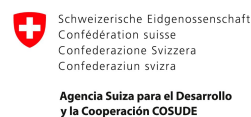


Proyecto CEELA-Universidad de Cuenca

Sostenibilidad de materiales locales de construcción del Ecuador desde un enfoque interdisciplinario

Strengthening capacities for energy efficiency in buildings in Latin America CEELA-Phase 1 (2020-2023)



DIRECTORES

Marcel Gauch

Paul Vanegas

Dolores Sucozhañay

INVESTIGADORES Universidad de Cuenca

Juan Sebastián Martines

Kristi Padrón

Estefania Barros

Jonnathan Aguirre

INVESTIGADORES EMPA

Cecilia Matasci

Eleonora Crenna

PROYECTO CEELA

Roger Walther

Alex Gertschen

EJECUTADO POR

Grupo de Investigación Economía Circular Inclusiva y Desarrollo Sostenible -ECI- del
Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población - DIEP - Universidad de Cuenca
Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology - EMPA

FINANCIADO POR

COSUDE

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	4
1. INTRODUCCIÓN	6
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	7
2.1 ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	7
2.1.1. METODOLOGÍA	7
A. Selección de materiales de construcción locales tradicionales y contemporáneos	8
B. Características generales y proceso productivo de los materiales	11
C. Análisis Normativo	13
D. Análisis de impacto ambiental	13
E. Análisis de impactos sociales	18
F. Análisis de los significados socioculturales	28
2.1.2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS	29
A. Fichas técnica - ambiental - social de materiales de construcción	29
B. Análisis comparativo de impacto ambiental de los materiales	30
C. Análisis comparativo de impactos sociales y significados culturales de los materiales	51
D. Análisis de los significados culturales de la producción de materiales	55
2.2 CAPACITACIÓN	63
2.2.1 Curso híbrido “Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina”	63
2.3 DISEMINACIÓN DE RESULTADOS	67
2.3.1 Net Zero Latitud 0	68
2.3.2 Curso de liderazgo de edificaciones sostenibles en América Latina (CLESAL)	68
2.3.3 II Congreso Internacional de Sustentabilidad Urbana	69
2.3.4. Contenido audiovisual sobre los procesos de producción de los materiales de construcción.	69
3. CONCLUSIÓN	69
4. REFERENCIAS	74
5. ANEXOS	79
Anexo 1 . Ficha técnica - ambientales- sociales de materiales locales de construcción de Ecuador.	79
Anexo 2. Resultados preliminares del impacto ambiental de la producción de materiales de construcción seleccionados por el método del IPCC 2021, Huella ambiental EF 3.0 y ReCiPe 2016.	79
Anexo 3. Fotografías de la salida técnica del curso “Materiales para la edificación sostenible: Metodologías, herramientas y datos para América Latina”	89
Anexo 4. Videos sobre la producción artesanal y semi mecanizada de materiales de construcción.	91

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto “*Sostenibilidad de materiales locales de construcción del Ecuador desde un enfoque interdisciplinario*” se desarrolla en el marco de la colaboración entre el Grupo de Economía Circular Inclusiva y Desarrollo Sostenible (ECI) del Departamento Interdisciplinario de Espacios y Población (DIEP) de la Universidad de Cuenca, los Laboratorios Federales Suizos para la Ciencia y Tecnología de Materiales (EMPA) y el proyecto Fortaleciendo Capacidades para la Eficiencia Energética en Edificios en América Latina (CEELA por sus siglas en inglés), financiado por la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo - COSUDE.

El objetivo de este proyecto es evaluar la sostenibilidad de la producción de seis materiales locales de construcción tanto tradicionales - vernáculos como contemporáneas, analizando las dimensiones ambiental y social de sus procesos de fabricación. Esta evaluación implicó varios retos metodológicos sobre todo relacionados a la dimensión social debido a que la producción de estos materiales se realiza principalmente de manera artesanal, en un entorno informal y se tienen además aspectos culturales relevantes que deben ser estudiados para comprender la totalidad de sus implicaciones. De hecho, esta evaluación demanda un enfoque que permita combinar las dimensiones ambiental y social, por lo que es necesario un enfoque interdisciplinario para poder afrontar esta problemática compleja. El proyecto consta de tres fases: en la primera se realiza la selección de los materiales de construcción y la evaluación de los impactos ambientales y sociales de sus procesos productivos. En la segunda fase se diseña e implementa un curso sobre materiales de construcción sostenibles, lo que permite fortalecer capacidades en la temática, y, finalmente en la fase tres se diseminan los resultados de investigación obtenidos en diferentes espacios profesionales y académicos.

En la primera fase se aplicó una metodología multicriterio para seleccionar seis materiales de construcción representativos de tres ciudades definidas con clima distintos: Cuenca (2500 m.s.n.m), Santa Isabel (1500 m.s.n.m) y Portoviejo (al nivel del mar) en la provincia de Manabí. La selección responde a criterios técnicos, ambientales y socioculturales, para lo cual se recopiló información de estilos de construcción tradicionales y tecnologías de producción semimecanizadas y artesanales. Los materiales seleccionados para el análisis son: adobe, caña guadua, ladrillo panelón, ladrillo tochano, bloque de concreto y teja. De cada material se levantó el proceso productivo y se realizó la caracterización técnica de dichos materiales.

Luego se evaluó el impacto ambiental asociado con la producción de los materiales de construcción mediante el análisis de ciclo de vida (ACV) . Para esto se realizó el inventario de ciclo de vida del proceso productivo siguiendo las directrices y parámetros establecidos por Ecoinvent, que es una asociación suiza dedicada a la generación de conjuntos de datos para evaluaciones de sostenibilidad en todo el mundo (Ecoinvent , 2022; Ecoinvent , n.d.). Luego de un proceso de revisión y validación, los conjuntos de datos de los seis materiales estudiados están disponibles globalmente en la plataforma de base de datos de Ecoinvent. Para la evaluación de los impactos sociales se empleó el ACV social basado en la metodología planteada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) en la *Guidelines For Social Life Cycle Assessment Of Products And Organizations* que fue publicada en diciembre del 2020. Además, se

identificaron los significados culturales en los procesos productivos a través del método etnográfico.

Los resultados obtenidos han posibilitado la comparación entre la producción artesanal y la producción semimecanizada de seis materiales de construcción. Como resultado de dicho análisis, se ha evidenciado que, en el caso de la producción artesanal de adobe y ladrillo panelón, las emisiones de CO2 equivalente por kilogramo de material producido son inferiores en comparación con la producción semimecanizada de ladrillo tochano. No obstante, es importante destacar que esta reducción en las emisiones se encuentra asociada al impacto en el bienestar de los productores, dado que la producción artesanal requiere una cantidad considerable de mano de obra, siendo el propio productor la principal fuente de energía en este proceso. Esta situación se atribuye al hecho de que la producción artesanal se organiza en función de la centralidad del trabajo humano y de las técnicas desarrolladas por los artesanos para aprovechar los recursos naturales disponibles en el territorio. Por otro lado, en el caso de la producción semimecanizada de ladrillo tochano, teja y bloque de concreto se evidencia que el aumento de las emisiones de al medio ambiente es debido a la presencia de maquinaria. Esto desplaza la centralidad del trabajo humano en el proceso de producción, lo cual reduce el impacto que esta actividad genera sobre el bienestar humano.

En la segunda fase del proyecto se diseñó e implementó el “Curso Híbrido - Materiales para la Edificación Sostenible: Metodologías, herramientas y datos para América Latina”, organizado por la Universidad de Cuenca, en los meses de noviembre y diciembre del 2022. En este curso se presentaron los aspectos metodológicos y resultados del trabajo ejecutado y su aplicabilidad e implicaciones en el contexto nacional y regional.

La difusión de los resultados de este proyecto se presentaron en tres instancias: el Curso digital internacional sobre Edificación Net Zero, organizado por la Universidad del Azuay y desarrollado presencialmente en la ciudad de Cuenca - Ecuador en el mes de julio de 2022. El “Curso de Liderazgo para Edificaciones Sostenibles en América Latina (CLESAL), organizado por la Universidad Javeriana y desarrollado en las ciudades de Bogotá y Cali - Colombia en los meses de agosto - septiembre de 2022. El II Congreso Internacional de Sustentabilidad Urbana, organizado por la Red ECoEiCo desarrollado en la ciudad de Vitória - Brasil del 14 - 16 de noviembre de 2022. Estos eventos constituyeron un espacio importante para la comunicación y el intercambio de conocimientos y experiencias alrededor de construcción sostenible en la región.

Los resultados de esta investigación se enmarcan dentro de la primera fase general del proyecto CEELA. La información generada para los seis materiales de construcción se ha conjugado finalmente en fichas informativas de cada material; la cual a manera de resumen, condensa la información relevante de los materiales estudiados.

