

# Análisis cartográfico y productivo del ecosistema de la construcción en el Perú

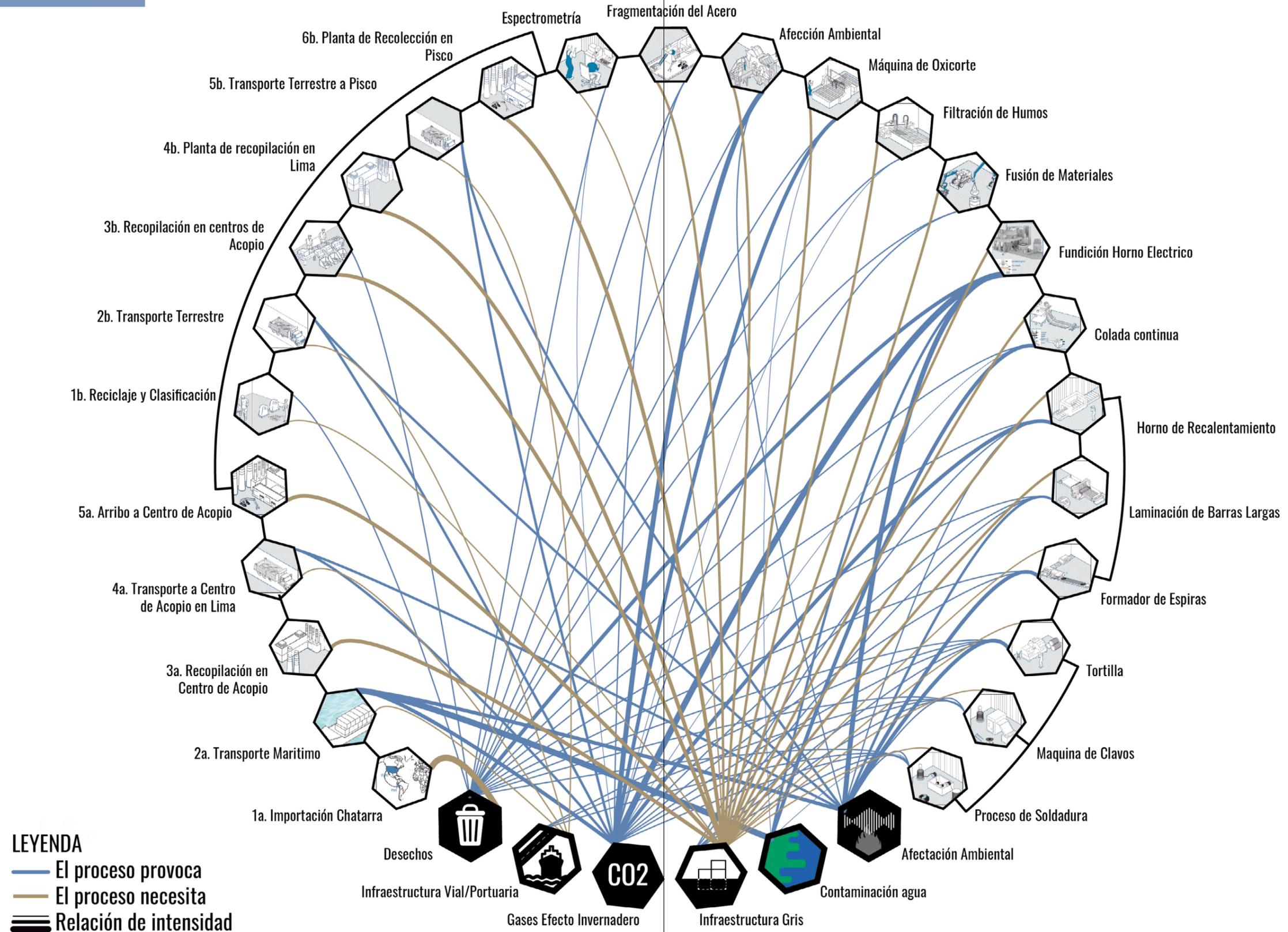
*Caso 1: Lima Metropolitana*



## Ficha del proyecto

<b><u>Título</u></b>	Análisis cartográfico y productivo del ecosistema de la construcción en el Perú <i>Caso 1: Lima Metropolitana</i>
<b><u>Autor</u></b>	Francisco Otero Berta Rodrigo Rengifo Briceño
<b><u>Fecha</u></b>	2022
<b><u>Ubicación</u></b>	Lima, Perú
<b><u>Curso</u></b>	ARC 295   Instalaciones Especiales 01 Construcción, Tecnología y Medio Ambiente
<b><u>Palabras clave</u></b>	Impacto ambiental; materiales de construcción; ecología industrial; cartografía
<b><u>Contacto</u></b>	f.otero@pucp.pe rrengifob@pucp.edu.pe

### RELACIONES



## Resumen

### Descripción general

El proyecto de investigación surge de las experiencias del curso Construcción, Tecnología y Medio Ambiente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Pontificia Universidad Católica del Perú (FAU PUCP) y de las experiencias de trabajo e investigación en el marco del proyecto «Guía de tipologías de Vivienda Rural» en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

Durante el desarrollo de ambas experiencias, quedó en evidencia que, de la poca información disponible sobre el impacto ambiental de los materiales de construcción en el Perú, la mayoría se encuentra dispersa e inconexa. Asimismo, existe un vacío de información con respecto a los impactos de las cadenas logísticas y productivas, que tampoco son de fácil acceso. De este modo, surge la necesidad de sistematizar dichos procesos con el objetivo de generar un insumo base para aterrizar conclusiones y desarrollar propuestas.

