018). *Reporte anual sobre el Sector de Software y Servicios Informáticos de la República Argentina. Reporte año 2017*. Recuperado de <https://www.cessi.org.ar/descarga-institucionales-2219/documento2-02e5557d4fc5b9af48a726500a8c5bdd>
- Oguchi, M., Murakami, S., Sakanakura, H., Kida, A., & Kameya, T. (2011). A preliminary categorization of end-of-life electrical and electronic equipment as secondary metal resources. *Waste Management* 31, pp. 2150–2160.
- Organismo Provincial de Integración Social y Urbana. (2018). *Programa de Integración Social y Urbana en el Gran Buenos Aires. Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIAS)*. Ministerio de Hacienda. Gobierno de la provincia de Buenos Aires. Recuperado de [http://www.ec.gba.gov.ar/areas/finanzas/organismos\\_multilaterales/en\\_preparacion/eias/EIAS%20Borrador.pdf](http://www.ec.gba.gov.ar/areas/finanzas/organismos_multilaterales/en_preparacion/eias/EIAS%20Borrador.pdf)
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). (1 de Julio de 2021). *Refuncionalización de RAEE: visita a la Unidad Penitenciaria N° 57 de Campana*. Recuperado de [http://www.opds.gba.gov.ar/noticias/refuncionalizaci%C3%B3n\\_de\\_raee\\_visita\\_la\\_unidad\\_penitenciaria\\_n%C2%B0\\_57\\_de\\_campana](http://www.opds.gba.gov.ar/noticias/refuncionalizaci%C3%B3n_de_raee_visita_la_unidad_penitenciaria_n%C2%B0_57_de_campana)
- Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS). (s.f.). *Áreas Naturales Protegidas*. Recuperado de <https://www.opds.gba.gov.ar/anp>
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2010). *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y la silvicultura*. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG\\_Sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/GPG_Sp.pdf)
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2013). *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo*



- Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC). (2018). *Resumen Técnico. Informe aceptado por el Grupo de Trabajo I del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático pero no aprobado en detalles*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4-wg1-ts-sp.pdf>.
- Penza, T. P. (2016). *Diseño y cálculo de una red colectora cloacal* (Prácticas Supervisadas de Ingeniería). Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/3898>.
- Pereyra, F. (2004). Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental. *Asociación Geológica Argentina* 59 (3), pp. 394-410. Recuperado de [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/paper/paper\\_00044822\\_v59\\_n3\\_p394\\_Pereyra.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/paper/paper_00044822_v59_n3_p394_Pereyra.pdf)
- Pereyra, F. (2018). *Geomorfología de la provincia de Buenos Aires*. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Recuperado de <https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/2776;jsessionid=AFA883800350137FFBB0354E09AF42BA>
- Pereyra, F. (2018). Llanura pampeana. En F. Pereyra, *Regiones geomorfológicas de Argentina* (págs. 70-92). Universidad Nacional de Avellaneda. Recuperado de [https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc\\_num.php?explnum\\_id=2184](https://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=2184).
- Programa de Estudios del Conurbano. (s.f.). *Atlas del Conurbano Bonaerense*. Recuperado de <http://www.atlasconurbano.info/pagina.php?id=170>
- Pujadas, M.F. & Castagna, A.I. (Diciembre de 2018). *Situación de la industria del frío en Rosario*. Recuperado de [https://fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuartas/pujadas\\_situacion\\_de\\_la\\_industria\\_del\\_frio.pdf](https://fcecon.unr.edu.ar/web-nueva/sites/default/files/u16/Decimocuartas/pujadas_situacion_de_la_industria_del_frio.pdf)
- Real Academia Española (RAE). (s.f.). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de <https://dle.rae.es/chatarra>
- Ruan, J., & Xu, Z. (2011). Environmental friendly automated line for recovering the cabinet of waste refrigerator. *Waste Management* 31 (11), pp. 2319–2326.
- Sallqa Pacha & Urban Service SAC. (2021). *Evaluación preliminar del proyecto "Planta de valorización de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)"*. Recuperado de <https://www.munlima.gob.pe/images/3.pdf>.
- Santamarina, J., & Narsilio, G. (2008). Clasificación de suelos: fundamento físico, prácticas actuales y recomendaciones. *Conferencia 50 Aniversario Sociedad Venezolana de Geotecnia*. Caracas, Venezuela. Recuperado de [https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci\\_29.\\_clasificacion\\_de\\_suelos\\_fundamento\\_y\\_practicas\\_actuales.pdf](https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/u11/ci_29._clasificacion_de_suelos_fundamento_y_practicas_actuales.pdf)
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (s.f.). *Manual para el cálculo del costo de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y para el uso de la matriz de costo GRSU*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/resu-manual-calculo-costos-matriz-economico-financiera.pdf>
- Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín. (2016). *Informe de línea de base ambiental en el partido de General San Martín*. Recuperado de <http://www.sanmartin.gov.ar/uploads/1569528887-Linea%20de%20Base%20Ambiental.pdf>

- Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín. (2019). *Informe de monitoreo de calidad de aire en el partido de General San Martín*. Recuperado de <http://www.sanmartin.gov.ar/uploads/1569528701-Informe%20de%20Calidad%20de%20Aire.pdf>
- Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín. (s.f.). *Informe de monitoreo de ruido ambiental en el partido de General San Martín*. Recuperado de <http://www.sanmartin.gov.ar/uploads/1569528709-Informe%20de%20Ruido%20Ambiental.pdf>.
- Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). (2019). *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental*. Recuperado de [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_elaboracion\\_eia-2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_elaboracion_eia-2.pdf).
- Secretaría Nacional de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS). (2011). *Guía para la Interpretación y Aplicación del Convenio de Basilea en la República Argentina*. Recuperado de <https://www.undp.org/content/dam/argentina/Publications/Energia%20y%20Desarrollo%20Sostenible/Guia%20Basilea.pdf>.
- Secretaría Nacional de Energía. (2016). *Informe Estadístico del Sector Eléctrico 2016*. Recuperado de <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=4232>
- Secretaría Nacional de Energía. (2019). *Balance energético nacional. Serie histórica-indicadores. Desde 1960 actualizado al año 2018*. Recuperado de [http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_provinciales/2019\\_11\\_10\\_sintesis\\_balances\\_energeticos\\_2018\\_pub.pdf](http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_provinciales/2019_11_10_sintesis_balances_energeticos_2018_pub.pdf)
- Secretaría Nacional de Energía. (2019). *Escenarios energéticos 2030*. Recuperado de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/escenarios-energeticos>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (s.f.). *Estadísticas*. Recuperado de <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>
- Sistema de Información sobre Biodiversidad (SIB). (s.f.). *Listado de especies registradas*. Recuperado de <https://sib.gob.ar/especies>
- Soldanet. (s.f.). *Gases Industriales. Cilindros para gases*. Recuperado de <https://tienda.soldanet.com/productos/cilindro-6m-30lts-25kg-r075-d244-p-gas-sello-iram/?variant=232458705>
- SOLDICOM. (2020). *Guía para la elaboración de planes de contingencia para el transporte de hidrocarburos, derivados de sustancias nocivas*. Recuperado de [https://fondosoldicom.org/wp-content/uploads/2020/08/2.-Gu%C3%ADa-PDC-Transporte\\_digital-VF-AMBIENTAL.pdf](https://fondosoldicom.org/wp-content/uploads/2020/08/2.-Gu%C3%ADa-PDC-Transporte_digital-VF-AMBIENTAL.pdf)
- Soto, P. (2016). *Plan de contingencia frente a derrames*. Recuperado de <https://snifa.sma.gob.cl/General/DescargarInformeSeguimiento/183809>
- SP Group. (s.f.). *Códigos de identificación de plásticos*. Recuperado de <https://www.spg-pack.com/blog/codigos-identificacion-plasticos/>
- Scherdtfeger, M. (2019). *Pautas de diseño para redes de cloaca*. Manuscrito inédito, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.
- Taller Esperanza SRL. (s.f.). *Zorra playa especial*. Recuperado de <https://talleresperanza.com/producto/zorra-playa-especial/>