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la construcción es uno de los sectores más importantes de la economía mundial, contribuyendo significativamente al PIB de muchos países (Onat & Kucukvar, 2020; Hossain et al., 2020). En Ecuador, en el año 2022, el sector de la construcción tuvo una participación del 6,4% de la economía nacional (Superintendencia de bancos, 2022). Debido a la elevada demanda de materiales de construcción, esta industria representa alrededor del 40% del consumo global de recursos naturales: 50% de materias primas y 36% de energía final global. Siendo además, la generadora del 40% de residuos y causante del 33% de emisiones (Dewagoda et al., 2022; Norouzi et al., 2021). En el Ecuador este sector es responsable del consumo de 47.8% de los materiales que se llegan a extraer, del 7% de la energía generada en el país, y del 15% de los combustibles fósiles empleados a nivel nacional (SCP-HAT, 2018). Por otra parte, los trabajadores del sector de la construcción son en su mayoría informales y enfrentan problemas relacionados con salud y seguridad ocupacional, salario justo, horas de trabajo, así como deficiencias en seguridad y prestaciones sociales. Otros actores como consumidores, comunidad local presentan diferentes preocupaciones en temas relacionados al patrimonio cultural de los edificios y las construcciones, el uso de las técnicas y materiales tradicionales, y la mano de obra artesanal frente al avance de procesos de industrialización.

En este contexto, se puede mencionar además el rápido desplazamiento de las técnicas tradicionales de producción de materiales y de construcción, debido al desarrollo de procesos de industrialización de este sector. Esto ha permitido cubrir en cierta medida el déficit de vivienda existente en el país, sin embargo las edificaciones de hormigón, no responden enteramente a las necesidades y realidades sociales y culturales de los usuarios y sus comunidades (Hermida et al., 2021). Ante estas problemáticas, en los últimos años se ha buscado incorporar metodologías y herramientas que doten al sector de la construcción de mayores elementos para evaluar la sostenibilidad. El proyecto “Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina” (CEELA), ha definido 15 principios de diseño y construcción de edificaciones con Eficiencia Energética y Confort Adaptativo (EECA), incluyendo elementos como el diseño integrado, energía incorporada, la reducción del uso de combustibles fósiles y el manejo consciente del agua (Proyecto CEELA, 2022). El desempeño ambiental de los materiales de construcción se encuentra estrechamente relacionado con la energía incorporada, que considera la cantidad total de energía consumida durante el ciclo de vida de un material de construcción, desde su extracción hasta su disposición final.

El porcentaje de energía embebida en los materiales puede alcanzar el 38% del total de energía usada por las edificaciones durante su vida útil, además el 82% de emisiones de carbono de las edificaciones se asocian con los materiales usados (Muneron et al., 2021). En este trabajo se evalúa el proceso de producción de materiales de construcción locales, tanto tradicionales como contemporáneos desde una perspectiva ambiental y social, incorporando aspectos culturales que permitan tener una visión holística respecto al desempeño de los procesos de producción de los materiales. Este enfoque sirve como punto de partida para expandir la investigación a la evaluación de la sostenibilidad de viviendas construidas con estos materiales.

El documento sigue una estructura basada en el desarrollo del proyecto, y se encuentra organizado en diferentes secciones. La sección 3.1, "Análisis de materiales de construcción", comprende varios puntos relevantes. En primer lugar, se aborda la metodología de: la selección de materiales, características generales y el proceso productivo, análisis normativo, análisis de impacto ambiental, análisis de impactos sociales y análisis de significados culturales asociados a los procesos productivos de los materiales. En segundo lugar, se abordan los resultados de los análisis, comprendidos por las fichas técnico-ambiental-sociales de los materiales, los resultados del análisis comparativo de impacto ambiental así como los resultados del análisis comparativo de impactos sociales y significados culturales.

En la sección 3.2, "Capacitación", se detalla el proceso de formación llevado a cabo en colaboración con el proyecto CEELA y otras instituciones educativas e investigativas. Este proceso se materializó a través de un curso híbrido denominado "Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina". En esta sección se encuentra una explicación sintetizada sobre el contenido y desarrollo integral de dicho curso. En la sección 3.3, "Diseminación de resultados", se presentan los eventos en los cuales el equipo de investigación tuvo la oportunidad de participar y compartir los resultados obtenidos durante el proyecto. Además de estas secciones, el documento incluye las conclusiones derivadas del desarrollo del proyecto, así como anexos correspondientes a las diferentes secciones mencionadas anteriormente.

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es evaluar la sostenibilidad de la producción de seis materiales locales de construcción tanto tradicionales - vernáculos como contemporáneas, analizando las dimensiones ambiental y social de sus procesos de fabricación. Esta evaluación demanda un enfoque que permita combinar las dimensiones ambiental y social, por lo que es necesario un enfoque interdisciplinario para poder afrontar esta problemática compleja. Además implica varios retos metodológicos sobre todo relacionados a la dimensión social debido a que la producción de estos materiales se realiza principalmente de manera artesanal, en un entorno informal y se tienen además aspectos culturales relevantes que deben ser estudiados para comprender la totalidad de sus implicaciones.

El proyecto consta de tres fases: en la primera se realiza la selección de los materiales de construcción y la evaluación de los impactos ambientales y sociales de sus procesos productivos. En la segunda fase se diseña e implementa un curso sobre materiales de construcción sostenibles, lo que permite fortalecer capacidades en la temática, y, finalmente en la fase tres se diseminan los resultados de investigación obtenidos en diferentes espacios profesionales y académicos.

2.1 ANÁLISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

2.1.1. METODOLOGÍA

En esta sección se detallan los análisis llevados a cabo para cada uno de los materiales de construcción: A. Selección de materiales de construcción locales tradicionales y contemporáneos; B. Características generales y proceso productivo de los materiales; C. Análisis Normativo; D.

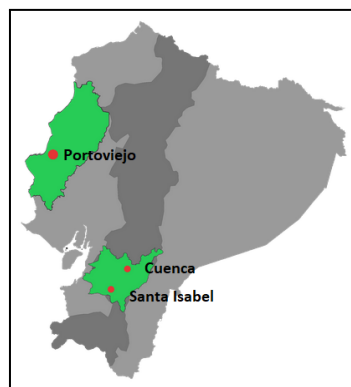
Análisis de impacto ambiental; E. Análisis de impacto social; F. Análisis de los significados socio-culturales.

A. Selección de materiales de construcción locales tradicionales y contemporáneos

Para la selección de los seis materiales de construcción representativos en el país, la definición del alcance geográfico fue una discusión clave. La provincia de Azuay posee problemáticas en el sector de la construcción, tales como un crecimiento disperso que ha llevado a la adopción de sistemas constructivos que no contemplan necesidades culturales, patrimoniales o sociales de usuarios y comunidades, lo que ha influido en la pérdida de conocimientos y prácticas generadas desde la localidad (Hermida et al., 2021). Se seleccionó como caso de estudio al cantón Cuenca, ubicado en la zona nororiental de la provincia. Cuenca presenta una elevación entre los 2300 y 3000 msnm y una temperatura entre los 13 y 26°C (GAD Cuenca, 2015). La población del cantón asciende a 637000 habitantes (INEC, 2021), este cantón es el tercero en el país en el que más edificaciones se construyen año a año (INEC, 2020). El cantón en su área urbana y rural presenta un escenario en que el uso de técnicas y la presencia de construcciones vernáculas aún mantienen un rol protagónico y han generado un creciente interés por parte de varios actores.

Se integró también a Santa Isabel, un cantón localizado en la zona sur de la provincia, cuya altitud está en el rango entre 100 y 4000 msnm, y su temperatura más tropical con temperaturas que pueden llegar a los 35 °C. La población actual de este cantón es de aproximadamente 21000 habitantes (INEC, 2021). Otra de las zonas consideradas fue el cantón Portoviejo en la provincia de Manabí, donde la presencia de bambú, en especial la caña guadua, es evidente; razón por la cual fue seleccionado para el levantamiento de información y datos sobre la silvicultura del bambú, proceso de preservación del bambú y producción de caña picada. Este cantón se encuentra a 53 msnm, con una temperatura promedio de 24°C y cuenta con una población de alrededor de 250.000 habitantes (GAD Portoviejo, 2022).

Figura 1. Alcance geográfico del proyecto



Para la selección de los materiales de construcción a estudiar se empleó una metodología multicriterio. Este tipo de análisis permite generar una selección partiendo de un conjunto de alternativas y un set de criterios definidos (Roy 1996) que permiten rankear o calificar dichas alternativas en función de los pesos que se les asigna a cada uno de los criterios.

Los pasos a seguir para un análisis multicriterio son:

1. Definición de las alternativas que serán analizadas.
2. Definición del set de criterios y sus respectivos subcriterios.
3. Asignación de pesos o jerarquías a los criterios y subcriterios.
4. Evaluar las alternativas.