Esto es especialmente pertinente cuando se diseña considerando el impacto ambiental. En la actualidad, se cuentan con diferentes metodologías de cálculo de impactos ambientales, cada una

con distintos indicadores, que pueden ser cuantificados y uniformizados en una unidad (kg CO<sub>2</sub>e) para facilitar su comparación. Sin embargo, a pesar de estas herramientas, los datos numéricos pueden quedar desvinculados de su impacto más directo en el territorio, la sociedad y el medio ambiente.

En este contexto, la investigación titulada El impacto ambiental y territorial de los materiales de construcción en el Perú busca compilar, sistematizar, cartografiar y representar toda la información disponible sobre la extracción, manufactura, distribución y uso de los materiales de construcción en el Perú, y el vínculo con sus respectivas materias primas.

Gracias a este proceso, será posible elaborar una matriz que permita establecer relaciones entre los distintos ecosistemas productivos, a fin de encontrar sinergias entre industria y territorio, potenciales oportunidades de desarrollo, así como servir de guía comparativa entre distintas alternativas materiales en función a su impacto ambiental. En última instancia, el resultado de la presente investigación pretende servir como herramienta fundamental en la toma de decisiones en

los distintos procesos que involucran la construcción de infraestructura, desde el diseño hasta la ejecución.

Debido a que se proyecta que la investigación se desarrolle a escala nacional, se buscó ensayar y validar la metodología a una escala acotada, mediante distintas sinergias, tanto en espacios académicos como en proyectos de cursos de pregrado. El primero es el curso electivo de la FAU PUCP mencionado líneas arriba, en donde se analizan las cadenas productivas de diversos materiales de construcción, y el segundo es el proyecto interdisciplinario «Manzana Segura», que tiene como objetivo identificar dinámicas territoriales y constructivas a escala ciudad. De este modo, es posible alimentar la futura base de datos así como validar la metodología y el alcance.

El presente texto tiene como objetivo explicar la metodología que se busca validar y los avances obtenidos en las experiencias del curso.

### Preguntas de investigación

1. ¿Qué hay detrás de los materiales de construcción que utilizamos en nuestra práctica como arquitectos?, ¿de dónde vienen?, ¿cómo se fabrican?

2. ¿Cuál es el impacto real de los materiales de construcción? ¿Es posible vincularlo con el territorio?

3. ¿Cómo desarrollar mecanismos de priorización a nivel regional y nacional que permitan una industria de la construcción más compatible con su entorno?

4. ¿Cómo buscar sinergias entre recursos, materias primas, industrias y necesidades?

### Metodología

La investigación en curso busca validar el enfoque general, iniciando con un ámbito de intervención acotado (a escala de Lima Metropolitana), para luego poder ampliar el análisis a escala nacional. Para ello, se plantea delimitar el alcance, tanto a nivel geográfico como de materiales a investigar, pero mantener la metodología general: compilar desde bases de datos o levantamiento de información in situ los puntos de extracción, manufactura, distribución y consumo de materiales y elementos constructivos, e identificar las cantidades y las cadenas de distribución y logística asociadas a cada material. Esta información será procesada mediante herramientas de georreferenciación,

que permitirán producir cartografías y diagramas, buscando evidenciar y comunicar, de manera muy gráfica y directa, procesos que históricamente permanecían ocultos.

### **Objetivos**

El objetivo de la investigación es desarrollar una plataforma que permita informar sobre los distintos procesos de toma de decisiones de la construcción de un hábitat. Para ello, se busca evidenciar las relaciones entre los materiales de construcción, sus lugares de extracción, manufactura, distribución y consumo, además de vincular estos sistemas con los impactos ambientales y territoriales que generan.

Con respecto a la información existente, se buscará una nueva forma de representación y comunicación, para que su contenido sea fácilmente accesible y entendible. Sobre la información no existente, se confrontarán bases de datos con los datos de levantamiento in situ, a fin de obtener data representativa que permita obtener conclusiones.

Asimismo, esta primera fase de la investigación, en una escala más acotada, permitirá perfeccionar la metodología

desarrollada, de modo que se pueda extrapolar a escala nacional, en una etapa posterior.

## **Contenido**

Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), la actividad humana es la principal responsable del incremento de la temperatura del planeta. El aumento, en promedio, de pocos grados Celsius significa el colapso de las dinámicas económicas y sociales actuales. En este contexto, de acuerdo a la Global Alliance for Buildings and Construction (2021), el impacto de la infraestructura representa en la actualidad cerca del 40 % de la huella ambiental global, entre la energía de uso y de construcción. Las tasas de crecimiento poblacional y la demanda de estándares de vida cada vez más altos hacen que sea necesario replantear la forma en que atenderemos las necesidades siempre crecientes de las personas en un mundo de recursos finitos.

La Primera Revolución Industrial demostró que los límites de la productividad y el desarrollo de las sociedades están mucho más lejos de lo que se había considerado hasta el siglo XVIII. De la misma manera, manifestó lo cerca que están los límites de la naturaleza, lo finito de los recursos disponibles y lo sensible que puede ser el equilibrio del mundo. Pensadores del momento notaron rápidamente este antagonismo: William Stanley Jevons, en su libro *The Coal Question* (1865),

plantea cómo el desarrollo y aumento de la eficiencia de las máquinas (que utilizan motor a vapor), en lugar de disminuir el consumo de recursos (como el carbón), lo acelera. En base a este descubrimiento, reflexiona sobre el consumo, el desarrollo y las reservas de materias primas.

