

Economía circular y ambiente: una evaluación económico-financiera para la instalación de una planta de reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina

Circular economy and environment: an economic and financial evaluation for the installation of an electrical and electronic devices recycling plant in the city of Bahía Blanca, Argentina

José Ignacio Diez¹, Lorena Tedesco², Agustín Imaz-Harguindeguy³

[Recibido: 27 de marzo 2024, Aceptado: 24 de mayo 2024, Corregido: 12 de julio 2024, Publicado: 19 de septiembre 2024]

Resumen

[**Introducción**]: En el marco del sistema capitalista vigente, el ser humano se ha transformado en un agente significativo de contaminación. Las dinámicas productivas y de consumo actuales no contemplan la existencia de recursos naturales finitos y de un planeta incapaz de procesar los desperdicios que el modo de vida habitual genera. Dadas estas circunstancias, cobra interés el estudio de modelos no lineales, que hagan un uso más racional de los residuos derivados de la actividad productiva, los cuales favorezcan mecanismos de reciclaje. El fenómeno del reciclaje se vuelve, en particular, relevante para el caso de los artefactos eléctricos y electrónicos; la capacidad del planeta Tierra para degradarlos y metabolizarlos resulta sumamente difícil. [**Objetivo**]: Evaluar la factibilidad de la instalación y puesta en marcha de una planta recicladora de artículos eléctricos y electrónicos en la localidad de Bahía Blanca (Argentina), durante el 2021. [**Metodología**]: Se utilizó la metodología convencional de evaluación de proyectos de inversión, considerando aspectos técnicos, legales y económicos. [**Resultados**]: El proyecto no es aceptable según la rentabilidad pretendida por el inversor. También se incluyó la posibilidad de un financiamiento, lo que hizo que el plan fuera menos rentable aún, y se midió la sensibilidad de los resultados: se halló que el precio debiera ser 1.48 % superior al utilizado en el análisis. [**Conclusiones**]: Se deben explorar otras alternativas para lograr que el proyecto sea rentable desde el punto de vista económico-financiero.

Palabras clave: circularidad; desechos; evaluación de proyecto de inversión; reutilización; sustentabilidad.

- 1 Profesor adjunto de Sociología Urbana e investigador del Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS) de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Bahía Blanca, Argentina, jdiez@uns.edu.ar; <https://orcid.org/0000-0001-6027-2014>
- 2 Profesora adjunta de Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión e investigadora del Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS) de la Universidad Nacional del Sur (UNS) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Bahía Blanca, Argentina, ltedesco@uns.edu.ar; <https://orcid.org/0000-0003-4329-7046>
- 3 Consultor, especialista en organización industrial. Bahía Blanca, Argentina. aimaz@hotmail.com; <https://orcid.org/0009-0008-2625-3168>



Abstract

[Introduction]: Within the framework of the present capitalist system, human beings have become an important polluting agent. Current production and consumption processes do not consider the existence of finite natural resources and a planet incapable of treating the waste that the prevailing way of life generates. Given these circumstances, the study of non-linear models is of interest, which make a more rational use of the waste that the productive activity generates, favoring recycling mechanisms. The phenomenon of recycling becomes particularly relevant in the case of electrical and electronic devices, whose ability to be degraded and metabolized by planet Earth is extremely difficult. **[Objective]:** Evaluate the feasibility of installing and starting a recycling plant for electrical and electronics items in the town of Bahía Blanca (Argentina), during 2021. **[Methodology]:** The conventional method for evaluating investment projects was used, considering technical, legal and economic aspects. **[Results]:** The project is not acceptable according to the profitability intended by the investor. The possibility of financing was also included, which made the project even less profitable, and the sensitivity of the results was measured, finding that the price should be 1.48 % higher than that used in the analysis. **[Conclusions]:** Other alternatives must be explored to make this proposal profitable from an economic and financial point of view.

Keywords: circularity; investment project evaluation; reuse; sustainability; waste.

1. Introducción

En el marco del capitalismo actual y de la sociedad de consumo, el ser humano se ha transformado en un peligroso agente de contaminación, capaz de poner en riesgo los ecosistemas y la biodiversidad existente en el planeta Tierra. En los últimos 150 años, el modo como evoluciona el sistema económico de la civilización industrial ha estado dominado por un modelo lineal productivo y de consumo que no presenta circuitos de interconexión entre las materias primas, los bienes producidos y los residuos generados. Este patrón unidireccional ha favorecido una gravosa ineficiencia y una gran dependencia de los recursos, así como un insostenible impacto ambiental, debido al deterioro de reservas y la generación de emisiones y desechos.

El actual modelo lineal, basado en el paradigma “*take-make-waste*” (“extraer-fabricar-consumir-eliminar”) está llegando ya al borde de su capacidad biofísica. A esta situación habría que sumarle un cierto límite sociopsicológico de la ciudadanía en general, ante tanto derroche inherente a la sobreproducción y el sobreconsumo de las sociedades opulentas. Este modelo productivo y de consumo agrede el ambiente, así como esquilma las fuentes de suministro y de los sumideros naturales; además, es despilfarrador e ineficiente en lo económico, ya que se basa en la premisa falsa de una disponibilidad prácticamente infinita de grandes cantidades de energía y recursos naturales baratos o de fácil acceso.

Entre los bienes que fabrica el ser humano y que más contaminan, se encuentran los productos de origen electrónico. Estos cuentan con gran cantidad de plástico, metales, vidrio, circuitos y plaquetas, los cuales, correctamente reciclados, pueden reducir de modo significativo el impacto que esta actividad humana tiene sobre el medio ambiente. A su vez, no se dispone de



normativas nacionales que regulen y unifiquen la gestión integral de este tipo de desechos, lo que provoca que no exista una administración adecuada y responsable. Según el informe⁴ anual presentado por E-waste Monitor⁵, en el 2019 el mundo generó la sorprendente cantidad de 53.6 millones de toneladas métricas (Mt)⁶ de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), es decir, un promedio de 7.3 kg per cápita (Forti *et al.*, 2020). No obstante, la producción global de residuos electrónicos creció 9.2 Mt desde 2014 y se prevé que crecerá hasta alcanzar las 74.7 Mt para el 2030 (Forti *et al.*, 2020). La creciente cantidad de desechos electrónicos es impulsada principalmente por mayores tasas de consumo de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), caracterizados por ciclos de vida cortos y pocas opciones de reparación. Ello, sumado a externalidades como el consumo de recursos, la emisión de gases de efecto invernadero y la liberación de sustancias tóxicas, ha generado una preocupación creciente durante los últimos años. Por su parte, en el transcurso del 2019, la recolección formalmente documentada de RAEE en el nivel mundial ha alcanzado los 9.3 Mt; es decir, solo el 17.4 % de los desechos electrónicos producidos al año es recolectado y tratado mediante mecanismos formales. En tanto, el destino del 82.6 % (44.3 Mt) restante, en 2019, es incierto y su paradero e impacto ambiental varía a través de las diferentes regiones (Forti *et al.*, 2020).