1. Identificación de las alternativas que serán analizadas:

Estas alternativas fueron definidas por el equipo investigador en función de los materiales que son producidos en el país y empleados en las áreas de estudio. Estos materiales fueron agrupados de la siguiente manera para facilitar el desarrollo de la etapa de evaluación:

Tabla 1. Grupo de materiales tradicionales y contemporáneos en análisis

Materiales tradicionales con base de tierra	Materiales tradicionales con base en fibras naturales	Materiales contemporáneos
<ul style="list-style-type: none"> - Adobe - Tapial - Bahareque - Ladrillo Panelón (macizo) 	<ul style="list-style-type: none"> - Madera - Bambú - Totorá 	<ul style="list-style-type: none"> - Ladrillo tochano (hueco) - Teja - Bloque de concreto - Zinc - Fibrocemento - Cemento - Acero estructural - Vidrio

2. Definición del set de criterios, subcriterios y ponderación:

La definición de los criterios se realizó en función de las tres grandes dimensiones que maneja el proyecto: dimensión técnica, ambiental y sociocultural. Los subcriterios y los pesos asignados a cada uno fueron definidos a través de discusiones internas del grupo de investigación. De esta forma se elaboró la Tabla 2 donde se detallan las categorías, subcategorías y los pesos asignados a cada una de ellas.

Tabla 2. Criterios y subcriterios para la selección de los materiales

Criterios	Peso	Subcriterios	Peso
Técnicos	30%	Uso del material en construcciones patrimoniales	20%
		Uso del material en construcciones modernas	20%
		Disponibilidad y accesibilidad de datos	25%
		Conductividad térmica	10%
		Materiales de Paredes o Cubiertas	25%
Ambientales	35%	Residuos generados en la producción	20%
		Uso de materia prima local	20%
		Consumo de Agua	20%

		Potencial reciclable o reusable	20%
Socio-culturales	35%	Uso de técnicas tradicionales/artesanales para la producción de materiales	30%
		Valor cultural local	30%
		El material responder depende los recursos disponibles en el territorio y responde a necesidades socioculturales (material vernáculo)	25%
		Uso histórico del material en la zona	15%

3. Evaluación de las alternativas:

Cada alternativa se calificó según cada criterio y subcriterio. Para esto se recolectó información y la evaluación fue realizada por el equipo de investigación en varias iteraciones para poder ajustar los pesos de cada uno de los criterios. En función de la agrupación presentada en la Tabla 3 se consideró seleccionar el material mejor puntuado del grupo de fibras naturales, los dos mejores puntuados de los materiales del grupo materiales tradicionales con base de tierra y los tres mejores puntuados de los materiales del grupo de materiales modernos - contemporáneos.

Tabla 3. Resultados para los materiales tradicionales con base de tierra.

Criterios	Agrupación: Materiales tradicionales con base de tierra			
	Ladrillo panelón (macizo)	Adobe	Bahareque	Tapial
Técnicos	30,00	26,00	23,50	17,50
Ambientales	30,33	35,00	35,00	35,00
Socio-culturales	35,00	35,00	35,00	35,00
Total	95,33	96,00	93,50	87,50

Tabla 4. Resultados para los materiales tradicionales con base de fibras naturales.

Criterios	Agrupación: Materiales tradicionales con base fibras naturales		
	Madera	Bambú (Caña Guadua)	Totora
Técnicos	18,50	22,00	16,50
Ambientales	28,00	30,33	30,33
Socio-culturales	28,00	28,00	24,50
Total	74,50	80,33	71,33

Tabla 5. Resultados para los materiales contemporáneos.

Criterios	Agrupación: Materiales contemporáneos								
	Ladrillo tochano (hueco)	Bloques de concreto	Tejas	Zinc	Fibro cemento	Hormigón armado	Acero estructural	Cemento	Vidrio
Técnicos	18,50	25,00	27,00	17,00	11,00	16,50	11,50	16,50	18,50
Ambientales	25,67	16,33	25,67	11,67	11,67	11,67	16,33	30,33	16,33
Socio-culturales	26,25	13,42	28,00	11,67	13,42	13,42	13,42	24,50	13,42
Total	70,42	54,75	80,67	40,33	36,08	41,58	41,25	71,33	48,25

4. Selección de materiales:

Se evaluaron todas las alternativas y se seleccionaron los materiales con mayor puntaje dentro de cada agrupación. Las puntuaciones obtenidas para cada material se muestran en las tablas correspondientes. Así, la selección final resultó en seis materiales:

2 Materiales tradicionales con base de tierra:

- Ladrillo Panelón (macizo)
- Adobe

3 materiales modernos contemporáneos:

- Ladrillo tochano (hueco)
- Teja
- Bloque de hormigón. Material que tiene como base el cemento, que no fue seleccionado por este mismo motivo.

1 Materiales tradicionales con base de fibra natural:

- Bambú (Caña Guadua)

B. Características generales y proceso productivo de los materiales

Una vez seleccionados los seis materiales que serán analizados, el siguiente paso consistió en determinar sus características técnicas y procesos de producción. Este análisis, crucial para comprender cada material, precede a la aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida. Asimismo, esta fase facilitó la planificación para la recolección de información en las etapas subsiguientes.

Para determinar las características técnicas, tales como, definiciones técnicas, propiedades físicas, propiedades mecánicas, propiedades térmicas, se llevó a cabo una revisión de normas de dos entes rectores gubernamentales que rigen el ámbito de la construcción y la calidad de los productos que se elaboran en Ecuador; y un ente rector que rige la construcción en Perú: El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) con las normas INEN; y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en Ecuador. El Servicio Nacional de capacitación para la industria de la construcción (SENCICO) con el Reglamento Nacional de Edificaciones en Perú.

Para identificar los procesos de producción, se llevaron a cabo visitas de campo a talleres e instalaciones de producción de los materiales en estudio, complementadas con entrevistas a los productores que se listan en la Tabla 6. La información recabada permitió la elaboración de diagramas de flujo del proceso productivo para cada material de construcción.

Tabla 6. Talleres e instalaciones de producción visitados.

Material	Nº de talleres / instalaciones visitadas	Ubicación
Adobe	1	San José de Balzay: Azuay
Ladrillo panelon	2	San José de Balzay: Azuay

Guadual	1	Parroquia Abdón Calderon: Manabí
Centro de preservado de caña guadua - UNODEC	1	Portoviejo: Manabí
Bloque de concreto	2	Santa Isabel: Azuay Sayausí: Azuay
Ladrillo tochano	3	San José de Balzay: Azuay Racar: Azuay
Teja	1	San José de Balzay: Azuay

Figura 2. Talleres e instalaciones de producción de materiales de construcción visitados



A: Taller de producción de adobe. B: Taller de producción de ladrillo panelón. C: Guadual ubicado en Portoviejo. D: Centro de preservado de caña guadua. E: Fábrica de bloques de concreto. F: Taller de ladrillo tochano. G: Taller de producción de teja.

Finalmente, la información recopilada se sistematizó en una ficha de cada material con las siguientes secciones :

- Definiciones técnicas,
- Descripción general del material
- Descripción del procesos productivo
- Características técnicas

- Propiedades Físicas
- Propiedades Mecánicas: densidad, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión, resistencias a la tracción, módulo de elasticidad a la compresión, módulo de elasticidad a la tracción, módulo de elasticidad a la flexión, resistencia a esfuerzo cortante, contenido de humedad y porcentaje de absorción de agua.
- Propiedades Térmicas: conductividad térmica a nivel de material y transmitancia térmica a nivel de sistema constructivo.

C. Análisis Normativo

Las normativas regulan la producción, uso y desecho de los materiales de construcción, por lo tanto, es necesario identificarlas para tener una visión completa de los materiales analizados. Para esto se realizó una revisión de normas de dos entes rectores gubernamentales que rigen el ámbito de la construcción y la calidad de los productos que se elaboran en Ecuador; y un ente rector que rige la construcción en Perú: El Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) con las normas INEN; y el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en Ecuador. El Servicio Nacional de capacitación para la industria de la construcción (SENCICO) con el Reglamento Nacional de Edificaciones en Perú.

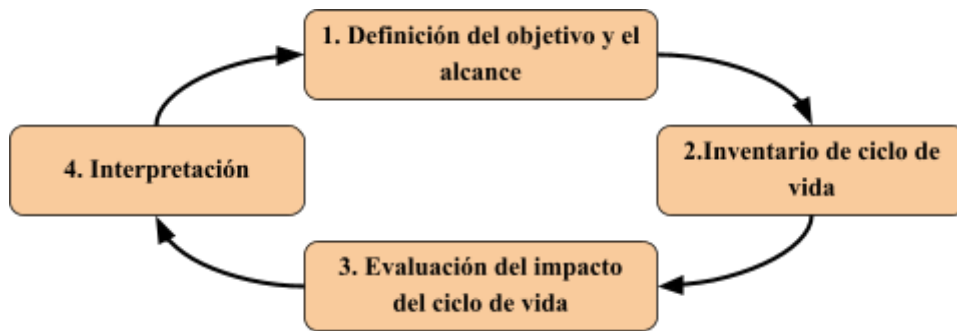
D. Análisis de impacto ambiental

En Ecuador, la industria de la construcción es responsable del consumo de 47.8% de los materiales que se llegan a extraer, del 7% de la energía generada en el país, y del 15% de los combustibles fósiles empleados a nivel nacional (SCP-HAT, 2018). Poder entender el impacto ambiental de los materiales de construcción contribuye a la generación de estrategias para mejorar la sostenibilidad de este sector en el país.