- Tanides, C. G. (2011). *Sistemas de etiquetado y estándares de eficiencia mínima*. Recuperado de <https://www.ceare.org/materiales/seeee/charla1.pdf>
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). Desechos sólidos principios de ingeniería y administración. Ambiente y los Recursos Naturales Renovables AR-16. Recuperado de [https://www.academia.edu/31682388/DESECHOS\\_S%C3%93LIDOS\\_PRINCIPIOS\\_DE\\_INGENIER%C3%8DA\\_Y\\_ADMINISTRACI%C3%93N](https://www.academia.edu/31682388/DESECHOS_S%C3%93LIDOS_PRINCIPIOS_DE_INGENIER%C3%8DA_Y_ADMINISTRACI%C3%93N)
- Tegui contenedores. (s.f.). *Jaulas metálicas RAEE*. Recuperado de <http://teguicontenedores.com/es/jaulas-metalicas-raee/jaula-raee-pequena-99.html>
- Télam. (10 de Julio de 2021). *Las medallas tan deseadas por los atletas, fabricadas con material reciclado*. Recuperado de <https://www.telam.com.ar/notas/202107/561977-medallas-juegos-olimpicos-tokio-2020-material-electronico-reciclado-coi-japon.html>
- Teré, J. (2011). *Desmontaje, identificación y montaje de un PC*. Recuperado de [https://es.slideshare.net/jotesan/desmontaje-identificacin-y-montaje-de-un-pc?next\\_slideshow=1](https://es.slideshare.net/jotesan/desmontaje-identificacin-y-montaje-de-un-pc?next_slideshow=1)
- Tuncuk, A., Stazi, V., Akcil, A., Yazici, E., & Deveci, H. (2012). Aqueous metal recovery techniques from e-scrap: Hydrometallurgy in recycling. *Minerals Engineering* 25 (1), pp. 28–37.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>
- Universidad Nacional de Avellaneda (UNDAV). (2016). *Programa de Estudios del Conurbano. Atlas del Conurbano Bonaerense*. Recuperado de <http://www.atlasconurbano.info/pagina.php?id=194#ubicacion>
- Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). (2021). *Laboratorio SIG. Instituto del conurbano*. Recuperado de <http://mapas-lsig.ungs.edu.ar/visor/map.phtml>
- Universidad Nacional de La Plata (UNLP). (22 de Abril de 2019). El programa E-Basura de la UNLP cumple 10 años. Recuperado de <https://unlp.edu.ar/institucional/el-programa-e-basura-de-la-unlp-cumple-10-anos-14989>
- Universidad Nacional de San Martín (UNSAM). (2010). Estudio de Impacto Ambiental. Obra Artística del Bicentenario. Batalla Vuelta de Obligado. San Pedro. Buenos Aires. Manuscrito inédito, Instituto de Investigación e Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires, Argentina.
- Vermesan, H., Tiuc, A., & Purcar, M. (2019). Advanced Recovery Techniques for Waste Materials from IT and Telecommunication Equipment Printed Circuit Boards. *Sustainability* 12 (1), pp. 74-97.
- Waste online. (18 de Noviembre de 2006). *Glass recycling information sheet*. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20061118213834/http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/Glass.htm>
- Yañez, G. (s.f.). *Ciclo básico de refrigeración por compresión - ciclo frigorífico*. Recuperado de <https://www.gildardoyanez.com/tips/ciclo-de-refrigeracion/>
- Yang, J., & Lu, B. (2008). Rethinking of Recycling and Reuse Options of Obsolete Personal Computers in China. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment* 5, pp. 1-5.
- Yang, J., Lu, B., & Xu, C. (2008). WEEE flow and mitigating measures in China. *Waste Management* 28, pp. 1589–1597.

