

## Análisis de la huella de carbono en bloques resuelto con polipropileno post-consumo

### Analysis of the carbon footprint in blocks solved with post-consumer polypropylene

Vanesa Celina Saez y Beatriz Garzon

*Grupo Hábitat Sustentable y Saludable (GHabSS), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad nacional de Tucumán (FAU-UNT), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Tucumán, Argentina.*

vanesaez@gmail.com, bgarzon06@gmail.com

#### RESUMEN

El cambio climático producido por el calentamiento global, es una de las problemáticas ambientales del siglo XXI a nivel global y local. Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) de origen antropogénico, contribuyen al cambio climático de una manera determinante. En este trabajo se analiza la huella de carbono del prototipo en estudio: Bloque para cerramientos verticales no portantes, resuelto con plástico polipropileno post-consumo, en las etapas que abarca su preparación hasta su fabricación. El objetivo es determinar la cantidad dióxido de carbono equivalente, que emiten al ambiente la fabricación del producto diseñado. La metodología utilizada es la propuesta por la Norma IRAM-ISO 14040 y Norma IRAM-ISO 14044, Análisis de ciclo de Vida. Los resultados obtenidos en el cálculo de la huella de carbono, son muy alentadores. Lo que permite valorar la incorporación de residuos sólidos plásticos a la fabricación de elementos constructivos, favoreciendo la reducción de energía en sus distintas etapas del ciclo de vida y por consiguiente la reducción de las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero.

#### ABSTRACT

Climate change produced by global warming is one of the environmental problems of the 21st century at a global and local level. Greenhouse Gas (GHG) emissions of anthropogenic origin contribute to climate change in a decisive way. In this work, the carbon footprint of the prototype under study is analyzed: Block for non-bearing vertical enclosures, solved with post-consumer polypropylene plastic, in the stages that include its preparation until its manufacture. The objective is to determine the equivalent amount of carbon dioxide that is emitted into the environment by the manufacture of the designed product. The methodology used is that proposed by the IRAM-ISO 14040 Standard and the IRAM-ISO 14044 Standard, Life Cycle Analysis. The results obtained in the calculation of the carbon footprint are very encouraging. This makes it possible to assess the incorporation of solid plastic waste in the manufacture of construction elements, favoring the reduction of energy in its different stages of the life cycle and consequently the reduction of emissions of the different greenhouse gases.

**PALABRAS CLAVES:** residuo solido plásticos; reciclaje; elemento constructivo; impacto ambiental.

**KEY WORDS:** solid plastic waste; recycling; constructive element; environmental impact.

**FECHA DE RECEPCIÓN:** 31/08/2020 | **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 30/10/2020

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0164552>

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático producido por el calentamiento global, es una de las problemáticas ambientales del siglo XXI a nivel global y local. Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) de origen antropogénico, contribuyen al cambio climático de una manera determinante. Especialmente las actividades procedentes de la población urbanizada. Si bien las ciudades abarcan menos del 3% de la superficie de la tierra, las mismas consumen el 78% de la energía mundial y producen más del 60% de las emisiones de GEI (UN-Hábitat, 2016). Existe un fuerte consenso a nivel internacional para confeccionar proyectos que permitan reducir los GEI a nivel mundial, nacional, regional y local (Fernandez, 2019). Dentro de los sectores que inciden en la generación de GEI, y que nos interesan a los fines de este estudio, se encuentran: a) el sector construcción edilicia en lo que respecta a las actividades de extracción, fabricación y transporte de los materiales, con un 39 % de incidencia (WorldGBC, 2019) y b) los residuos sólidos urbanos (RSU) que representan un 4% a nivel mundial (IPCC, 2014). Si bien la incidencia de este último es baja, cabe mencionar, su consideración. Los rellenos sanitarios son la mayor contribución antropogénica de emisiones de gas metano (CH<sub>4</sub>) -28 veces más nocivo en comparación al dióxido de carbono (Banco de Desarrollo de América Latina-CAF, 2018). En la Argentina, no existe dato preciso de la generación de GEI en la industria de materiales constructivos, pero se considera aproximadamente un 30% del total de las emisiones de GEI. Esta cuantificación surge de la sumatoria de algunas actividades que se involucran en la producción de materiales de forma directa e indirecta, según lo proporcionado en el inventario nacional de GEI (Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable-MAyDS, 2017). En cuanto a lo que se refiere a RSU, coincide con el valor a nivel mundial, correspondiente al 4% (MAyDS, 2017). Dentro de este escenario tendencial, Argentina, tiene como meta incondicional la reducción entre el 18 % al 37 %, del total de las emisiones de GEI para 2030 (Berman, 2017). En este sentido, en el marco de la Agenda 2030 y del Acuerdo de París, se plantea avanzar hacia modelos de producción y consumo de energía cada vez más limpios, con altos niveles de eficiencia energética y bajos en emisiones de GEI. (Fernandez, 2019 p:28).