Para evaluar el desempeño ambiental de los materiales de producción se seleccionaron tres métodos de evaluación de impactos ambientales: IPCC 2021, EF 3.0 y ReCiPe. El método IPCC 2021, ofrece un enfoque actualizado para evaluar el cambio climático, mientras que los métodos EF 3.0 y ReCiPe abordan múltiples categorías de impacto, fundamentándose en distintos indicadores y modelos matemáticos. Al aplicar conjuntamente estos métodos, es posible investigar la relación entre el impacto ambiental derivado de la producción de materiales tradicionales y contemporáneos, y determinar si existe una tendencia constante a pesar de las diferencias en los modelos utilizados.

La evaluación del impacto ambiental de los procesos de producción de los materiales seleccionados se llevó a cabo empleando la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, conforme las etapas establecidas por la norma ISO 14040: "Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia". Dicha norma establece cuatro etapas, las cuales se ilustran en la Figura 3. Esta metodología permite una evaluación sistemática de las implicaciones ambientales asociadas con la producción de los materiales en cuestión, siguiendo un marco reconocido internacionalmente.

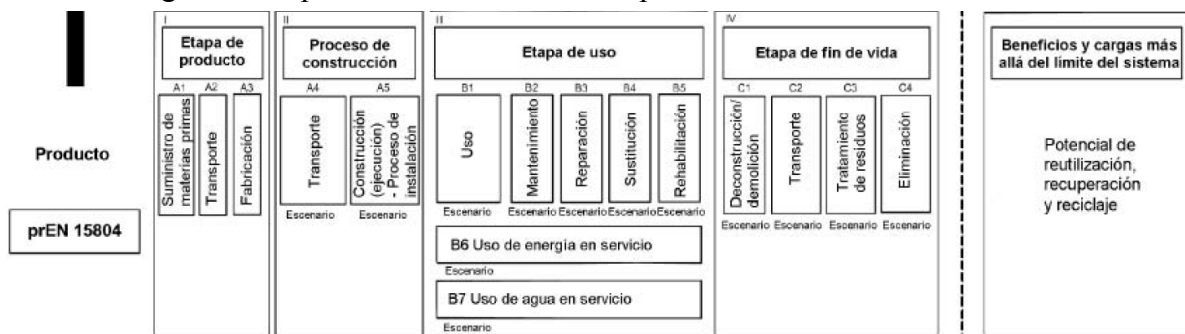
Figura 3. Etapas del análisis de ciclo de vida



1. Definición del objetivo y alcance

El objetivo de la evaluación fue determinar el impacto ambiental asociados a la producción de los seis materiales locales en Ecuador. El estudio se enfoca en la evaluación del impacto ambiental para 1 kg de material producido, considerándolo como unidad funcional. Los límites del sistema se identificaron a partir de la descripción de los procesos productivos de los materiales y se definieron tomando en cuenta la norma UNE-EN 15804:2012+A2: “Sostenibilidad en la construcción”, la cual establece cuatro etapas del ciclo de vida de un producto y servicio de construcción, que se ilustra en la Figura 4. Los límites del sistema se establecieron desde un enfoque de puerta a puerta (gate to gate), desde la entrada de la materia prima a la fábrica hasta la obtención y almacenamiento del producto (material de construcción); además, se incluye el transporte de la materia prima hacia el lugar de producción.

Figura 4. Etapas de ciclo de vida de un producto/material de construcción



Fuente: Norma UNE-EN 15804:2012+A2 (2020)

2. Inventario de ciclo de vida (ICV) de la producción de materiales locales de construcción

El ICV involucra la recopilación y cuantificación de entradas y salidas de una actividad a nivel de proceso unitario, de un producto o servicio durante su ciclo de vida, es decir, los intercambios con el medio ambiente y las actividades humanas (tecnósfera) (ISO, 2006; Weidema et al., 2013). Después del levantamiento de los procesos de manufactura y la elaboración de los diagramas de flujo de cada material, los datos para desarrollar el ICV de cada material de construcción, se obtuvieron mediante visitas a talleres de producción; donde se pudo observar las distintas etapas del proceso, tomar y registrar datos de las entradas y consumos de recursos así como las salidas

de residuos, emisiones y el producto como tal; y de ser necesario, se complemento con información de los conjuntos de datos existentes en Ecoinvent. Cabe mencionar que la generación de datos y el ICV estuvieron guiados por los criterios establecidos por Ecoinvent para la gestión, difusión y accesibilidad de la información; con el propósito de que estos conjuntos de datos tengan el formato y calidad requeridos para que se puedan publicar y usar a nivel global.

De acuerdo a las “*Directrices para proveedores de datos a la base datos Ecoinvent* ” y las “*Directrices de calidad de datos para la base de datos Ecoinvent , versión 3*” (Moreno Ruiz et al., 2016; Weidema et al., 2013); se listan a continuación, los criterios para el levantamiento de datos.

1. **Nombre de la actividad:** existe un formato para nombrar una actividad y como la base de datos está en inglés, se coloca el nombre del producto referencia adicionando “production”, por ejemplo: “clay roof tile production”; seguido de eso, se añade una coma y se coloca las especificaciones adicionales del producto, la materia prima o la ruta de producción, por ejemplo: “clay roof tile production, glazed”.
2. **Localización geográfica:** es la ubicación para la que se pretende que sea válido el conjunto de datos. Este se describe con un nombre corto y único, normalmente colocando el nombre del país (en este caso Ecuador) en el que se desarrolla la actividad.
3. **Periodo de tiempo:** hace referencia a la validez temporal del conjunto de datos del ICV, es decir, el año de la fuente de datos y/o de la recopilación de los mismos, que puede extenderse hasta algunos años en el futuro dependiendo de la previsión del uso de la tecnología usada por la actividad.
4. **Límites del sistema:** descripción del punto de inicio de la actividad y de las actividades incluidas que no se explica intrínsecamente a partir del nombre de la actividad, como actividades o insumos que se excluyen intencionadamente.
5. **Volumen de producción:** se indica la producción anual del producto con una tecnología y geografía determinada, en el año referencia.
6. **Propiedades del producto de referencia:** en la base de datos se incluye las siguientes propiedades del producto: masa seca, masa húmeda, agua en masa húmeda, contenido de agua, contenido de carbono fósil y contenido de carbono no fósil.
7. **Flujos de entrada:** corresponde a los intercambios desde el medio ambiente y los intercambios intermedios, explicados anteriormente.
8. **Flujos de salida:** corresponde a los intercambios hacia el medio ambiente y tecnósfera, el producto de referencia, subproductos y residuos.
9. **Tecnología:** se describe la tecnología de producción modelada en el inventario y indica el tipo de tecnología que puede ser:
 - nueva: tecnología superior en aspectos técnicos a la tecnología moderna, pero aún no es la más instalada.
 - moderna: es la tecnología más competitiva, utilizada actualmente en la instalación de nuevas capacidades.
 - actual: tecnología intermedia entre moderna y antigua.
 - antigua: tecnología menos competitiva, actualmente en desuso
 - desactualizada: tecnología que ya no se utiliza.

10. **Documentación del conjunto de datos:** es necesario describir adecuadamente la actividad con el fin de que sea comprensible y autoexplicativa para los usuarios de la base de datos; por lo que en la sección de comentario general del dataset, se describe la actividad y sus límites, la tecnología correspondiente y las extrapolaciones geográficas y tecnológicas (si es el caso).
11. **Fuente de los datos:** detallar la procedencia de los datos usados en el inventario, por ejemplo, si los datos están disponibles en una publicación, si se sacaron a través de encuestas, entrevistas o toma de datos en las instalaciones correspondientes a la actividad.
12. **Balance de masas:** Para cada actividad del proceso productivo, se aplica la ley de conservación de masa, esto depende de la cantidad de cada flujo en la entrada y salida, además de las propiedades de cada flujo.

Los datos recopilados son organizados en el inventario según el esquema de la Figura 5, donde se encuentran las entradas y salidas que se dan en una determinada actividad; las mismas que fueron calculadas a partir de la producción de 1 kg de material de construcción, de acuerdo a su categoría respectiva. En el reporte “*Directrices de calidad de datos para la base de datos Ecoinvent , versión 3*”, Weidema et al. (2013), define estas categorías de la siguiente manera:

- **Intercambios desde el medio ambiente:** hacen referencia a recursos extraídos, materia prima y reactivos químicos del aire, el agua o suelo que ingresan en una actividad; así como la transformación de la tierra y la ocupación del suelo.
- **Intercambio intermedio:** intercambio entre dos actividades de la tecnósfera, por ejemplo: aguas residuales que se liberan de una actividad a otra. Este término hace referencia a la parte física del medio ambiente intervenida por las actividades humanas (Ecoinvent , 2023).
- **Intercambios hacia el medio ambiente:** emisiones a los diferentes compartimentos ambientales, que son al aire, al suelo, al agua.
- **Producto referencia:** puede ser un producto o servicio, para los que un cambio en la demanda, afectará al volumen de producción de la actividad.
- **Subproducto y residuos:** tanto los residuos como los subproductos pueden ser o transformarse en insumos para otros sistemas así como pueden requerir de un proceso de tratamiento.