## 11 Anexo

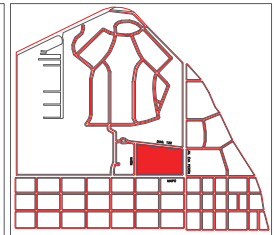
### 11.1 Planos del proyecto



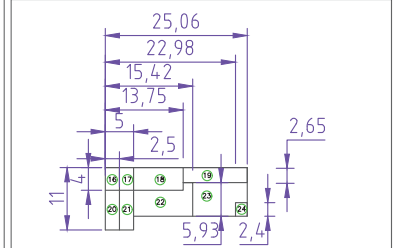
PLANIMETRÍA  
ESCALA 1:500

DIAG. 122

CROQUIS DE UBICACIÓN



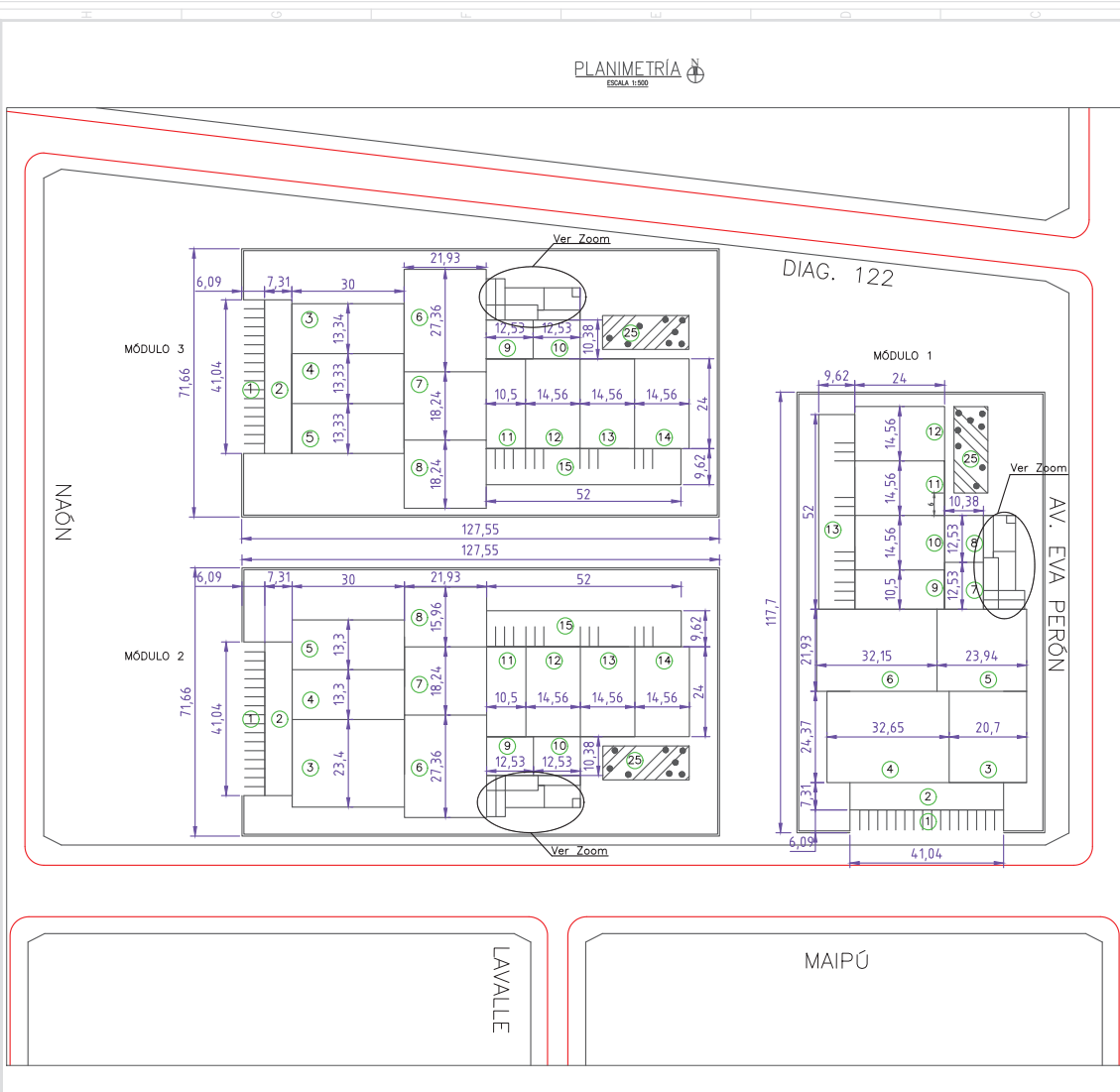
ZOOM



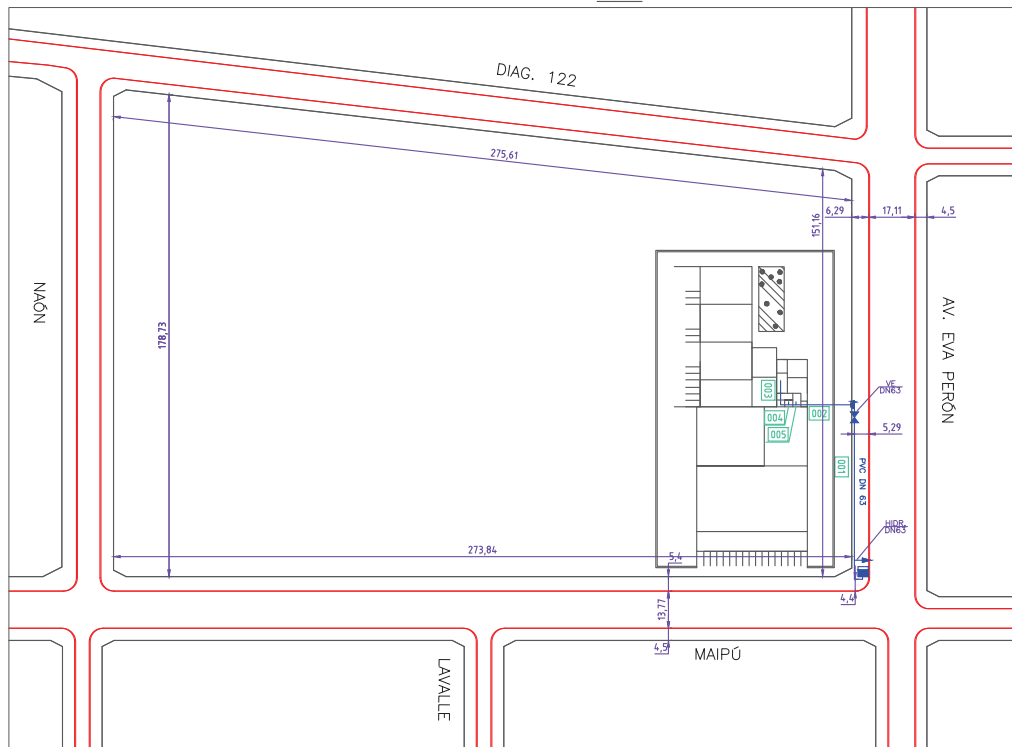
NOTAS:  
Todas las medidas están indicadas en metros.  
Los sectores y subsectores N°16 a 24 son iguales para todos los módulos.

MÓDULO 1		MÓDULO 2		MÓDULO 3	
1) Estacionamiento	Estacionamiento	Estacionamiento	Estacionamiento	Estacionamiento	Estacionamiento
2) Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación	Clasificación
3) Acopio Línea 1	Acopio Línea 3	Acopio Línea 4	Acopio Línea 7	Acopio Línea 6	Acopio Línea 7
4) Acopio Línea 2	Acopio Línea 4	Acopio Línea 5	Acopio Línea 8	Acopio Línea 6	Acopio Línea 7
5) Procesamiento Línea 1	Acopio Línea 5	Acopio Línea 6	Acopio Línea 8	Acopio Línea 6	Acopio Línea 7
6) Procesamiento Línea 2	Procesamiento Línea 3	Procesamiento Línea 4	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 7
7) Procesamiento Separación N1	Procesamiento Línea 4	Procesamiento Línea 5	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 7
8) Procesamiento Separación N2	Procesamiento Línea 5	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 6	Procesamiento Línea 7
9) Depósito reutilizables	Procesamiento Separación N1	Procesamiento Separación N1	Procesamiento Separación N1	Procesamiento Separación N1	Procesamiento Separación N1
10) Depósito recuperables	Procesamiento Separación N2	Procesamiento Separación N2	Procesamiento Separación N2	Procesamiento Separación N2	Procesamiento Separación N2
11) Depósito resto	Depósito reutilizables	Depósito reutilizables	Depósito reutilizables	Depósito reutilizables	Depósito reutilizables
12) Depósito residuos peligrosos	Depósito recuperables	Depósito recuperables	Depósito recuperables	Depósito recuperables	Depósito recuperables
13) Envío	Depósito resto	Depósito resto	Depósito resto	Depósito resto	Depósito resto
14) -	Depósito residuos peligrosos	Depósito residuos peligrosos	Depósito residuos peligrosos	Depósito residuos peligrosos	Depósito residuos peligrosos
15) -	Envío	Envío	Envío	Envío	Envío
16) Sanitarios masculinos	Sanitarios masculinos	Sanitarios masculinos	Sanitarios masculinos	Sanitarios masculinos	Sanitarios masculinos
17) Sanitarios femeninos	Sanitarios femeninos	Sanitarios femeninos	Sanitarios femeninos	Sanitarios femeninos	Sanitarios femeninos
18) Comedor y cocina	Comedor y cocina	Comedor y cocina	Comedor y cocina	Comedor y cocina	Comedor y cocina
19) Sala de reuniones	Sala de reuniones	Sala de reuniones	Sala de reuniones	Sala de reuniones	Sala de reuniones
20) Vestuarios masculinos	Vestuarios masculinos	Vestuarios masculinos	Vestuarios masculinos	Vestuarios masculinos	Vestuarios masculinos
21) Vestuarios femeninos	Vestuarios femeninos	Vestuarios femeninos	Vestuarios femeninos	Vestuarios femeninos	Vestuarios femeninos
22) Oficina administrativa	Oficina administrativa	Oficina administrativa	Oficina administrativa	Oficina administrativa	Oficina administrativa
23) Oficina técnica	Oficina técnica	Oficina técnica	Oficina técnica	Oficina técnica	Oficina técnica
24) Seguridad y recepción	Seguridad y recepción	Seguridad y recepción	Seguridad y recepción	Seguridad y recepción	Seguridad y recepción
25) Recreación y espacios verdes	Recreación y espacios verdes	Recreación y espacios verdes	Recreación y espacios verdes	Recreación y espacios verdes	Recreación y espacios verdes