Con base en lo antes dicho, en relación a plantear posibles soluciones a la problemática recientemente enunciada, Gaggino (2019) sugiere que el sector de la construcción comience a modificar su forma de trabajo con un nuevo paradigma hacia una construcción sustentable, y con el aprovechamiento de los RSU, como los plásticos, para la elaboración de elementos constructivos. De esta manera, incorporar a la industria de materiales constructivos el concepto de economía circular <extraer, usar, regenerar> (MacArthur, 2015). La arquitectura es una gran aliada para la economía circular, el reciclaje de RSU para la materialización del edificio resulta una alternativa atractiva puesto que las viviendas necesitan un mínimo de 70 años de vida útil. Algunos residuos plásticos tienen una alta durabilidad y una biodegradación mayor a 150 años (Saez, Garzon 2019). En esta dirección, coincide con el concepto "de la cuna a la cuna" por su traducción en inglés "Cradle to Cradle", desarrollado por Braungart y McDonough (2005) es decir, considerar a los residuos inorgánicos como nutrientes técnicos e introducirlos a la cadena de producción de un nuevo producto. En este sentido, Gu et al. (2017) aporta, el uso de materia prima proveniente de plástico reciclado ha logrado los más altos beneficios ambientales, ya que la producción con materia prima virgen tiene un impacto casi 4 veces mayor que la producción con compuestos reciclados. Nuestro grupo de investigación aborda el análisis, experimentación y desarrollo de materiales constructivos a través del reciclaje de los residuos, especialmente los de origen plásticos. El polipropileno (PP) junto al polietileno (PE), poliestireno (PS), tereftalato de polietileno (PET), son unos de los plásticos más comunes de encontrar como RSU y también como *scrap* de industria. Muchos de estos son termoplásticos, es decir, reciclables a través de la incorporación de energía calórica. Esta condición permite introducirlos de nuevo a la cadena de producción y por lo tanto alargar su vida útil y evitar como disposición final el relleno sanitario.

En este trabajo se aborda el análisis ambiental, de un caso en estudio por nuestro equipo de trabajo: bloque hueco resuelto con PP post-consumo. El objetivo es determinar la huella de carbono de las etapas iniciales del prototipo, las cuales involucran la preparación del material y la fabricación del producto.