Figura 5. Categorías de intercambios en una actividad o proceso unitario



Fuente: Weidema et al. (2013)

Al finalizar de incorporar los datos de procesos en las matrices de ICV, estas fueron enviadas a Ecoinvent a inicios del mes de noviembre de 2022, para su respectiva revisión. El proceso de revisión es guiado por el cumplimiento de los criterios antes mencionados, por lo que cada

inventario ingresa a un proceso de revisión crítica de acuerdo con la norma ISO 14040: "Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco de referencia", por al menos tres editores, uno para la actividad económica y dos editores transversales; pasando por el siguiente proceso de revisión (Weidema et al., 2013):

1. El editor responsable se encarga de revisar y realizar comentarios al archivo, con el objetivo de examinar el conjunto de datos con las directrices de calidad de datos de Ecoinvent, comprobar el resultado de validación automática y comprobar su verosimilitud con la actividad de la "vida real".
2. Estos comentarios pasan al proveedor de datos para su revisión y corrección, lo vuelve a presentar hasta que el editor considere que los datos son de calidad.
3. Cuando el editor responsable aprueba el conjunto de datos, este pasa a la revisión por los editores transversales.
4. Se acumulan las observaciones y comentarios de todos los editores transversales y son enviados al proveedor, los corrige y es presentado nuevamente a cada editor. Este procedimiento continúa hasta que los editores transversales confirmen la calidad de los datos.
5. Al haber superado la revisión transversal y el conjunto de datos pasa a una revisión final por el editor responsable, quien carga los datos en la versión de producción actual de la base de datos.

Todos los procedimientos son siempre informados al proveedor de datos, los editores intentan procesarlos en un plazo de 14 días a partir de su recepción, pero pueden solicitar una prórroga. El plazo mínimo entre la presentación de un conjunto de datos y su inclusión en la base de datos es de un mes, pero normalmente se necesita más tiempo (Weidema et al., 2013).

3 y 4. Evaluación e interpretación del impacto ambiental de la producción de materiales locales de construcción

Luego del levantamiento de los inventarios de ciclo de vida, estos fueron empleados para el cálculo del impacto ambiental de la producción de los materiales de construcción; para lo cual se usaron los siguientes métodos de análisis de impacto:

- IPCC 2021: las emisiones de gases de efecto invernadero son agregadas en una sola categoría de impacto "cambio climático" y son caracterizadas según el potencial de calentamiento global en 100 años (GWP100) publicado por el IPCC (IPCC, 2021); dicho indicador es relativo a la emisión atmosférica de un kg de gas de efecto invernadero, traducido en la emisión de un kg de dióxido de carbono, por lo tanto, se calcula en kg de CO₂-eq/kg de material producido (Hischier et al., 2010).
- Huella ambiental (EF 3.0): método propuesto por el centro de investigación de la Comisión Europea, basado en la Evaluación de Ciclo de Vida; donde las entradas y salidas del proceso son asociadas a categorías de impacto de punto medio.

Mediante el uso de SimaPro, un software de ACV, se procesan los valores correspondientes a las entradas y salidas, a través de un proceso de caracterización; en el cual se determinan los impactos para cada categoría en sus respectivas unidades. Por ejemplo, el cambio climático en kg CO₂ eq/kg de material producido mientras que la ecotoxicidad en CTUe/kg de material producido, entre otros. Posteriormente, se aplican procedimientos de normalización y ponderación, lo que permite presentar los impactos de todas las categorías en una misma unidad, facilitando así la suma de estos para obtener la contribución individual de cada categoría al impacto global, expresado en milipuntos (mPt//kg de material producido) (Zampori & Pant, 2019; EC-JRC, 2023). Las categorías de impacto usadas se indican en la Tabla 7.

Tabla 7. Categorías de impacto usadas en la huella ambiental (EF 3.0)

1. Uso de recursos, minerales y metales	5. Ecotoxicidad, agua dulce	9. Acidificación	13. Formación de ozono fotoquímico
2. Uso de recursos, fósiles	6. Eutrofización, terrestre	10. Toxicidad en humanos, cancerosa	14. Radiación ionizante
3. Uso del agua	7. Eutrofización, marina	11. Toxicidad en humanos, no cancerosa	15. Agotamiento del ozono
4. Uso del suelo	8. Eutrofización, agua dulce	12. Materia particulada	16. Cambio climático

Fuente: Zampori & Pant (2019).

- ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07: Este método evalúa varias categorías de impacto de punto medio y punto final. En este caso, se determinó el impacto de acuerdo a las categorías de daño de punto final, que corresponden a tres áreas de protección: salud humana, ecosistemas y recursos. Estas son calculadas a partir de las contribuciones de los indicadores de punto medio, teniendo en cuenta la perspectiva jerarquizada, la misma que se basa en concesiones científicas con respecto a plazos y la verosimilitud de mecanismos de impacto (Hischier et al., 2010; Huijbregts et al., 2017). El impacto está representado por mPt de la categoría de daño por kg de material producido.

E. Análisis de impactos sociales

El análisis de impacto social de los procesos de producción de los materiales seleccionados se realizó siguiendo la metodología de análisis de ciclo de vida social (ACV-S) que evalúa los aspectos sociales y socioeconómicos de los productos y servicios y sus impactos positivos y negativos a lo largo de sus ciclos de vida (UNEP, 2020). Esta metodología es planteada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) que en diciembre de 2020 publicó la última actualización de esta metodología. El ACV-Social consta de cuatro fases, similares a las del ACV ambiental (Figura 3), las cuales fueron ajustadas para cubrir el objeto de estudio.

1. Definición del objetivo y alcance

La primera fase implica definir cuál es el objetivo del estudio, su alcance, actores que se evaluarán y el tipo de evaluación que se aplicará. El objetivo de la evaluación fue: Determinar los impactos sociales de la producción de ladrillo panelón/adobe/ladrillo tochano/teja en los talleres identificados en San José de Balzay parte de la parroquia Sinincay del cantón Cuenca. Este objetivo fue adaptado para la producción del material bloque pues los talleres se ubican en Buenos Aires, parte de la parroquia Sayausi del cantón Cuenca. Por último, para la caña guadua se incluye tanto la producción como los procesos del centro de preservado quedando el objetivo de la siguiente forma: Determinar los impactos sociales de la producción de la caña guadua en el guadual y centro de preservado identificados en cantón Portoviejo provincia de Manabí.

La definición del alcance implica identificar los límites del sistema del producto o servicio a ser evaluado, en este caso la producción de los materiales de construcción. Con base a la descripción de los procesos productivos de los materiales se identificó, para cada material, los procesos que se incluirán en el ACV-S. En las figuras 6, 7, 8, 9 y 10, se presentan los procesos productivos de los materiales y dentro de los bloques amarillos, los procesos que serán parte de la evaluación:

Figura 6. Proceso de producción del Adobe y los límites para la evaluación del ACV-S

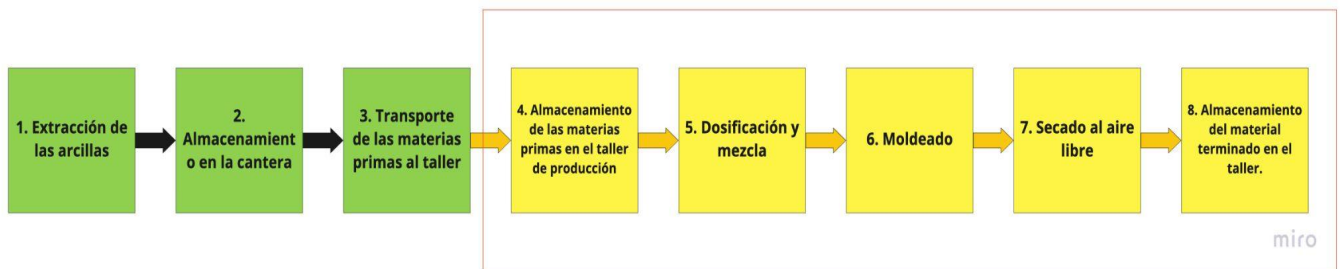


Figura 7. Proceso de producción del Ladrillo panelón y los límites para la evaluación del ACV-S