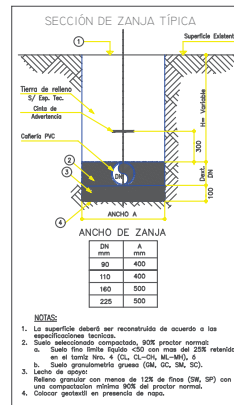
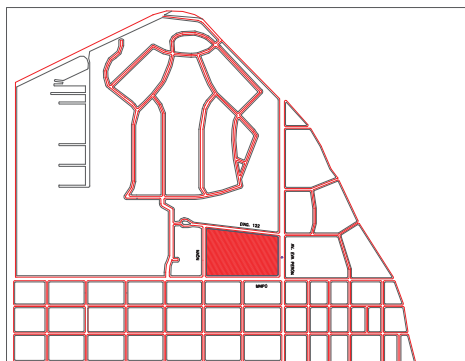
Nota	Fecha: 25/02/2022	Diseño: Victoria Foglino
Elaborado: Victoria Foglino	Revisado: Victoria Foglino	Verificado: Victoria Foglino
Indicador:	Titulo: Planta de tratamiento de RAE. Plan futuro	Objetivo: Diseño integral para la gestión y valorización de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
N° Proyecto: PT-002	Proyecto: UNSAM - SIA	Fecha entrega: 25/02/2022



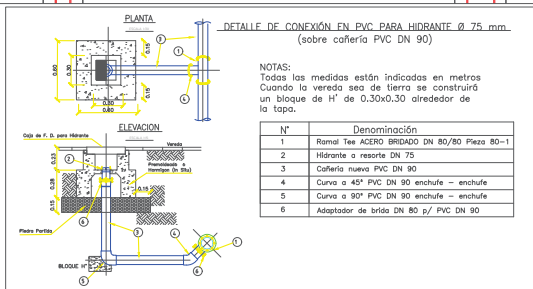
PLANIMETRIA  
ESCALA 1:700



CROQUIS DE UBICACION



REFERENCIAS



NOTAS

- LA PRESIÓN DE PRUEBA HIDRÁULICA EN ZANJA SERÁ DE 7.5 kg/cm<sup>2</sup>.
- TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN INDICADAS EN METROS.
- LAS CÁRTERAS SIN INDICACION DE DIÁMETRO SON DE PVC DN 50.
- LA DISTANCIA ENTRE CÁRTERA DE AGUA Y CLOACA TENDRÁ 1.15 METRO HORIZONTALMENTE E/DIAM. EXT. Y 1 DIÁMETRO VERTICALMENTE CUANDO ESTÉN PARALELAMENTE O SE CRUCEN.
- TAPADA EN CALLE DE TIERRA 1,30 Mts.
- CATEGOS A REALIZARSE EN OBRA.

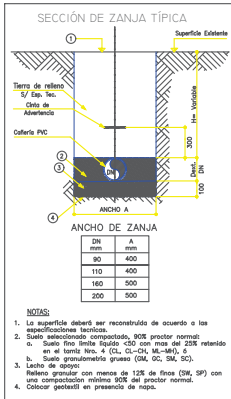
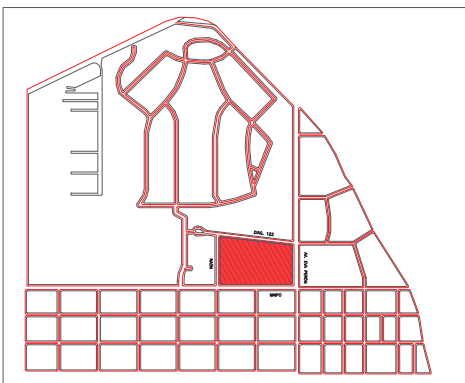
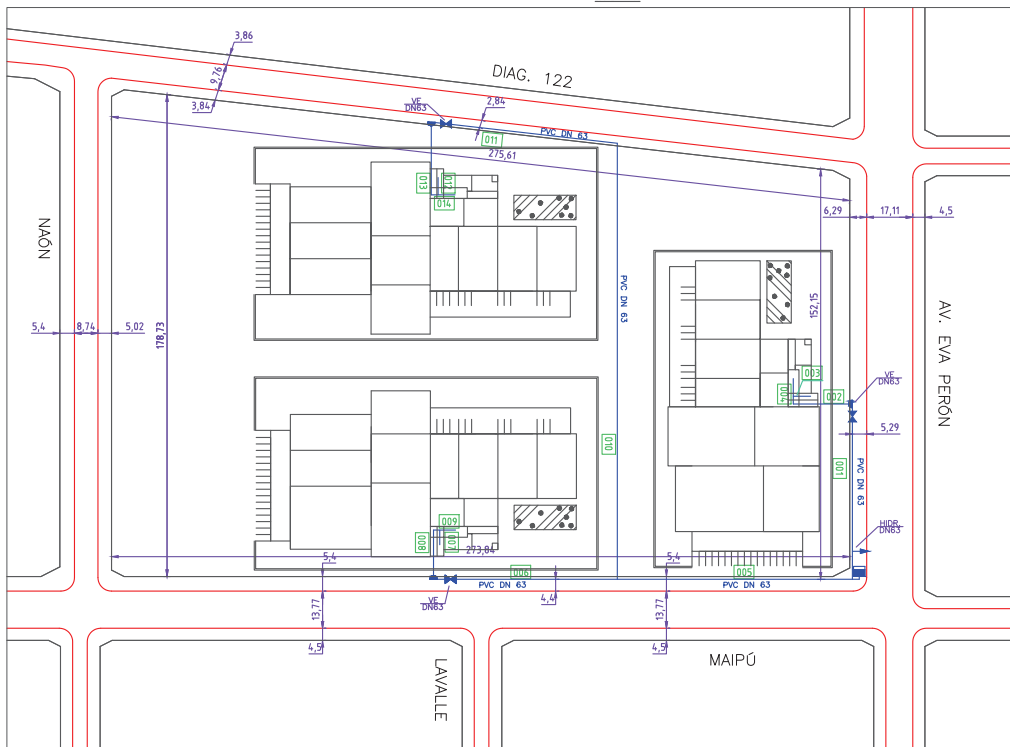
Nota	Fecha	Nombre	Apellido
01/03/2022	01/03/2022	Victoria Foglino	
02/03/2022	02/03/2022		
03/03/2022	03/03/2022		
04/03/2022	04/03/2022		
05/03/2022	05/03/2022		
06/03/2022	06/03/2022		
07/03/2022	07/03/2022		
08/03/2022	08/03/2022		
09/03/2022	09/03/2022		
10/03/2022	10/03/2022		
11/03/2022	11/03/2022		
12/03/2022	12/03/2022		
13/03/2022	13/03/2022		
14/03/2022	14/03/2022		
15/03/2022	15/03/2022		
16/03/2022	16/03/2022		
17/03/2022	17/03/2022		
18/03/2022	18/03/2022		
19/03/2022	19/03/2022		
20/03/2022	20/03/2022		
21/03/2022	21/03/2022		
22/03/2022	22/03/2022		
23/03/2022	23/03/2022		
24/03/2022	24/03/2022		
25/03/2022	25/03/2022		
26/03/2022	26/03/2022		
27/03/2022	27/03/2022		
28/03/2022	28/03/2022		
29/03/2022	29/03/2022		
30/03/2022	30/03/2022		
31/03/2022	31/03/2022		

