



EFICIENCIA
ENERGÉTICA
EN ARGENTINA



Proyecto financiado
por la Unión Europea

DIAGNÓSTICO DEL SECTOR RECICLADO

AGOSTO 2020

Proyecto
implementado por:



La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva del consorcio de implementación liderado pro GFA Consulting Group y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea



“Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina

DOCUMENTO DE TRABAJO (Versión Preliminar)

Este documento ha sido elaborado por: Ignacio Sagardoy con la colaboración de Hilda Dubrovsky en el marco del Proyecto “Eficiencia Energética en Argentina” financiado por la Unión Europea.

© Consorcio liderado por GFA Consulting Group, 2019. Reservados todos los derechos. La Unión Europea cuenta con licencia en determinadas condiciones



INDICE

Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina	5
Introducción	8
1. Caracterización sectorial.....	9
2. Aluminio.....	10
3. Plásticos	14
4. Papel y Cartón	20
5. Vidrio	24
6. Hierro y acero.....	26
7. Tetra Brik.....	28
8. Cemento.....	30
9. Conclusiones	35
Bibliografía	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de objetivos de reciclado de envases	10
Tabla 2. Producción de aluminio y recuperación de material	11
Tabla 3. Consumo aparente y reciclado por tipo de polímero en Argentina en 2017	16
Tabla 4. Evolución del reciclado plástico en Argentina (2003-2017)	16
Tabla 5. Beneficios del reciclado de plásticos	17
Tabla 6. Producción y Reciclado de Plásticos (2016 y 2030)	18
Tabla 7. Producción, exportación, importación y consumo nacional aparente de papel en Argentina, años 2011-2016. (Valores en miles de toneladas).....	20
Tabla 8. Producción, exportación, importación y consumo nacional de pasta celulósica en Argentina, años 2011-2016. (Valores en miles de toneladas).....	20
Tabla 9. Intensidad energética para la fabricación de papel en distintos países.....	23

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Clasificación y codificación de plásticos	15
Gráfico 2. Etapas del reciclado mecánico de los plásticos	15
Gráfico 3. Consumo de recortes de papel en la República Argentina por origen.....	21
Gráfico 4. Producción de papel, consumo nacional aparente de papel y consumo de recortes de papel.....	22
Gráfico 5. Niveles de producción de distintos fabricantes y su correspondiente intensidad	

energética.....	25
-----------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos	7
Figura 2. proceso tecnológico de recuperación de componentes del Tetra Brik	29
Figura 3. Proceso ampliado de fabricación del cemento	33



Acrónimos

AFCP, Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel
AFCP, Asociación de Fabricantes de Cemento Portland
BTU British Thermal Unit
CAIAMA, Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines.
CAMMESA, Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.
CIRSOC, Centro De Investigación De Los Reglamentos Nacionales De Seguridad Para Las Obras Civiles
DOE, Departamento de Energía de los Estados Unidos
DUE, Delegación de la Unión Europea
ENGHo, Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares
ENRE, Ente Nacional Regulador de la Electricidad
GWheq Giga Watt hora equivalente
INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial
INTM, Instituto Nacional de Tecnología Minera
IRAM, Instituto Argentino de Normalización y Certificación
kep/ton Kilo equivalente de petróleo
LEAP, Long-range Energy Alternatives Planning System
MMBTU/ton Millones de BTU por tonelada producida
MMKcal Millones de de kilocalorias
MWh Megawatthora
MWh/ton Megawatthora por tonelada
NREL, National Renewable Energy Laboratory
PEAD-HDPE, Polietileno de alta densidad
PEBD -DPE, Polietileno de baja densidad
PET, Tereftalato de polietileno
PlanEEAr, Plan Nacional de Eficiencia Energética
PP, Polipropileno
PS, Poliestireno
PVC, Cloruro de polivinilo
SAyDS, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
SSERyEE, Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaria de Energía de la Nación
WARM, Waste Reduction Model



Presentación del Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina

Este Diagnóstico del Sector Reciclado¹ se enmarca en un proyecto de Cooperación entre la Unión Europea y Argentina, “[EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARGENTINA](#)”, financiado por el *Partnership Instrument de la Unión Europea*.

El proyecto como tal tiene como **OBJETIVO GENERAL**, **contribuir a la estructuración de una economía nacional más eficiente en el uso de sus recursos energéticos disminuyendo la intensidad energética de los diferentes sectores de consumo**. Los **OBJETIVOS PARTICULARES** son:

- ✓ Contribuir al cumplimiento de los compromisos de reducción de gases de efecto invernadero asumidos en la Contribución Nacional de la República Argentina a través del Acuerdo de París de 2015.
- ✓ Desarrollar un Plan Nacional de Eficiencia Energética (PlanEEAr), junto con el marco regulatorio requerido para su implementación que se oriente, especialmente, a los sectores industria, transporte y residencial.
- ✓ Recibir asistencia técnica de la UE para determinar estándares de eficiencia y etiquetados de performance energética, implementar sistemas de gestión de la energía en industrias, optimizar el consumo energético en el sector público, y participar en actividades internacionales relacionadas, beneficiándose de buenas prácticas y mejoras tecnológicas de eficiencia en el uso de la energía.

El proyecto está implementado por un consorcio liderado por *GFA Consulting Group* (Alemania) junto con *Fundación Bariloche* (Argentina), *Fundación CEDDET* (España) y *EQO-NIXUS* (España) bajo la coordinación de la Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la Secretaría de Energía de la Nación (SSERyEE), y de la Delegación de la Unión Europea (DUE) en Argentina.

El proyecto se encuentra estructurado en dos componentes y ocho actividades (Task) que se mencionan a continuación y que interactúan entre sí y alimentan al desarrollo del plan nacional de eficiencia. Cada task cuenta además con un conjunto de actividades.

COMPONENTE I: DESARROLLO DE UN MARCO PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actividad I.1: Asistencia técnica para el desarrollo del Plan Nacional de Eficiencia Energética

Actividad I.2: Balance Nacional de Energía Útil para los sectores: Residencial (Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares ENGHo-INDEC), **Industria** y Transporte.

Actividad I.3: Asistencia Técnica para reformas políticas

Actividad I.4: Eventos anuales Argentina-Unión Europea para la Eficiencia Energética

COMPONENTE II: TECNOLOGÍAS Y KNOW-HOW PARA SECTORES CLAVE

Actividad II.5: Diagnósticos en Eficiencia Energética para sectores clave de la industria

Actividad II.6: Modelos de financiamiento para proyectos de Eficiencia Energética

Actividad II.7: Soporte a planes municipales de Eficiencia Energética

Actividad II.7a: Certificación en edificios residenciales

Actividad II.7b: Auditorías en edificios públicos

Actividad II.7c: Eficiencia Energética en manejo de flotas

Actividad II.8: Unión Europea – Argentina Matchmaking event

La elaboración de este diagnóstico se enmarca en la Actividad I.1., en la que se

¹ este documento ha sido elaborado por Ignacio Sagardoy con la colaboración de Hilda Dubrovsky.



desarrollará una propuesta de diseño de política energética. Ese diseño puede resumirse en torno un conjunto de preguntas clave que guiarán el trabajo y que se resumen así: ¿de qué se parte?, es decir la situación actual del país o región; ¿a qué se aspira?, la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar; y ¿cómo actuar?, el conjunto de estrategias sectoriales (conformadas por diferentes acciones) que forman parte de la planificación de las políticas públicas. Estas preguntas pueden ser complementadas por aquellas que guían a la selección de sectores o subsectores prioritarios en los cuales actuar (¿dónde?), la selección de las líneas estratégicas u acciones que pueden motivar el alcance de los objetivos (¿cómo?), la identificación de los motivos por los cuales estas acciones no se implementan por parte de los actores, es decir las barreras o problemas que se enfrentan (¿por qué?), la identificación de los instrumentos a utilizar (¿con qué?), qué acciones implementar (¿por medio de qué?), y de qué forma evaluar (¿cómo medir?).

El proceso de elaboración del PlanEEAr se iniciará con un **diagnóstico de la situación actual** en el país en términos de consumo energético, eficiencia energética, planes y programas implementados a nivel nacional, del objetivo en términos de metas o *targets* de eficiencia energética; y de la situación de cada uno de los 19 sectores productivos² que han sido definidos como relevantes por parte de la Secretaría de Energía, entre los que se encuentra el Reciclado.

El objetivo de los diagnósticos es dar una caracterización preliminar de la situación económica y energética, basados en información existente sobre trabajos desarrollados por la Secretaría de Gobierno de Energía y la opinión de actores clave, para ser utilizados en el PlanEEAr y en la elaboración de escenarios socioeconómicos y energéticos.

Es importante destacar que, si bien se ha definido un contenido de máxima de información a recopilar durante estos diagnósticos, el alcance de los mismos, dependerá de la información disponible y de la relevancia del sector en términos de consumo energético, emisiones o variables económicas. Así, no todos los diagnósticos sectoriales tendrán el mismo grado de detalle, desarrollo o profundidad de diagnósticos.

Respecto de la metodología para la elaboración de diagnósticos, la misma se basa en dos etapas. En primer lugar, revisión de escritorio de información secundaria. En segundo lugar, se realizarán entrevistas con actores clave o informantes calificados, o talleres participativos de trabajo (siguiendo técnicas de investigación cualitativa mencionadas anteriormente).

Los diagnósticos permitirán establecer el potencial de eficiencia energética y las medidas de eficiencia energética a implementar para alcanzar estos potenciales. Luego, se realizará un análisis de barreras para la implementación de dichas medidas. Esta etapa de análisis de barreras en los sectores priorizados para ser incluidos en el PlanEEAr deberá ser realizado en conjunto con los actores, y es una etapa de especial importancia ya que para que el Plan se encuentre bien diseñado los instrumentos seleccionados deberán ser los adecuados para remover las barreras identificadas.

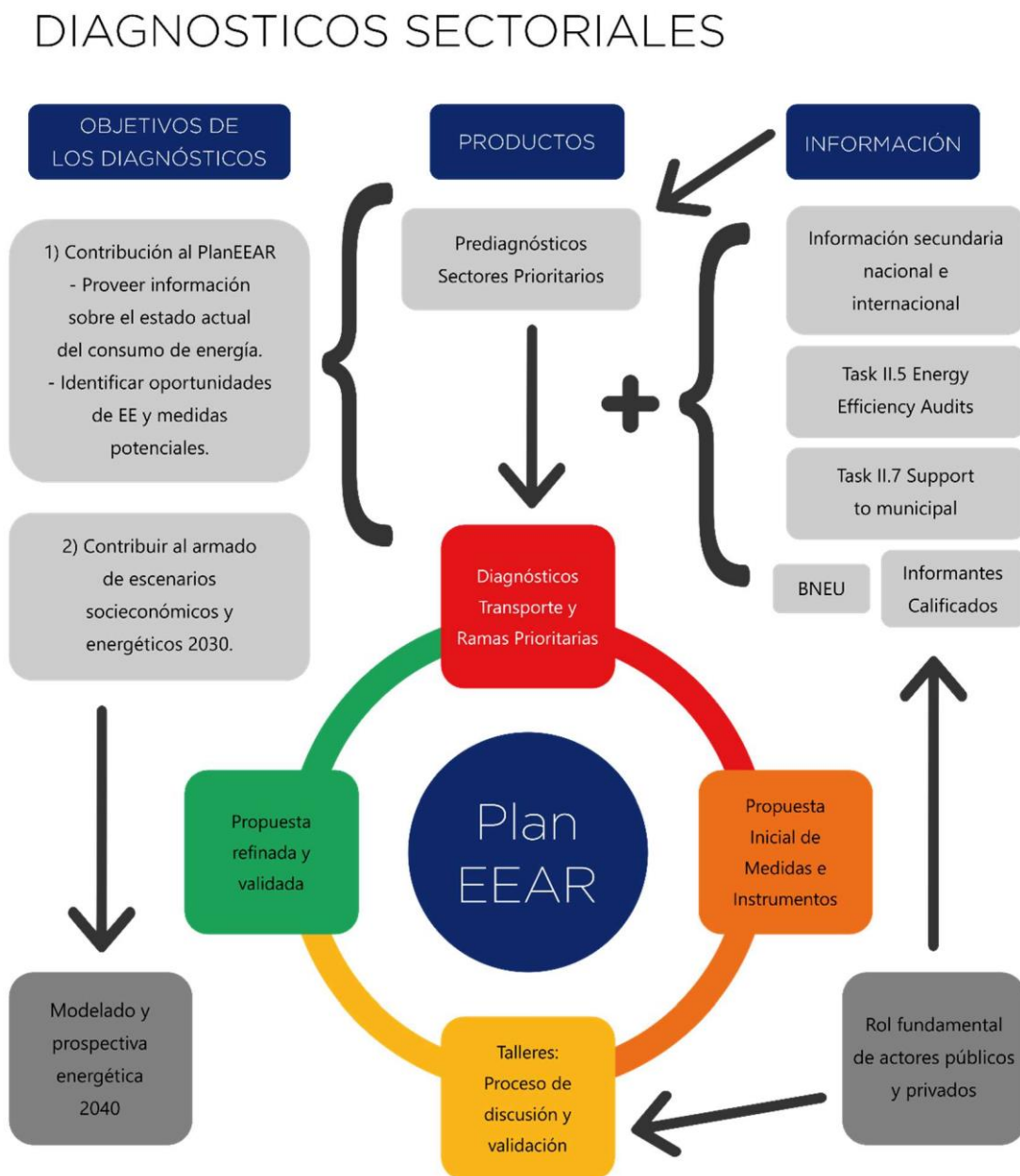
Se espera que, en el avance del proceso participativo, se elaboren Escenarios Socioeconómicos y Energéticos (la situación deseada, visión u objetivo final que se pretende alcanzar) que serán modelados en LEAP, con los que se simularán y cuantificarán los impactos de la

² Esos 19 sectores son: Sector Primario, Minería, Producción de Petróleo y Gas, Sector Alimenticios, Textil, Sector Papelero, Madera y Carpintería, Sector Refinación petrolera y producción de combustible nuclear, Sector Químico y Petroquímico, Sectores metales y no metales, Sector metalmeccánico, Sector Automotriz, Reciclado, Oferta de Electricidad, Gas Natural y Agua, Construcción, Comercio, Hoteles y restaurantes, Transporte, y Administración pública, enseñanza, social y salud.



implementación de las medidas de eficiencia finalmente adoptadas por los sectores en los procesos participativos del proyecto.
El esquema lógico adoptado en el que se insertan los diagnósticos es el que se representa en la figura siguiente.