**METODOLOGÍA**

La metodología propuesta para la elaboración de este estudio es la sugerida por las normativas IRAM en ISO 14040; IRAM en ISO 14044 en un proyecto de Analisis de Ciclo de Vida (ACV), la cual plantea dividirse en cuatro fases: alcance del caso estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación, esta última refleja los resultados y discusión del presente trabajo. La metodología de ACV permite analizar las distintas etapas del ciclo de vida de un material de la “cuna a la tumba” e interpretar las distintas categorías de impactos negativos generados al ambiente y los seres vivos. También, es posible seleccionar solo algunas etapas y una o más categorías de impactos, dependiendo de los datos que se necesite cotejar para evaluar el producto (Antón Vallejo, 2004). Por tratarse de un diseño en estudio del cual se manejan los datos referidos a las etapas de obtención de material y elaboración en este trabajo, se hará un análisis acotado de ACV del prototipo, denominado “de la cuna a la fábrica”. Es decir, en fases donde prima la Energía Incorporada o también denominado Carbono Incorporado (WorldGBC,2019). La categoría de impacto elegida para este análisis es el Cambio Climático (CC) o sus siglas en inglés (CCI) Climate Change Indicator, provocado por el calentamiento global generado por la emisión de GEI a la atmosfera. Se trabajó en articulación con el Centro de Interpretación Ambiental y Tecnológica (CIAT) de Tafi Viejo, Tucumán, el cuál proporcionó datos relevantes para el estudio del caso, suministró el material PP, nos facilitó sus instalaciones y maquinarias.

**Alcance del caso de estudio**

Al tratarse de un material nuevo obtenido desde el residuo que genera la producción de otro, en la Figura 1 se ejemplifica, el diagrama de ACV del producto original y del nuevo producto. En la parte superior de la figura, se ubica el producto original, siendo parte de un producto comercial de uso doméstico, se define en el marco de una economía lineal basada en «tomar, hacer, desechar» (MacArthur, 2015).

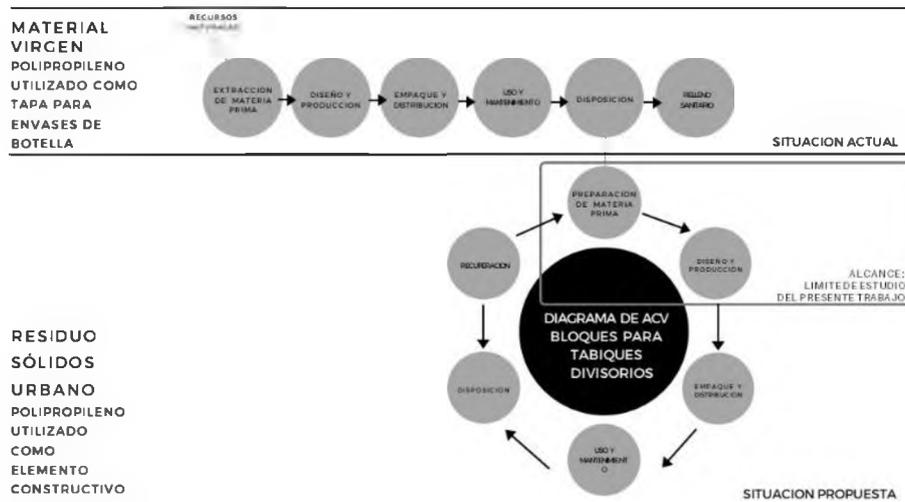


Figura 1: Ciclo de vida del polipropileno en su situación actual y situación propuesta. Fuente: elaboración propia.

Luego en la parte inferior del gráfico se presenta la situación propuesta por el equipo de trabajo, recuperar el desecho de otra cadena de producción y generar un producto desde la perspectiva de una economía circular «tomar, hacer, reintegrar», es decir, diseño sin residuo (MacArthur, 2015). El alcance del caso de estudio se indica en la situación propuesta, son dos etapas del diagrama del ACV: I) Preparación de la Materia Prima, II) Diseño y Producción. La unidad funcional considerada para este análisis será de 1 m<sup>2</sup>. La vida útil se considera de 150 años.