Red de distribución de agua. Plan inmediato

UNSAM - 3/A  
25/02/2022

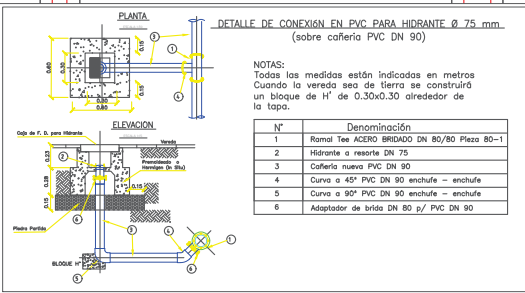
PLANIMETRÍA  
ESCALA 1:700

CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

- CAÑERÍA A INSTALAR
- TANQUE DE AGUA
- HIDR. DN63
- HIDRANTE
- RAMAL TEE
- V.E. DN63
- VÁLVULA
- PEAD DN 160
- DIÁMETRO DE LA CAÑERÍA
- [001]
- NÚMERO DE TRAMO



- NOTAS
- LA PRESIÓN DE PRUEBA HIDRÁULICA EN ZANJA SERÁ DE 7.5 kg/cm<sup>2</sup>.
  - TODAS LAS MEDIDAS ESTÁN INDICADAS EN METROS.
  - LAS CAÑERÍAS SIN INDICACIÓN DE DIÁMETRO SON DE PVC DN 50.
  - LA DISTANCIA ENTRE CAÑERÍA DE AGUA Y GASES TENDRÁ 1.15 METRO HORIZONTALMENTE E/DIAM. EXT. Y 1 DIÁMETRO VERTICALMENTE CUANDO ESTÉN PARALELAMENTE O SE CRUCEN.
  - TAPAJÓN EN CALLE DE TIERRA 1.30' MIN.
  - CATEGOS A REALIZARSE EN OBRA.

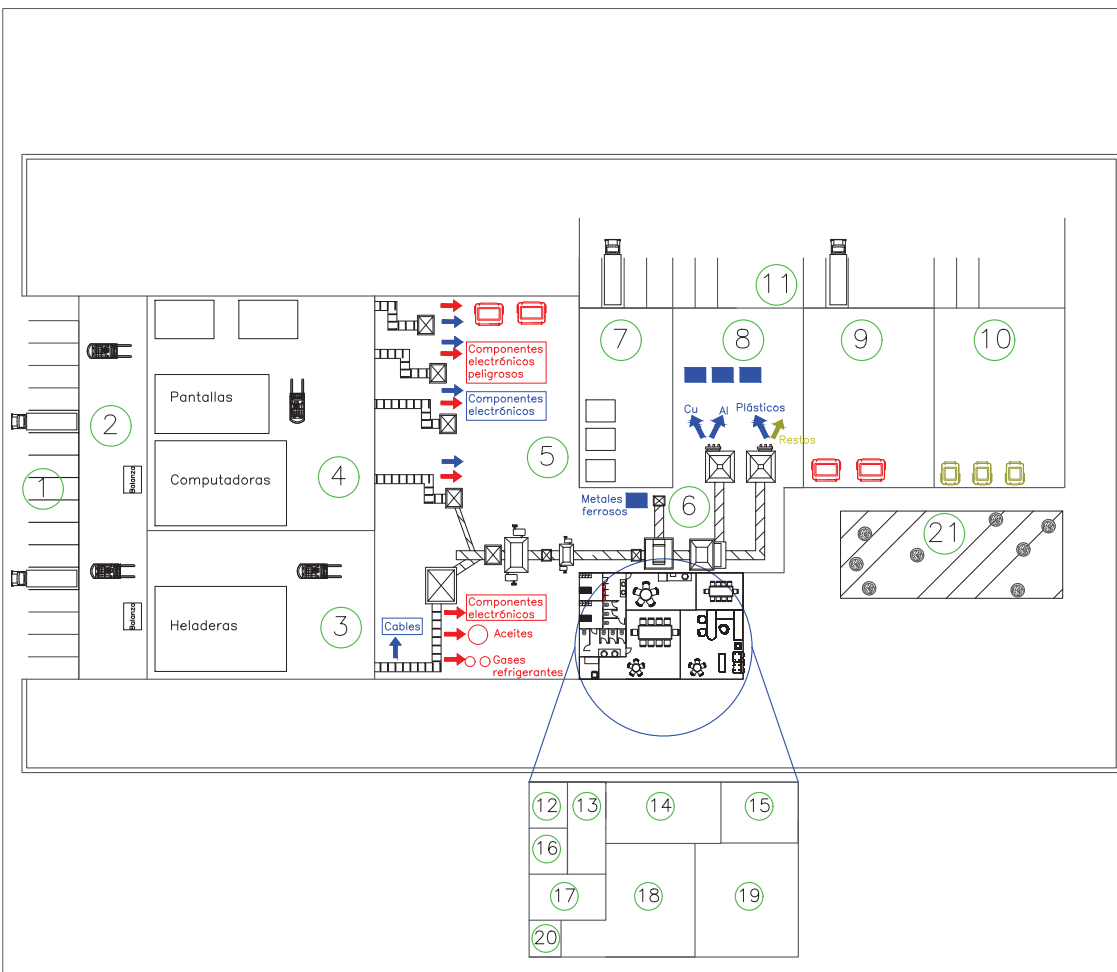
Nota	Fecha	Elaborado	Revisado
		Victoria Foglino	
		Red de distribución de agua. Plan futuro	
		UNSAM - 31A	
		25/02/2022	



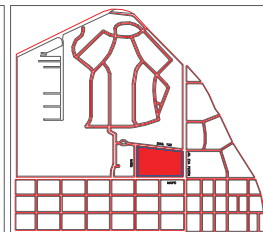




PLANIMETRÍA  
ESCALA 1:500



CROQUIS DE UBICACIÓN



REFERENCIAS

MÓDULO 1	
1	Estacionamiento
2	Clasificación
3	Acopio Línea 1
4	Acopio Línea 2
5	Procesamiento Línea 1
6	Procesamiento Separación
7	Depósito reutilizables
8	Depósito recuperables
9	Depósito residuos peligrosos
10	Depósito resto
11	Envío
12	Sanitarios masculinos
13	Vestuarios masculinos
14	Comedor y cocina
15	Sala de reuniones
16	Vestuarios femeninos
17	Sanitarios femeninos
18	Oficina administrativa
19	Oficina técnica
20	Seguridad y recepción
21	Recreación y espacios verdes

Fecha:	25/02/2022	Elaborado por:	Victoria Foglino
Revisado por:		Verificado por:	
Indicador:		Proyecto:	
Nº Proyecto:	PT-007	Descripción:	Diagrama de flujo de la planta de tratamiento de RAEE. Plan inmediato
Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico		UNSAM - SIA	
		Fecha entrega: 25/02/2022	

## 11.2 Red de distribución de agua inmediata

A continuación, se adjunta el reporte completo de la red de distribución de agua inmediata del proyecto, mientras que la Tabla 11-I y la Tabla 11-II presentan las características de los nodos y las tuberías, respectivamente.