En el caso particular de Argentina, según un informe⁷ de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) publicado en agosto de 2020, la situación es crítica. En el 2019, se ha generado un total de 465 kilotoneladas métricas (kt)⁸ (10.3 kg de RAEE per cápita) de los desechos mencionados; mientras que la recolección y el tratamiento formal han alcanzado solo las 11 kt, lo que significa apenas el 3 % del total (Maffei y Burucua, 2020). En este país, se carece de plantas de reciclado para dicho tipo de productos, lo cual hace que gran parte de los residuos generados de esa naturaleza no se traten adecuadamente y su disposición se haga en basurales a cielo abierto de carácter ilegal o, en su defecto, en rellenos sanitarios, con el consecuente impacto que esta actividad genera en términos ambientales. Simultáneamente, Argentina tampoco cuenta con una normativa legal que favorezca su implementación, que regule y unifique la gestión integral de estos desechos, hecho que beneficiaría una administración adecuada y responsable. A la fecha, solo existen 7 empresas que trabajan sobre este tipo de residuos, radicadas en el AMBA (Área Metropolitana de Buenos Aires), Mendoza y Córdoba. Su radiación en estos territorios no es fortuita: se trata de lugares con una gran densidad poblacional, circunstancias que facilitan un volumen y un suministro estable de aparatos por ser reciclados en cada planta, lo cual garantiza

4 Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020 Quantities, flows and the circular economy potential* (1st ed.). United Nations Press.

5 E-waste Monitor es un informe que se presenta anualmente, el cual es financiado por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU), el Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR), la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA).

6 Mt: millón de toneladas métricas (1 000 000 000 kg).

7 Maffei L. y Burucua A. (2020). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y empleo en la Argentina* (1e ed.). Organización Internacional del Trabajo (OIT). http://www.oit.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_737650.pdf

8 kt = 1 000 000 kg



la sustentabilidad económico-financiera del negocio. Sin embargo, poco se ha estudiado la factibilidad de iniciativas así en lugares menos densamente poblados, como las ciudades medias y pequeñas del interior del país.

Habida cuenta de las consideraciones descritas, cobra interés la realización de estudios que analicen el abordaje del fenómeno en localidades de menor tamaño relativo de la República Argentina. Específicamente, en este artículo se estudia la situación de Bahía Blanca, una ciudad de 300 000 habitantes situada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (ver mapa en el **Apéndice 1**). A lo largo de esta obra, se plantea la necesidad de desarrollar un modelo que formalice el tratamiento de los RAEE, garantice la reducción del impacto ambiental y, a su vez, genere fuentes genuinas de empleo local, fundamentalmente entre personas de escasos recursos. De este modo, se pretende abordar, en forma simultánea, ambas problemáticas, incentivando la cultura del reciclaje.

En tal sentido, en este trabajo se evalúa, con una óptica económico-financiera, la instalación de una planta de procesamientos de RAEE; los ingresos de esta actividad se obtendrán a partir de la venta de materiales reciclados (plásticos, metales ferrosos y no ferrosos) a empresas especializadas en su reciclaje dentro del mercado local, así como mediante la exportación de tarjetas de circuitos impresos.

1.1 Organización del trabajo

El trabajo se encuentra dividido en 3 secciones. En primer lugar, se presenta el marco teórico que da sustento a la investigación. En este apartado se explica una serie de conceptos fundamentales para entender la importancia de los procesos de reciclaje y la reutilización de los residuos: se abordan los paradigmas de producción/consumo de carácter lineal y de producción/consumo de carácter circular; destacan las ventajas del segundo modelo en relación con el primero. Posteriormente, se expone el ciclo de reciclaje de los RAEE, teniendo en cuenta la composición de cada uno de los eslabones que conforman la cadena de valor sectorial. En tercer término, se presenta la metodología de la indagación. Aquí se describen las fuentes primarias y secundarias utilizadas para recolectar la información. En cuarto lugar, se discute el problema, es decir, el modelo de negocio de los RAEE, juntamente con los estudios factibles que definen la viabilidad económica de la iniciativa: de mercado, técnico-legal y económico. Finalmente, se anotan las conclusiones del artículo.

2. Marco teórico

2.1 Desde la producción lineal hacia la economía de carácter circular

Tal y como se sostuvo en la introducción, los modelos productivos y de consumo de carácter lineal constituyen un paradigma que lleva al agotamiento de los recursos naturales y



a la contaminación ambiental, hecho que deteriora ecosistemas y pone en riesgo la vida en el planeta.

La economía lineal supone que para fabricar productos se extraen materias primas, se produce y luego se desecha, sin tener en cuenta la huella ambiental⁹ y sus consecuencias. Este tipo de sistema prioriza el beneficio económico, obviando la sustentabilidad, ya que los productos se elaboran con la finalidad de ser usados y descartados.

En la literatura especializada (Jiménez Herrero y Pérez Laguella, 2019), se suele reconocer toda una serie de consecuencias negativas que tiene la aplicación de los modelos evocados y que impulsa adoptar estrategias alternativas de consumo y producción. Entre las secuelas negativas más importantes se pueden mencionar:

- *Riesgos de precios.* El sistema lineal aumenta la exposición a los riesgos, debido a la volatilidad de los precios de los recursos. Este hecho supone un lastre para el crecimiento económico de los países, gracias a la incertidumbre, desalentando la inversión de las empresas.
- *Pérdidas económicas y residuos estructurales.* El modelo lineal actual crea valor económico a costa de la creación de grandes cantidades de residuos. Muchos sectores a su vez producen considerables remanentes de carácter estructural (productos finales que se tiran o se subutilizan), tal es el caso, por ejemplo, de lo ocurrido con la industria automotriz, cuyo producto final (el automóvil) se pasa el 92 % de su tiempo de vida útil estacionado, sin cumplir con su propósito de trasladar bienes y personas.
- *Riesgo de suministro.* Los depósitos naturales de recursos no son infinitos, ni se encuentran en todos los países; esta situación provoca que en muchas naciones exista una gran dependencia de las importaciones.
- *Deterioro de los sistemas naturales.* Las consecuencias medioambientales negativas relacionadas con este modelo lineal constituyen un desafío continuo hacia la creación de una riqueza a largo plazo. El cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y la contaminación de los océanos están acelerando este proceso.

En este contexto, emerge la economía circular como alternativa al paradigma dominante. Según la Unión Europea, esta es un modelo productivo y de consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar tanto materiales como productos existentes, todas las veces que sea posible, para crear un valor añadido¹⁰. El término se utilizó por primera vez en la literatura occidental en 1980, para describir un sistema cerrado de las interacciones entre economía y medio ambiente; en la actualidad, se hace referencia a él como el modelo de las 3R

⁹ La huella ambiental es un indicador multicriterio de impacto, que refleja las consecuencias de la actividad humana o empresarial sobre el medio ambiente, con la perspectiva de todo el ciclo de vida.

¹⁰ https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI%282016%29573899_EN.pdf



(reducir, reciclar, reutilizar), dando cuenta de que el análisis es de triple impacto: económico, social y ambiental¹¹.

La economía circular se fundamenta en producir con el menor impacto medioambiental posible, es decir, tiene en cuenta que su sistema de producción deje la menor huella en el planeta. Para poder llevar a cabo este modelo sostenible, dicha economía se basa en 3 ejes: reducir, reutilizar y reciclar.

Este sistema se plantea como alternativa a la economía lineal, ya que en sus procesos de diseño, producción y consumo tiene como objetivo la sustentabilidad. Sus principios promueven que la fabricación de productos conlleve minimizar la energía utilizada y que esta provenga de fuentes renovables. A su vez, implica el uso de materias primas no contaminantes, que la vida útil de los bienes fabricados no sea limitada, la posibilidad de reparación de estos y que los productos sean reciclables.

De esta forma podríamos indicar que las diferencias fundamentales entre la economía lineal y la circular es que la primera pone el foco en la rentabilidad, sin preocuparse por el ciclo de vida del producto, y la segunda apuesta por la sustentabilidad.