Figura 1. Esquema lógico de trabajo, incluyendo diagnósticos/prediagnósticos



A continuación, se presenta el documento sectorial elaborado.



Introducción

El sector de reciclado propiamente dicho³ en la República Argentina involucra la recuperación e inclusión de materiales que reemplazan en diferentes grados materias primas vírgenes en distintos procesos productivos. El proceso de recuperación de los materiales involucra a distintos actores cuya tarea comienza generalmente con la generación de los residuos o sea al final de la cadena de consumo de bienes y productos, según se indican a continuación:

- ✓ Generadores
- ✓ Recuperadores urbanos o municipio – recolección
- ✓ Plantas de separación y clasificación de los distintos residuos y materiales.
- ✓ Galponeros o acopiadores o enfardadores
- ✓ Industria recicladora

Los materiales que se consideran un residuo o que no encuentran un uso y son desechados son recuperados por trabajadores formales o informales de la economía del reciclado que los clasifican y los despachan a las fábricas que los utilizan de distintas maneras dependiendo el material, tecnologías y mercados existentes. Este proceso es conocido generalmente como logística inversa.

En este documento se ha realizado un relevamiento de los sectores/productos en los que ya existen procesos de reciclado y aprovechamiento, y generan importantes potenciales de ahorro energético a futuro. Se ha trabajado con bibliografía especializada, y con los Diagnósticos Sectoriales correspondientes a los sectores/productos estudiados. Debido a la falta de información, en algunos casos ha sido posible estimar los consumos energéticos actuales, asociados al proceso mismo de reciclado, y en otros solamente los potenciales de ahorro en el proceso de su utilización.

Se han incorporado algunas estimaciones de potenciales de reciclamiento a futuro, y en algunos casos se presentan las barreras existentes, así como los Instrumentos y herramientas de Implementación⁴.

Es importante destacar qué, en este documento, el análisis se ha orientado hacia las posibilidades de reciclado a niveles industriales con la intención de determinar potenciales ahorros energéticos en los subsectores más relevantes del consumo. Ello implica adoptar algunos criterios de selección de materiales reciclables, como los siguientes⁵: “Qué exista tecnología disponible y económicamente viable; que el costo de todo el proceso sea competitivo con el del material virgen, considerando: Costo de recolección y/o separación, Tratamiento / Densificación, Transporte, Incorporación al proceso, y que exista un Mercado Industrial y/o comercial que lo requiera”. Por lo tanto, como ha indicado Santangelo, se ha

³ La Cámara Argentina de Cemento Portland indica que “La Economía Circular Regenerativa (ECR) es un nuevo concepto basado en mejorar la calidad de vida de las personas, asegurando la preservación del ambiente y la estabilidad de los sistemas macroeconómicos. Para ello, propone mantener el valor de los recursos durante la mayor cantidad de tiempo posible, incrementando la vida útil de los productos, reduciendo los requerimientos de mantenimiento y reparaciones, e incorporando nuevamente al ciclo a aquellos materiales que son recuperados al finalizar su etapa de uso, con el objetivo de minimizar la generación de residuos, y la explotación y uso de recursos no renovables”.

⁴ En base a SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

⁵ Santangelo, Marcelo. 2020. “Valorización Térmica de Residuos como oportunidad de implementación concreta de economía circular”. Presentación Seminario UNSAM, AGO-2020



considerado que **no todo lo reciclable, es realmente reciclable, por lo menos a escala industrial.**

1. Caracterización sectorial

El Reciclamiento forma parte de la industria manufacturera, dentro de las cuentas nacionales, y representó en 2017, el 0.13% del VBP industrial y 0.04% del total (millones de pesos a precios de 2004).

En nuestro país no existe todavía un gran aprovechamiento de los materiales una vez que han cumplido con su vida útil, y se estima que únicamente se recupera un mínimo porcentaje de los residuos potencialmente reciclables, siendo la gran mayoría dispuesto en vertederos y rellenos sanitarios.

El CEAMSE⁶

La cantidad de RSU producidos en las ciudades está aumentando en el mundo, más allá del crecimiento demográfico de la población. Actualmente se producen alrededor de 6 millones de toneladas de residuos urbanos diarios (este valor no considera los residuos industriales). “Es importante recordar que, “en el AMBA, antes del año 2000, se acumulaban residuos en predios, luego la Coordinación Ecológica del Área Metropolitana S.E. (CEAMSE) ha puesto en marcha sistemas que permiten disminuir cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios. A la fecha la reducción llegó a 600.000 toneladas anuales (equivalentes a la producción conjunta de los municipios de Vicente López, San Isidro, San Fernando y Tigre). Ahora indica el autor, están en curso proyectos complementarios que permitirán aumentar aún más estas cantidades que no se destinan a rellenos sanitarios. Esto se combina con las acciones de los municipios, que encararon proyectos para la reducción de la generación, incluyendo sistemas de recolección de residuos diferenciados, que permiten la recuperación de parte de los mismos. Por ejemplo, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en noviembre del año 2005 se sancionó la ley N° 1.854 Basura Cero, que regula la gestión integral de RSU”. Actualmente se producen más de 20 mil toneladas diarias (7,3 millones/año), que deben ser recolectadas, transportadas, tratadas y dispuestas en forma ambiental y económicamente sustentable. La tabla siguiente ilustra sobre los materiales recuperados en 2017, que representaron menos del 0.25 % de ese valor.

Materiales recuperados para su reciclaje en las Plantas Sociales de Separación de CEAMSE durante 2017(ton)

AÑO 2017	MATERIALES RECUPERADOS							TOTAL
	VIDRIO	PET	PLASTICOS	TETRA	PAPEL Y CARTON	METALES	OTROS	
TOTALES	1.715,14	756,18	6.044,28	152,72	8.911,48	513,10	504,96	18.597,86

Fuente: CEAMSE

A nivel mundial, la situación es similar. De acuerdo, al Reporte de Brecha de Circularidad 2020, **sólo se recicla en un 8,6%, lo que implica que la transición hacia una economía circular representa un gran desafío.**

En el caso del Consejo Europeo vale mencionarse que en 2018 adoptó, un paquete de medidas sobre residuos que establece nuevas normas jurídicamente vinculantes para su gestión, y fija objetivos de reciclado. La normativa, contiene un objetivo de reducción de los vertidos y

⁶ Fontán, Carlos Alberto. 2019. “Gestión de los Residuos en el Area Metropolitana De Buenos Aires. Coordinación Ecológica del Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), 2019



establece requisitos mínimos para todos los regímenes de responsabilidad ampliada del productor. Los fabricantes de productos incluidos en estos regímenes deben asumir la responsabilidad de la gestión de la fase de residuo de sus productos.

El siguiente listado, indica los porcentajes de objetivos específicos para todos los envases, y por material reciclado para 2025 y 2030. Se observan importantes valores a alcanzar como por ejemplo para el papel y cartón.

Tabla 1. Porcentajes de objetivos de reciclado de envases

	Antes de 2025	Antes de 2030
Todos los envases	65%	70%
Plástico	50%	55%
Madera	25%	30%
Metales ferrosos	70%	80%
Aluminio	50%	60%
Vidrio	70%	75%
Papel y cartón	75%	85%

Fuente: <https://www.consilium.europa.eu/es/policias/climate-change/>.

Actualmente, en nuestro país, los principales materiales recuperables para la industria, son:

- Aluminio
- Plásticos (PET, PEAD, PVC, etc.)
- Papel y cartón
- Vidrio
- Hierro y acero
- Cobre
- Envases tipo tetrabrik
- Sector cementero (como gran receptor de residuos de los otros sectores, tanto con fines energéticos como productivos)
- En menor medida existen algunos sectores, que generan en sus procesos productivos algunos residuos sólidos o efluentes que a su vez pueden ser utilizados en la elaboración de otros productos.

A continuación, se presenta para cada uno de estos materiales/sectores un estado de situación de los procesos de reciclado que se han detectado, así como de los consumos energéticos asociados.

2. Aluminio

El aluminio se utiliza en una gran variedad de productos entre los que se destacan los perfiles para construcción, latas y envases, laminados gruesos y finos, alambres y cables, piezas maquinadas para distintas industrias y productos, etc.

En Argentina la producción se destina en parte a consumo doméstico (204.310 ton de semielaborados en 2018) y otra gran parte se destina a exportación (330.431 ton. de materia prima y 40.347 ton. de semielaborados en 2018) ⁷.

⁷ Anuario estadístico 2018 de la Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. <http://www.aluminiocaiama.org/servicios/publicaciones/>.



Es importante destacar que la producción de aluminio primario mediante reciclaje (o scrap) ha podido acompañar la tendencia creciente de la producción. De hecho, entre 2008 y 2017, mientras el método tradicional de producción primaria arroja un crecimiento acumulado del 7%, la obtención de aluminio mediante reciclado, creció -en el mismo período- un 21%. De esta manera, en algunos años, **la proporción de aluminio reciclado ha ganado peso en la producción total, si bien el 90% de esa producción permanece siendo obtenida mediante el método tradicional**⁸.

Hacia 2017, mientras que la producción primaria de aluminio por el método tradicional alcanzaba casi las **430.000 toneladas**⁹, la producción **vía reciclaje alcanzaba casi las 50.000 toneladas**¹⁰. Ambas cifras se alejan de la producción récord registrada en el año 2014, cuando la producción de aluminio vía electrólisis alcanzó casi 442.000 toneladas, y más de 55.000 toneladas por medio de reciclaje.

Tabla 2. Producción de aluminio y recuperación de material.

evolución de la producción doméstica de materia prima [ton]										
	2009r	2010r	2011r	2012r	2013r	2014r	2015r	2016r	2017r	2018
aluminio primario (electrólisis)	406.700	410.947	415.799	406.996	436.181	441.703	428.206	424.785	428.238	435.837
variación anual	1,7%	1,0%	1,2%	-2,1%	7,2%	1,3%	-3,1%	-0,8%	0,8%	1,8%
recuperación de secundario (scrap)	36.593	42.704	47.680	44.380	49.567	55.802	53.189	43.074	50.278	54.859
variación anual	-10,9%	16,7%	11,7%	-6,9%	11,7%	12,6%	-4,7%	-19,0%	16,7%	9,1%
total materia prima	443.293	453.651	463.479	451.376	485.748	497.505	481.395	467.859	478.516	490.696
variación anual	0,6%	2,3%	2,2%	-2,6%	7,6%	2,4%	-3,2%	-2,8%	2,3%	2,5%

Fuente: Anuario estadístico de la Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines 2019

A diferencia de la producción de aluminio primario, existen muy pocos datos, y desactualizados en relación a los consumos de energía para producción de aluminio secundario. El proceso de producción de aluminio secundario en la Argentina utiliza **hornos de fundición para producir aleaciones de aluminio en lingotes, en estado líquido**, en medias esferas y otros.

Metal Veneta, es una de las principales empresas representantes del sector. Utilizan rezagos, provenientes de la industria automotriz, así como de otros sectores cuyos desperdicios metálicos (chapas, perfiles, envases, envoltorios y virutas) se clasifican y procesan para ser utilizados como materia prima en aleaciones, lo que la constituye como uno de los principales recicladores del mercado, generando así una importante cadena de valor con incidencia social y ambiental. Según su web¹¹, procesan más de 1500 toneladas mensuales de rezagos. En el año 2007 produjo cerca de 17.000 toneladas de materias primas (35% del mercado), compuestos en un 95% por rezagos de aluminio y un 5% por otras materias primas (aluminio puro y metales como silicio, magnesio, manganeso, cobre, níquel).

La empresa indicó que en ese año consumía cerca de 8,750 m³ de gas natural por día hábil en

⁸ Diagnóstico del Sector Aluminio, Octubre 2019.

⁹ Aproximadamente el 90% de la capacidad instalada (460.000).

¹⁰ Según el Ministerio de Hacienda, algunas estimaciones indican que **la tasa de reciclaje en la Unión Europea ronda el 40% y en China asciende al 83%**.

¹¹ <https://metalveneta.com.ar/materia-prima/>



los hornos de fundición y cerca de 3,000 m³ de gas natural por día de fin de semana para mantener la temperatura¹². Para un año eso representa cerca de 2,6 millones de m³ de gas natural (26 GWheq). En base a estas cifras se ha estimado un consumo específico de energía de **125 kep/ton de materia prima**¹³.