### Análisis del Inventario

De acuerdo a los límites establecidos en el apartado anterior, se procede a identificar y cuantificar las “cargas ambientales”, es decir, las entradas de materia y energía que se generan en las dos etapas del ACV analizadas en este trabajo. Delimitadas en el concepto de la “cuna a la Fabrica” se cuantifica lo que se define como Energía Incorporada correspondiente a la energía consumida para el transporte y fabricación del elemento arquitectónico por cada metro cuadrado de construcción (Alvarez y Ripoll Meyer, 2019). El proceso de elaboración del prototipo se obtiene por reciclado mecánico, solo se considera la trituración del material de plástico de PP, y luego su termo-moldeo, sin agregados químicos. A continuación, se presenta en la Tabla 1 las actividades desarrolladas en cada etapa, diferenciado las más relevantes a tener en cuenta para el cálculo de la energía consumida que luego se traducirá en emisiones depositadas en el ambiente.

*En la Etapa I:* Dependiendo del tipo de origen que tenga el residuo, se incrementan las actividades a esta etapa. En este caso particular, el PP es proveniente de las tapas de envases de botellas plásticas -tereftalato de polietileno- (PET), recolado en los distintos establecimientos educativos de Tafi Viejo, durante el periodo 2019. Por lo tanto, no está contaminado ni mezclado con otras sustancias provenientes de residuos domiciliarios. Esto simplifica el proceso de reciclado mecánico, eliminando la etapa de lavado, centrifugado y secado que sufriría el material. Una vez que llegan a la planta del CIAT se acopian en bolsas big bag, y se ubican mediante un transpallet manual cerca del molino triturador de plástico. Las actividades que se consideran relevante para el cálculo del gasto energético en esta etapa son:

1. Triturado del plástico PP, mediante un molino, funciona con Energía Eléctrica (EE) unidad de medición KWh, capacidad de procesamiento 350 a 450 kg/h motor 20 caballos de fuerza o 15 KWh.
2. Traslado del PP preparado en el CIAT, hacia el lugar de la producción del prototipo FAU-UNT- CONICET, en la capital de la provincia. Este recorrido se lo denomina en la tabla 1 como tramo 1, el mismo se realiza con un camión chasis de 2 ejes simple, con un consumo promedio de 6 Km/l de Gasoil y la distancia efectuada es de 32 km, se considera el trayecto de ida y vuelta hacia el CIAT. El camión traslada 6000 kg de PP preparado, en el cálculo se realiza la incidencia del con-sumo de energía de gasoil respecto a los kg que el prototipo contiene en su unidad funcional de un m<sup>2</sup>.

Análisis del Inventario	
Etapa I: Preparación de la Materia Prima RSU PP	Etapa II: Diseño y Producción Prototipo en estudio
Sistema de separación de RSU en el CIAT - Descarga del RSU - Ingreso a la Cinta - Selección del PP	Diseño del prototipo. Diseño y ejecución de moldes o matriz.
<b>Molienda fina (*)</b>	<b>Calentamiento del Homo (*)</b>
Embalaje del material PP triturado	<b>Cocción de las unidades (*) por termo-moldeo</b>
<b>Traslado de PP Preparado (*)</b> Tramo N°1: CIAT, Tafi Viejo, Tucumán a FAU-UNT- CONICET, San Miguel de Tucumán, Tucumán	Enfriamiento de las piezas
	Desmolde
<b>(*) Actividades a considerar para el calculo</b>	

Tabla 1: Detalle de las actividades en el análisis de inventario. Fuente de elaboración propia.

En la Etapa II: El diseño del prototipo, tiene como antecedente un modelo diseñado y materializado en madera, realizado por el Instituto de Investigación en Diseño y Georeferenciación (IGEO) que funciona en la Facultad de Arquitectura, Diseño, Arte y Urbanismo de la Universidad de Morón (Hábitat 5, 2014). En este caso se considera importante realizar una alternativa cambiando la madera por plásticos reciclados, que pudiera atender a otros requerimientos como, por ejemplo, el bajo mantenimiento durante su vida útil en comparación a la madera, además de poder contribuir a la reducción de RSU.

1. El proceso de diseño no se toma a consideración en el cálculo de energía consumida del mismo. Se toman los datos físicos del elemento producido, los cuales nos permite determinar la cantidad de bloques que inciden en 1 m<sup>2</sup>, unidad funcional de este análisis, y a partir de ese dato conocer la cantidad de kg de material triturado que se necesitará. La figura 2, muestra unidades del prototipo en estudio.