De hecho, la economía circular puede concebirse como una filosofía del diseño *ab initio*: un sistema industrial restaurador o regenerativo inspirado en los seres vivos, que emula los ciclos de la naturaleza, en la que los “desechos” de una especie se convierten en el “alimento” de otra y así sucesivamente, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos. En esta nueva economía, los recursos se regeneran en el ciclo biológico o se recuperan y restauran gracias al ciclo técnico.

Los componentes del ciclo biológico (nutrientes biológicos) son biodegradables, por lo que se pueden introducir en la naturaleza, en cambio, los del ciclo técnico (nutrientes técnicos como computadoras, motores, plásticos) son poco aptos para volver de inmediato a ella, así que se diseñan para ser ensamblados y desmontados un gran número de veces, lo que favorece su reutilización y reincorporación al sistema productivo.

Esta perspectiva se encuentra en sintonía con los objetivos de desarrollo del milenio (ODS), implementados por las Naciones Unidas, que plantean como prioritaria la sustentabilidad del ambiente, cuando se facilita la reducción de emisiones de CO₂, al limitar la producción de plásticos y derivados del petróleo y reducir las actividades logísticas de las empresas, entre otras acciones relevantes.

De acuerdo con la Fundación Ellen MacArthur¹², existe una oportunidad de ahorro neto anual en costos de materiales, de entre \$380 y \$630 000 millones, para esta nueva perspectiva económica, tan solo en la Unión Europea (Ellen MacArthur Foundation, 2014).

Hoy, existe una asociación positiva entre el uso de los principios de la economía circular y la competitividad sostenible. A través de la adopción de un enfoque circular, basado en el

¹¹ <https://www.oecd.org/china/44293445.pdf>

¹² La Fundación Ellen MacArthur fue creada en Gran Bretaña en el 2010, con el objetivo de acelerar la transición a la economía circular. Actualmente, trabaja con Gobiernos, empresas y academias, con el fin de construir una economía regenerativa y reparadora desde el diseño.



crecimiento desacoplado al uso de los recursos naturales, en el **Cuadro 1** se presentan las ventajas que se pueden obtener en los tres ejes de la sustentabilidad¹³ (económico, social y ambiental).

Cuadro 1. Economía circular: ventajas de cada eje de sustentabilidad.

Table 1. Circular economy: advantages of each sustainability axis.

Ejes de sustentabilidad	Ventajas
Eje económico	<p>Reducción de costos (menos materia prima y desperdicios). Creación de nuevos emprendimientos y fuentes de ingreso (no-usuales). Menor dependencia de materiales. Mayor resistencia ante la volatilidad en precios de insumos. Desacoplamiento del uso de recursos naturales y la creación de ingresos. Ventaja competitiva sostenible. Eliminación de costos relacionados con el tratamiento de residuos y basuras. Mayor productividad derivada de la eficiencia en el uso de materiales. Reducción de costos y riesgos asociados a la cadena de suministro. Mejor reputación y valor financiero. Establecimiento de contratos de largo plazo y asociaciones benéficas en toda la cadena de valor.</p>
Eje social	<p>Generación de nuevas fuentes de empleo. Promoción de construir el tejido social a través de la economía colaborativa¹⁴. Menor costo y mayor acceso a servicios asociados a la economía de rendimientos. Mayor interacción del cliente con la empresa (mayor responsabilidad de esta última).</p>
Eje ambiental	<p>Aumento en las tasas de reciclaje, recuperación etc. de recursos no renovables. Reducción en extraer recursos naturales y materias primas vírgenes. Recuperación del ambiente por medio de crear impactos restaurativos y diseño. Disminución en las emisiones y creación de basuras (cambio climático). Reinserción de materiales y recursos valiosos a la cadena productiva.</p>

Fuente: Di Santo, C., Martínez, L., Rodríguez, E., Burucua, A., Iribarne, R., Maffei, L., Maladan, T. (2020).

En el caso particular de los artículos electrónicos, un modelo de economía circular supone reciclar y reutilizar un número muy importante de insumos/partes del producto final, entre ellos acero, aluminio, cobre, plástico y vidrio, entre otros componentes relevantes.

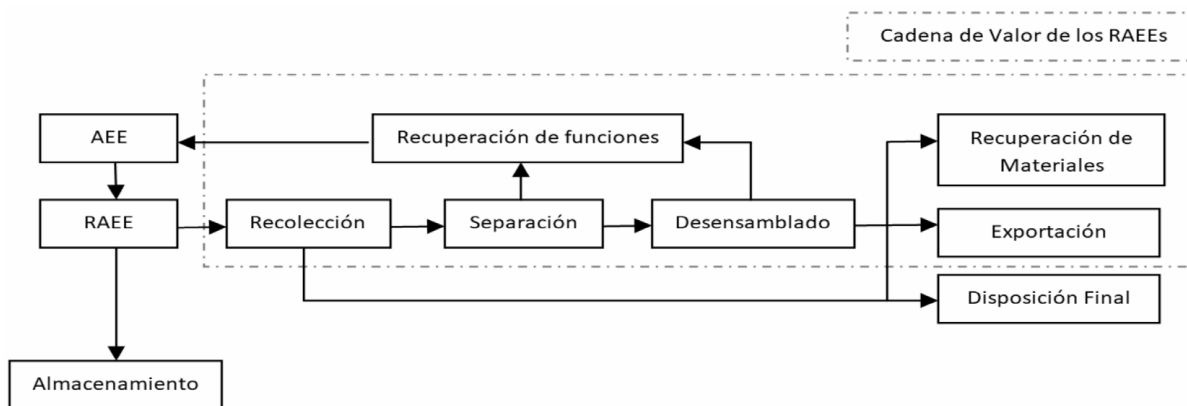
¹³ El informe Brundtland (1982) afirma que para lograr un desarrollo sustentable es necesario: un sistema político que asegure la participación ciudadana en la toma de decisiones; un sistema económico que genere tanto excedentes como conocimientos sobre bases autosustentables y autosuficientes; un sistema social que provea las salidas para las tensiones del desarrollo no armónico; un sistema de producción que respete la obligación de preservar la base ecológica en pro del desarrollo; un sistema tecnológico que sea capaz de encontrar continuamente nuevas soluciones; un sistema internacional que fomente patrones sustentables de comercio y financiamiento, y un sistema administrativo flexible y que tenga la capacidad de autocorrección. Todas estas dimensiones no son sencillas de abordar en forma conjunta y menos aún de compatibilizarse a escala planetaria. Por otro lado, John Friedman (1997) sostiene que el término sustentabilidad tiene implicaciones modestas pero intimidantes para algunos: hacer respirable el aire y bebible el agua; proteger ambientes (tierras húmedas); disminuir el ruido y vapores tóxicos; hacer transitables las calles; desintoxicar los suelos y disponer los residuos sólidos de manera higiénica y segura. Son objetivos universales que cualquier espacio desearía poseer, sin embargo, su implementación resulta dificultosa, ya que los intereses de las corporaciones suelen ir en sentido opuesto.

¹⁴ La economía colaborativa es un sistema basado en la puesta en común e intercambio de servicios, recursos, bienes, tiempo, conocimientos y habilidades entre dos partes. El valor de cambio empleado para las transacciones puede que no sea únicamente el dinero.