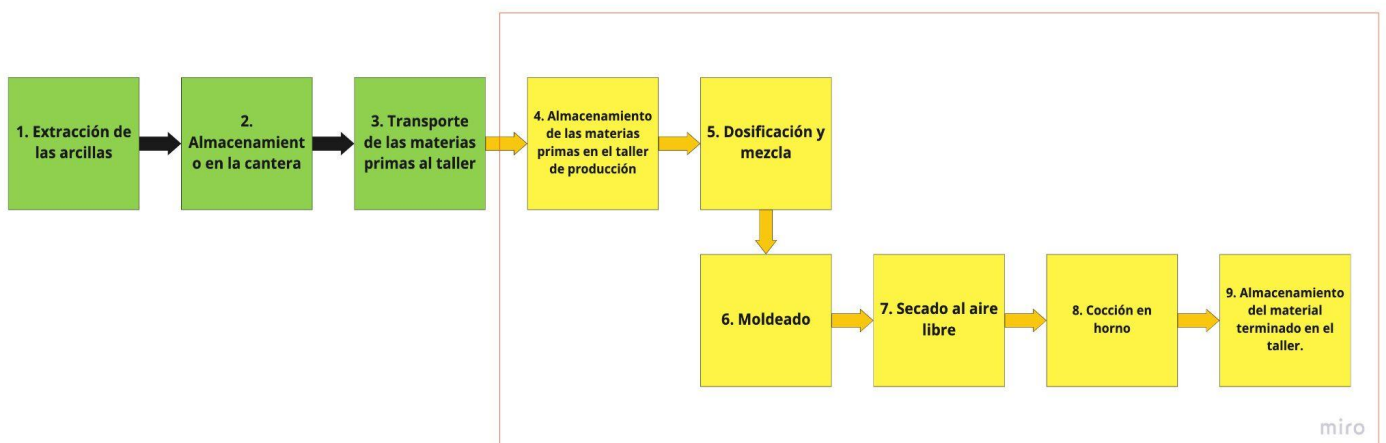


Figura 8. Proceso de producción del Ladrillo tochano y Teja y los límites para la evaluación del ACV-S

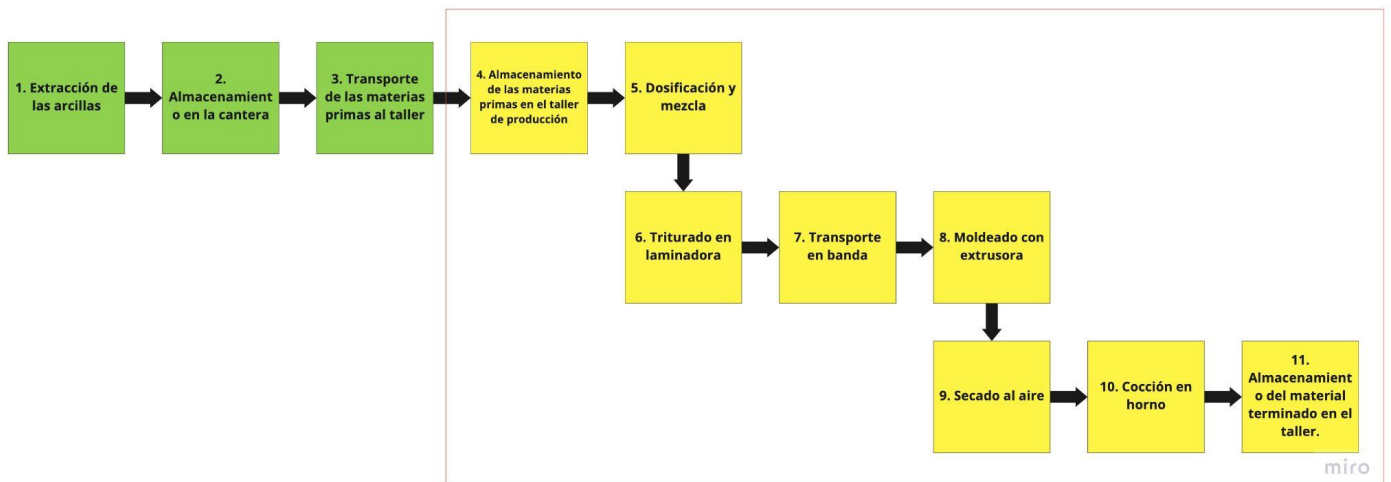


Figura 9. Proceso de producción del Bloque de concreto y los límites para la evaluación del ACV-S

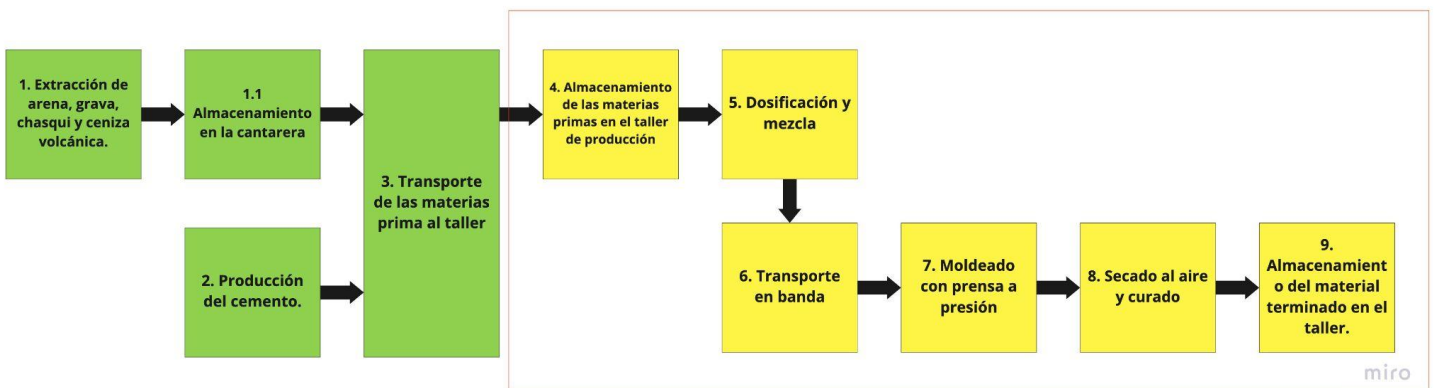
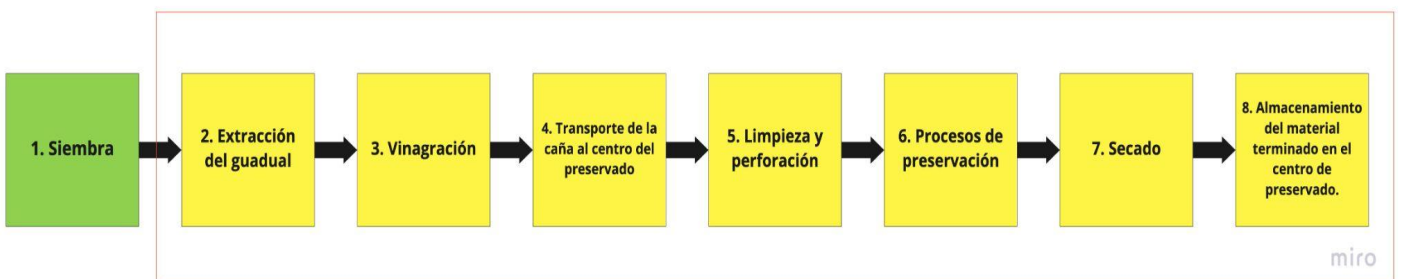


Figura 10. Proceso de producción de la Caña Guadua y los límites para la evaluación del ACV-S



En el caso de la caña guadua los límites del sistema se extienden, ya que para completar la producción de un poste de caña es necesario un proceso de preservado. Por lo tanto los límites de este sistema incluyen el gradual y el centro de preservado.

Posteriormente, como parte de la definición del alcance es necesario identificar los actores a ser evaluados, que son aquellos que pueden ser afectados por el proceso de producción de los materiales (UNEP, 2020). Las categorías de actores propuestos por la guía del ACV-S son: Trabajadores, Consumidores, Comunidades Locales, Sociedad, Futuras generaciones y otros actores de la cadena de valor. En nuestro estudio solo la categoría de actor "Trabajadores", que para nuestro caso serían los productores de materiales, fue incluida en el análisis debido a restricciones de tiempo y recursos.

Para finalizar la fase 1 del ACV-S, debemos establecer el tipo de evaluación de impacto, las subcategorías e indicadores correspondientes. El ACV-S tiene dos tipos de evaluación. La evaluación Tipo 1 se orienta a identificar el desempeño social de los procesos de producción, construyendo escalas de referencia para cada indicador que integra las subcategorías de impacto. Por otro lado, la Evaluación Tipo 2, conocida como "Impact Pathway Approach", tiene como objetivo prever las consecuencias del funcionamiento del sistema del producto hacia los actores evaluados, a través de relaciones causa-efecto y modelos de caracterización debidamente fundamentados (UNEP, 2021). Para nuestro estudio usaremos una evaluación de Tipo 1.

El último paso es seleccionar las subcategorías de impacto y sus respectivos indicadores, para esto se revisó las Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA) (2021), el Pilot Projects On Guidelines For Social Life Cycle Assessment Of Products And Organizations 2022 (Life Cycle Initiative & Social LC Alliance, 2022) y tres artículos referidos a ACV-S en áreas de construcción. Se seleccionaron siete subcategorías de impacto y 13 indicadores, los mismos que fueron adaptados y validados para que se ajusten al contexto informal en el que se realiza la producción de varios de los materiales seleccionados (Tabla 8). Por ejemplo, los productores de adobe, ladrillo panelón y en algunos casos la caña son los propios dueños de los talleres los que realizan las actividades de producción por lo que no tienen contratos laborales, ni seguridad social. Por lo tanto, es necesario adaptar los planteamientos de la guía metodología al contexto concreto donde se realizará el levantamiento de información.