El estudio del consumo del carbón marca un hito importante en el desarrollo de una conciencia medioambiental. Por un lado, genera la necesidad de buscar fuentes de energía alternativas, menos contaminantes, más limpias y renovables. Por otro lado, busca el desarrollo de sistemas más eficientes, que empleen menos recursos para lograr mayores beneficios. Ambas líneas de investigación pueden ser complementarias, y trasladadas estas ideas a la arquitectura, ambas se concentran en la energía que se consume en la etapa de uso del edificio. Esto tiene sentido en un contexto de fuerte demanda energética, fuentes de energía contaminantes y equipos poco eficientes. Sin embargo, con el acceso a energía cada vez más limpia, equipos eficientes y criterios de adaptación climática elementales, la fase de uso ya no implica mayores impactos ambientales.

El estudio medioambiental contemporáneo busca aportar, con una

mirada más amplia, la etapa de uso, la construcción, los materiales usados, lo que ocurre con el edificio y su energía embebida al término de su ciclo de uso. En el curso electivo ARC 295 | Construcción, Tecnología y Medio Ambiente, buscamos abordar estos temas y ampliar el campo de acción de la práctica arquitectónica en cuestiones medioambientales. La principal herramienta empleada fue la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, que consiste en dividir en fases todas las etapas que involucran a la edificación (diseño, extracción de materias primas, manufactura de sistemas constructivos, ejecución y demolición) y recolectar la información que describe el impacto ambiental de cada una de ellas (The Carbon Leadership Forum, 2019), a fin de evaluar el proyecto en conjunto, determinar los puntos más críticos y tomar decisiones de diseño enfocadas en reducir los impactos.

Esta metodología es de gran utilidad ya que aporta insumos objetivos y comprobables, que permiten comparar diversas alternativas materiales y constructivas, para optimizar el proyecto desde la fase de diseño. La búsqueda por la objetividad y transparencia genera la necesidad de indicadores y unidades de medida muy

certeros en el análisis. Según estándares internacionales, se han determinado algunas categorías de impacto ambiental y se han buscado unidades de medida representativas para cada una (UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2017).

La unidad de medida más usada, tanto por su importancia como por su facilidad de uso e información disponible, es el kg CO<sub>2</sub>e. Esta unidad indica la cantidad de dióxido de carbono (u otros gases de efecto invernadero normalizados a CO<sub>2</sub>) en kilogramos emitida a la atmósfera por unidad de medida, que se puede asociar a un determinado material, elemento constructivo o actividad. Por ejemplo, la base de datos ICE (Jones, 2019), indica que el aluminio general, en promedio mundial, tiene un impacto ambiental de 13.1 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Esto quiere decir que, en el proceso de extracción de la materia prima, manufactura en la planta industrial y puesta en obra, a cada kilogramo de aluminio se puede asociar 13.1 kilogramos de dióxido de carbono emitidos a la atmósfera y sus consiguientes impactos ambientales.

Diferentes organizaciones aseguran el registro y veracidad de la información declarada, centralizada en bases de datos,

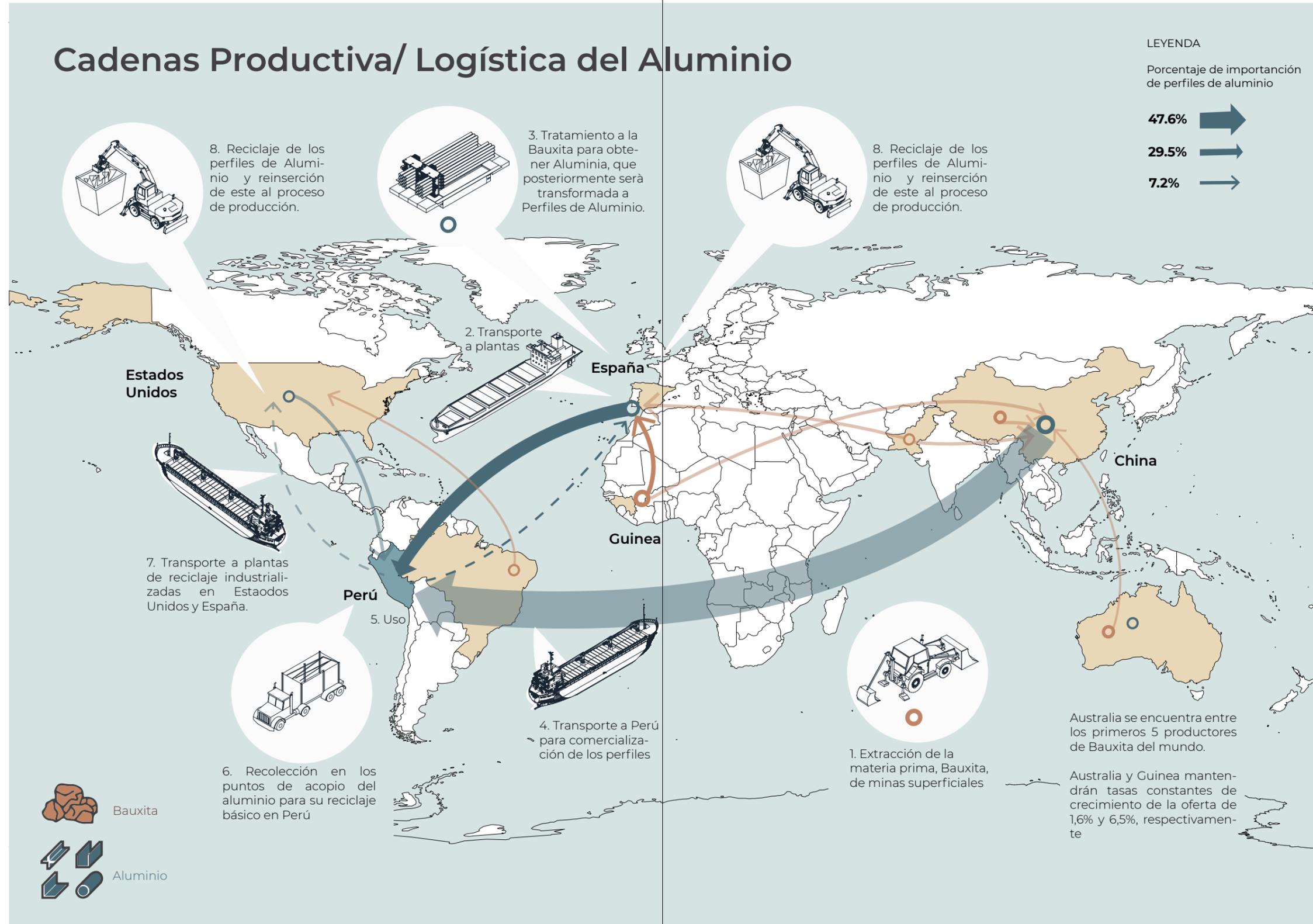
de modo que se permite su fácil acceso y comparación. Sin embargo, la primera gran dificultad del sistema es que, para que funcione, la industria de la construcción en conjunto debe asumir la responsabilidad de hacer accesible su información, ya que actualmente, a nivel global, las declaratorias ambientales se realizan a pedido de las propias empresas. La industria de la construcción local se encuentra en etapas iniciales respecto a la producción de esta información y, aunque hay formas de aproximarla a la realidad al margen de las declaraciones particulares (utilizando coeficientes de consumo energético a nivel país, por ejemplo), siempre será ideal contar con el dato preciso.