Tabla Línea - Nudo:

ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro
Línea	Inicial	Final	m	mm
2	1__	2__	4.35	57
8	7	8	4.92	45.2
1	1	1__	8.29	57
9	8	9	4.14	45.2
10	9	10	4.40	45.2
3	2__	3	22.18	57
4	3	4	20.02	57
5	4	5	37.63	57
7	6	7	14.93	45.2
11	10	11	9.32	45.2
6	6	5	6.99	45.2

Resultados de Nudo:

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
2__	0.00	32.00	10.77	0.00
7	0.04	31.96	11.01	0.00
1__	0.00	32.00	10.75	0.00
10	0.04	31.95	10.96	0.00

9	0.04	31.95	10.95	0.00
8	0.04	31.95	10.93	0.00
11	0.04	31.95	11.00	0.00
6	0.00	31.97	10.97	0.00
5	0.00	31.98	10.96	0.00
4	0.00	31.99	10.84	0.00
3	0.00	31.99	10.81	0.00
1	-0.22	32.00	0.00	0.00 Embalse

Resultados de Línea:

ID Línea	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. m/km	Unit. Estado
2	0.22	0.09	0.27	Abierto
8	0.18	0.11	0.55	Abierto
1	0.22	0.09	0.27	Abierto
9	0.13	0.08	0.32	Abierto
10	0.09	0.05	0.10	Abierto
3	0.22	0.09	0.27	Abierto
4	0.22	0.09	0.27	Abierto
5	0.22	0.09	0.27	Abierto
7	0.22	0.14	0.82	Abierto
11	0.04	0.03	0.04	Abierto
6	-0.22	0.14	0.82	Abierto

Tabla 11-I. Parámetros de los nodos utilizados en la red de distribución de agua inmediata.

ID Nudo	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
Conexión 1__	21.25	32	10.75
Conexión 2__	21.23	32	10.77

Conexión 3	21.18	31.99	10.81
Conexión 4	21.15	31.99	10.84
Conexión 5	21.02	31.98	10.96
Conexión 6	21	31.97	10.97
Conexión 7	20.95	31.96	11.01
Conexión 8	21.02	31.95	10.93
Conexión 9	21	31.95	10.95
Conexión 10	20.99	31.95	10.96
Conexión 11	20.95	31.95	11
Embalse 1	32	32	0

Tabla 11-II. Parámetros de las tuberías utilizadas en la red de distribución de agua inmediata.

	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
ID Línea					
Tubería 1	8.29	57	0.1	0.22	0.09
Tubería 2	4.35	57	0.1	0.22	0.09
Tubería 3	22.18	57	0.1	0.22	0.09
Tubería 4	20.02	57	0.1	0.22	0.09
Tubería 5	37.63	57	0.1	0.22	0.09
Tubería 6	6.99	45.2	0.1	-0.22	0.14
Tubería 7	14.93	45.2	0.1	0.22	0.14
Tubería 8	4.92	45.2	0.1	0.18	0.11
Tubería 9	4.14	45.2	0.1	0.13	0.08
Tubería 10	4.4	45.2	0.1	0.09	0.05
Tubería 11	9.32	45.2	0.1	0.04	0.03

### 11.3 Red de distribución de agua futura

Seguidamente, puede apreciarse el reporte completo de la red de distribución de agua futura del proyecto, mientras que la Tabla 11-III y la Tabla 11-IV presentan las características de los nodos y las tuberías, respectivamente.

Tabla Línea - Nudo:

ID Línea	Nudo Inicial	Nudo Final	Longitud m	Diámetro mm
2_	1_	2_	5.87	57
3	2_	3_	6.16	57
4	3_	4_	8.46	57
5	4_	5_	8.03	57

6	5_	6_	8.11	57
7	6_	7_	7.42	57
8	7_	8_	8.72	57
9	8_	9_	8.29	57
10	9_	10_	5.78	57
11	10_	11_	3.81	57
14	13_	14_	6.70	45.2
15	14_	15_	2.68	45.2
16	15_	16_	3.18	45.2
17	16_	17_	3.08	45.2
18	15_	18_	6.62	45.2
19	1_	19_	8.72	57
20	19_	20_	14.50	57
21	20_	21_	14.07	57
22	21_	22_	10.96	57
23	22_	23_	9.75	57
24	23_	24_	9.67	57
25	24_	25_	11.74	57
29_	28_	29_	10.44	57
30_	29_	30_	9.58	57
26_	25_	26_	3.97	57
31_	30_	31_	9.75	57
32_	31_	32_	10.70	57
33	32_	33_	7.85	57
34	33_	34_	10.10	57
35	34_	35_	8.37	57
36	35_	36_	10.70	57
37	36_	37_	14.59	57
38	37_	38_	10.10	57

Tabla Línea - Nudo: (continuación)

ID	Nudo	Nudo	Longitud Diámetro	
Línea	Inicial	Final	m	mm
39	38_	39_	10.01	57
40	39_	40_	11.22	57
41	40_	41_	10.01	57
42	41_	42_	10.18	57
43	42_	43_	10.96	57
44	43_	44_	12.27	57
45	44_	45_	20.41	57
46	45_	46_	16.70	57
47	46_	47_	11.90	57
48	47_	48_	7.38	57
50	49_	50_	7.42	45.2
51	50_	51_	6.20	45.2
52	51_	52_	2.21	45.2
53	52_	53_	2.89	45.2
54	53_	54_	2.91	45.2
55	52_	55_	6.44	45.2
58	57_	58_	8.29	57
59	58_	59_	9.84	57
60	59_	60_	10.87	57
61	60_	61_	9.67	57
62	61_	62_	8.51	57
65	64_	65_	6.26	45.2
66	65_	66_	2.23	45.2



67	66_	67_	3.17	45.2
68	67_	68_	3.75	45.2
69	66_	69_	6.20	45.2
27_	26_	27_	4.29	57
56	27_	56_	7.11	57
28_	27_	28_	7.15	57
13_	12_	13_	5.18	45.2
57	57_	56_	1000	57
64	63_	64_	1000	45.2
49	48_	49_	1000	45.2
63	63_	62_	1000	45.2
12_	12_	11_	1000	45.2
1_	1_	1	12.77	57