Distintas fuentes acuerdan en el **gran ahorro energético** que se produce en el reciclado del aluminio cuando se lo compara con la producción a partir de materia prima virgen. Esto se debe a que **la recuperación del aluminio en el proceso productivo involucra principalmente su fundido, mientras que la fabricación del aluminio a partir de los minerales que se encuentran en la naturaleza requiere procesos físico-químicos muy intensivos energéticamente.**

De acuerdo, a Misirlan y Pérez Barcia (2018), la técnica de reciclaje de aluminio goza de varios beneficios¹⁴:

- 1) **Un alto rendimiento energético:** dado que **sólo requiere el 5% de la energía utilizada en su producción primaria** y que, a su vez, es inferior a la requerida en el reciclaje de los demás materiales presentados. Según estudios del sector, los **costos del aluminio reciclado, debido a un menor consumo de energía, disminuyen hasta un 35% del total.**
- 2) **Utilización infinita:** el mismo aluminio puede ser refundido repetidas veces sin perder sus propiedades y es fácilmente separable de otros materiales. En contraparte, el acero si presenta dificultades en el reciclado cuando se encuentra unido a ciertos metales como el estaño y el papel no presenta las mismas propiedades tras su reciclaje.
- 3) **Productos iguales:** un producto refundido puede ser utilizado para generar nuevamente el mismo producto. **Así es el caso destacado de las latas de aluminio, en Argentina durante 2017, se consumieron alrededor de 9.000 millones de envases y su recuperación alcanza el 79% del total, situándola segunda dentro de América latina seguido de Brasil.**
- 4) **Reciclaje ecológicamente controlado:** debido a que los residuos generados en este proceso, si son adecuadamente tratados, **no perjudican el medio ambiente.**
- 5) **Preservación de reservas naturales:** **el reciclado de una tonelada de aluminio permite reducir las cantidades de bauxita utilizada en 5 toneladas.**
- 6) **Beneficio a las cuentas externas del país.** Dado que la **alúmina para la obtención de aluminio es en su totalidad importada, el reciclaje aliviaría la presión sobre las cuentas externas del país.**

Entonces, si para producir una tonelada de aluminio primario se precisan aproximadamente 15,1 MWh^{15 16 17} (1290 kep/ton), para **producir una tonelada de aluminio a partir de material recuperado se requiere aproximadamente un 5%, o sea 0,76 MWh (65 kep/ton).** Nótese que esta estimación representa la mitad del consumo por ton de Metal Veneta. Esta diferencia, podría deberse a los diferentes rendimientos de transformación considerados. Por otra parte, y según se indicara en el Diagnóstico sectorial debe aclararse que los cálculos estimados de

¹² <https://comercioyjusticia.info/blog/negocios/metal-veneta-unica-proveedora-de-aluminio-liquido-del-pais-cumplio-50-anos/>.

¹³ Diagnóstico del Sector Aluminio, Octubre 2019.

¹⁴ Diagnóstico del Sector Aluminio, Octubre 2019.

¹⁵ La industria del aluminio en Argentina. Misirlan E., Pérez Barcia V., UNSAM, 2018. <http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/investigacionpublicaciones/economia-regional/la-industria-del-aluminio-en-argentina/>.

¹⁶ <https://www.iea.org/reports/tracking-industry/aluminium>.

¹⁷ A fines comparativos, la producción de una tonelada de acero insume, aproximadamente, 0,44 MWh.



consumo específico para la empresa Metal Veneta, son muy aproximados ya que se basan en cifras muy desactualizadas y con un importante nivel de incertidumbre.

En base a estos guarismos, se podría estimar¹⁸ que el nivel de ahorro actual por reciclado de aluminio se encontraría en aproximadamente 786.678 MWh o 786,7 GWh para el año 2018, usando un valor de 14,34 MWh por cada tonelada recuperada que se incorporó al aparato productivo. Dada las características de *reciclabilidad* del aluminio, los valores de material recuperado podrían incrementarse considerablemente sin afectar negativamente los productos fabricados, logrando así importantes ahorros energéticos y económicos.

Entre las Medidas de Mitigación al Cambio Climático¹⁹, se propone para este sector **alcanzar el 20% de participación de aluminio reciclado en el total de la oferta**, aunque se indica que las barreras para alcanzar ese porcentaje serían las siguientes:

- *Requiere reforma de la Ley de Residuos Peligrosos para habilitar la recuperación de corrientes de residuos. Además de legislación que obligue y ayude a la gestión de recuperación y reciclaje.*
- *Faltan canales de distribución formales que permitan aumentar la escala y dar transparencia al mercado.*

Se proponen en ese Plan, los siguientes Instrumentos y herramientas de Implementación.

- ✓ *Reforma de la Ley de Residuos Peligrosos*
- ✓ *Plan canje para recambio de equipamiento y productos.*
- ✓ *Capacitación a Pymes*
- ✓ *Programas de economía circular con incentivos fiscales para empresas y sistemas que mejoren las condiciones de trabajo del sector recuperador.*
- ✓ *Proyecto de exención del IVA.*

Otros residuos del aluminio

En cuanto a los residuos generados en la producción del aluminio²⁰, “se observa que, en la calcinación, se generan escorias y filtros usados. En este caso la gestión operativa resulta clave para su minimización, y posterior utilización en la producción de cemento. Por otro lado, los revestimientos de las cubas electrolíticas tienen una vida útil de 5 a 8 años después de lo cual son demolidas. Están compuestos por dos fracciones, la del carbono correspondiente al cátodo y la del material refractario de la estructura aislante de las cubas. Estos materiales pueden ser reciclados para su reutilización en el proceso. Lo mismo ocurre con los electrodos y filtros gastados”.

Una consideración adicional merece la generación de efluentes de la producción de aluminio, utilizables en la elaboración de otros productos. Ejemplo de ello lo constituye “el aprovechamiento del lodo rojo^{21 22} para procesos que consumen elevadas cantidades de

¹⁸ Estimación de máxima, ya que se supone que todo el aluminio es reciclado.

¹⁹ SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

²⁰ SAyDS. Versión 1.0, Agosto 2019. “Desarrollo productivo industrial y su potencial impacto ambiental. nnovacion@ambiente.gob.ar. 2019.

²¹ SAyDS. Versión 1.0, Agosto 2019. “Desarrollo productivo industrial y su potencial impacto ambiental. nnovacion@ambiente.gob.ar. 2019.

²² Los lodos rojos representan la mayor criticidad debido al elevado volumen y componentes de efluentes generados en las operaciones de lixiviación, precipitación y lavado. Las aguas básicas del mismo origen y las ácidas de la electrólisis son neutralizadas antes de su vertido.



materias primas, como es el caso de la producción de pigmentos, ladrillos, tejas, y bloques. No se han detectado experiencias en su aprovechamiento, a pesar, que se podría generar un valor agregado, disminuyendo el consumo de materias primas naturales, además de mitigar el riesgo de la contaminación ambiental.

3. Plásticos

Las principales fuentes de residuos plásticos pueden dividirse en tres grandes grupos²³:

- a) Los residuos industriales denominados scrap, provenientes del proceso de producción de la materia prima, del sector transformador que produce artículos plásticos y de los fabricantes de compuestos y masterbatches.
- b) Los residuos plásticos domiciliarios (post-consumo). Son los que integran la corriente de residuos sólidos urbanos bajo la forma de sachets de leche, botellas de gaseosa, agua mineral, envases de alimentos sólidos, botellas de productos de limpieza del hogar, etc. Estos artículos están fabricados con plásticos de distinta naturaleza.
- c) Los residuos post consumo agrícolas. Son los residuos de los plásticos usados en el agro tales como bolsas para silos (granos y forrajes), coberturas de invernaderos, recubrimiento de suelos, etc.

Los distintos plásticos que se producen en el país y que son reciclados en distintos porcentajes y características se clasifican de la siguiente manera de acuerdo, a la Norma IRAM 13700 que codifica y clasifica los plásticos:

- Tereftalato de polietileno (PET). Se utiliza para producir botellas de bebidas gaseosas y aguas, bandejas para comidas calentadas en microondas. Es liviano, resistente y reciclable. En este sentido, una vez reciclado, el PET se puede utilizar en muebles, alfombras, fibras textiles, piezas de automóvil y reciclado convenientemente en nuevos envases de alimentos.
- PEAD Polietileno de alta densidad (HDPE). Se usa en envases de lavandina, detergentes y cosméticos, bidones, baldes y cajones plásticos. Asimismo, también se puede ver en envases de leche, jugos, yogurt, agua, y bolsas de basura. Se recicla de muy diversas formas, fabricando cañerías, botellas de detergentes y limpiadores, muebles de jardín, botes de aceite, etc.
- PVC Cloruro de polivinilo (PVC). Se fabrican botellas para aceite de cocina, productos de limpieza y en la construcción: ventanas, tubos y cañerías para instalaciones sanitarias, perfiles, forro para cables, etc. También es muy resistente. Una vez reciclado, puede ser utilizado para paneles, tarimas, tapetes, etc.
- PEBD Polietileno de baja densidad (LDPE). Usado para bolsas para vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos, silos bolsa. Este plástico fuerte, flexible y transparente se puede encontrar también en bolsas muy diversas, mangueras, etc. Tras su reciclado se puede utilizar de nuevo en contenedores y papeleras, sobres, paneles, tuberías o baldosas.
- PP Polipropileno (PP). Se fabrican envases para yogurt, botellas para shampoo, potes, muebles de jardín y recipientes para margarina y manteca. Su alto punto de fusión permite envases capaces de contener líquidos y alimentos calientes. Se suele utilizar en la fabricación de envases médicos, yogures, pajitas, envases de ketchup, tapas, algunos contenedores de cocina, autopartes, cajones, etc. Una vez reciclado se puede utilizar

²³ Ecoplast, 2011. Manual de valorización de los residuos plásticos.



- en señales luminosas, cables de batería, escobas, cepillos, rastrillos, baldes, pallets, bandejas, etc.
- PS Poliestireno (PS). Espuma plástica utilizada para tazas para bebidas calientes, envase para comidas rápidas, cartones para huevos, bandejas para carnes, aislante en construcciones y cada vez menos en embalajes de productos. Su bajo punto de fusión hace posible que pueda derretirse en contacto con el calor. Una vez reciclado, se pueden obtener diversos productos entre ellos, material para edificación, aislantes, etc.
 - Otros. Todas las demás resinas de plástico o mezclas no indicadas arriba. Se incluyen una gran diversidad de plásticos. Por ejemplo, con estos plásticos están hechos algunos materiales a prueba de balas, DVD, gafas de sol, electrónica, etc.

Gráfico 1. Clasificación y codificación de plásticos.



Fuente: Norma IRAM 13700.

El reciclado de los distintos plásticos puede realizarse principalmente mediante dos procedimientos: el **reciclado químico**, mediante el cual se obtienen los monómeros originales (más adelante se tratará), y el **reciclado mecánico**, por el cual los termoplásticos son lavados, fundidos y extrudados como pellets para ser utilizados en reemplazo de materia prima virgen²⁴.

Gráfico 2. Etapas del reciclado mecánico de los plásticos



Fuente: http://ecoplas.org.ar/reciclado-de-plasticos-1/?gclid=CjwKCAjwnK36BRBVEiwAsMT8WJ6Aa5G4Q7c922Hrmvxs9SBhgpPTawq5cSKvSjDX3m0hB3wUMoYdChoCAkkQAvD_BwE

Actualmente en la República Argentina²⁵ se reciclan mecánicamente, PE de alta y baja densidad, PET, PP, EPS (poliestireno expandido), y policarbonato. La industria de reciclado de plásticos procesa aproximadamente 200.000 toneladas (tn) anualmente, y desde 2014 se viene produciendo una caída en los volúmenes de proceso por diversos motivos: la disminución del precio del petróleo —reducción que implica que la materia prima virgen sea más barata y baje la demanda de material reciclado— y una fuerte disminución en la recolección de residuos plásticos. **En Argentina se reciclaron en 2017 cerca de 200.000 toneladas de polímeros lo que representa el 14% de la producción (1400000 Ton)**, se destacan el reciclado de envases de PET que llega al 25% del producido, mientras que de polietilenos se reciclaron 77.000 toneladas el

²⁴ El reciclado mecánico se halla en un estado más evolucionado, aunque los especialistas indican que éste solo, no alcanza para resolver el problema de los residuos.

²⁵ Reciclado de Plásticos y Economía Circular, Picone J.L. y Seraffini G. Publicado en “Los residuos que generamos. Su manejo sustentable, un gran desafío”, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.



12% de la producción, se logra así un significativo ahorro en materia prima y la energía de producción, lo que logra un balance energético positivo. La tabla siguiente presenta un resumen de los Consumos aparentes y de los reciclados por polímero.

Tabla 3. Consumo aparente y reciclado por tipo de polímero en Argentina en 2017

POLIMERO	CONSUMO APARENTE	RECICLADO	
	(t)	%	t
PEAD	244.968	14%	34.300
PEBD	170.802	13%	22.200
PEBDL	232.951	13%	30.300
PP	340.642	14%	47.700
PET	196.396	25%	49.100
PS CyAI	61.896	10%	6.200
PVC	151.777	5%	7.600
Total	1.399.432	14%	197.400

Fuente: Reciclado de Plásticos y Economía Circular, Picone J.L. y Seraffini G.

Tabla 4. Evolución del reciclado plástico en Argentina (2003-2017).

	2003	2006	2009	2011	2013	2017
Reciclado total plásticos (Doméstico + Industrial + Comercial + Agrícola) (Tns)	57.100	97.000	150.000	200.000	223.000	228.000
Reciclado de Plásticos Post Consumo Doméstico Tns (Tns)	35.900	61.100	94.500	140.000	154.000	160.000
Reciclado Post Consumo Industrial, Comercial, Agro (Tns)	21.200	35.900	55.500	60.000	69.000	73.000

Fuente: Reciclado de Plásticos y Economía Circular, Picone J.L. y Seraffini G.

El ahorro energético que se puede obtener al reciclar plásticos es significativo: de acuerdo a un estudio²⁶ de los impactos en el ciclo de vida de PET, PEAD y PP recuperados, el ahorro de energía que se obtiene al reciclarlos alcanza el 79%, 88% y 88%, respectivamente.