La segunda dificultad, que motiva la presente investigación, es que el dato en cuestión remite a un impacto ambiental a gran escala. El CO<sub>2</sub> en la atmósfera es un problema global, seguramente el más urgente de las últimas décadas, y es posible que para quienes se dedican a estos temas sea un dato sensible y fácilmente asimilable. Sin embargo, esto no es de conocimiento común y cuesta entender cómo ese impacto puede afectar directamente a un espacio concreto. Hay indicadores de impactos locales, como el Uso de Suelo, Pérdida de Biodiversidad,

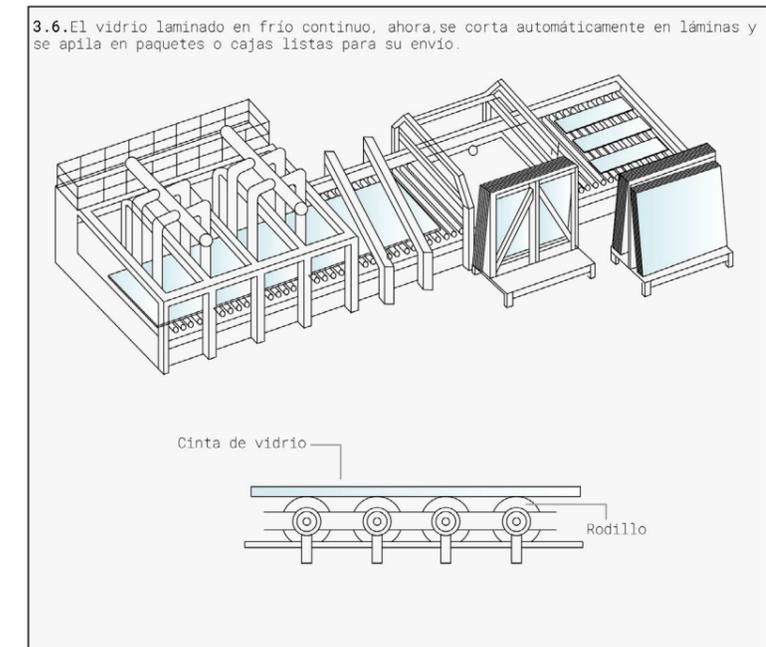
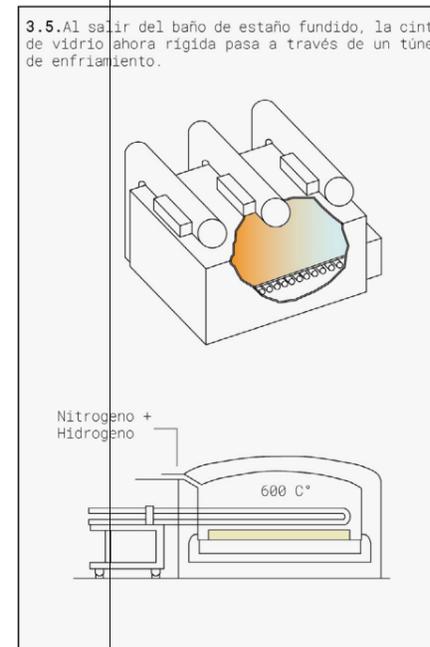
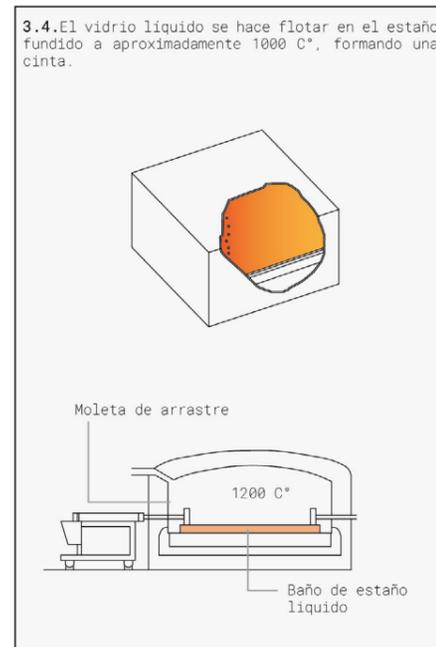
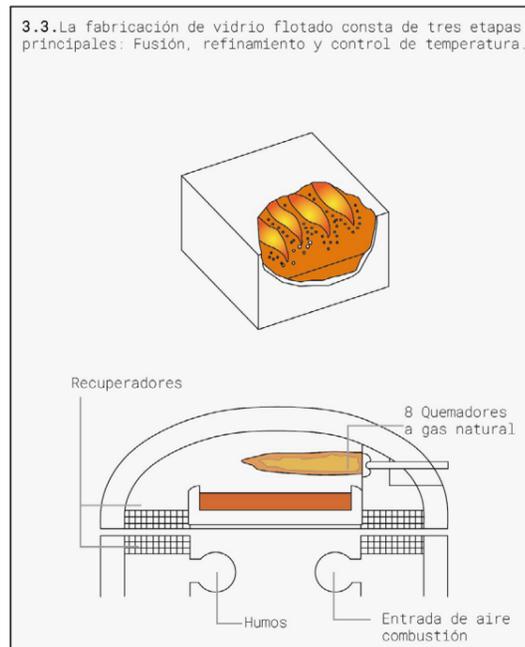
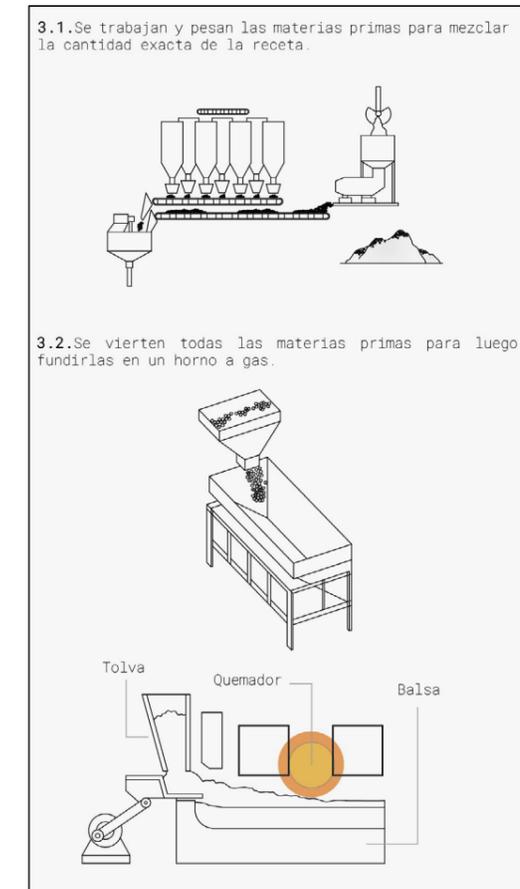
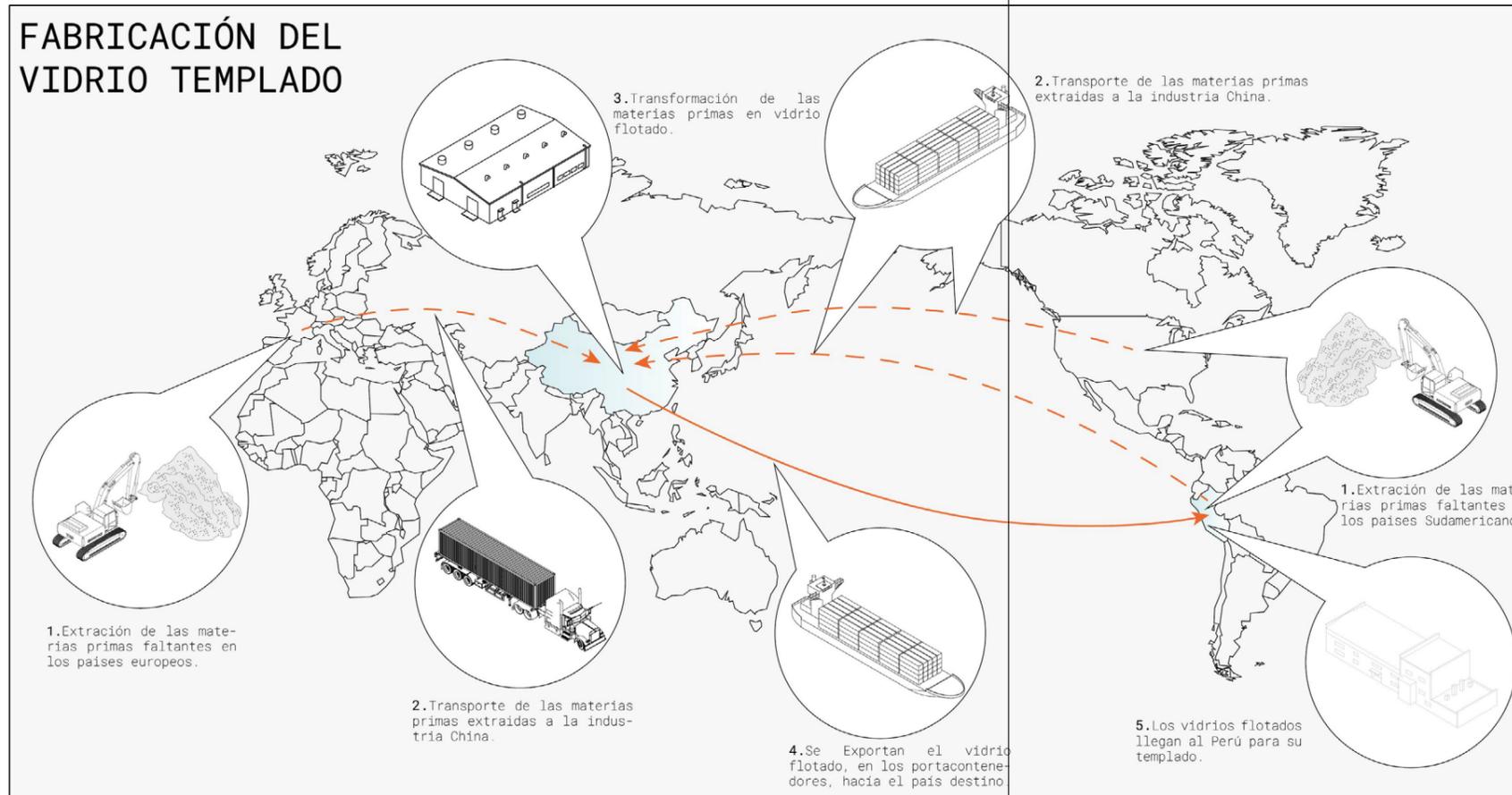
Consumo de Agua, etc., que tienen el mismo inconveniente: no son sencillos de asimilar y remiten a espacios muy generales, difícilmente vinculables con un sitio específico.