Resultados de Nudo:

ID	Demanda	Altura	Presión	Calidad
Nudo	LPS	m	m	
27_	0.00	33.82	13.05	0.00
62_	0.00	33.33	13.19	0.00
65_	0.05	30.49	10.42	0.00
68_	0.05	30.49	10.47	0.00
66_	0.05	30.49	10.44	0.00
69_	0.05	30.49	10.49	0.00
43_	0.00	33.74	13.25	0.00
48_	0.00	33.71	13.31	0.00
51_	0.05	32.28	11.95	0.00
54_	0.05	32.28	12.00	0.00

55_	0.05	32.28	12.02	0.00
52_	0.05	32.28	11.96	0.00
1_	0.00	33.96	12.73	0.00
11_	0.00	33.93	12.87	0.00
14_	0.05	32.49	11.49	0.00
17_	0.05	32.49	11.54	0.00
15_	0.05	32.49	11.50	0.00
18_	0.05	32.49	11.56	0.00
2_	0.00	33.96	12.75	0.00
3_	0.00	33.95	12.75	0.00
4_	0.00	33.95	12.77	0.00
5_	0.00	33.94	12.78	0.00
6_	0.00	33.94	12.80	0.00
7_	0.00	33.94	12.81	0.00
8_	0.00	33.93	12.82	0.00
9_	0.00	33.93	12.84	0.00
10_	0.00	33.93	12.86	0.00
13_	0.05	32.50	11.48	0.00
16_	0.05	32.49	11.52	0.00
19_	0.00	33.94	13.02	0.00
20_	0.00	33.92	13.02	0.00
21_	0.00	33.90	13.89	0.00
22_	0.00	33.88	13.02	0.00
23_	0.00	33.87	13.02	0.00
24_	0.00	33.85	13.02	0.00
25_	0.00	33.83	13.02	0.00
28_	0.00	33.82	13.06	0.00
29_	0.00	33.81	13.07	0.00
30_	0.00	33.81	13.09	0.00

31_	0.00	33.80	13.10	0.00
32_	0.00	33.80	13.11	0.00
33_	0.00	33.79	13.12	0.00
34_	0.00	33.79	13.14	0.00
35_	0.00	33.79	13.16	0.00
36_	0.00	33.78	13.16	0.00
37_	0.00	33.77	13.17	0.00
38_	0.00	33.77	13.19	0.00
39_	0.00	33.76	13.20	0.00
40_	0.00	33.76	13.21	0.00
41_	0.00	33.75	13.22	0.00
42_	0.00	33.75	13.24	0.00
44_	0.00	33.74	13.26	0.00
45_	0.00	33.73	13.27	0.00
46_	0.00	33.72	13.28	0.00
47_	0.00	33.72	13.30	0.00
49_	0.00	32.30	11.93	0.00
50_	0.05	32.29	11.94	0.00
53_	0.05	32.28	11.98	0.00
56_	0.00	33.82	13.57	0.00
57_	0.00	33.35	13.12	0.00
58_	0.00	33.35	13.14	0.00
59_	0.00	33.35	13.16	0.00
60_	0.00	33.34	13.16	0.00
61_	0.00	33.34	13.18	0.00
63_	0.00	31.92	11.81	0.00
64_	0.05	30.50	10.41	0.00
67_	0.05	30.49	10.45	0.00
26_	0.00	33.83	13.04	0.00

12_	0.00	32.51	11.47	0.00	
1	-0.90	34.00	0.00	0.00	Embalse

Resultados de Línea:

ID	Caudal	Velocidad	Pérd.	Unit.	Estado
Línea	LPS	m/s	m/km		
2_	0.30	0.12	0.46		Abierto
3	0.30	0.12	0.46		Abierto
4	0.30	0.12	0.46		Abierto
5	0.30	0.12	0.46		Abierto
6	0.30	0.12	0.46		Abierto
7	0.30	0.12	0.46		Abierto
8	0.30	0.12	0.46		Abierto
9	0.30	0.12	0.46		Abierto
10	0.30	0.12	0.46		Abierto
11	0.30	0.12	0.46		Abierto
14	0.25	0.16	1.03		Abierto
15	0.20	0.12	0.69		Abierto
16	0.10	0.06	0.14		Abierto
17	0.05	0.03	0.05		Abierto
18	0.05	0.03	0.05		Abierto
19	0.60	0.24	1.58		Abierto
20	0.60	0.24	1.58		Abierto
21	0.60	0.24	1.58		Abierto
22	0.60	0.24	1.58		Abierto
23	0.60	0.24	1.58		Abierto
24	0.60	0.24	1.58		Abierto
25	0.60	0.24	1.58		Abierto

29_	0.30	0.12	0.46	Abierto
30_	0.30	0.12	0.46	Abierto
26_	0.60	0.24	1.58	Abierto
31_	0.30	0.12	0.46	Abierto
32_	0.30	0.12	0.46	Abierto
33	0.30	0.12	0.46	Abierto
34	0.30	0.12	0.46	Abierto
35	0.30	0.12	0.46	Abierto
36	0.30	0.12	0.46	Abierto
37	0.30	0.12	0.46	Abierto
38	0.30	0.12	0.46	Abierto
39	0.30	0.12	0.46	Abierto
40	0.30	0.12	0.46	Abierto
41	0.30	0.12	0.46	Abierto
42	0.30	0.12	0.46	Abierto
43	0.30	0.12	0.46	Abierto
44	0.30	0.12	0.46	Abierto
45	0.30	0.12	0.46	Abierto
46	0.30	0.12	0.46	Abierto
47	0.30	0.12	0.46	Abierto
48	0.30	0.12	0.46	Abierto
50	0.30	0.19	1.42	Abierto
51	0.25	0.16	1.03	Abierto
52	0.20	0.12	0.69	Abierto
53	0.10	0.06	0.14	Abierto
54	0.05	0.03	0.05	Abierto
55	0.05	0.03	0.05	Abierto
58	0.30	0.12	0.46	Abierto
59	0.30	0.12	0.46	Abierto

60	0.30	0.12	0.46	Abierto
61	0.30	0.12	0.46	Abierto
62	0.30	0.12	0.46	Abierto
65	0.25	0.16	1.03	Abierto
66	0.20	0.12	0.69	Abierto
67	0.10	0.06	0.14	Abierto
68	0.05	0.03	0.05	Abierto
69	0.05	0.03	0.05	Abierto
27_	0.60	0.24	1.58	Abierto
56	0.30	0.12	0.46	Abierto
28_	0.30	0.12	0.46	Abierto
13_	0.30	0.19	1.42	Abierto
57	-0.30	0.12	0.46	Abierto
64	0.30	0.19	1.42	Abierto
49	0.30	0.19	1.42	Abierto
63	-0.30	0.19	1.42	Abierto
12_	-0.30	0.19	1.42	Abierto
1_	-0.90	0.35	3.30	Abierto

Tabla 11-III. Parámetros de los nodos utilizados en la red de distribución de agua futura.