Tabla 8. Subcategorías e indicadores seleccionados para la evaluación de impacto social.

Subcategoría	Indicador de inventario
Salario Justo	Ingreso mensual de las personas que trabajan en el taller.
	Los productores consideran que su ingreso es suficiente para cubrir sus necesidades.
Horas de trabajo	Horas extras trabajadas por semana
	Más de 5 días de trabajo por semana
Libertad de asociación	Restricción a la Libertad de asociación
Trabajo Infantil	Niños trabajando en el taller

Salud y Bienestar	Uso de equipo de protección adecuado.
	Lesiones relacionadas al procesos de producción.
	Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo
	Controles regulares de salud para las personas que trabajan en el taller
	Instalaciones sanitarias en los talleres
Seguridad Social	Personas que trabajan en el taller con seguro social
Satisfacción Laboral	Satisfacción con la actividad productiva que realizan

2. Inventario de ciclo de vida social

Esta fase del ACV-S se centra en la recolección de datos primarios y secundarios necesarios para realizar la evaluación y la construcción de las escalas de referencia. Para la recolección de datos se identificaron en total 13 talleres de producción de adobe, ladrillo panelón, ladrillo tochano, teja y de bloque de hormigón. Para el levantamiento de información de la caña guadua se identificó un guadual y un centro de preservado. Para la obtención de datos se realizaron entrevistas y encuestas a productores de los materiales seleccionados. En la Tabla 9, se presentan los detalles de los datos recabados. Esta información fue posteriormente procesada y almacenada en una base de datos. Dicha base será utilizada en la siguiente fase para calcular los valores específicos correspondientes a cada indicador de inventario.

Tabla 9. Detalle del levantamiento de datos primarios

Material	Número de productores entrevistados	Número de productores encuestados	Ubicación
Adobe	2	2	San José de Balzay parte de la parroquia Sinincay del cantón Cuenca.
Ladrillo panelon	2	2	
Ladrillo tochano	3	3	
Teja	2	1	
Bloque de hormigón	2	2	Buenos Aires parte de la parroquia Sayausi del cantón Cuenca.
Caña Guadua-Guadual	1	1	Calderon parte de la canton Portoviejo.
Caña Guadua-Centro de preservado	1	1	24 de Mayo parte del cantón Portoviejo.

Utilizar el enfoque de ACV-S de Tipo 1 implica definir escalas de referencia para cada indicador de inventario, estas permiten “dar un valor” a los impactos positivos y negativos. Las escalas se

construyen considerando criterios que vienen de la normativa específica, mejores prácticas, estadísticas, etc (UNEP, 2020). Este tipo de evaluación permite replicabilidad en el tiempo y en otros contextos similares.

El primer paso es definir el tipo de escala a usar, en este estudio la mayoría de las escalas de referencia están representadas por puntajes lineales que van de -2 a +2. Donde (-2) representa el desempeño peor y negativo, el cero indica un desempeño neutral y el nivel superior (+2) corresponde al desempeño positivo o ideal. Sin embargo, en indicadores específicos la escala de referencia va de -2 a 0 ya que el punto neutro corresponde a la inexistencia de una mala condición social, mientras que otros presentan escalas de referencia de 0 a +2, indicando que el desempeño social no puede ser peor por debajo del punto neutro

Segundo, las escalas requieren Puntos de referencia (PRP); que consisten en en este estudio las más utilizadas se basaron en normas específicas, comparaciones dentro del sector en estudio, partes de una distribución, conocimiento experto y agregación de información de referencia o combinaciones. Finalmente, una vez se define el punto de referencia se construye la escala para poder expresar un desempleo negativo y un desempeño positivo ideal. A modo de ejemplo se presenta una escala de referencia genérica en la Tabla 10, que sigue los lineamientos de la Guidelines For Social Life Cycle Assessment Of Products And Organizations (UNEP, 2020) y una forma simplificada para leer la escala en función de los niveles de desempeño que expresa cada uno de los números.

Tabla 10. Escala de referencia genérica y los niveles de desempeño.

2	Rendimiento ideal; un resultado positivo logrado y reportado; esto podría ser que un salario al nivel del salario digno o superior esta siendo pagando al actor analizado.	Mejor desempeño positivo
1	Se realiza y se monitorea el progreso más allá del cumplimiento o desempeño neutral; esto podría ser que se pague un salario superior al salario mínimo legal y se implementen programas para mejorar el paquete de remuneración.	Desempeño positivo
0	Cumplimiento de las leyes locales y/o alineado con los estándares internacionales; se paga un salario mínimo.	Desempeño neutral
-1	Situación de incumplimiento, se han tomado acciones para mejorar. Salario por debajo del salario mínimo legal, existe un programa para hacer cambios.	Desempeño negativo
-2	Sin datos o situación de incumplimiento; no se toman medidas para mejorar, los salarios pagados están por debajo del salario mínimo legal.	Peor desempeño negativo

Adaptacion: Guidelines For Social Life Cycle Assessment Of Products And Organizations (UNEP, 2020).

La construcción de estas escalas de referencia nos permite traducir la información levantada en campo en un impacto social resultante. A continuación se presentan las escalas de referencia por subcategoría e indicador en las Tablas de la 11 al 17.

Tabla 11. Subcategoría salario justo y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Ingreso mensual de las personas que trabajan en el taller.	2	El ingreso está sobre el promedio de los productores con salario mayor a \$425 (salario mínimo unificado en Ecuador)
	1	El ingreso está por debajo del promedio de los productores con salario mayor a \$425 (salario mínimo unificado en Ecuador)
	0	El salario es igual al definido por la ley (salario mínimo unificado en Ecuador \$425)
	-1	El ingreso está sobre el promedio de los productores con salario menor a \$425 (salario mínimo unificado en Ecuador)
	-2	El ingreso está por debajo del promedio de los productores con salario menor a \$425 (salario mínimo unificado en Ecuador)
Los productores consideran que su ingreso es suficiente para cubrir sus necesidades.	2	El salario le permite al productor cubrir sus necesidades con gastos mayores a \$ 724,39.
	1	El salario le permite al productor cubrir sus necesidades básicas a través de la Canasta Básica Familiar (\$ 724,39)
	0	El salario le permite al productor cubrir sus necesidades básicas a través de la Canasta Vital en Ecuador (\$514).
	-1	El productor necesita un salario extra para cubrir sus necesidades básicas a través de la Canasta Vital en Ecuador (\$514).
	-2	El productor necesita dos salarios extra para cubrir sus necesidades básicas a través de la Canasta Vital en Ecuador (\$514).

Las escalas de los indicadores que forman parte de la subcategoría horas de trabajo no poseen un valor positivo ya que el desempeño neutral representado por el cero ya expresa la situación ideal alineada con las regulaciones nacionales e internacionales. El desempeño neutral debe coincidir con la situación ideal ya que por ley el máximo de la jornada laboral equivalente al sueldo mínimo definido en el Ecuador es de 8 horas diarias con una semana laboral de 5 días.

Tabla 12. Subcategoría horas de trabajo y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Horas extras trabajadas por semana	0	El productor trabaja hasta 40 horas por semana.
	-1	El productor trabaja entre 41 y 50 horas por semana.
	-2	El productor trabaja más de 50 horas por semana.
Más de 5 días de trabajo por semana	0	El productor trabaja 5 días por semana.
	-1	El productor trabaja 6 días por semana.
	-2	El productor trabaja 7 días por semana.

Tabla 13. Subcategoría libertad de asociación y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Restricción a la Libertad de asociación	2	Los productores no tienen restricciones para organizarse con otros productores, las asociaciones admiten nuevos miembros, los productores no tienen requisitos para ser admitidos y existen medidas para incentivar la asociación de más productores.
	1	Los productores no tienen restricciones para organizarse con otros productores, las asociaciones existentes admiten nuevos miembros y los productores tienen requisitos para ser admitidos.
	0	Los productores no tienen restricciones para organizarse con otros productores.
	-1	Los productores no tienen restricciones para organizarse con otros productores, pero las asociaciones no admiten nuevos miembros.
	-2	Los productores tienen restricciones para organizarse con otros productores.

La escala del indicador que forma parte de la subcategoría trabajo infantil no poseen un valor positivo ya que el desempeño neutral representado por el cero ya expresa la situación ideal alineada con las regulaciones nacionales e internacionales. El desempeño neutral debe coincidir con la situación ideal ya que no puede como punto de referenci una situación donde existe trabajo infantil.

Tabla 14. Subcategoría trabajo infantil y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Niños trabajando en el taller	0	Ningún productor reportó niños trabajando en actividades del taller.
	-1	El productor reporta niños trabajando en actividades del taller.
	-2	El productor reporta niños trabajando en actividades del taller y en otros talleres de la zona.