Por ello, la presente investigación y proyecto buscan generar una base de datos que centralice información sobre el impacto ambiental de los materiales de construcción y que genere cartografías y diagramas que ayuden a ilustrar y visibilizar esta información. Se tiene previsto que esta plataforma no solo compare los impactos ambientales absolutos, sino que los vincule a una localidad, a una cantera, a un camino o a una cuenca hidrográfica concretas, y que las huellas de la extracción, manufactura y transportes no solo sean datos, sino también trazos en el mapa.

En esta línea, durante el desarrollo del curso Construcción, Tecnología y Medio Ambiente, se hicieron ensayos de la metodología propuesta con los que se puede confirmar, gracias a sus resultados prometedores, la importancia de resignificar los datos estadísticos y numéricos asociados a impactos ambientales, a través del diagrama y cartografía.



# FABRICACIÓN DEL VIDRIO TEMPLADO



Un ejemplo de ello fueron las cadenas logísticas del aluminio y el vidrio, materiales cuya fabricación depende de procesos industriales altamente complejos.

Para ambos elementos fue necesario un análisis multinivel, en donde se reveló una complejidad aún mayor, vinculada a los movimientos de materia prima alrededor de estos procesos. En el caso del vidrio, es especialmente interesante constatar que el producto terminado y la materia prima pueden estar en las mismas regiones, pero por las dinámicas económicas actuales, los centros de producción y manufactura están en otros continentes, lo que obliga al material a dar la vuelta al globo antes de llegar a su lugar de destino. A partir de lo descubierto, se generan diversas hipótesis alrededor del desarrollo de la industria local y sus vínculos directos con las fuentes de materia prima. En un contexto global como el actual, nos preguntamos si es posible volver a procesos de extracción y manufactura más sostenibles y resilientes, y así disminuir nuestra dependencia de frágiles y complejas cadenas logísticas internacionales.

Otro caso particularmente interesante fueron las externalidades identificadas en el proceso de extracción y manufactura

del bambú y del mármol. En este punto, se investigaron elementos constructivos que a primera vista parecían bastante simples. Sin embargo, en el análisis realizado, que se refleja en los diagramas elaborados, se descubrió que materiales como los tableros de mármol pueden llegar a generar numerosas externalidades negativas, como polvo, partículas intermedias, agua, empaquetado y embalaje de un solo uso, etc. Por otro lado, incluso materiales naturales como los pisos de bambú pueden llegar a perder su capacidad biodegradable en caso no se controlen de manera precisa cada uno de los pasos en su fabricación y se permita, por ejemplo, la incorporación de algunos agentes químicos en su etapa de curado. Estos materiales con bajos impactos ambientales absolutos aún tienen posibilidades para optimizar sus procesos. No se debe considerar a los subproductos generados por su manufactura como desperdicios, sino como insumos para otras actividades.