Por ejemplo, en el documento Reciclado de Plásticos y Economía Circular y en presentaciones de la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos²⁷ **se proponen valores de ahorro específicos de 4,2 kWh/kg de plástico reciclado en energía de proceso y 1300 m³/ton de gas natural de materia prima fósil.** Si este último ahorro de materia prima fósil se considera como

²⁶ <https://plasticsrecycling.org/resources/life-cycle-study>.

²⁷ Presentación del Ing. José Luis Picone en la XIV Exposición Internacional de Plásticos en junio de 2012 titulada "Industria de Reciclado de Plásticos".



su equivalente energético en kWh tendríamos que además del ahorro de 4,2 kWh/kg de energía de proceso tendríamos un ahorro adicional de 14,04 kWh/kg de plástico reciclado, **totalizando un valor de 18,24 kWh/kg de plástico que se recicla.**

Otras fuentes, como la herramienta iWARM²⁸ desarrollada por la EPA, estiman ahorros de energía en el reciclado del plástico de 16,6 kWh/kg (o MWh/ton) para PEAD y 17,2 kWh/kg para PET. Las diferencias entre las distintas fuentes se explican por las distintas características propias de cada país y los alcances de cada uno de los estudios, como puede ser la evaluación únicamente de la energía en el proceso productivo en fábrica o una visión más completa donde se contemple toda la energía que se consume en el ciclo de vida de la producción y reciclado.

Tomando entonces como referencia un ahorro promedio de 18,2 MWh/ton de plástico reciclado y un volumen aproximado de 220.000 ton/año, obtendríamos un ahorro anual de máxima de aproximadamente 4 GWh.

Tabla 5. Beneficios del reciclado de plásticos.

<i>Consumo aparente de plásticos</i>	<i>1.700.000</i>	<i>tn/año</i>	
	<i>2014</i>	<i>Objetivo</i>	
<i>VOLUMEN RECICLADO</i>	<i>235.000</i>	<i>500.000</i>	<i>t/año</i>
<i>Tasa de reciclaje sobre consumo aparente</i>	<i>13,8%</i>	<i>29,4%</i>	
<i>Ahorros por la producción de materia prima a partir de residuos vs. material plástico virgen</i>			
<i>Ahorro de energía de proceso</i>	<i>987.000.000</i>	<i>2.100.000.000</i>	<i>kWh</i>
<i>Ahorro de materia prima fósil</i>	<i>305.500.000</i>	<i>650.000.000</i>	<i>m³ gas natural</i>
<i>Impacto ambiental</i>			
<i>Reducción emisiones GEI</i>	<i>29.610.000</i>	<i>63.000.000</i>	<i>t eq.CO₂</i>
<i>Reducción vol. de residuos</i>	<i>1.339.500</i>	<i>2.850.000</i>	<i>m³</i>
<i>Generación de divisas</i>			
<i>Reducción de importaciones</i>	<i>423.000.000</i>	<i>900.000.000</i>	<i>us\$</i>
<i>Aumento de exportaciones (PET)</i>	<i>169.905.000</i>	<i>361.500.000</i>	<i>us\$</i>
<i>Demanda de mano de obra</i>			
<i>Directa</i>	<i>2.350</i>	<i>5.000</i>	<i>personas</i>
<i>Indirecta (3 indir. / 1 directa)</i>	<i>7.050</i>	<i>15.000</i>	<i>personas</i>
<i>Recuperadores (estimado 500kg / mes / persona)</i>	<i>47.000</i>	<i>100.000</i>	<i>personas</i>
<i>TOTAL</i>	<i>56.400</i>	<i>120.000</i>	<i>personas</i>

Fuente: Reciclado de Plásticos y Economía Circular, Picone J.L. y Seraffini G.

²⁸ Individual Waste Reduction Model. <https://www.epa.gov/warm/individual-waste-reduction-model-iwarm-tool>.



Entre las Medidas de Mitigación al Cambio Climático²⁹, se propone para este sector **alcanzar a 2030 la recuperar el 20% de PE y PP, y el 45% de PET disponible, lo que conllevaría a una reducción de 221637 tCO₂eq.**

Tabla 6. Producción y Reciclado de Plásticos (2016 y 2030).

AÑO 2016	Polietileno	Polipropileno	PET
PRODUCCIÓN (t)	684,058	285,151	158,000
RECICLADO (%)	12 %	12 %	25 %
RECICLADO (t)	84,956	34,218	39,500
AÑO 2030			
PRODUCCIÓN (t)	1,184,058	300,000	200,000
RECICLADO (%)	20 %	20 %	45 %
RECICLADO (t)	236,812	60,000	90,000

Fuente: CAIRPLAS, Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos

También aquí se indica que existen barreras significativas para alcanzar ese porcentaje:

- ✓ *Falta de canales de distribución formales que permitan aumentar la escala y dar transparencia al mercado;*
- ✓ *No existen en la actualidad estándares de calidad de los productos reciclados;*
- ✓ *Dichos estándares son adoptados actualmente por cada reciclador, sin existir normas uniformes a nivel nacional.*
- ✓ *La tecnología del reciclado está cambiando rápidamente ofreciendo importantes mejoras, lo que obliga a los recicladores a realizar nuevas inversiones para mantener actualizada su tecnología.*
- ✓ *Costos: factores económicos son decisivos a la hora de tomar decisiones sobre innovaciones en los procesos tecnológicos. En este caso debe tenerse en cuenta el valor del gas natural y compararlo con el costo resultante de la utilización de residuos plásticos. En la actualidad, en la Argentina, las fábricas de cemento cobran por los residuos plásticos que consumen como combustible, pero esta situación podría revertirse en caso de contar con un suministro constante y de gran volumen, ya que, de esta manera, el plástico molido, podría ser alimentado mediante una corriente de aire directamente al horno abaratando los costos”.*

Se proponen en ese Plan, los siguientes Instrumentos y herramientas de Implementación.

- *Reforma de la Ley de Residuos Peligrosos*
- *Plan canje para recambio de equipamiento y productos.*
- *Capacitación a Pymes*
- *Programas de economía circular con incentivos fiscales para empresas y sistemas que mejoren las condiciones de trabajo del sector recuperador.*
- *Proyecto de exención del IVA.*

Fuente: SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

Con más detalle, pueden describirse algunos de los instrumentos mencionados³⁰: “

²⁹ SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático



- ✓ Recolección diferenciada doméstica para obtener grandes cantidades de Residuos Plásticos.
- ✓ Concientización al ciudadano en la separación de residuos por tipo de material para así luego poder facilitar la recolección diferenciada;
- ✓ Solución de problemas de logística como la recolección, el acopio y transporte: lugar en el que se puedan concentrar grandes cantidades de residuos plásticos mixtos para facilitar el transporte y abaratar los costos de flete.

En cuanto al **reciclado químico**³¹ “se realiza a partir de diferentes procesos mediante los cuales las macromoléculas de los polímeros son craqueadas (rotas a 400-600°C) transformándose en compuestos de bajo peso molecular. Éstos, luego de un proceso de separación y purificación pueden ser utilizados, por ejemplo, por la petroquímica para fabricar nuevos plásticos. En ciertos casos los polímeros, bajo ciertas condiciones de temperatura, presión y catalizadores, vuelven a los monómeros originales de los que partieron como materia prima. A dichos monómeros se los purifica y pueden volver a usarse para producir nuevamente polímeros con iguales características que el polímero virgen”.

En el mundo³² se han probado y aplicado ya tecnologías que convierten **los plásticos en combustibles como Diesel de alta calidad o en materia prima para cracking**. En el primer caso se han desarrollado plantas de reciclado de tamaño que se adapta a los residuos que se generan en municipalidades, lo que permite dejar de enterrar plásticos para producir combustibles valiosos. Un ejemplo es el de una planta que convierte **50 toneladas de residuos plásticos en 98 metros cúbicos de combustibles (Diesel-Fuel Oil o Nafta)**. Esto es convertir 547 MMKcal en 834 MMKcal de gas oil. Sin tener en cuenta el gasto de combustible para llegar a las temperaturas de descomposición de los polímeros. Según los informes revisados la eficiencia energética es muy alta. Este proceso no requiere la clasificación de los plásticos, ya que incluso el cloro presente en el PVC es aceptado. Además, tolera impurezas tales como residuos orgánicos.

Otro camino es la gasificación, empleando tecnologías usadas desde hace más de 200 años, muy similares a las que convierten Carbón en Metanol. Olefinas o Amoníaco. El gas generado puede servir también para generar electricidad. El proceso de gasificación ha crecido en forma notable en la última década en Estados Unidos. En 2013 había 21 empresas con plantas pilotos y de demostración, pero además había 17 plantas de escala comercial en desarrollo o en construcción³³.

Seguramente la utilización del reciclado químico, con el tiempo, se irá ampliando. Algunos expertos consideran que los plásticos post-consumo de hoy pueden suponerse como los combustibles o las materias primas del mañana.³⁴

Una consideración adicional es que si bien los distintos plásticos no tienen las mismas posibilidades para ser reciclados y reemplazar materia prima virgen, existe un buen margen para incrementar los volúmenes de reciclado en el país y lograr con ello ahorros energéticos³⁵.

³⁰ Ecoplast, 2011. Manual de valorización de los residuos plásticos. VER PAG 77

³¹ Ecoplast, 2011. Manual de valorización de los residuos plásticos.

³² Diagnóstico del Sector Petroquímico. Octubre 2019. Anexo 2.

³³ Algunos de estos procesos son catalíticos para los que el cloro del Policloruro de Vinilo o el Oxígeno del PET son venenos. El PET ya tiene su propia vía de reciclo, mientras que el PVC debe ser separado ya que en el proceso de pirólisis o en el catalítico generan dioxinas altamente tóxicas. Afortunadamente existen equipos que detectan y separan a estos polímeros.

³⁴ Ecoplast, 2011. Manual de valorización de los residuos plásticos. VER PAG 74 COSTOS

³⁵ Ya que ningún país puede reciclar mecánicamente el 100% de sus residuos, algunos especialistas proponen el



Por ejemplo, según la página web de Ecoplast, actualmente se recupera en Argentina la energía de aproximadamente **3.000 Tn/año de plásticos usados como combustible alternativo en hornos de cemento. Existen proyectos en ejecución para aumentar este consumo 10.000 a 15.000 Tn/año.**

4. Papel y Cartón

En Argentina se producen papel y cartón para distintos usos: diarios y revistas, impresión, embalaje (papel para corrugar, para bolsas, cartulinas) y papeles tipo *tissue*³⁶.

De acuerdo a la información publicada por la Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel³⁷, la producción total en 2017 fue de aproximadamente 1.635.000 toneladas.

Tabla 7. Producción, exportación, importación y consumo nacional aparente de papel en Argentina, años 2011-2016. (Valores en miles de toneladas).

	Producción	Expo.	Impo.	CNA
2011	1.782	269	1.011	2.524
2012	1.762	201	884	2.445
2013	1.734	160	887	2.461
2014	1.709	134	751	2.326
2015	1.731	115	857	2.473
2016	1.661	117	802	2.345

Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel de la República Argentina.

A su vez, para el mismo año se reportaron valores de producción nacional de 850.000 toneladas de pasta celulósica.

Tabla 8. Producción, exportación, importación y consumo nacional de pasta celulósica en Argentina, años 2011-2016. (Valores en miles de toneladas).

	Producción	Expo.	Impo.	CNA
2011	910	233	118	794
2012	881	181	146	845
2013	877	219	113	770
2014	823	193	167	797
2015	880	173	197	904
2016	850	196	203	857

Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel de la República Argentina.

Existe un importante consumo de recortes y material recuperado, que representa un porcentaje alto de la materia prima que se utiliza para la fabricación de productos de papel. Debe tenerse en cuenta, que **las fibras que se usan para la producción de papel no pueden ser recicladas indefinidamente ya que se van degradando y afectan la calidad del producto final que se busca fabricar.** Es decir, los productos de papel que se fabrican requieren un mínimo de materia prima virgen, limitando el porcentaje de papel recuperable y reciclable localmente, a

aprovechamiento energético de los últimos residuos. En Europa 39,5% de los plásticos post-consumo son recuperados de esta manera (Plastics the Facts 2016).

³⁶ Para más detalle, consultar Diagnóstico del Sector Celulosa y Papel. Octubre 2019.

³⁷ <http://wordpress.afcparg.org.ar/index.php/nuestra-industria/#produccion>.



menos que se exporte. Existen dos categorías de papel que pueden utilizarse como materia prima para fabricar papel reciclado: 1) Los desechos pre-consumo: son trozos y recortes provenientes de la fabricación del papel, así como productos de papel que han sido rechazados, por ejemplo, por defectos de calidad y no podrán comercializarse, y 2) Los desechos post-consumo: son productos de papel que ya han circulado por el mercado, han sido utilizados, y el consumidor descarta como basura, ej.; revistas, material de oficina impreso o fotocopiado, etc.

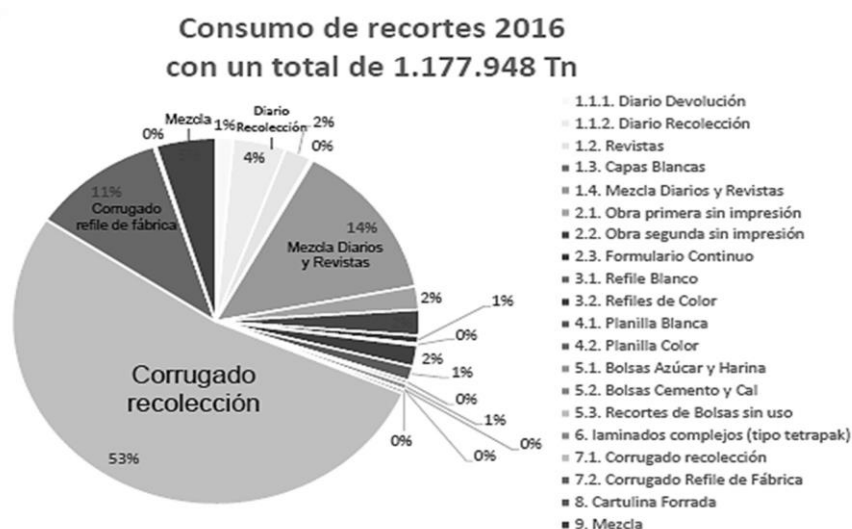
Los desechos post-consumo son los más adecuados al verdadero concepto de reciclaje, dónde una de las premisas fundamentales es la reutilización de los recursos, para reducir tanto el impacto ambiental como el consumo de energía en la industria.