2.2 El ciclo de reciclaje en los artículos electrónicos: la cadena de valor de los RAEE

En el marco de una economía de carácter circular, se constituye una cadena de valor asociada al reciclaje y a la refuncionalización de piezas o partes de diversos productos, vinculadas, en este caso, a los artículos electrónicos. La **Figura 1** muestra cómo están compuestos los diferentes eslabones que corresponden a esa cadena:



Fuente: Adaptado de Di Santo *et al.* (2020).

Figura 1. Cadena de reciclaje de los artículos electrónicos.

Figure 1. Electronic items recycling chain.

El proceso de reciclaje comienza cuando los residuos ingresan a la cadena de valor. En primer lugar, atraviesan una fase de separación y clasificación por tipos, luego se desensamblan los distintos componentes y, finalmente, pueden ser utilizados en: 1) el armado o remanufactura de un nuevo AEE; 2) la recuperación de materiales para su uso como materia prima de otros procesos.

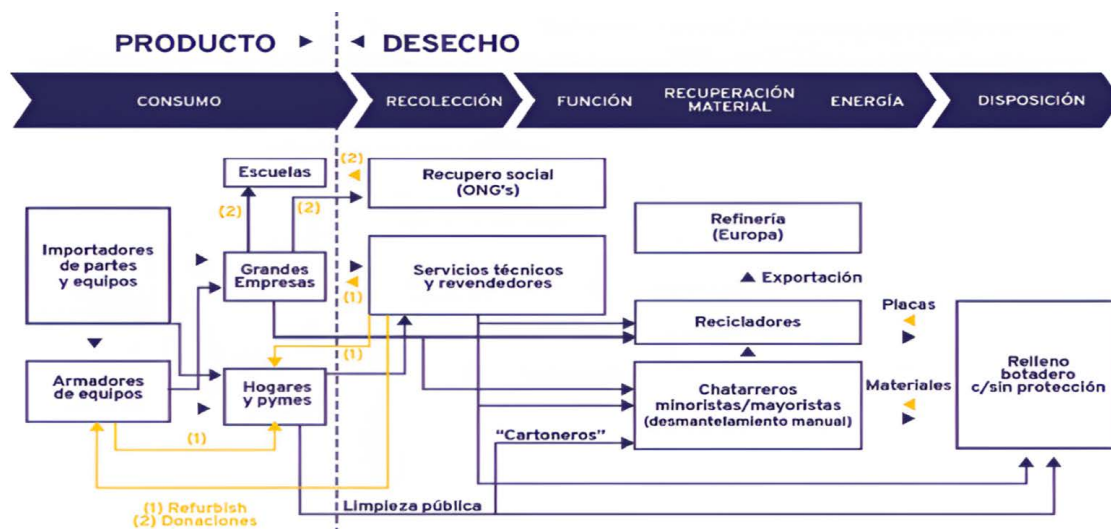
En Argentina, algunos componentes se exportan y completan su procesamiento en el exterior (por ejemplo, las plaquetas de equipos informáticos). A su vez, la gestión de los RAEE incluye una multiplicidad de personas, que abarca desde las usuarias y fabricantes de productos muy diversos hasta los distintos tipos de quienes operan e intervienen en la recolección, el almacenamiento o el tratamiento propiamente dicho. En la **Figura 2**, se presenta tal análisis.

Las distintas personas agentes que intervienen en todo el proceso pueden también clasificarse en función de la etapa de la cual participan: quienes lo hacen en la etapa de generación, quienes intervienen en la de recolección y, finalmente, quienes se involucran en la de recuperación (de funciones o materiales).

En lo concerniente a la generación, vale la pena resaltar que los RAEE constituyen residuos especiales de generación universal (REGU), lo que implica que toda persona habitante enfrenta, en algún momento, la necesidad u obligación de desecharlos, básicamente por su obsolescencia.

De esta forma, la generación del desecho tiene múltiples procedencias: instituciones públicas y privadas; domicilios particulares y empresas de diversos tamaños que utilizan AEE;





Fuente: Adaptado de Maffei y Burucua (2020).

Figura 2. Personas actoras involucradas en la cadena de valor RAEE.

Figure 2. Actors involved in the WEEE value chain.

empresas importadoras, ensambladoras y fabricantes de AEE —que producen distintos tipos de residuos a lo largo de sus líneas de producción—. Las características de cada generador determinarán el tipo de residuo que se genere y la forma en que estos ingresen (o no) en la cadena de valor.

La recolección incluye diversas personas actoras: los sistemas municipales de recolección domiciliar y los “puntos verdes”; quienes efectúan la recuperación urbana en la vía pública; quienes producen AEE, en el caso de que haya responsabilidad extendida del productor (REP. A su vez, en muchas ocasiones, las personas usuarias particulares depositan sus AEE en desuso en servicios técnicos o los donan a instituciones que llevan adelante iniciativas de carácter social y solidario. Además, quienes usan los servicios de dichas instituciones suelen recurrir a empresas especializadas en la operación de residuos peligrosos o de RAEE.

La tercera etapa es la recuperación de funciones (refuncionalización o *refurbish* en inglés). Aquí podemos encontrar a personas remanufacturadoras, organizaciones de la sociedad civil (OSC), servicios técnicos y distintas entidades públicas o privadas, que se encargan de clasificar y desarmar RAEE para la reutilización de sus componentes en el armado de otros equipos. Los elementos que no se pueden reutilizar, se descartan y envían a disposición final o pasan al siguiente eslabón de la cadena.

Finalmente, se encuentra la recuperación de materiales. En esta sección de la cadena, intervienen plantas de tratamiento dedicadas con exclusividad a RAEE y otras para las que los RAEE son una fracción menor del conjunto de materiales que procesan o reciclan. Según el material que se trate, algunos agentes recuperadores exportan y otros se abocan solo al mercado local.



En Argentina, entre el 50 % y el 60 % del volumen de RAEE generado anualmente es almacenado en hogares y pequeñas instituciones, debido al desconocimiento sobre el proceso de descarte. Solo del 10 % al 15 % llega a talleres de reparación o servicios técnicos y del 5 % al 10 % se recicla con el fin de rescatar materiales. Luego de pasar un tiempo almacenado o de atravesar las distintas etapas de recuperación, se calcula que un 60 % de los RAEE termina en basurales o rellenos sanitarios, sin tener un tratamiento adecuado (Maffei y Burucua, 2020).

3. Metodología

Para la recolección de los datos pertinentes relativa al presente estudio, se utilizaron más que todo fuentes de información primaria. Se recurrió, en primer término, a realizar encuestas, que involucraron a la población en general de la ciudad de Bahía Blanca.

Con el fin de determinar el tamaño muestral relativo a quienes habitan la ciudad, se consideró la información del último censo poblacional disponible, la cual fue ajustada por la tasa de crecimiento demográfico. Cuando ya se había determinado el universo poblacional por entrevistar, se aplicó una fórmula de muestreo simple. Para garantizar la representatividad de la muestra en términos de distribución espacial, se establecieron cuotas o estratificaciones que debía cumplir cada una de las 8 delegaciones municipales existentes en la localidad. No se tuvieron en cuenta consideraciones respecto a la edad, el género, el nivel educativo o socioeconómico de las personas encuestadas. Las preguntas aplicadas a este grupo particular apuntaban básicamente a conocer si disponía o no RAEE en su domicilio y si estaba o no dispuesto a entregarlos voluntariamente para su tratamiento en una planta destinada a tal efecto.