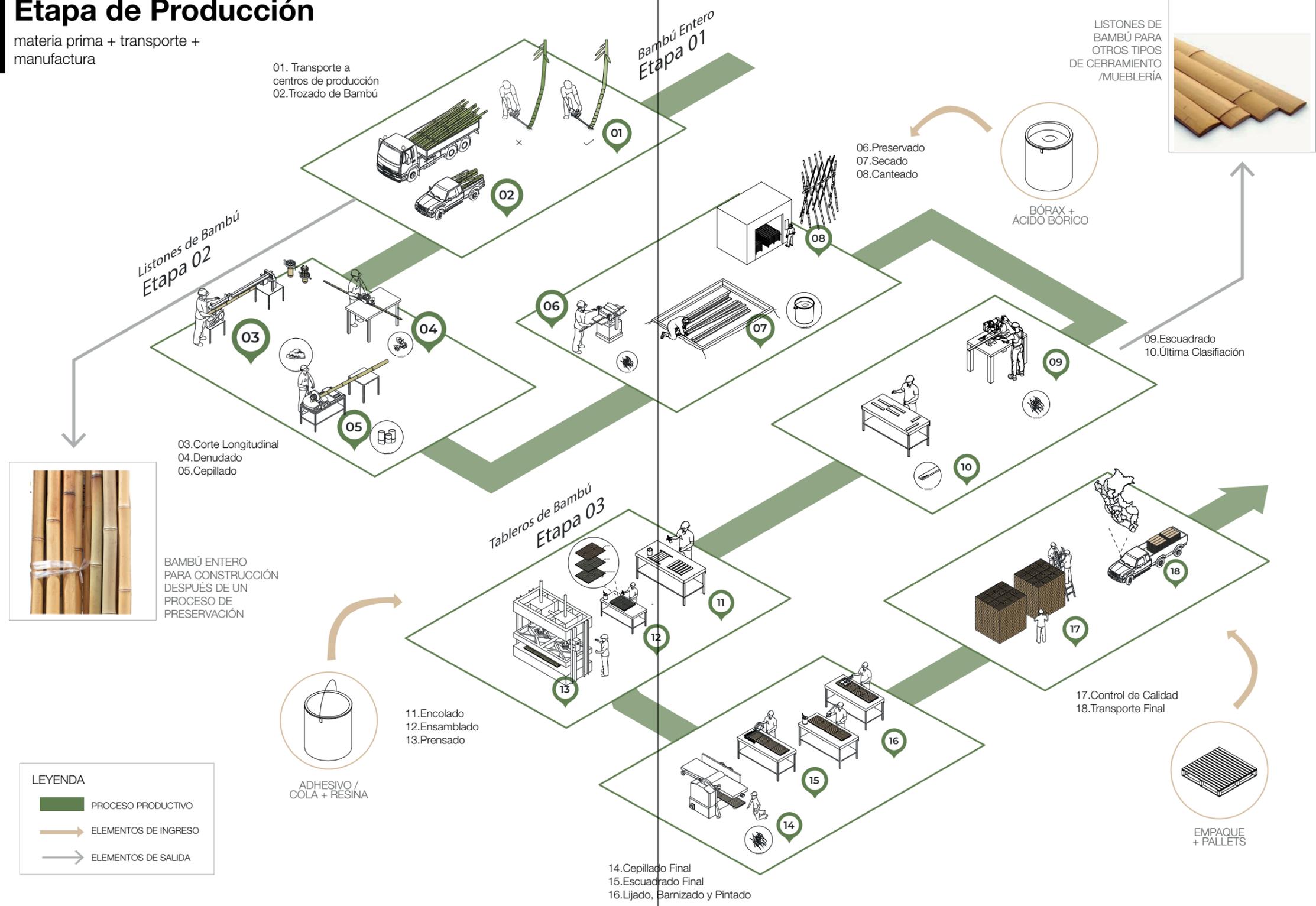
Los ejemplos desarrollados en el curso nos confirmaron la necesidad de continuar investigando sobre los materiales de construcción para descubrir su impacto ambiental. Además, plantean la tarea de reinterpretar los datos y buscar maneras más directas de comunicar esa

información, mediante un gran proyecto de sistematización y diagramación que pueda verse reflejado en una plataforma que sirva como herramienta de diseño y que visibilice esta información.

Finalmente, buscamos que la plataforma sea alimentada constantemente, incorporando información conforme se vaya generando, e intentando sistematizar la mayor cantidad de data posible para lograr transmitir una imagen integral del territorio. Un proyecto de investigación de este tipo requerirá construirse sobre proyectos parciales, que definan y analicen un área de intervención acotada, pero que alimenten un proyecto de escala mucho mayor. Del mismo modo, debido a que cada material o elemento constructivo tiene condiciones particulares, además de consolidar información general y transversal al conjunto, buscamos desarrollar lenguajes gráficos, cartográficos y de representación que permitan rescatar las particularidades de cada uno.

# Etapa de Producción

materia prima + transporte + manufactura



**ETAPAS DEL CICLO DE TRATAMIENTO DEL MÁRMOL**



**ETAPA 0: INVESTIGACIÓN**  
1. Ubicación de canteras (1)

**ETAPA 1: EXTRACCIÓN**  
1. Investigación (2)(3)  
2. Extracción (4)(5)  
3. Volcado (6)  
4. Segmentación (7)  
5. Preparar cargamento (8)

**ETAPA 2: TRANSPORTE**  
1. Recepción y descarga (9)  
2. Almacenaje y clasificación (10)

**ETAPA 3: ASERRADO**  
1. Corte de mármol (11)  
2. Aserrado en telares (12) (13)  
3. Aserrado en cortabloques (14)(15)