Casi cualquier tipo de papel se puede reciclar, aunque algunos resultan más difíciles de tratar que otros, por ej. los cubiertos con plástico o aluminio. Estos desechos no se reciclan por el elevado costo de los procesos involucrados.

Se calcula que **la fibra soporta hasta cinco procesos de reciclado, por lo cual siempre será necesario incorporar algo de fibra virgen en cada ciclo** para obtener nuevos productos aptos para su uso como sustituto de papeles de fibra virgen. **La producción de papel de embalaje, por ejemplo, tiene un gran componente de reciclado que en algunos casos llega al 100%**, los que corresponden a cerca del 60% del papel total consumido. Por esa razón, aparecen problemas al momento de la reutilización, ya que las fibras se degradan cada vez más debido a los sucesivos ciclos de secado y uso del papel.

De acuerdo al portal *Reciclario*³⁸, se produjo un crecimiento del consumo de material reciclado en la última década, llegando ya al **50/55 % sobre el material consumido**. En la misma línea, el responsable del área de celulosa y papel del INTI afirma que **Argentina es uno de los países con más alto índice de uso de papel reciclado**³⁹. En Europa ese porcentaje asciende a más del **70%, proyectando un 74% para el año 2020**⁴⁰.

Gráfico 3. Consumo de recortes de papel en la República Argentina por origen.



Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel de la República Argentina.

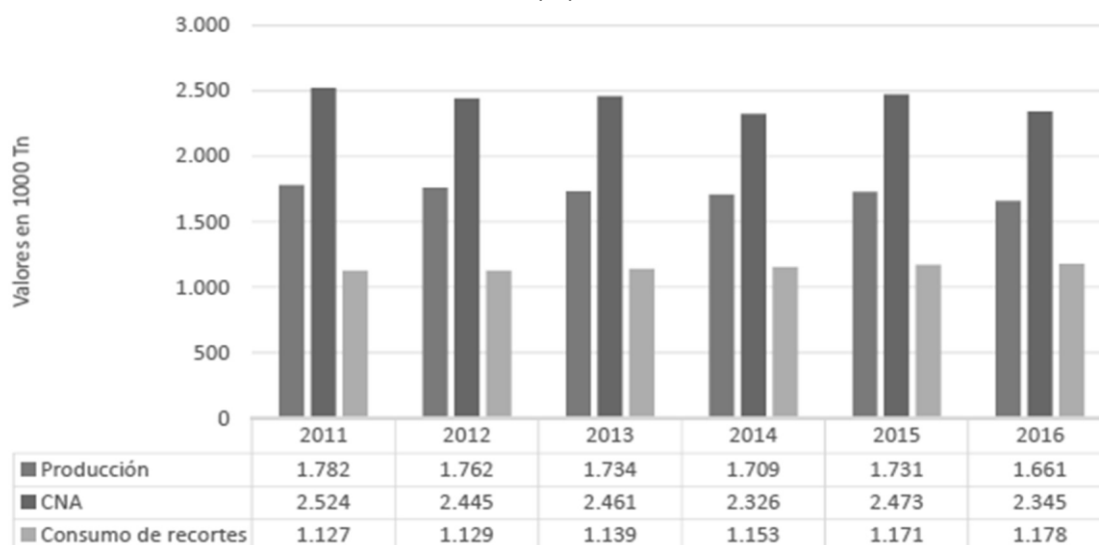
³⁸ <http://reciclario.com.ar/indice/papel/>

³⁹ <https://frba.utn.edu.ar/argentina-uno-los-paises-mas-alto-indice-uso-papel-reciclado/>

⁴⁰ <http://wordpress.afcparg.org.ar/index.php/europa-aspira-a-lograr-un-74-de-reciclaje-de-papel/>



Gráfico 4. Producción de papel, consumo nacional aparente de papel y consumo de recortes de papel.



Fuente: Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel de la República Argentina.

En cuanto al ahorro de energía que representa el reciclado de papel, existen diferencias entre distintas aproximaciones, métodos y circunstancias, pero en general se acuerda que el impacto energético es positivo, **puediendo generar ahorros del orden del 27% de la energía total consumida, si se tiene en cuenta la energía necesaria para recolectar, transportar y procesar el papel usado**⁴¹. Particularmente, si bien, como se anticipara, las fibras de celulosa pueden ser recicladas entre 5 y 7 veces como máximo, **los mayores ahorros energéticos se observan cuanto mayor es el número de veces que se reciclan las fibras**⁴².

En el caso de la herramienta iWARM mencionada previamente, **se proponen ahorros energéticos específicos por reciclado de 3,3 MWh/ton para papel de impresión y 5,1 MWh/ton para cartón típico de cajas**. Cabe aclarar que dicho ahorro se produciría no sólo por el reemplazo de la fibra virgen en el proceso productivo, sino en todo el ciclo de vida de las opciones comparadas. Otros estudios⁴³ que recopilan análisis de ciclo de vida de materiales y el impacto energético del reciclado, dan cuenta de valores promedio de 3,4 MWh/ton de papel de diario reciclado.

Según el informe de diagnóstico sectorial de esta rama industrial elaborado por Fundación Bariloche, *“la producción de pulpa a partir de fibras recuperadas requiere sustancialmente menos energía en comparación con la fibra virgen (los valores de consumo específico para la fibra recuperada son 0,7-3 GJ/ton (0,196 - 0,84 MWh/ton) en comparación con alrededor de 14,3 GJ/ton (4 MWh/ton) para la pulpa kraft). Es una opción prometedora para reducir el consumo de energía y emisiones de CO₂, con estimaciones de reducción de consumo calculadas en un 35%”*.

El consumo energético del sector, también en base al informe realizado recientemente por Fundación Bariloche, da cuenta de un valor promedio para 2017 aproximado del sector de 5,5

⁴¹ Recycling and Deinking of Recovered Paper, Pratima Bajpai, 2014.

⁴² The Environmental Impact of Paper Waste Recycling: A Comparative Study. MacEachern N. 2009.

⁴³ Environmental Life-Cycle Comparisons of Recycling, Landfilling, and Incineration: A Review of Recent Studies. Denison R.A., 1996.



MWh/ton o **18,5 MMBTU/ton de papel fabricado**. Este valor puede ser contrastado con los valores promedios para distintos países que se observan en la Tabla siguiente.

Tabla 9. Intensidad energética para la fabricación de papel en distintos países.

Country	Wood Pulp (1,000 tons)	Paper & Paperboard (1,000 tons)	Final Total Energy (MMBtu)	Ratio of Pulp to Paper	Energy Intensity (MMBtu/ton paper)
Brazil	15,484	10,781	399 x 10 ⁶	1,44	37,0
Canada	10,141	13,964	518 x 10 ⁶	0,73	37,1
Finland	12,963	15,491	307 x 10 ⁶	0,84	19,8
France	2,579	10,384	144 x 10 ⁶	0,25	13,8
Germany	3,200	25,186	240 x 10 ⁶	0,13	9,5
Norway	2,314	2,094	36 x 10 ⁶	1,10	17,2
Sweden	13,306	12,871	265 x 10 ⁶	1,03	20,6
U.S.	54,344	82,959	2,110 x 10 ⁶	0,66	25,4

Data Sources:

Finland, France, Germany, Norway, Sweden: ADEME 2012; CEPI 2010; CEPI 2011

Brazil: Facaro et al. 2012; BRACELPA 2011

Canada: CIEEDAC 2012

U.S.: This study; AFPA 2011; EIA 2013

Fuente: Extraído del Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE, 2017).

Observando los distintos valores de referencia presentados para el sector del reciclado de papel en Argentina parecería factible lograr reducciones en el consumo de energía en algunas de las fábricas de papel a través del aumento del porcentaje de material proveniente del reciclado. Sin embargo, no se puede estimar con certeza el potencial ahorro debido a la combinación de dos factores: los porcentajes de reciclado de papel en Argentina se encontrarían en un nivel donde entra en conflicto con la calidad del producto final y no se conocen los porcentajes efectivos de reciclado de cada planta. Por estos motivos, para proponer valores se debe contar con mejor información del sector.

Entre las Medidas de Mitigación al Cambio Climático⁴⁴, se propone para este sector **aumentar al 2030 un 5% el porcentaje de reciclado en el total del consumo del papel, alcanzando más del 60% del total, lo que conllevaría a una reducción de 29603 tCO₂eq.**

También aquí se indica que una barrera significativa para alcanzar ese porcentaje es:

- ✓ La falta de canales de distribución formales que permitan aumentar la escala y dar transparencia al mercado⁴⁵.
- ✓ La falta de una legislación que obligue y ayude a la gestión de recuperación y reciclaje.
- ✓ Los porcentajes de reciclado de papel en Argentina se encontrarían en un nivel donde entra en conflicto con la calidad del producto final.

Se proponen en ese Plan, los siguientes Instrumentos y herramientas de Implementación.

- *Ampliación de la obligatoriedad de la separación en origen y recolección diferenciada*

⁴⁴ SAYDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

⁴⁵ Para que el reciclado sea efectivo deben considerarse también los beneficios económicos, que en última instancia resultarán del balance de los siguientes costos: Recolección y transporte de los papeles de desperdicio hasta las fábricas, Costo de separación de los contaminantes, Costo del papel de desperdicio, y finalmente el Costo del proceso de reciclado.



- *Capacitación a Pymes*
- *Programas de economía circular con incentivos fiscales para empresas y sistemas que mejoren las condiciones de trabajo del sector recuperador.*
- *Proyecto de exención del IVA.*

Fuente: SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

Otros residuos del Papel

Este sector genera en sus procesos productivos residuos que a su vez pueden ser utilizados como energéticos. Por ejemplo, se generan efluentes, que según algunas fuentes presentan una tasa variable entre 10-250 m³/tonelada de pasta seca⁴⁶. Efectivamente, los efluentes en las fases de depuración, lavado y blanqueo del proceso de cocción y fabricación de la pasta, tienen una alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO)⁴⁷ que lo transforman en un combustible apto para su utilización, y que es aprovechado por muchos fabricantes.

También en la fabricación de la celulosa se generan otros residuos que se estima generan entre 0,5-1,0 Kg de residuos por tonelada de producto⁴⁸. “Los residuos propios de la industria incluyen la corteza procedente del descortezado de la madera, las fibras residuales procedentes de la fabricación de pasta si se deriva de bagazo, lodos inorgánicos por ejemplo los lodos de licor procedentes de la recuperación química, y lodos de fibra y biológicos procedentes del tratamiento de las aguas residuales que pueden ser empleadas como combustible para la generación de vapor. Las cenizas de corteza y de madera y otras cenizas pueden reciclarse como material de relleno para obras, para la construcción de carreteras o para mejorar el suelo.

5. Vidrio

En Argentina se produce vidrio principalmente en forma de envases, vidrios planos y fibras de vidrio para distintos usos, abasteciendo principalmente el consumo interno y también parte del consumo de la región. No se han encontrado volúmenes de producción agregados⁴⁹ y hay una importante escasez de datos disponibles, como lo indicara el informe sectorial respectivo elaborado para el PlanEEAr⁵⁰.

⁴⁶ SAyDS. Versión 1.0, Agosto 2019. “Desarrollo productivo industrial y su potencial impacto ambiental. [i nnovacion@ambiente.gob.ar](mailto:nnovacion@ambiente.gob.ar). 2019

⁴⁷ El licor negro es un subproducto formado durante el proceso Kraft cuando se convierte madera en pulpa de celulosa al quitarle lignina, hemicelulosas y otros extractivos a la madera liberando así a las fibras de celulosas

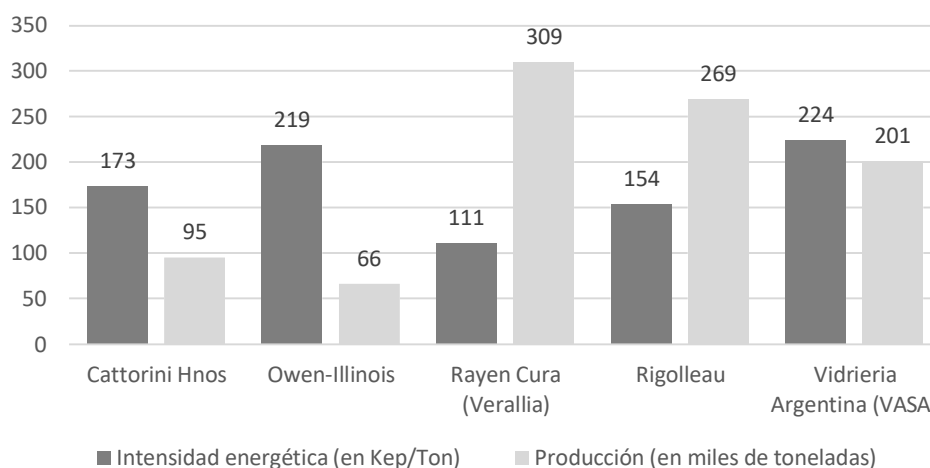
⁴⁸ SAyDS. Versión 1.0, Agosto 2019. “Desarrollo productivo industrial y su potencial impacto ambiental. [i nnovacion@ambiente.gob.ar](mailto:nnovacion@ambiente.gob.ar). 2019

⁴⁹ La publicación “Arenas para la industria del vidrio, características y proceso de purificación” del Instituto Nacional de Tecnología Minera, ubicaba los niveles de 1991 en 560.800 toneladas y aproximaba un nivel de reciclado en su momento del 30%, con predominancia de los envases de vidrio.