Además, la investigación supuso la realización de un censo a los comercios especializados en la reparación de aparatos eléctricos y electrónicos de la ciudad, con el propósito de conocer si efectivamente: i) almacenan equipos en desuso; ii) realizan (o no) actividades de reutilización de componentes; iii) conocen los métodos que utilizan para la deposición de los equipos. Mayores detalles sobre aspectos específicos de ambas encuestas pueden observarse en los apartados subsiguientes.

4. Resultados y discusión

4.1 Modelo de negocio de una planta de reciclaje RAEE

Consiste en instalar una planta de separación de RAEE en la ciudad de Bahía Blanca, cuyos ingresos se obtendrán a partir de la venta de materiales reciclados (cobre, aluminio, chatarra ferrosa, plásticos, vidrio, discos duros, memorias RAM, procesadores y baterías) a empresas especializadas en su reaprovechamiento en la propia ciudad y AMBA, así como de la exportación a Europa de tarjetas de circuitos impresos (TCI). De la separación también se obtiene material que no podrá ser comercializado, ya sea porque su valor de mercado no justifica su tratamiento



o porque se trata de residuos peligrosos (cristales líquidos, tubos fluorescentes y capacitores, restos de cinta y gomas).

Los RAEE por procesar fueron los siguientes:

- 1) Computadoras de escritorio (PC).
- 2) Computadoras portátiles sin batería integrada.
- 3) TV y monitores (LCD y LED).
- 4) Equipos de telefonía celular sin batería integrada.
- 5) Impresoras (láser, chorro de tinta y matriz de punto).
- 6) Teléfonos fijos.

4.2 Estudio de mercado

El estudio de mercado para la puesta en marcha de la actividad requiere hacer un análisis exhaustivo de proveeduría, competencia y clientela, tanto en el mercado local como nacional.

Para indagar acerca de la **proveeduría** de RAEE en la ciudad de Bahía Blanca, se hizo una encuesta a la población local entre octubre y diciembre del 2020. También se realizó un censo a los servicios técnicos especializados en la reparación de AEE, dejando fuera de consideración las instituciones públicas y otras organizaciones que igual descartan esos aparatos.

En lo concerniente a la encuesta, se efectuó contemplando la población que radica en cada delegación de la ciudad; se tomaron en cuenta los datos del censo de población y vivienda del 2010 y considerando el crecimiento demográfico registrado en los últimos 10 años. En función de estas consideraciones, se determinó un tamaño de muestra de 384 personas por ser encuestadas, con un nivel de confianza del 95 %. Mediante un muestreo al azar, utilizando redes sociales, se le suministró a cada participante de las delegaciones datos respecto a la clasificación de los RAEE y se le solicitó que indicara las cantidades de los tipos de RAEE almacenados en su domicilio, para finalmente medir la voluntad de entrega de estos.

Debido al importante nivel de contestación, la encuesta se extendió hasta las 488 personas. Se encontró que el 71 % del total de participantes afirmó que dispone de RAEE en su domicilio; en su mayoría, CPU, impresoras y monitores (**Cuadro 2**). Respecto a su entrega, el 65 % está dispuesto a darlos de manera voluntaria. De acuerdo con el kilaje promedio por unidad, se estimó que serían 4 576 toneladas por entregar, mientras que el resto (2 464 toneladas) solo lo haría a cambio de alguna compensación económica.



Cuadro 2. Cantidad de RAEE según su variedad.
Table 2. Amount of WEEE according to its variety.

Tipo de RAEE	Toneladas
CPU	1 040
TV, monitores (LED o LCD)	1 478
Impresoras	3 936
Celulares	62
Notebooks, netbooks y laptops	397
Teléfonos fijos y fax	128
Total	7 040

Por otro lado, se efectuó un censo en la misma fecha a los 27 servicios técnicos existentes en la ciudad de Bahía Blanca, utilizando como fuente los portales Páginas Amarillas, Vivavisos y el diario local La Nueva Provincia. Se encontró que el 48 % de esos servicios se negó a brindar precisiones respecto a la disposición de residuos, mientras que el 22 % los desecha mediante la contratación anual de un volquete: un porcentaje similar los devuelve a sus clientes y el 8 % restante los entrega a personas recolectoras informales. Nadie realiza actividades de refuncionalización de componentes.

Respecto de la **competencia**, en Argentina existen solo 5 empresas dedicadas a la separación de RAEE en la Provincia de Buenos Aires, una en Mendoza y una en Córdoba, por lo que no se detectan otras entidades de este tipo en la cercanía. Esto supone una ventaja al momento de radicar la compañía en la ciudad de Bahía Blanca.

En cuanto a las personas **compradoras**, tanto las nacionales como las internacionales, tendrán una fuerza de negociación bastante alta, ya que son relativamente pocas y los productos por comercializar son homogéneos. En el nivel local, se prevé establecer acuerdos con una empresa A¹⁵ dedicada a la recuperación de productos metálicos ferrosos y no ferrosos. Esta se encuentra ubicada en la localidad de General Daniel Cerri (partido de Bahía Blanca); se prevé una entrega por semana. Por otra parte, debido a la inexistencia de organizaciones dedicadas a la recuperación de los plásticos obtenidos en el proyecto, se plantea la necesidad de llevar a cabo acuerdos con B, localizada en Caseros, a 700 kilómetros de Bahía Blanca, donde se lleva el material a reciclar con una frecuencia mensual.

Finalmente, se pronostica que las tarjetas de circuitos impresos (TCI) obtenidas durante el proceso de desmontaje serán exportadas desde la Terminal Portuaria de Zárate hacia Bélgica, a partir de convenios establecidos con C, líder mundial en el reciclaje de metales preciosos, con una periodicidad anual.

4.3 Estudio técnico y legal

En lo tocante al **proceso productivo**, el tipo de plantas referidas se caracteriza por presentar diversas líneas paralelas de trabajo que varían según las características de los artículos por

¹⁵ Se denominará a las empresas con letras para mantener el anonimato.



procesar. En el caso del presente proyecto, existirá una única línea, ya que los artículos tratados tienen rasgos similares. El proceso productivo consiste en: i) el aprovisionamiento; el almacenamiento en lugares donde se puedan controlar los posibles vertidos; ii) el desmontaje y separación manual de materiales; iii) el pesaje y acondicionamiento (en bolsones o palés, dependiendo el material o destino), y iv) finalmente la venta de productos valorizados, más el envío de residuos peligrosos a rellenos de seguridad.

El **plantel de personas operarias** deberá responder al Convenio Colectivo de Trabajo 260/75 de la Unión Obrera Metalúrgica de Argentina (UOM), aunque existe también la posibilidad de incluir a quienes trabajan en el sector informal, utilizando otras modalidades de contratación. En este último caso, el personal debería recibir las capacitaciones correspondientes de seguridad y manipulación de residuos peligrosos.

La determinación de la cantidad por contratar, que está relacionada con el **tamaño de la planta**, se definió considerando que la exportación de las TCI es una de las actividades más redituables de este rubro, por lo que se ha mencionado que el lote mínimo necesario para obtener rentabilidad debe ser no menor a 15 toneladas¹⁶. Por lo tanto, la escala mínima apropiada corresponderá al 40 % del parque de RAEE estimado en el estudio de mercado, es decir, 1 830 toneladas que serían entregadas voluntariamente por la población local y que serán procesadas por una plantilla conformada por 33 operarios¹⁷.

En cuanto a las inversiones, en el **Apéndice 2** se estimaron las necesarias, en términos intangibles, y las fijas.