	Cota (m)	Altura (m)	Presión (m)
ID Nudo			
Conexión 1_	21.23	33.96	12.73
Conexión 2_	21.21	33.96	12.75
Conexión 3_	21.2	33.95	12.75
Conexión 4_	21.18	33.95	12.77
Conexión 5_	21.16	33.94	12.78
Conexión 6_	21.14	33.94	12.8
Conexión 7_	21.13	33.94	12.81
Conexión 8_	21.11	33.93	12.82
Conexión 9_	21.09	33.93	12.84
Conexión 10_	21.07	33.93	12.86
Conexión 11_	21.06	33.93	12.87
Conexión 12_	21.04	32.51	11.47
Conexión 13_	21.02	32.5	11.48

Conexión 14_	21	32.49	11.49
Conexión 15_	20.99	32.49	11.5
Conexión 16_	20.97	32.49	11.52
Conexión 17_	20.95	32.49	11.54
Conexión 18_	20.93	32.49	11.56
Conexión 19_	20.92	33.94	13.02
Conexión 20_	20.9	33.92	13.02
Conexión 21_	20.01	33.9	13.89
Conexión 22_	20.86	33.88	13.02
Conexión 23_	20.85	33.87	13.02
Conexión 24_	20.83	33.85	13.02
Conexión 25_	20.81	33.83	13.02
Conexión 26_	20.79	33.83	13.04
Conexión 27_	20.77	33.82	13.05
Conexión 28_	20.76	33.82	13.06
Conexión 29_	20.74	33.81	13.07
Conexión 30_	20.72	33.81	13.09
Conexión 31_	20.7	33.8	13.1
Conexión 32_	20.69	33.8	13.11
Conexión 33_	20.67	33.79	13.12
Conexión 34_	20.65	33.79	13.14
Conexión 35_	20.63	33.79	13.16
Conexión 36_	20.62	33.78	13.16
Conexión 37_	20.6	33.77	13.17
Conexión 38_	20.58	33.77	13.19
Conexión 39_	20.56	33.76	13.2
Conexión 40_	20.55	33.76	13.21
Conexión 41_	20.53	33.75	13.22
Conexión 42_	20.51	33.75	13.24
Conexión 43_	20.49	33.74	13.25
Conexión 44_	20.48	33.74	13.26
Conexión 45_	20.46	33.73	13.27
Conexión 46_	20.44	33.72	13.28
Conexión 47_	20.42	33.72	13.3
Conexión 48_	20.4	33.71	13.31
Conexión 49_	20.37	32.3	11.93
Conexión 50_	20.35	32.29	11.94
Conexión 51_	20.33	32.28	11.95
Conexión 52_	20.32	32.28	11.96
Conexión 53_	20.3	32.28	11.98
Conexión 54_	20.28	32.28	12
Conexión 55_	20.26	32.28	12.02
Conexión 56_	20.25	33.82	13.57

Conexión 57_	20.23	33.35	13.12
Conexión 58_	20.21	33.35	13.14
Conexión 59_	20.19	33.35	13.16
Conexión 60_	20.18	33.34	13.16
Conexión 61_	20.16	33.34	13.18
Conexión 62_	20.14	33.33	13.19
Conexión 63_	20.11	31.92	11.81
Conexión 64_	20.09	30.5	10.41
Conexión 65_	20.07	30.49	10.42
Conexión 66_	20.05	30.49	10.44
Conexión 67_	20.04	30.49	10.45
Conexión 68_	20.02	30.49	10.47
Conexión 69_	20	30.49	10.49
Embalse 1	34	34	0

Tabla 11-IV. Parámetros de las tuberías utilizadas en la red de distribución de agua futura.

	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Rugosidad (mm)	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
ID Línea					
Tubería 1_	12.77	57	0.1	-0.9	0.35
Tubería 2_	5.87	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 3	6.16	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 4	8.46	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 5	8.03	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 6	8.11	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 7	7.42	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 8	8.72	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 9	8.29	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 10	5.78	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 11	3.81	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 12_	1000	45.2	0.1	-0.3	0.19
Tubería 13_	5.18	45.2	0.1	0.3	0.19
Tubería 14	6.7	45.2	0.1	0.25	0.16
Tubería 15	2.68	45.2	0.1	0.2	0.12
Tubería 16	3.18	45.2	0.1	0.1	0.06
Tubería 17	3.08	45.2	0.1	0.05	0.03
Tubería 18	6.62	45.2	0.1	0.05	0.03
Tubería 19	8.72	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 20	14.5	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 21	14.07	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 22	10.96	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 23	9.75	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 24	9.67	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 25	11.74	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 26_	3.97	57	0.1	0.6	0.24



Tubería 27_	4.29	57	0.1	0.6	0.24
Tubería 28_	7.15	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 29_	10.44	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 30_	9.58	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 31_	9.75	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 32_	10.7	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 33	7.85	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 34	10.1	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 35	8.37	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 36	10.7	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 37	14.59	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 38	10.1	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 39	10.01	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 40	11.22	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 41	10.01	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 42	10.18	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 43	10.96	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 44	12.27	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 45	20.41	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 46	16.7	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 47	11.9	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 48	7.38	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 49	1000	45.2	0.1	0.3	0.19
Tubería 50	7.42	45.2	0.1	0.3	0.19
Tubería 51	6.2	45.2	0.1	0.25	0.16
Tubería 52	2.21	45.2	0.1	0.2	0.12
Tubería 53	2.89	45.2	0.1	0.1	0.06
Tubería 54	2.91	45.2	0.1	0.05	0.03
Tubería 55	6.44	45.2	0.1	0.05	0.03
Tubería 56	7.11	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 57	1000	57	0.1	-0.3	0.12
Tubería 58	8.29	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 59	9.84	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 60	10.87	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 61	9.67	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 62	8.51	57	0.1	0.3	0.12
Tubería 63	1000	45.2	0.1	-0.3	0.19
Tubería 64	1000	45.2	0.1	0.3	0.19
Tubería 65	6.26	45.2	0.1	0.25	0.16
Tubería 66	2.23	45.2	0.1	0.2	0.12
Tubería 67	3.17	45.2	0.1	0.1	0.06
Tubería 68	3.75	45.2	0.1	0.05	0.03
Tubería 69	6.2	45.2	0.1	0.05	0.03

## 11.4 Evaluación de Impacto Ambiental y Social

La Tabla 11-V presenta los resultados obtenidos en el muestreo de ruido ambiental realizado por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín.

*Tabla 11-V. Resultados de ruido ambiental obtenidos por la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín. Recuperado de Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Martín, s.f.*

Punto	Mañana	Tarde	Noche
1	74.8	79.1	69.8
2	73.7	75.0	69.8
3	71.0	73.0	68.0
4	65.0	70.5	60.0
5	72.2	73.3	66.2
6	74.6	76.0	68.0
7	72.6	73.2	70.0
8	70.4	71.2	68.0
9	72.4	73.1	65.0
10	67.0	70.0	62.3
11	74.1	73.2	66.2
12	69.7	70.9	60.2
13	56.7	51.7	48.9
14	57.8	56.0	45.0
15	58.0	59.6	45.2
16	70.0	68.2	58.0
17	60.7	59.0	49.0
18	62.4	64.0	59.0
19	69	68.0	59.0
20	70.2	71.1	55.0
21	71.6	74.0	66.5
22	69.2	72.5	69.4
23	68.6	70.4	59.4