⁵⁰ Diagnóstico del sector vidrio.



Gráfico 5. Niveles de producción de distintos fabricantes y su correspondiente intensidad energética.



Fuente: Informe Sectorial para la producción de vidrio, PlanEEAr.

Actualmente millones de toneladas son recicladas mensualmente en todo el mundo y el porcentaje de **vidrio reciclado en la carga del horno está usualmente por encima del 50%**. Sin embargo, es importante notar que esta práctica fue siempre común y un procedimiento necesario en la fabricación de vidrio, así como de muchos otros materiales⁵¹.

El vidrio es un material totalmente reciclable, pudiendo ser reprocesado ilimitada cantidad de veces sin que se pierdan sus propiedades, y de esta manera se **ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al vidrio nuevo**. Para ser reciclado correctamente el vidrio debe ser separado y clasificado según su tipo, el cual por lo común está asociado a su color: verde, ámbar o café y transparente. Luego de esta clasificación, es necesario que todo material ajeno (como tapas metálicas o etiquetas) sea separado del vidrio, para que éste sea triturado y fundido junto con arena, hidróxido de sodio y caliza para fabricar nuevos productos que tendrán idénticas propiedades con respecto al vidrio fabricado directamente de los recursos naturales.

De acuerdo a la herramienta de EPA iWARM, una tonelada de vidrio reciclado puede significar un ahorro energético equivalente de 857 kWh/ton. Otros estudios⁵² que recopilan análisis de ciclo de vida de materiales y el impacto energético del reciclado, dan cuenta de valores promedio de 598 kWh por tonelada de vidrio reciclado. También se menciona⁵³ como **potencial ahorro energético al reciclar envases de vidrio, un valor de $2,2 \times 10^6$ BTU/ton (645 kWh/ton)**.

En comparación con otros materiales, **el reciclado del vidrio no ofrece ventajas energéticas tan significativas dado que gran parte del consumo energético que requiere la fabricación de productos de vidrio es explicado por la fundición de los materiales, lo cual también es necesario para el reciclado**. Los ahorros energéticos en el transporte de la materia prima son compensados en mayor o menor medida con el gasto energético en el transporte del material para ser reciclado, por lo que el ahorro principalmente se produciría en la energía que requiere

⁵¹ <http://reciclario.com.ar/indice/vidrio/>

⁵² Environmental Life-Cycle Comparisons of Recycling, Landfilling, and Incineration: A Review of Recent Studies. Denison R.A., 1996.

⁵³ Energy Implications of Glass-Container Recycling. Argonne National Laboratory and National Renewable Energy Laboratory (NREL), 1994.



la obtención y procesamiento de la materia virgen. Un valor de referencia²³ para dicha actividad se encuentra en el orden de los 516 kWh/ton.

Si observamos los valores del consumo de energía en las principales empresas productoras de vidrio en Argentina (Ver el “Informe de Diagnóstico del sector del Vidrio”) se registran consumos específicos para la producción de envases que van desde los 4,63 GJ/ton hasta los 9,18 GJ/ton (1286 kWh/ton y 2550 kWh/ton, respectivamente) y de 9,37 GJ/ton (2602 kWh/ton) para la producción de vidrio plano. Estos gastos energéticos son exclusivos de las plantas industriales, no tienen en cuenta otros consumos a lo largo del ciclo de vida del vidrio, por lo que es difícil establecer un potencial ahorro representativo para el sector en Argentina.

Nuevamente, viendo la energía en el proceso de producción de envases de vidrio del estudio citado previamente²³, para la tecnología al momento en que fue elaborado el estudio y utilizando únicamente materia prima virgen se registraban valores de 2734 kWh/ton, muy poco por encima de los valores máximos estimados en el informe sectorial del PlanEEAr. Cuando se estimaba el consumo energético de la producción a partir de material reciclado, los valores rondaban los 2139 kWh/ton.

Entonces, teniendo en cuenta: la poca información con la que se cuenta para el conjunto del sector, tanto en cuanto al consumo de energía como los niveles de fabricación; las características propias del proceso de fabricación y reciclado del vidrio, en tanto ambas requieren el proceso de fundición; y la influencia que tiene el transporte en el consumo de energía en un país con las características geográficas y productivas como la Argentina, **resulta arriesgado proponer valores de ahorros energéticos derivados del reciclado del material.** Para hacerlo, además de contar con mayor información del sector, se debería conducir un estudio energético desde un enfoque del análisis de ciclo de vida que contemple los consumos energéticos del transporte.

6. Hierro y acero

En Argentina se producen productos metálicos ferrosos como acero crudo, hierro, laminados planos, laminados no planos/largos, tubos sin costura, etc. Son pocas las empresas que se dedican a esta actividad ya que son requieren grandes inversiones de capital.

En los últimos años, de acuerdo al Informe de Diagnóstico del Sector Siderúrgico (Fundación Bariloche, 2019), se encuentra en aumento el porcentaje de material reciclado (chatarra) que se utiliza en los procesos productivos que lo permiten, disminuyendo la demanda de mineral de hierro importada. **En términos de volumen, de los aproximadamente 5 millones de toneladas** de producción anual de acero crudo que registra la industria desde alrededor de 2003, algo menos de **2 millones de toneladas son cubiertos por chatarra ferrosa**⁵⁴. Se estima, a su vez, que dicho valor se incremente en unas 650.000 toneladas anuales extra por la incorporación de una nueva acería con capacidad para utilizar chatarra ferrosa en el proceso.

Dado que la chatarra en Argentina es insuficiente para abastecer a todo el mercado, existe una suspensión temporaria de exportación y se espera un incremento sostenido en los niveles actuales de importación de este insumo estratégico para el sector⁵⁵.

⁵⁴ Según SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático: “de los cuales el 23% proviene de la recuperación industrial de procesos productivos que utilizan el acero como materia prima, y el 77% restante proviene de la recuperación de material ferroso obsoleto”.

⁵⁵ La proporción importada de chatarra actualmente es mínima (no supera las 10.000 toneladas anuales), sin embargo, es creciente la necesidad de importarla debido a la inclusión del nuevo productor



De acuerdo a las estadísticas de la Cámara Argentina del Acero, en 2019, de los 4.644.500 millones de toneladas de acero crudo producidas, unas 1.964.100 toneladas de arrabio se originaron en altos hornos que abastecen luego a convertidores al oxígeno para el acerado, y unas 1.086.000 toneladas de hierro esponja se originaron mediante reducción directa. La diferencia entre el volumen de fundición y el volumen acerado (1.594.400 toneladas) se asume que se cubrieron con **chatarra ferrosa, representando un 34% del volumen total de acero producido.**

Teniendo en cuenta que la producción de acero en altos hornos y convertidores al oxígeno, admite un 20% de chatarra, se podrían incorporar a la producción mediante estos procesos unas 392.820 toneladas/año de chatarra. El último boletín del Programa de Relaciones con la Comunidad de Ternium⁵⁶ indica que en 2018 reciclaron 31.652 toneladas de chatarra.

Por otro lado, en las acerías que utilizan hornos eléctricos, es posible utilizar el 100% de chatarra ferrosa. Entonces, observando los valores mencionados en los párrafos anteriores podríamos inferir que la producción mediante estos procesos es responsable de alrededor de 2.600.00 ton/año (58% de la producción de acero crudo), utilizando un mix de 41% hierro esponja y 59% chatarra ferrosa en promedio⁵⁷.

En términos de energía, de acuerdo al Informe de Diagnóstico del Sector Siderúrgico (Ver nota al pie), el promedio del consumo específico de la producción mundial de acero se encuentra en unos 20 GJ/ton de acero crudo. En Argentina, de acuerdo al informe mencionado, la producción de **acero crudo mediante altos hornos y convertidores al oxígeno insume unos 21,7 GJ/ton**, mientras que otras unidades productivas que utilizan **hornos eléctricos y reducción directa en el proceso demandaron 20,9 y 19,1 GJ/ton.**

Fuentes bibliográficas como EPA iWARM o el estudio “Environmental Life-Cycle Comparison of Recycling, Landfilling, and Incineration: A Review of Recent Studies” (Ver notas al **pie 19 y 30**), indican que el reciclado del acero puede generar ahorros de 6,6 y 4,1 MWh/ton (23,8 y 14,7 GJ/ton), respectivamente. Estos valores están calculados para los ahorros de energía a lo largo de todo el ciclo de vida del material, y tienen algunos años de retraso respecto a los avances en la disminución en el consumo de energía de los procesos registrados que han llevado a reducir el 61% de la demanda específica de energía para producir acero respecto a los valores de 1960⁵⁸. **De hecho, los valores utilizados por la herramienta iWARM de EPA registran un consumo de 33,3 GJ/ton (9,3 MWh/ton) para la producción de acero crudo con materiales vírgenes y un valor de 12,4 GJ/ton (3,5 MWh/ton) para la producción a partir de acero reciclado⁵⁹.** Por lo que, si se utilizase dicho porcentaje de ahorro (64%, ya que 12,4 GJ/ton representa el 36% de 33,3 GJ/ton) para los valores actuales de producción de acero, se podrían lograr ahorros del orden de los 8 GJ/ton (36% de 21,7 GJ/ton). Debe tenerse en cuenta de todas formas que es un cálculo genérico que no tiene en cuenta las distintas tecnologías y eficiencias presentes en Argentina, por lo que los potenciales ahorros a partir del reciclado del acero son orientativos.

Gerdau.

⁵⁶ <https://ar.ternium.com/es/nuestra-empresa>.

⁵⁷ Algunos fabricantes utilizan un 100% de chatarra, de acuerdo al Informe de Diagnóstico del Sector Siderúrgico del PlanEEAr elaborado por Fundación Bariloche (octubre, 2019).

⁵⁸ World Steel Association, Sustainable Steel Indicators 2018 and industry initiatives.

⁵⁹ Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM), Containers, Packaging, and Non-Durable Good Materials Chapter. U.S. Environmental Protection Agency, 2019.



El ahorro actual por uso de chatarra ferrosa en la producción de acero (1.594.400 ton/año) se encontraría en un nivel de alrededor de 12.755.200 GJ/año (3.543.111 MWh/año) y manteniendo el nivel de producción actual habría un margen para aumentar el volumen reciclado en 1.478.820 ton/año (reemplazando las 1.086.000 ton/año de hierro esponja + 20% de 1.964.100 ton/año de arrabio de 2019), lo que significaría ahorros por 11.830.560 GJ/año (3.286.267 MWh/año o 3.286 GWh/año⁶⁰). Estos valores, como se mencionó previamente, son orientativos y dependen también de la capacidad de recuperación de chatarra ferrosa a lo largo y ancho del país, pero su valor absoluto muestra una oportunidad significativa para alcanzar ahorros energéticos a partir del reciclado. En comparación con los valores consignados en el informe sectorial del sector siderúrgico citado previamente, el ahorro propuesto representa alrededor del 11% del consumo energético (energía eléctrica y gas natural) estimado en 105.900.091 GJ/año.

Entre las Medidas de Mitigación al Cambio Climático⁶¹, se propone para este sector incrementar **la producción al 2025 de 720000 ton de chatarra ferrosa de la oferta**, aunque se indica que las barreras para alcanzar ese valor son:

- *Requiere reforma de la ley de residuos peligrosos para habilitar la recuperación de corrientes de residuos, además de legislación que obligue y ayude a la gestión de recuperación y reciclaje.*
- *Faltan canales de distribución formales que permitan aumentar la escala y dar transparencia al mercado.*

Y se proponen en ese Plan, los siguientes Instrumentos y herramientas de Implementación.

- ✓ *Reforma de la Ley de Residuos Peligrosos.*
- ✓ *Plan canje para recambio de automotores, camionetas y línea blanca, liberación de stock judicializados.*
- ✓ *Capacitación a pymes, programas de economía circular con incentivos fiscales para empresas y sistemas que mejoren las condiciones de trabajo del sector recuperador.*
- ✓ *Proyectos de exención del IVA.*

7. Tetra Brik⁶²

Tetra Brik® es el nombre comercial del envase larga vida más conocido de la gama de productos que fabrica la empresa sueca Tetra Pak®. El Tetra Brik®, así como los otros envases de la familia de Tetra Pak®, está compuesto de 6 capas, que actúan de barrera de protección para que los alimentos se mantengan en óptimas condiciones durante un largo periodo de tiempo sin la necesidad de conservantes químicos ni refrigeración.

Es un envase mixto multicapa que se compone de tres materiales diferentes: cartón (procedente de celulosa virgen), plástico polietileno y aluminio. Estos materiales están dispuestos en láminas superpuestas. Del exterior al interior del envase las capas o barreras de protección son y se alternan: 4 de polietileno (20%), 1 de cartón (75%)⁶³, y 1 de aluminio

⁶⁰ Para tener una noción de lo que representa este valor, es un poco mayor a la oferta eléctrica anual de electricidad proveniente de centrales hidráulicas en Argentina de los últimos 3 años en base a los informes estadísticos de CAMMESA.

⁶¹ SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

⁶² <http://reciclario.com.ar/indice/vidrio/>

⁶³ Proviene en un 100% de celulosa de bosque certificado FSC del sur de Brasil.