Por su parte, la depreciación se consideró lineal y el valor de desecho determinado por el método contable totalizó \$3 087 250 a valores de enero de 2021. Por ello, los valores de las anualidades del presente proyecto son \$996 218, los 2 primeros años, y \$626 218, los restantes 3.

En tanto, determinar la inversión circulante se llevó a cabo por el método del período de desfasaje, considerando que el plazo de pago a la proveeduría será a los 7 días y de 14 el cobro a la clientela, lo cual arroja un valor de \$8 011 336.65.

Respecto a la localización, teniendo en cuenta el mapa de zonas industriales de la ciudad de Bahía Blanca, se ha identificado la I3 como la apropiada para este proyecto, ya que se ajusta a los requerimientos de la **Ley Nacional 24051 (1992)** y la **Ley Provincial 14321 (2011)**, en términos de ruidos y manejo de residuos¹⁸ (**Apéndice 3**).

Para la microlocalización, se utilizó el método cualitativo por puntos¹⁹, con el propósito de elegir entre 5 diferentes zonas dentro de la I3, considerando como factores relevantes: i) el acceso a rutas; ii) la distancia con clientela local; iii) la cercanía de las fuentes de abastecimiento; iv) la seguridad; v) el costo del alquiler de la nave industrial (**Apéndice 4**):

16 Dato obtenido de Gustavo Protomastro, destacado consultor ambiental para las empresas del sector.

17 La cantidad de personas operarias se consiguió según consultas a 2 empresas del sector.

18 <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450>

<https://normas.gba.gob.ar/documentos/Bj7QDiyV.html>

19 El método cualitativo por puntos consiste en definir los principales determinantes de una localización en función de valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye a cada uno. El peso relativo se estima sobre una base cuya suma debe ser igual a 1. Para mayor detalle, ver Baca Urbina (2013). *Evaluación de Proyecto*. México: McGraw Hill.



Se escogió la zona 4, donde se optó por una nave industrial cuyo alquiler mensual alcanza los \$80 000, con accesos y oficinas según los requerimientos del proyecto.

Respecto a los costos fijos (**Cuadro 3**), el principal es el de mano de obra que participa en más del 90 % del total y que, como se dijo, corresponde a 33 personas operarias más el personal encargado de llevar a cabo las tareas logísticas, administrativas y comerciales. Por lo tanto, el monto anual equivalente a salarios es \$28 992 543 (incluye sueldo anual complementario y cargas sociales). En este, se tomó valores de enero del 2021, acordes con el Convenio Colectivo de Trabajo 260/75 de la Unión Obrera Metalúrgica (UOM) (**Apéndice 5**).

Cuadro 3. Costos fijos.
Table 3. Fixed costs.

Concepto	Total anual	Participación en total (%)
Sueldos	\$23 992 543.35	92.3 %
Explotación	\$794 400	2.53 %
Servicios de logística	\$459 000	1.46 %
Publicidad	\$120 000	0.38 %
Alquiler	\$960 000	3.06 %
Mantenimiento	\$84 000	0.27 %
Total anual	\$31 409 943.35	100 %

El detalle de los llamados costos fijos de explotación se puede ver en el **Cuadro 4**, donde se aprecia que el pago de la ART es el principal:

Cuadro 4. Costos fijos de explotación.
Table 4. Fixed operating costs.

Familia	Tipo de costo	Monto mensual	Monto anual
	ART	\$30 000	\$360 000
Seguros	Integral de comercio	\$8 700	\$104 400
	Autoelevador	\$5 000	\$60 000
	Agua	\$7 000	\$84 000
Servicios	Gas	\$6 000	\$72 000
	Telefonía	\$5 000	\$60 000
	Internet	\$4 500	\$54 000
Total		\$66 200	\$794 400

En cuanto a los costos variables, los relativos a la adquisición de los RAEE serán nulos, dada la entrega voluntaria y gratuita por parte de la comunidad.

En tanto, el consumo de energía de los autoelevadores y amoladoras se estimó tomando como referencia el costo del Kw en Bahía Blanca y la cantidad informada de kw utilizado por una empresa D de similares características de Córdoba, lo que totalizó unos \$12 556²⁰.

20 La empresa D se encuentra ubicada dentro del Parque Empresarial James Craik, a 35 km de la localidad de Villa María y a 120 km de la capital de la provincia. Se especializa en el tratamiento de grandes y pequeños electrodomésticos, equipos informáticos y de telecomunicaciones, aparatos electrónicos de consumo, herramientas eléctricas e instrumentos de vigilancia y control.



Por otra parte, la gestión de restos peligrosos tiene un costo de \$220 000 por tonelada, debido al envío a una planta de tratamiento de residuos industriales situada en inmediaciones de la localidad de Bahía Blanca²¹ (empresa E); los no peligrosos que no se pueden vender serán enviados al relleno sanitario de la ciudad, con un precio de \$1 500 por tonelada.

Por ende, los costos logísticos de ambos traslados se estimaron en un total anual de \$1 923 316.35, según la frecuencia de envío mencionada en el estudio de mercado.

Finalmente, respecto a la forma jurídica, se optó por una Sociedad de Responsabilidad Limitada, pues permite limitar la responsabilidad al capital aportado, lo cual evita a las personas socias responder con el patrimonio personal ante deudas comerciales. También, se indagó acerca de los permisos y habilitaciones que deben tramitarse (**Apéndice 6**).

4.4 Estudio económico

En el **Cuadro 5**, se puede visualizar una estimación de los ingresos, considerando un tamaño de planta de 1 830 toneladas de RAEE, según el cálculo realizado en el estudio técnico. Los precios se han obtenido de cotizaciones a quienes compran localmente y a través de la búsqueda de precios internacionales para los productos exportables, llevada a cabo en febrero de 2021.

Cuadro 5. Estimación de ingresos.

Table 5. Revenue estimation.

Material	Precio/Tn	Toneladas	Ingresos
TCI	\$912 200	15.49	\$14 244 047
Hierro	\$11 000	48.51	\$533 694
Aluminio	\$80 000	48.78	\$3 902 909
Acero	\$10 000	307.43	\$3 074 358
Cobre	\$300 000	40.73	\$12 219 272
Acero inoxidable	\$35 000	142.25	\$4 978 878
Acero galvanizado	\$10 000	397.08	\$3 970 821
Polimetilmetacrilato	\$0	9.47	\$0
Tereftalato de polibutileno	\$0	8.08	\$0
Policarbonato	\$35 000	186.18	\$6 516 365
Polietileno	\$25 000	11.17	\$279 259
Poliestireno de alto impacto	\$0	18.42	\$0
Poliuretano	\$40 000	29.68	\$1 187 153
Polioximetileno	\$0	52.19	\$0
Tereftalato de polietileno	\$20 000	6.51	\$130 299
Acrilonitrilo butadieno estireno	\$30 000	206.48	\$6 194 532
Otros materiales no reciclables	\$0	301.95	\$0
Ingresos totales			\$57 231 588

21 En la localidad de Bahía Blanca existe una firma (empresa E) dedicada a los servicios ambientales, que se especializa en el tratamiento de residuos industriales de diverso tipo. Se encuentra radicada en la Ruta Nacional 33.



La estimación del costo de capital, o tasa de descuento de los flujos de fondos, fue calculada con valores reales, ya que la base de los cálculos de los datos ha sido realizada en pesos constantes.