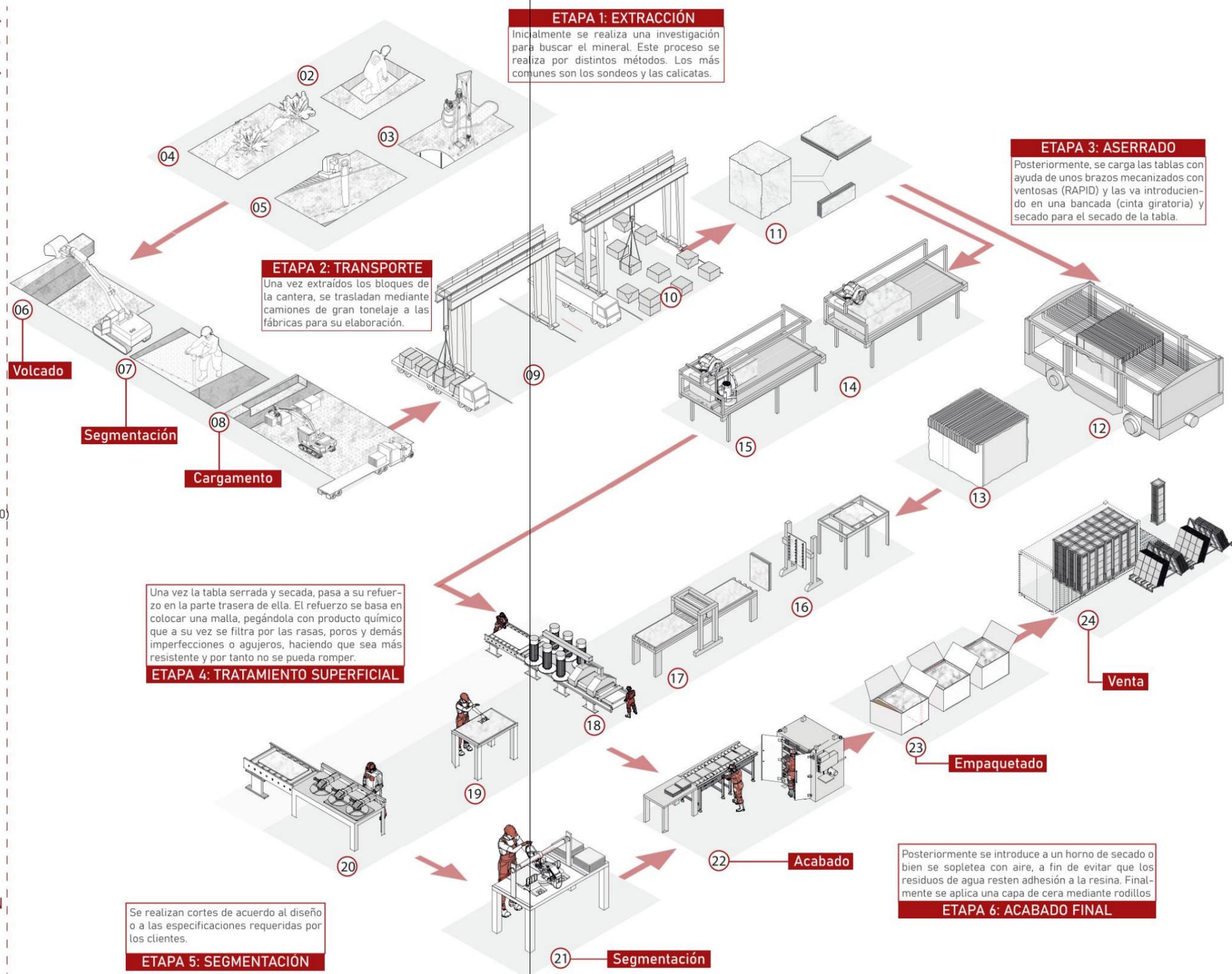
**ETAPA 4: TRATAMIENTO SUPERFICIAL**  
1. Secado de tablas (16)  
2. Enmallado y retapado (17)  
3. Calibrado (18)  
4. Masillado (19)  
5. Pulido (20)

**ETAPA 5: SEGMENTACIÓN**  
1. Segmentación o corte (21)

**ETAPA 6: ACABADO**  
1. Biselado (22)  
2. Secado  
3. Encerado

**ETAPA 7: EMPAQUETADO**  
1. Empaque (23)

**ETAPA 8: COMERCIALIZACIÓN**  
1. Embarque (24)  
2. Comercialización



## Bibliografía y recursos

Global Alliance for Buildings and Construction (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction*. [https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC\\_Buildings-GSR-2021\\_BOOK.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Technical Summary*. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_TS.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf)

Jevons, William Stanley (1965). *The Coal Question*. A. M. Kelley.

Jones, Craig (2019). *Inventory of Carbon and Energy V3.0 - 10 Nov 2019*. <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>

The Carbon Leadership Forum (2019). *AIA-CLF Embodied Carbon Toolkit for Architects, Part 2 – Measuring Embodied Carbon*. <https://carbonleadershipforum.org/download/19201/>

UNEP/SETAC Life Cycle Initiative (2017). *Global Guidance for Life Cycle Impact Assessment Indicators Volume 1*. <https://www.lifecycleinitiative.org/training-resources/global-guidance-lcia-indicators-v-1/>

### Dosieres CIAC

© De los autores, 2022

#### Editores

Luis Rodríguez Rivero  
Gary Leggett Cahuas  
Ingrid García Westphalen

#### Diseño gráfico

Gary Leggett Cahuas

#### Diagramación

Ingrid García Westphalen  
Natalia Talledo Fonken

#### Revisión de estilo

Lucía Patsías Valle