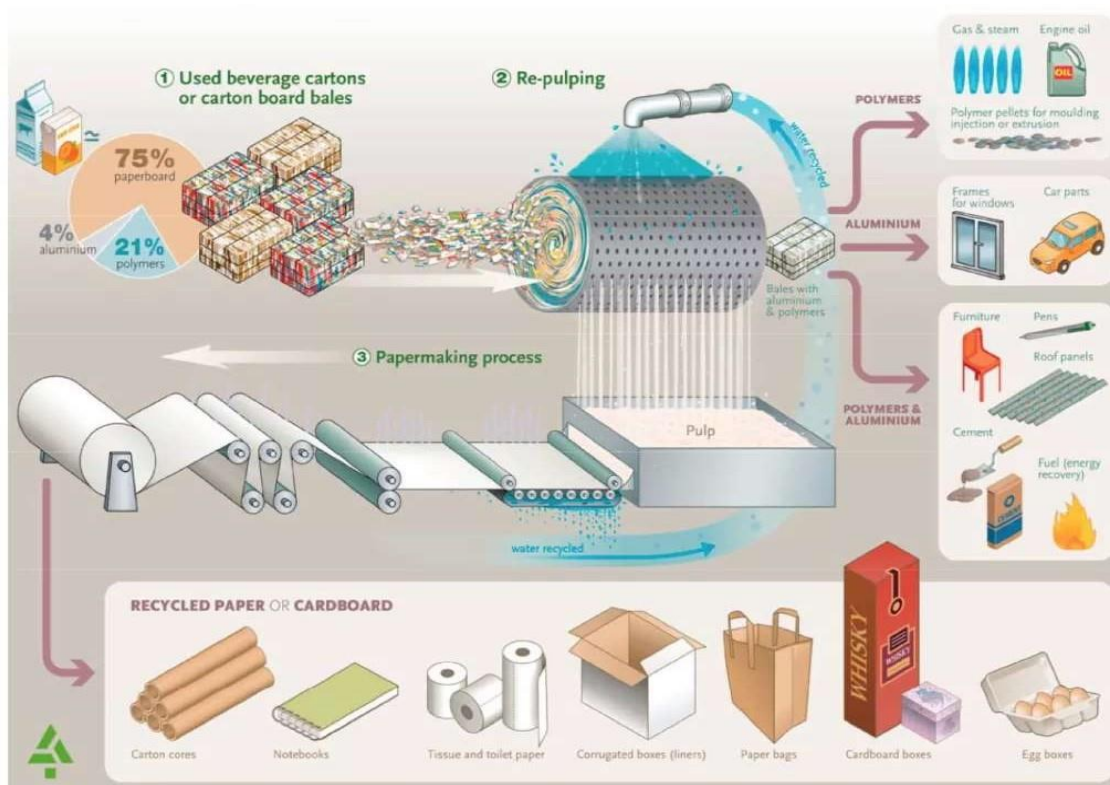


(5%)⁶⁴. Por último, el envase es sellado, por aplicación de presión y alta frecuencia, sin utilizar pegamento.

Un detalle importante a destacar, es que el volumen necesario para transportar estos envases vacíos desde la planta de fabricación hasta el lugar en envasado es de una **relación 1 a 15 comparado con botellas de vidrio o plástico**. Además, el peso que ocupa un producto en el caso del envase en tetrabrik corresponde al 95% y el 5% restante al envase. En el caso del envase del vidrio esa relación es de 60% a 40%.

Los envases de Tetra Brik representan un 0,5% del total de residuos sólidos urbanos de la Argentina. El gráfico siguiente ilustra sobre el proceso tecnológico necesario para recuperar los componentes del Tetra Brik. El repulping⁶⁵ sería el proceso más importante del reciclado, que corresponde a la separación del aluminio y los polímeros, del cartón vuelto a transformar en pulpa. La pulpa se seca y presiona hasta obtener una fibra de alta calidad para crear nuevo papel reciclado.

Figura 2. proceso tecnológico de recuperación de componentes del Tetra Brik



Fuente: <http://reciclario.com.ar/indice/vidrio/>

El repulping se realiza en un hydropulper, donde las fibras celulósicas se disuelven en agua para formar una pasta, la cual es luego separada del resto de los componentes (plástico y aluminio) a través de un trommel. La mezcla de polímeros y de aluminio se introduce en un horno

⁶⁴ Aluminio, actúa como barrera contra la luz y el oxígeno, es la capa más importante del envase.

⁶⁵ El repulping se realiza en un hydropulper, donde las fibras celulósicas se disuelven en agua para formar una pasta, la cual es luego separada del resto de los componentes (plástico y aluminio) a través de un trommel. La mezcla de polímeros y de aluminio se introduce en un horno rotativo donde se calienta el material en un ambiente inerte para evitar la combustión del polímero. La producción de este proceso consiste en briquetas de aluminio y gases pirolíticos del polímero.



rotativo donde se calienta el material en un ambiente inerte para evitar la combustión del polímero. La producción de este proceso consiste en briquetas de aluminio y gases pirolíticos del polímero.

Existen plantas que recuperan la totalidad de los componentes del envase de Tetra Brik® dentro de sus instalaciones. Sin embargo, en Argentina no existe ninguna planta de estas características.

Otra forma de recuperación de los envases de Tetra Brik® es a través de la trituración. Se los corta en pedazos de aproximadamente 1 cm de ancho para luego aplicarles una compresión mecánica (60kg/cm²) y temperatura (180°C). Se obtienen, placas de diferente grosor de T-PLAK que se utilizan para carpintería en reemplazo de maderas semi-blandas, y también como elementos para la construcción⁶⁶.

No se han podido determinar los consumos energéticos del reciclado del Tetra Brik, aunque se supone que son elevados.

8. Cemento

El cemento es el material de mayor producción mundial, medido en masa. Su principal aplicación se encuentra en su utilización como aglomerante hidráulico del hormigón⁶⁷

Según se ha podido detectar en la realización del Diagnóstico del sector Cemento, una de las principales oportunidades que ofrece la industria del cemento en favor del cuidado ambiental se encuentra en la fabricación del clinker Portland en los hornos de clinkerización. A través de ella, es posible ofrecer una solución sostenible a la gestión de residuos de comunidades y complejos industriales, a través de la técnica del “Coprocesamiento⁶⁸, mediante la que es posible realizar un aprovechamiento del contenido material y energético de ciertos materiales residuales seleccionados, mitigando así su destino hacia otras alternativas de manejo indeseables, tales como la incineración, la disposición en rellenos sanitarios, o en basurales a cielo abierto”. Efectivamente, el **coprocesamiento no es incineración, ni reciclado**, se le considera un estadio intermedio. No genera cenizas, por el contrario, las cenizas quedan incorporadas en la molécula del Clinker.

Se estima que por lo menos el 25% de los residuos que ingresan a un relleno, podrían aprovecharse en la clinkerización cementera, sin embargo, al realizar la evaluación económica la alternativa del relleno se presenta como la opción más atractiva, debido a los menores costos de logística⁶⁹. Diferente sería el resultado si se incluyeran beneficios adicionales, como por ejemplo la sustitución de combustibles fósiles más costosos⁷⁰, y la disminución de emisiones en comparación con el relleno sanitario⁷¹.

⁶⁶ <https://www.tetrapak.com/>.

⁶⁷ AFCP. La economía circular Regenerativa y la Industria del cemento. http://afcp.info/SOSTENIBILIDAD/DOCUMENTO_economia-circular.pdf

⁶⁸ En el caso de la empresa Recycomb produce combustibles alternativos basados en residuos industriales para ser utilizados en los hornos de Clinker de Loma Negra, utilizan la tecnología Fuel Blending

⁶⁹ Entrevista Con Gabriela Alejandra Gusso, de Recycomb

⁷⁰ Aunque los precios del GN en nuestro país, según indican los empresarios, desalientan su sustitución.

⁷¹ Existen dos plantas de separación de residuos (orgánicos, reciclado, y (horno) perteneciente al grupo Roggio. Una en Ensenada y otra en José León Suarez, cuya capacidad de separación es muy pequeña con respecto al potencial de residuos disponible. Otros países, han abandonado la opción del relleno



Entre las 18 plantas detectadas, nueve coprocesan en sus hornos residuos de cualquier origen⁷². Entre los residuos industriales utilizados como alternativa de valorización energética, se destacan los siguientes: maderas de descarte (pallets, embalajes y otros similares); plásticos rígidos (PEAD, PP, bidones, envases, objetos diversos, etc.); plásticos flexibles (films, envases, bolsas, etc.); Caucho vulcanizado (scrap de cubiertas de automotores y vehículos), NFU (neumáticos fuera de uso)⁷³; caucho sin vulcanizar (scrap de producción); telas engomadas; cartones no reciclables (conos de cartón rígidos, envases y cartones corrugados, etc.); telgopor; goma EVA; textiles varios; residuos de petróleo, pinturas, barros de tanques petroleros, etc. No son factibles de utilización los residuos con cloro, patogénicos^{74 75}.

El uso de adiciones en los cementos se encuentra relacionado con la disponibilidad local de estos materiales en fuentes cercanas a las fábricas, y en condiciones aptas para su uso en la producción de cementos. Las adiciones más empleadas en la Argentina son el filler calcáreo⁷⁶, las puzolanas naturales⁷⁷, la escoria granulada de alto horno. En menor medida, también se utiliza ceniza volante y humo de sílice, aunque sólo como adiciones en mezclas de hormigón elaborado⁷⁸.

Según indica la AFCP, gracias al uso de adiciones minerales, la industria cementera nacional ha logrado reducir, a lo largo de las últimas décadas, **el factor clinker de sus cementos, hasta aproximarse casi al 72 % (2017), lo que ha contribuido a una significativa reducción de la huella de carbono de los cementos.**

En nuestro país, las normas IRAM 50.000 y 50.001 establecen los contenidos límite de adiciones que cada tipo de cemento puede contener, y los requisitos físicos, químicos y mecánicos que ellos deben cumplir. **Todas las empresas asociadas a la AFCP cuentan con la certificación de sus Sistemas de Gestión de la Calidad según la norma ISO 9001, y la mayoría de las plantas cuentan con la certificación ISO 14001 de sus Sistemas de Gestión Ambiental.** Según la AFCP “la industria cementera nacional cuenta en la actualidad con más de 50 certificados de conformidad de producto concedidos por un organismo de tercera parte, los que dan seguridad al usuario sobre la calidad de producto y el cumplimiento del marco normativo vigente”.

En el gráfico siguiente se ilustra sobre el proceso de fabricación del cemento, sus materias

sanitarias, aprovechando completamente los residuos disponibles. Austria, Brasil y Uruguay, son algunos de esos países.

⁷² AFCP. 2016. Oportunidades y desafíos de la Industria Cementera para el Coprocesamiento. Taller Nacional sobre la nueva gestión de residuos. Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental de la Nación. 29 de noviembre de 2016.

⁷³ La AFCP ha expresado la necesidad de regular la utilización de estos materiales, ya que ello implicaría, importantes ahorros. Se estima que en Argentina se generan **13000 Ton/año** de neumáticos, pero solamente se estarían reciclando 1000 Ton que es la capacidad de la empresa Regomax del CEAMSE. Por otra **parte, se importan granulados de neumáticos con fines asociados a materiales para construcción como por ej: asfalto modificado, y productos moldeados de caucho, también se utiliza como relleno de canchas de pasto sintético, pistas de atletismo, baldosas de caucho y plazas infantiles, etc.**

⁷⁴ Entrevista Con Gabriela Alejandra Gusso, de Recycomb

⁷⁵ Clasificación alternativa de los residuos: Residuos Especiales: ej. tierras de filtración, grasas, colas de destilación, pinturas, barros de fondos de tanque, barros de piletas de tratamiento de efluentes, etc.; y Residuos Industriales No Especiales (RINEs): ej. descarte de packaging, embalajes, pallets, maderas, descartes de productos como protección de marca, plásticos, textiles, etc.

⁷⁶ El filler es un producto finamente molido, de naturaleza caliza. Mediante una adecuada dosificación en función de su granulometría, mejoran las propiedades físicas del cemento y de las mezclas, retardando, según condiciones ambientales determinadas, el envejecimiento.

⁷⁷ Presencia de más del 70% del SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃.