Figura 2: Unidades del prototipo en estudio. Fuente: Elaboración propia.

Se comenzó la experimentación de su materialización hasta obtener la propuesta superadora del mismo con las siguientes características:

- a) Forma geométrica: Pirámide.
- b) Dimensiones: 0.20 m cada lado; 0.18 m de alto, 0.10 m ancho; 0.025 m espesor.
- c) Peso Unitario: 0,840 Kg
- d) Peso por m<sup>2</sup>: 47.88 kg
- e) Cantidad de Bloques por m<sup>2</sup>: 57 Unidades.

En esta etapa se considera importante para el cálculo de la HdC. Las actividades mas relevantes son; el calentamiento del horno con una duración de 15 minutos y la cocción de los 57 bloques que conforman la unidad funcional. La cocción se realizo en tandas de 15 unidades cada 40 minutos, por lo tanto, se utilizó 243 minutos el horno. La energía utilizada por el artefacto es Gas Envasado, posee 3 quemadores de caño redondo de 7/8 x 1,2 mm. de espesor de 1500 kcal c/u., temperatura máxima 350 °C, Medidas Interior: frente: 71 cm, fondo: 38 cm, alto: 35 cm, consumo por hora de horneado 1.35 m<sup>3</sup>/h. En la tabla 2 se detalla la cantidad y tipo de energías consumida en las actividades consideradas, correspondientes a la Etapa I y II del análisis de inventario para la realización de un m<sup>2</sup> del prototipo.

Consumos Energéticos Etapa I y II					
N°	Proceso	Característica	Tipo Energía	Consumo	Unidad de medición
1	Molienda fina (*)	47,88kg/5min	Eléctrica	0,125 E + 00	KWh
2	Traslado Tramo N°1 (*) 32 km (ida y vuelta)	Incidencia en 47.88kg en un camión que transporta 6000kg	Gasoil	0.042 E + 00	Litros
3	Cocción del PP	243 min	Gas Envasado	5,46 E+00	M <sup>3</sup>

Tabla 2: Detalle del tipo y cantidad de energía consumida en la Etapa I y II. Fuente: elaboración propia.

### Análisis del Impacto

Como se mencionó en los apartados anteriores, dentro del ACV, la categoría de impacto elegida para este análisis es el Cambio Climático (CC). La unidad de medida que arroja el resultado del cálculo, es en kilogramos dióxido de carbono equivalente (Kg CO<sub>2</sub>eq). Esta unidad de medida universal y permite comparar los diferentes gases de efecto invernadero de igual a igual con una unidad de CO<sub>2</sub>. (Carbon Trust, 2020). En la tabla 3, se exponen los resultados que arroja la conversión a Kg CO<sub>2</sub> eq de cada tipo de energía consumida (Eléctrica, Gasoil y Gas Envasado) consideradas para el cálculo. Esta conversión es posible de realizar, mediante los factores de emisividad<sup>1</sup>.

Emisiones de Kg CO <sub>2</sub> eq			
N°	Actividad	Emisión	Unidad
1	Molienda fina	0,060 E + 00	Kg CO <sub>2</sub> eq
2	Traslado Tramo N°1 (*) 32 km (ida y vuelta)	0.117 E + 00	Kg CO <sub>2</sub> eq
3	Cocción del PP	10.659 E + 00	Kg CO <sub>2</sub> eq
Total		11.376 E + 00	Kg CO <sub>2</sub> eq

Tabla 3: Valores de Kg CO<sub>2</sub>eq emitidos en cada actividad. Fuente: elaboración propia.