Debido al escaso monto de inversión requerida, sumado a que no se pretende que la empresa vaya a cotizar en la Bolsa en un futuro, se ha concluido que no será necesario calcular dicha tasa empleando el WACC (Weighted Average Cost of Capital). En cambio, se ha optado por contemplar como referencia la tasa de un fondo de inversión que presente semejanzas respecto al riesgo del proyecto. En tal sentido, la tasa nominal de referencia considerada para el plan es del 41.19 %, la cual se ha estimado como la tasa promedio ofrecida por fondos comunes de inversión de carácter conservador a la que se agregó un 3 % en concepto de prima de riesgo.

Por otra parte, dicha tasa nominal debe ser deflactada, a fin de obtener la tasa real, que resultó de 0.519 %. Entonces, la tasa de descuento con riesgo será del 3.519 %.

Una vez definida la tasa de descuento, corresponde construir el flujo de caja libre del proyecto (**Cuadro 6**) y calcular los indicadores de rentabilidad, conocidos como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), e interpretar su resultado.

Cuadro 6. Flujo de caja libre.

Table 6. Free cash flow.

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45
Impuesto a los ingresos brutos (3.5 %)	- \$2 003 105.60	- \$2 003 105.60	- \$2 003 105.60	- \$2 003 105.60	- \$2 003 105.60	- \$2 003 105.60
Gastos generales fijos	- \$31 409 943.35	- \$31 409 943.35	- \$31 409 943.35	- \$31 409 943.35	- \$31 409 943.35	- \$31 409 943.35
Gastos generales variables	- \$23 496 310.60	- \$23 496 310.60	- \$23 496 310.60	- \$23 496 310.60	- \$23 496 310.60	- \$23 496 310.60
Amortización intangible	- \$23 568.00	- \$23 568.00	- \$23 568.00	- \$23 568.00	- \$23 568.00	- \$23 568.00
Depreciación	- \$972 650.00	- \$972 650.00	- \$602 650.00	- \$602 650.00	- \$602 650.00	- \$602 650.00
Resultados antes del impuesto a las ganancias	- \$673 989.11	- \$673 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11
Impuesto a las ganancias (35 %)	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Resultados después del impuesto a las ganancias	- \$673 989.11	- \$673 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11	- \$303 989.11
Amortización intangible	\$23 568.00	\$23 568.00	\$23 568.00	\$23 568.00	\$23 568.00	\$23 568.00
Depreciación	\$972 650.00	\$972 650.00	\$602 650.00	\$602 650.00	\$602 650.00	\$602 650.00
Inversiones	- \$6 958 340.00					
Inversión circulante	- \$1 052 996.65					
Valor de desecho						\$3 087 250.00
Recuperó inversión circulante						\$1 052 996.65
Flujo de fondos	- \$8 011 336.65	\$322 228.89	\$322 228.89	\$322 228.89	\$322 228.89	\$4 462 475.55
VAN	- \$8 011 336.65	\$311 272.96	\$300 689.52	\$290 465.93	\$280 589.95	\$3 753 707.14
TIR	-7.12 %	VAN	- \$3 074 611.15			



Se observa una destrucción de la riqueza que alcanza los \$3 074 611.15. Se debe rechazar el proyecto porque el VAN es negativo y la TIR menor a la tasa de descuento.

Por otra parte, se analiza el efecto de un financiamiento del 40 % de la inversión inicial, por medio de un préstamo del Banco de la Nación Argentina, a través de la Línea de Inversión Productiva para Pymes (a 60 meses, con un período de gracia de 6 meses, sistema de amortización alemán, con tasas nominales del 24 % para los primero 2 años y del 30 % para los restantes)²². El flujo de caja resultante es el del **Cuadro 7**.

Cuadro 7. Flujo de caja con crédito.
Table 7. Cash flow with credit.

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Ingresos	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45	\$57 231 588.45
Impuesto a los ingresos brutos (3.5 %)	-\$ 2 003 105.60	-\$ 2 003 105.60	-\$ 2 003 105.60	-\$ 2 003 105.60	-\$ 2 003 105.60	-\$ 2 003 105.60
Gastos generales fijos	-\$ 31 409 943.35	-\$ 31 409 943.35	-\$ 31 409 943.35	-\$ 31 409 943.35	-\$ 31 409 943.35	-\$ 31 409 943.35
Gastos generales variables	-\$ 23 496 310.60	-\$ 23 496 310.60	-\$ 23 496 310.60	-\$ 23 496 310.60	-\$ 23 496 310.60	-\$ 23 496 310.60
Amortización intangible	-\$ 23 568.00	-\$ 23 568.00	-\$ 23 568.00	-\$ 23 568.00	-\$ 23 568.00	-\$ 23 568.00
Depreciación	-\$ 972 650.00	-\$ 972 650.00	-\$ 602 650.00	-\$ 602 650.00	-\$ 602 650.00	-\$ 602 650.00
Intereses del préstamo	-\$ 751 285.35	-\$ 605 300.99	-\$ 542 990.60	-\$ 329 354.95	-\$ 115 719.31	
Resultados antes del impuesto a las ganancias	-\$ 1 425 274.45	-\$ 1 279 290.10	-\$ 846 979.70	-\$ 633 344.06	-\$ 419 708.41	
Impuesto a las ganancias (35 %)		\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
Utilidad después del impuesto a las ganancias	-\$ 1 425 274.45	-\$ 1 279 290.10	-\$ 846 979.70	-\$ 633 344.06	-\$ 419 708.41	
Amortización intangible		\$ 23 568.00	\$ 23 568.00	\$ 23 568.00	\$ 23 568.00	\$ 23 568.00
Depreciación		\$ 972 650.00	\$ 972 650.00	\$ 602 650.00	\$ 602 650.00	\$ 602 650.00
Amortización de capital		-\$ 356 059.41	-\$ 712 118.81	-\$ 712 118.81	-\$ 712 118.81	-\$ 712 118.81
Préstamo	\$ 3 204 534.66					
Inversiones	-\$ 6 958 340.00					
Inversión circulante	-\$ 1 052 996.65					
Valor de desecho						\$ 3 087 250.00
Recuperó inversión circulante						\$ 1 052 996.65
Flujo de fondos	-\$ 4 806 801.99	-\$ 785 115.86	-\$ 995 190.91	-\$ 932 880.51	-\$ 719 244.87	\$ 3 634 637.43
Valor actual neto	-\$ 4 806 801.99	-\$ 758 421.54	-\$ 928 667.43	-\$ 840 923.99	-\$ 626 302.87	\$ 3 057 353.33
TIR	-19.64 %	VAN	-\$ 4 903 764.50			

²² <https://www.bna.com.ar/Empresas/Novidades/CreditoMiPyMEsIP>



Se observa que la destrucción de la riqueza alcanza \$4 903 764.50. La TIR ha decrecido respecto al flujo anterior, por el apalancamiento financiero negativo, debido a que la tasa de interés del crédito supera ampliamente a la TIR intrínseca del proyecto. Por lo tanto, no existe capacidad financiera para hacer frente al pago del plan y, así, la alternativa de financiación debe ser rechazada.

Dado que el proyecto no es aceptable a la tasa de descuento estipulada, se efectuó un análisis de sensibilidad y se buscó el precio promedio por tonelada que permitiera obtener un VAN igual a 0, mediante el modelo unidimensional del VAN; se encontró que este debería ser de \$31 727, es decir, un 1.48 % superior. Posteriormente, se llevó a cabo el mismo procedimiento con el costo de mano de obra de las personas operarias, ya que representaba el 72.15 % de los precios fijos de la iniciativa y se halló que estos deberían reducirse un 3.66 %, para que el proyecto logre la rentabilidad exigida. Esta situación podría alcanzarse, si las personas empleadas estuviesen fuera del convenio colectivo de trabajo requerido por el sector, bajo alguna modalidad de contratación diferencial. A modo de ejemplo, si pudiesen inscribirse como monotributistas (quienes trabajan por cuenta propia) o, en su defecto, beneficiarse de un programa de asistencia social (p. ej., potenciar trabajo²³), se permitiría una reducción significativa de las cargas patronales.