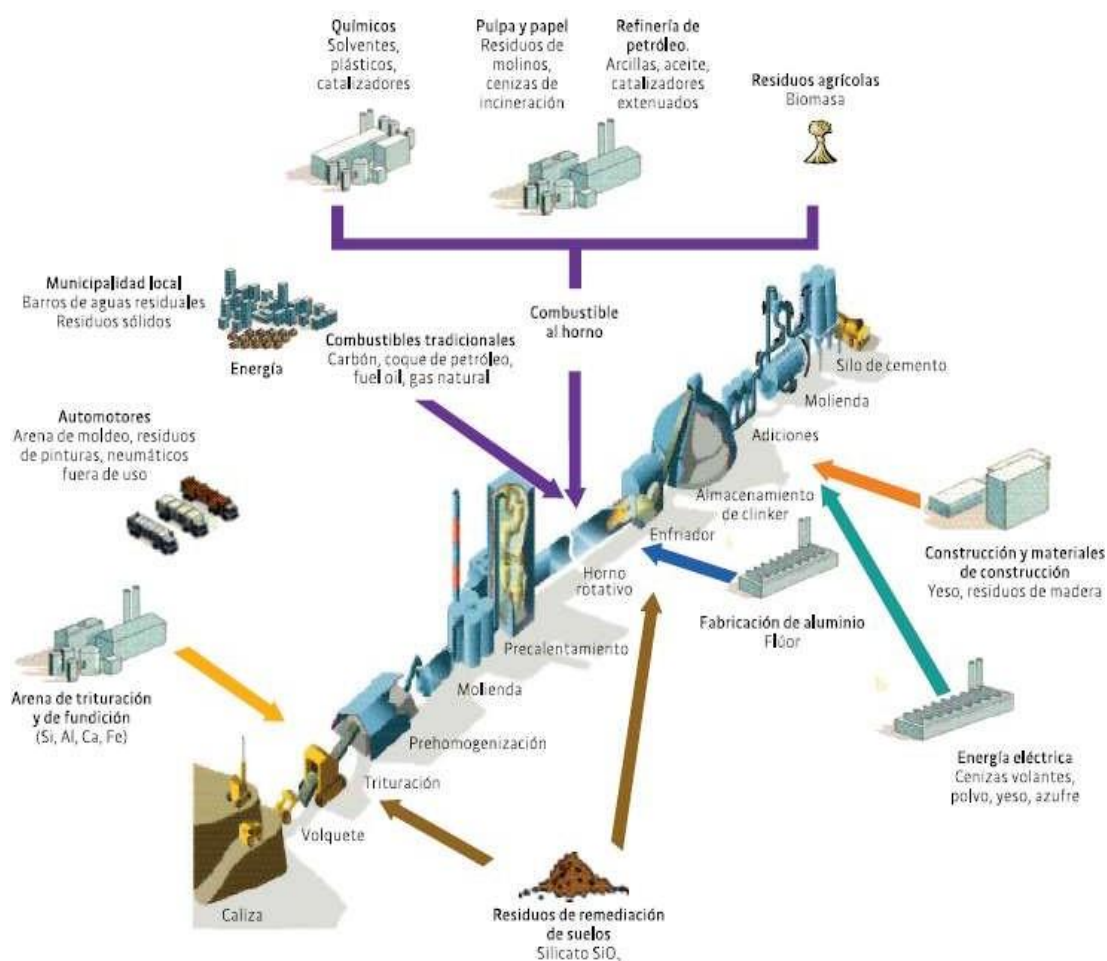
⁷⁸ AFCP. 2014. La economía circular regenerativa y la industria del cemento. DOCUMENTO_economia-circular.pdf.



primas, combustibles tradicionales y la gran diversidad de combustibles y materiales alternativos que se pueden considerar en su fabricación.



Figura 3. Proceso ampliado de fabricación del cemento.



Fuente: AFCP. 2016. Oportunidades y desafíos de la Industria Cementera para el Coprocesamiento.

Por otra parte, pensando en los procesos térmicos productivos, **y según la AFCP, en el proceso de calcinación se consume cerca del 86% de la energía total del proceso de fabricación del cemento, la optimización de esta etapa es fundamental para reducir el consumo de combustibles y las emisiones de CO₂ asociadas a éstos.** Obsérvese en el gráfico anterior, la diversidad de “combustibles” alternativos que se pueden quemar en el horno, como por ejemplo: plásticos, pulpa y papel, cenizas de incineración, residuos de refinerías, arcillas, aceites, diferentes residuos de biomasa, etc, o sea tanto residuos de origen industrial como de otros sectores.

La tendencia actual es procesar el crudo por vía seca y utilizar para la clinkerización, sistemas de intercambiadores de calor entre gases, polvo de alimentación y gases de combustión. **Con estas modificaciones se ha logrado reducir el consumo de calorías en el horno, de 1.500 kcal/kg clinker a 760 kcal/kg clinker.** También el aumento del diámetro de los hornos para incrementar la producción, ya que estaba limitado por la estabilidad constructiva del revestimiento refractario.

Los principales usos energéticos son el combustible para la producción de clinker y la electricidad para moler materias primas y el cemento acabado. El principal insumo del sector es el gas natural y el segundo lugar lo ocupan los residuos industriales y otras fuentes no convencionales. El consumo de coque de petróleo y de combustibles derivados de residuos industriales es una práctica habitual en esta industria para sustituir gas natural, sobre todo en



invierno.

Entre las Medidas de Mitigación al Cambio Climático^{79 80 81}, el objetivo de reducir el factor Clinker de 72 % en 2017 al 70 % hacia 2030. Se espera en **alcanzar una sustitución térmica del 5%**, lo que conlleva una reducción de 102.908 tCO₂eq. El objetivo adicional consiste en **aumentar la sustitución térmica hasta el 15%, incrementando las reducciones en 205.816 tCO₂eq, totalizando 308.724 tCO₂eq, sin embargo se plantean barreras para alcanzar ese valor entre las que se destacan las siguientes, sin un orden de prioridad**

- *Disponibilidad de adiciones minerales (desarrollo de industrias asociadas) en cantidad suficiente para alcanzar ese valor de factor Clinker para el nivel de demanda de cemento que se proyecta cada año.*
- *Aceptación por parte del mercado del uso de aditivos*
- *Límites normativos respecto a los contenidos máximos de adiciones minerales que cada tipo de cemento*
- *Requerimientos logísticos y distancia entre los sitios de generación de recurso y las plantas de cemento*
- *Disponibilidad y calidad de combustibles alternativos posibles y su impacto sobre la capacidad de producción de los hornos de Clinker.*
- *Obtención de licencias ambientales necesarias para la utilización de combustibles alternativos en las fábricas de cemento.*
- *Requiere adecuar instalaciones para recibir, procesar y utilizar los materiales según sean residuos líquidos, sólidos y sólidos finos, con sus consecuentes costos de inversión y operación*
- *No hay mecanismos para la gestión interjurisdiccional de residuos.*
- *Se debe adecuar el marco legal incorporando las necesidades específicas para coprocesar que consideren las distintas alternativas de gestión de residuos.*
- *Requerimientos logísticos y distancias a recorrer entre los sitios de generación de estos recursos y fábricas de Clinker portland.*

Y se proponen en ese Plan, los siguientes Instrumentos y herramientas de Implementación.

- ✓ *Reforma de la Ley de Residuos Peligrosos que comprenda el coprocesamiento como tecnología para la valorización de residuos con poder calorífico y materia prima aprovechables en el proceso de producción de Clinker portland.*
- ✓ *Políticas públicas específicas en fomento de la actividad que contemplen mecanismos que faciliten una aplicación práctica efectiva de principio de jerarquía en el manejo de residuos.*
- ✓ *Investigación técnico-científica adicional en el campos del estudio de la reactividad de las cenizas y nuevas adiciones (puzolanas artificiales)*
- ✓ *Sistema que prevenga la incineración de reciclables o residuos que tengan poder calorífico o material aprovechable.*
- ✓ *Mecanismos para la gestión interjurisdiccional de residuos.*
- ✓ *Mayor capacitación hacia los usuarios del cemento al respecto de las características y usos de cementos con aditivos.*
- ✓ *Estudios de investigación que permitan adecuar las normas técnicas (IRAM) de cementos y los reglamentos de construcción (CIRSOC) para uso de cementos con mayores aditivos*

⁷⁹ SAyDS. 2018. Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático.

⁸⁰ Hoja de Ruta de la AFCP. <https://www.afcp.org.ar/copia-de-presentaciones-a-congresos>

⁸¹ Entrevista Con Gabriela Alejandra Gusso, de Recycomb



9. Conclusiones

A modo de resumen, se observa que existen distintas posibilidades de ahorros energéticos que podrían lograrse a través del reciclado de distintos materiales que se producen en el país, con distintos impactos debido a los procesos productivos involucrados y volúmenes de producción.

A continuación, se presenta una estimación de los valores máximos teóricos, si se reemplazara la mayor cantidad de materia prima por material reciclado posible, de modo de ser comparables entre sí. Ciertamente, las limitaciones en cuanto a la capacidad real de reemplazo de material en los distintos procesos productivos estarán dadas por otros factores inherentes a los circuitos de consumo y recupero de los productos. Sin embargo, de esta forma se puede tener una primera orientación si se quisieran vincular decisiones en el ámbito de políticas de reciclado con una visión energética.

Uno de los casos que presenta mayores posibilidades de ahorro energético que justifican su profundización es el reciclado del acero, con potenciales ahorros que se encuentran en el orden de los 11.830.560 GJ/año (3.286,3 GWh/año), con el máximo teórico de material reciclado utilizado en los procesos productivos actuales.

En el caso del vidrio, bajo los supuestos mencionados en el apartado, existiría un potencial máximo de ahorro de 2.023.920 GJ/año (562,2 GWh/año) para niveles de reciclado del 100%.

Para la industria del papel y cartón no fue posible estimar potenciales ahorros a nivel sectorial con la información disponible. Si bien sería posible lograr mejoras en la performance energética general, se estima que no serían significativos en comparación con los mencionados previamente por las características de los procesos productivos y los niveles de reciclado actuales.

El sector del plástico no ofrecería grandes perspectivas relativas en cuanto al potencial ahorro de energía mediante su reciclado, estimado en unos 4 GWh/año para los niveles actuales. Reciclando el 100% de los plásticos técnicamente posible se registrarían ahorros cercanos a los 86.400 GJ/año (24 GWh/año).

Los ahorros de energía actual por reciclado de aluminio se estimaron en 2.832.120 GJ/año (786,7 GWh/año), los cuales podrían alcanzar valores máximos de 28.321.200 GJ/año (7.867 GWh/año) si la producción actual se hiciera a partir de material reciclado.

Finalmente, en la fabricación del cemento el coprocesamiento para bajar el coeficiente Clinker y la sustitución de fuentes convencionales, ofrecen importantes potenciales de ahorro energético que podrían llegar a reducir los consumos energéticos en un 15%.

A pesar de los resultados positivos obtenidos, es importante destacar que las estimaciones de potenciales de reciclamiento y de ahorros energéticos han sido realizadas en el marco de incertidumbre en los datos de origen, y no permiten obtener conclusiones firmes. Sólo se harán recomendaciones en el marco del ejercicio prospectivo que se está realizando.

En particular el desconocimiento de los costos de todo el proceso del reciclado es una de las grandes falencias del estudio. Efectivamente es necesaria la consideración de los siguientes costos: de recolección y/o separación; Tratamiento / Densificación; Transporte, e Incorporación al proceso. También es importante destacar que en muchos casos los ahorros energéticos en el transporte de la materia prima son compensados en mayor o menor medida con el gasto



energético en el transporte del material para ser reciclado, por lo que el ahorro principalmente se produciría en la energía que requiere la obtención y procesamiento de la materia virgen. Obviamente, cada caso particular precisa un estudio de conveniencia económica.

Finalmente, emerge de todos análisis la necesidad de disponer de normativa específica y coherente tanto a nivel nacional como a nivel interjurisdiccional.



Bibliografía

- ✓ Argonne National Laboratory and National Renewable Energy Laboratory (NREL), 1994. *Energy Implications of Glass-Container Recycling*.
- ✓ Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, AFCP. 2016. *Oportunidades y desafíos de la industria cementera para el coprocesamiento*. Taller Nacional sobre la nueva gestión de residuos. Secretaría de Control y Monitoreo Ambiental de la Nación. 29 de noviembre de 2016.
- ✓ Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, AFCP. <http://wordpress.afcparg.org.ar/index.php/nuestra-industria/#produccion>.
- ✓ Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel, AFCP. Octubre 2019. *Diagnóstico del Sector Celulosa y Papel*.
- ✓ Bajpai, Pratima. 2014. *Recycling and Deinking of Recovered Paper*.
- ✓ Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines, CAIAMA. *Diagnóstico del Sector Aluminio, Octubre 2019*.
- ✓ Cámara Argentina de la Industria del Aluminio y Metales Afines. *Anuario estadístico 2018*. <http://www.aluminiocaiama.org/servicios/publicaciones/>.
- ✓ Denison R.A., 1996. *Environmental life-cycle comparisons of recycling, landfilling, and incineration: A review of recent studies*.
- ✓ **Diagnóstico del Sector Petroquímico. Octubre 2019. Anexo 2.**
- ✓ Ecoplast, 2011. *Manual de valorización de los residuos plásticos*.
- ✓ Environmental Protection Agency, EPA. *Individual Waste Reduction Model*. <https://www.epa.gov/warm/individual-waste-reduction-model-iwarm-tool>
- ✓ <http://reciclario.com.ar/indice/vidrio/>
- ✓ <https://ar.ternium.com/es/nuestra-empresa>.
- ✓ <https://comercioyjusticia.info/blog/negocios/metal-veneta-unica-proveedora-de-aluminio-liquido-del-pais-cumplio-50-anos/>
- ✓ <https://www.iea.org/reports/tracking-industry/aluminium>
- ✓ Fontán, Carlos Alberto. 2019. "Gestión de los Residuos en el Area Metropolitana De Buenos Aires. Coordinación Ecológica del Área Metropolitana S.E. (CEAMSE), 2019
- ✓ Instituto Nacional de Tecnología Minera. *Arenas para la industria del vidrio, características y proceso de purificación*.
- ✓ Misirlan E., Pérez Barcia V., UNSAM, 2018. *La industria del aluminio en Argentina*. <http://www.unsam.edu.ar/escuelas/economia/investigacionpublicaciones/economia-regional/la-industria-del-aluminio-en-argentina/>.
- ✓ N., MacEachern. 2009. *The environmental impact of paper waste recycling: A comparative study*.
- ✓ Pérez, Teresa. 2019. Los residuos que generamos: su manejo sustentable, un gran desafío / Teresa Pérez. - 1ª edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: ANCEFN - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2019.
- ✓ Santangelo, Marcelo. 2020. "Valorización Térmica de Residuos como oportunidad de implementación concreta de economía circular". Presentación Seminario UNSAM, AGO-2020
- ✓ Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. SAyDS. 2018. *Plan de Acción Nacional de Industria y Cambio Climático*.
- ✓ U.S. Environmental Protection Agency, 2019. *Documentation for greenhouse gas emission and energy factors used in the Waste Reduction Model (WARM), containers, packaging, and non-durable good materials chapter*.
- ☐ World Steel Association. *Sustainable steel Indicators 2018 and industry initiatives*.



 **EFICIENCIA
ENERGÉTICA**
EN ARGENTINA

eficienciaenergetica.net.ar

info@eficienciaenergetica.net.ar

Proyecto financiado por
la Unión Europea