Las Directrices del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) definen el factor de emisión como la tasa de emisión media de un GEI dado por una fuente determinada, relativa a

<sup>1</sup> Factor de emisividad: EE = 0.486 Kg CO<sub>2</sub> eq/ KWh; Gasoil = 2.77 Kg CO<sub>2</sub> eq/litro; Gas Envasado = 1.95 Kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>3</sup>

las unidades de actividad. (IPCC,2014). En este caso son tomados como referencia los proporcionados por la Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático, Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires, (2018). Una vez realizada la conversión de los valores a su equivalente en Kg CO<sub>2</sub> eq, se procede a volcar los datos en la fórmula n° 1 que determinará el CCI de nuestra propuesta.

$$[1] \quad CCI : \sum GWP * m_i = Kg CO_2 eq$$

$$CCI : 1 * 0.06 + 1*0.117 + 1*10.659 = 11,376 Kg CO_2 eq$$

(1)

donde:

CCI: Climate Change Indicator o Indicador del Cambio Climático

GWP: Global Warming Potencial o Potencial Calentamiento Global = 1 (horizonte temporal de 100 años), según el (IPCC, 2014)

$m_i$ : Substancia del tipo de energía expresada en KG CO<sub>2</sub> eq

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo, se consiguen un valor de 11,371 E + 00 Kg CO<sub>2</sub> eq como resultado de las emisiones de GEI que generan al ambiente la fabricación de un m<sup>2</sup> de prototipo en estudio. Se detecta que el Gas Envasado, es la energía que más se consume en las etapas analizadas. Es decir, la actividad n°3 del análisis del inventario. Incluye el calentamiento del horno y la cocción de los bloques de PP, con un valor de 10.659E + 00 Kg CO<sub>2</sub> eq, por lo tanto, tiene una incidencia de 96.71 % del total. Sin embargo, esta actividad tiene posibilidades en un futuro cercano de reducir su consumo si se piensa en una producción en serie. De esta manera, se utilizan hornos industriales con mayor capacidad de espacio que permiten la fabricación de más unidades de bloques en menor tiempo.

También, se observa que el traslado desde la planta de preparación del material, el CIAT, al sector de producción, FAU-UNT-CONICET, se puede optimizar, se sugiere adoptar lo que en economía circular se llama "ciclo inverso" o "logística inversa" (MacArthur, 2015). Este proceso resulta viable llevarlo a cabo, puesto que existe un convenio vigente entre la FAU-UNT y el CIAT, en el cual este último se compromete al retiro de residuos diferenciados de la facultad. Por lo tanto, los RSU puede ser transportado cuando el vehículo hace el retorno hacia la planta de separación. De esta forma se reduciría la carga energética incorporada por esta actividad al cálculo. Otra posibilidad viable es realizar las dos etapas que involucran a este proceso, en un solo sitio y de esta manera eliminar la carga de GEI que produce el traslado del material.

Para una mejor comprensión y valoración de los resultados obtenidos por nuestro prototipo, se realiza un análisis comparativo con elementos constructivos que prestan funciones similares, constituidos con otras materias primas. Luego de una intensa búsqueda realizada para encontrar materiales constructivos certificados con Etiqueta Tipo III o Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) conforme a la Norma Internacional ISO 14025:2010, se seleccionaron ladrillos y bloques cerámicos de una empresa de origen español, la cual tiene vigente este tipo de certificación y está avalada por la Asociación Española de Normalización (AENOR,2017). Se toma para este análisis, los valores Kg CO<sub>2</sub> eq emitidos en su etapa de "cuna a la fábrica", siendo de 2,36 E + 02 Kg CO<sub>2</sub> eq. (AENOR,2017). A continuación, se comparan los valores arrojados por ambos productos mediante la Figura 3. Se observa que los valores de emisión de GEI que presenta el bloque de PP post-consumo en 1 m<sup>2</sup> de construcción, son considerablemente inferiores a los resultados que emiten los ladrillos y bloques cerámicos. Se deduce que esta gran diferencia que se presenta es porque los materiales cerámicos son generados con materia

prima virgen, por lo tanto, incluyen más actividades que consumen energías y luego se traducen en “Carbono Incorporado” (WorldGBC,2019). Se considera que la baja complejidad que posee el proceso de preparación de la materia prima y su producción en el prototipo en estudio, posibilita a este a tener un bajo impacto referidos a las emisiones producidas al ambiente.