5. Conclusiones

Anualmente, en Argentina se generan 465 kt de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, de las cuales el 60 % termina en basurales o rellenos sanitarios. A su vez, no se dispone de normativas nacionales que regulen y unifiquen la gestión integral de este tipo de desechos, lo cual provoca que no exista una administración adecuada y responsable.

De acuerdo con el estudio realizado, algunos de dichos residuos serían comercializados en el mercado local, mientras que las tarjetas de información se exportarían. Según una encuesta realizada a la población local y un censo a los servicios técnicos existentes en dicha localidad, se ha dimensionado el parque actual de RAEE en 7 040 toneladas y, con ello, se asegura el abastecimiento. Además, se ha identificado la ausencia de competencia, con lo que se reconoce la cercanía de quienes gestionan residuos peligrosos autorizados, situación que favorece la viabilidad del proyecto.

Por otra parte, se ha logrado definir el tamaño óptimo de procesamiento en 1 830 toneladas anuales con una cantidad total de 39 personas empleadas, de las cuales 33 están vinculadas directamente con la producción.

Luego de llevar a cabo el flujo de fondos libre a una tasa de descuento establecida, según el rendimiento promedio de un fondo de inversión conservador más una prima de riesgo, se ha concluido conveniente rechazar el proyecto, ya que el cálculo del VAN arroja una destrucción de riqueza de \$3 074 611.15 y una TIR igual a -7.12 %. Además, se ha contemplado solicitar un préstamo por un porcentaje arbitrario de la inversión y resulta que, al financiarla en un 40 %,

²³ El programa potenciar trabajo era un plan de reinserción laboral promovido por el Estado argentino, que permitía la reducción de las cargas patronales por parte de las personas empleadoras, durante un período determinado.



tanto el cálculo del VAN (- \$4 903 764) como la TIR (-19.64 %) continúan evidenciando la necesidad de rechazarlo, por el apalancamiento financiero negativo.

También, según el VAN, para que el modelo de proyecto sin crédito alcance la rentabilidad mínima exigida del 3.51 %, el precio de venta por tonelada de RAEE deberá ser un 1.48 % superior. Por otro lado, el mismo análisis para el costo de la mano de obra ha arrojado la necesidad de reducirlo un 3.66 %.

Lo anterior permite concluir que Bahía Blanca reúne varias de las condiciones necesarias para poder llevar a cabo un proyecto con las características mencionadas, pues: la población local se encuentra interesada en participar voluntariamente, aportando los residuos necesarios para su ejecución; en la zona, no se detecta competencia y, a su vez, en la ciudad se encuentran presentes empresas especializadas tanto en el procesamiento de los materiales valorizados en el proceso productivo (clientela) como en el tratamiento de los desechos peligrosos generados (proveeduría), lo cual representa grandes ventajas logísticas.

Asimismo, en la localidad existe un gran porcentaje de población desempleada, situación que constituye una oportunidad a la hora de contratar la mano de obra necesaria. Sin embargo, la rentabilidad no supera la exigida; por ello, para que este tipo de iniciativas sean económicamente viables, se considera indispensable contar con el interés del municipio. Así, se reducirían, de alguna manera, ciertas inversiones y a la vez se dispondría de mecanismos de contratación que permitan reducir los costos de mano de obra (los más representativos). Lo anterior contribuiría a resolver, en parte, el problema de los costos de los RAEE no recuperados, así como los conflictos ambientales que implican su disposición inadecuada y no recuperación.

En este marco, se presentan diversas líneas de análisis que pueden explorarse, para evaluar si, efectivamente, la puesta en marcha de una planta de esta naturaleza puede resultar factible desde un punto de vista económico-financiero. En primer lugar, indagar los resultados que podrían obtenerse, si existiese una reducción de las inversiones privadas, mediante el aporte del Estado, dadas las implicancias medioambientales de la propuesta. En segunda instancia, tal como se dijo anteriormente, considerar la aplicación de un convenio marco diferencial para la mano de obra contratada o, en su defecto, recurrir a algún programa de empleo de carácter nacional, provincial o municipal, que permitiese reducir de forma drástica las cargas patronales; de este modo, se haría viable la iniciativa. En tercer término, otra alternativa por contemplar consiste en efectuar una evaluación social del proyecto, intentando cuantificar monetariamente los costos de oportunidad y las externalidades negativas de no poner en marcha la planta de reciclado. Establecer cuantificaciones de esta naturaleza con seguridad posibilitaría alterar significativamente el TIR y el VAN del proyecto, lo cual lo volvería más atractivo desde el punto de vista económico-financiero. En cuarto lugar, también puede evaluarse la experiencia internacional en la materia, haciendo un análisis de los casos exitosos existentes, a fin de emular marcos institucionales, figuras legales y cualquier otro elemento de juicio que facilite la reconsideración de los resultados expuestos antes. Con lo planteado, se lograría alentar el desarrollo de este tipo



de planes de triple impacto, tan necesarios para la sociedad actual, en función del cambio de paradigma hacia una economía circular.

6. Ética y conflicto de intereses

Las personas autoras declaran que han cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la producción del manuscrito; que no hay conflictos de intereses de ningún tipo; que todas las fuentes financieras se mencionan completa y claramente en la sección de agradecimientos; y que están totalmente de acuerdo con la versión final editada del artículo.

7. Agradecimientos

Se agradece a las personas revisoras anónimas y al equipo editor de la revista, por las contribuciones a la versión final del documento.

8. Referencias

- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de Proyectos* (1.ª ed.). Mc Graw-Hill.
- Brundtland, G. H. (1982). *Sustainable Development and the Earth* (1.ª ed.). United Nations Press.
- Di Santo, C., Martínez, L., Rodríguez, E., Burucua, A., Iribarne, R., Maffei, L. y Maladan, T. (2020). *Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular* (1.ª ed.). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/manual-raee>
- Ellen MacArthur Foundation. (2014). *Hacia una economía circular. Resumen ejecutivo*. Reino Unido.
- Forti, V., Baldé, C. P., Kuehr, R. y Bel, G. (2020). *The Global E-waste Monitor 2020 Quantities. Flows and the circular economy potential* (1.ª ed.). United Nations Press.
- Jiménez Herrero, L. M. y Pérez Lagüela, E. (2019). *Economía Circular – Espiral. Transición hacia un metabolismo económico cerrado* (1.ª ed.). Editorial del Economista.
- Friedmann, J. (1997). Futuros de la ciudad global. El rol de las políticas urbanas y regionales en la región Asia Pacífico. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales (EURE)*, 23(70), 39-57.
- Ley Provincia de Buenos Aires 14321. (2011). *Gestión Sustentable de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.





Ley Nacional 24051. (1992). Residuos Peligrosos. Honorable Congreso de la Nación Argentina.

Maffei, L. y Burucua, A. (2020). *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y empleo en la Argentina* (1.^a ed.). Organización Internacional del Trabajo (OIT). http://www.oit.org/wcm5/groups/public/---americas/---ro-lima/---ilo-buenos_aires/documents/publication/wcms_737650.pdf