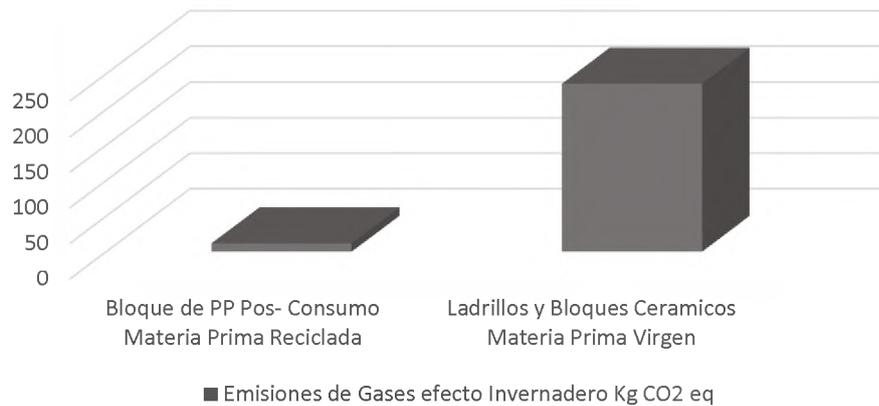


Figura 3: Comparación de huella de carbono entre materiales con similar uso en la obra. Fuente: elaboración propia.

### CONCLUSIONES

El trabajo se basa en la estimación de los Gases efecto invernadero GEI que emite al ambiente un m<sup>2</sup> de Bloques para cerramientos verticales no portantes, resueltos con plástico de PP post-consumo. En sus etapas de preparación de la materia prima y producción, dentro de este primer análisis acotado del ACV del producto, el prototipo en estudio arroja valores muy bajos de Kg CO<sub>2</sub> eq en comparación a otros materiales con similar uso en la construcción.

Frente a todo lo expuesto, se concluye que el elemento constructivo en desarrollo, presenta óptimas condiciones que lo caracterizan como material sostenible. Si bien, introducir el plástico de PP a una nueva cadena de producción genera emisiones de Kg CO<sub>2</sub> eq, es inferior si se compara con las emisiones de Gas Metano CH<sub>4</sub> que generan estos plásticos como residuos. Así como también, permite prescindir de la extracción de recursos abióticos de la biosfera para la obtención de materia prima virgen. Este análisis sobre compensación de las emisiones, se abordará con mayor profundidad en un próximo estudio, pudiendo cuantificar todas las etapas del ciclo de vida del prototipo e incluir las distintas cargas ambientales que permite analizar la metodología de ACV.

Por último, resulta fundamental contribuir al compromiso asumido por el país en materia de reducción de las MtCO<sub>2</sub>eq para el 2030. Desde este enfoque se valoriza la incorporación de residuos sólidos plásticos como materia prima para materiales constructivos. Favoreciendo a la reducción de energías consumidas en sus distintas etapas del ciclo de vida y por consiguiente a la disminución de las emisiones de los distintos gases de efecto invernadero.

### AGRADECIMIENTO

Se agradece al Centro de Interpretación Ambiental y Tecnológico (CIAT) de Tafi Viejo, Tucumán porque proporcionó datos relevantes para el estudio del caso, suministró el material PP y facilitó sus instalaciones y maquinarias para la etapa I.

### BIBLIOGRAFÍA

Antón Vallejo, A. (2004). *Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo*. (Tesis Doctoral). España: Universitat Politècnica de Catalunya. (UPC)

- Alvarez A. y Ripoll Meyer V. (2019). *Ciclo de vida. Valoración de Materiales Constructivos en la vivienda social en zona árido-sísmicas*. Arquitecno N°14. 24-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0144147>
- Asociación Española de Normalización (2017). *Ladrillos y bloques cerámicos para revestir. Pieza "P" según la Norma UNE-EN 771-1*. España. Recuperado de [https://www.aenor.com/Producto\\_DAP\\_pdf/GlobalEPD\\_008\\_006\\_ESP.pdf](https://www.aenor.com/Producto_DAP_pdf/GlobalEPD_008_006_ESP.pdf)
- Banco de Desarrollo de América Latina CAF, (2018). *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina*. Recuperado de: [www.scioteca.caf.com](http://www.scioteca.caf.com). ISBN: 978-980-422-092-0
- Berman, S. (2017). *Informes del estado del ambiente 2017*. Argentina Ambiente, 97, 10-19. Recuperado de <http://argentinambiental.com/wp-content/uploads/pdf/RevArgAmb97.pdf>
- Braungart, M. y McDonough, W. (2005). *Cradle to cradle. Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. Madrid: McGraw Hill.
- Carbon trust, (2020). *Medida o cálculo de la Huella de Carbono. Guía introductoria. El siguiente paso para la reducción de emisiones*. Reino Unido. Recuperado de <https://prod-drupal-files.storage.googleapis.com/documents/resource/restricted/Medida-o-calculo-de-la-huella-de-carbono.pdf>
- Dirección de Sustentabilidad, Medio Ambiente y Cambio Climático, Ministerio de Agroindustria Provincia de Buenos Aires (2018). *Manual de aplicación de la Huella de carbono 2018*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de [https://www.gba.gov.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual\\_aplicacion\\_Huella\\_de\\_Carbono.pdf](https://www.gba.gov.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf)
- Fernández, R. (coord.). (2019). *Transición Energética 2050. Hacia una visión compartida de la transición energética argentina al 2050: propuesta de objetivos y metas*. (Edición: J. Dumas y D. Ryan). Buenos Aires: Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética (UBA), Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), Fundación AVINA, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de Gobierno de Energía.
- Fundación Ellen Mac Arthur (2015). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. Reino Unido. Recuperado de: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/Executive\\_summary\\_SP](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/Executive_summary_SP)
- Gaggino, R. (2019). *Diseño experimental de elementos constructivos utilizando materiales reciclados, para viviendas de interés social. síntesis de tesis doctoral*. Revista: Pensum. Vol. 5, p: 43/68. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/26301/28108>
- Gu F, Guo J, Zhang W, Summers P, Hall P (2017) *From waste plastics to industrial raw materials: a life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study*. Sci Total Environ 601-602:1192-1207. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.278>
- IPCC (2014). Cambio climático 2014: *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.
- IRAM-ISO 14040. *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.
- IRAM-ISO 14044. *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices*.
- Hábitat 5 (H5) / Estudio Borrachia Arquitectos" (2014). *Casa Hábitat 5*. Plataforma Arquitectura. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-339712/habitat-5-h5-alejandro-borrachia> > ISSN 0719-8914
- UN-Hábitat. (2016). *Sustainable Urbanization in the Paris Agreement. Comparative review of nationally determined contributions for urban content*. Recuperado de <https://unhabitat.org/books/sustainable-urbanization-in-the-paris-agreement/>
- WorldGBC. (2019). *Reducción de las emisiones de carbono. Acción coordinada del sector de la edificación y la construcción para hacer frente a las emisiones de carbono incorporado*. Recuperado de <https://www.argentinagbc.org.ar/visualizar-informes>
- Saez, V. y Garzon, B. (2019). *Hacia una economía circular: plástico y cartón como residuos sólidos urbanos para una arquitectura sustentable*. Revista Extensionismo, Innovación y transferencia tecnológica: claves para el desarrollo. Vol. 6 p 368/380. ISSN 2422-6424. Facultad de ciencias exactas y naturales y agrimensura. UNNE. <http://dx.doi.org/10.30972/eitt604408>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) (2017). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Argentina*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>