Tabla 15. Subcategoría Seguridad Social y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Personas que realizan actividades en el taller con seguro social.	2	Del 80% al 100% de las personas que realizan actividades en el taller tienen seguro social.
	1	Del 60% al 80% de las personas que realizan actividades en el taller tienen seguro social
	0	Del 40% al 60% de las personas que realizan actividades en el taller tienen seguro social
	-1	Del 20% al 40% de las personas que realizan actividades en el taller tienen seguro social
	-2	Menos del 20% de las personas que realizan actividades en el taller tienen seguro social

Tabla 16. Subcategoría Salud y Bienestar y sus indicadores

Indicador	Escala de referencia	
Uso de equipo de protección adecuado.	2	Del 80% al 100% de las personas que participan en las actividades del taller utilizan los elementos básicos de protección personal.
	1	Del 60% al 80% de las personas que participan en las actividades del taller utilizan los elementos básicos de protección personal.
	0	Del 40% al 60% de las personas que participan en las actividades del taller utilizan los elementos básicos de protección personal.
	-1	Del 20% al 40% de las personas que participan en las actividades del taller utilizan los elementos básicos de protección personal.
	-2	Del 0% al 20% de las personas que participan en las actividades del taller utilizan los elementos básicos de protección personal.
Lesiones relacionadas al procesos de producción.	2	No existen lesiones relacionadas al proceso de producción.
	1	Existen lesiones pero no es necesario detener el proceso de producción para la recuperación del productor.
	0	Existen lesiones y la producción se detiene hasta la recuperación total del productor.
	-1	Existen lesiones y la producción se detiene el día en el que ocurre la lesión.
	-2	Existen lesiones pero la producción no se detiene para una correcta recuperación del productor.
Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo.	2	No existen impactos negativos a la salud debido a la exposición a sustancias nocivas o al ambiente de trabajo ya que está prohibido el uso de sustancia nocivas en la producción de este tipo de material.
	1	No existen impactos negativos a la salud debido a la exposición a sustancias nocivas o al ambiente de trabajo ya que no se utilizan sustancias nocivas en el proceso de producción.
	0	Ninguna de las personas que realizan actividades en el taller tuvo impactos negativos en su salud debido a la exposición a sustancias nocivas o al ambiente de trabajo.
	-1	Del 0% al 50% de las personas que realizan actividades en el taller tuvieron impactos negativos en su salud debido a la exposición a sustancias nocivas o al ambiente de trabajo.
	-2	Del 50% al 100% de las personas que realizan actividades en el taller tuvieron impactos negativos en su salud debido a la exposición a sustancias nocivas o al ambiente de trabajo.
Controles regulares de salud para las personas que trabajan en el	2	El dueño del taller organiza un control de salud al año y afilia al seguro social a las personas que realizan actividades en el taller.
	1	El dueño del taller organiza un control de salud al año.

taller.	0	El 100% de las personas que realizan actividades en el taller han tenido un control médico en el último año.
	-1	El 50% de las personas que realizan actividades en el taller han tenido un control médico en el último año.
	-2	Ninguna de las personas que realizan actividades en el taller han tenido un control médico en el último año.
Instalaciones sanitarias en el taller	0	El taller dispone de instalaciones sanitarias para uso de todas las personas que realizan actividades dentro del mismo.
	-1	El taller dispone de instalaciones sanitarias de uso exclusivo para ciertas personas.
	-2	El taller no dispone de instalaciones sanitarias.

La escala del indicador instalaciones sanitarias en el taller no poseen un valor positivo ya que el desempeño neutral representado por el cero ya expresa la situación ideal. Por lo tanto, no es necesario desarrollar valores positivos en esta escala.

Tabla 17. Subcategoría satisfacción laboral y sus indicadores.

Indicador	Escala de referencia	
Satisfacción con la actividad productiva que realizan	2	Del 80% al 100% de las personas que realizan actividades en el taller sienten satisfacción con su trabajo.
	1	Del 60% al 80% de las personas que realizan actividades en el taller sienten satisfacción con su trabajo.
	0	Del 40% al 60% de las personas que realizan actividades en el taller sienten satisfacción con su trabajo.
	-1	Del 20% al 40% de las personas que realizan actividades en el taller sienten satisfacción con su trabajo.
	-2	Menos del 20% de las personas que realizan actividades en el taller sienten satisfacción con su trabajo.

Como ya se mencionó al inicio de esta sección las escalas de referencia nos permiten traducir los datos levantados en campo en impactos sociales para finalmente determinar el desempeño de los talleres en los que se levantó la información. Con las escalas de referencia construidas podemos realizar la siguiente fase de la metodología, la interpretación.

3. Evaluación de impacto de ciclo de vida social.

En la fase de evaluación de impacto se realizan los cálculos para cada indicador (UNEP, 2020) y posteriormente se contraponen el valor del indicador de inventario frente a la escala de referencia. En la sección de resultados se presentan los hallazgos de esta evaluación.

4. Interpretación

Esta última fase de la metodología no solo busca interpretar los resultados obtenidos sino también evaluar el proceso de la aplicación de la metodología. Se realizaron verificaciones de integridad y consistencia, asegurando que todos los problemas relevantes descritos en la etapa de Objetivo y Alcance se abordaron en las etapas de Inventario y Evaluación de Impacto. Es decir, en que medida los datos levantados han permitido alcanzar el objetivo definido, generar recomendaciones y describir las limitaciones con las que se encontró el estudio. Por último es importante mencionar que en el caso de esta investigación la aplicación del análisis de ACV-S forma parte de una estrategia interdisciplinaria para evaluar la sostenibilidad de los materiales de construcción seleccionados. Por tanto los resultados de análisis de ACV-S serán interpretados no sólo aisladamente sino también en combinación con los resultados de análisis de ciclo de vida ambiental.

F. Análisis de los significados socioculturales

Para la identificación de los significados socioculturales de la producción de los seis materiales seleccionados se utilizó un enfoque etnográfico, ya que este nos permite acercarnos a los discursos de las personas que realizan los procesos de producción de materiales cotidianamente. Y es justamente en estos discursos que emergen de la vida cotidiana donde se expresa el sentido de las cosas y el sentido de las actividades (Guber, 2001) que realizan los productores. En el enfoque etnográfico, la entrevista se presenta como la técnica idónea para poder tener un acercamiento de primera mano a la realidad (Guber, 2001) de los productores y a los significados que han generado para darle sentido a su actividad. Se construyó un guión de entrevista con preguntas abiertas que abordan tres grandes temáticas:

- Conocimientos que se aplican en la producción.
- Relación de los productores con el medio/territorio.
- Forma de organización del trabajo.

La entrevista fue aplicada a los mismos 13 productores que se les aplicaron los cuestionarios para el desarrollo del análisis de ciclo de vida social. Una vez realizadas todas las entrevistas y el proceso de transcripción se procedió al análisis de las mismas siguiendo el proceso metodológico planteado en QUAGOL: A guide for qualitative data analysis (2011). Dicha guía plantea dos grandes fases con 10 pasos en total para poder pasar de las entrevistas en su estado inicial, transcripción literal de la misma, hacia la construcción de un esquema teórico de la historia o del discurso que se expresa en el texto transcrito. Este proceso implica los siguientes pasos:

Fase 1: Preparación del proceso de codificación

1. Lectura de la entrevista transcrita
2. Generación un reporte narrativo
3. Generación de un esquema conceptual que explique los puntos claves de la entrevista.
4. Relectura de la entrevista a través del esquema conceptual para poner a prueba dichos conceptos y la posible identificación de nuevos conceptos.

5. Constante relectura, generación de conceptos y puesta en prueba de los mismos.

Fase 2: Proceso de codificación

6. Definición de una lista de conceptos que emergen de la entrevista.
7. Codificación de la entrevista. Conectar los conceptos identificados con citas de la entrevista.
8. Definición de los conceptos en base a las citas presentes en la entrevista.
9. Identificación de la estructura conceptual esencial.
10. Descripción de los hallazgos esenciales.

Los resultados de este análisis se incorporan en las fichas de materiales. Es importante destacar que los hallazgos de esta investigación cualitativa se manifiestan principalmente en forma narrativa, presentándose como palabras, frases, citas, entre otros. Además, los resultados no son generalizables estadísticamente, es decir, no se enfocan en la aplicabilidad de los resultados a grandes poblaciones. Más bien los resultados cualitativos se usan para generalizaciones teóricas, que se enfocan en cómo los hallazgos contribuyen a la comprensión teórica más profunda de un fenómeno o concepto (Jiménez Chaves & Comet Weiler, 2016).

2.1.2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS

Los resultados obtenidos de los análisis se presentan de la siguiente forma: Primero, se ha generado resultados para cada material, organizados en Factsheet o fichas informativas. Además, se han generado resultados de análisis comparativos entre materiales tanto para el aspecto ambiental, social y socio-cultural.

A. Fichas técnica - ambiental - social de materiales de construcción

Los resultados de los análisis se han organizado en seis fichas informativas, una por cada material, denominadas “Fichas técnica - ambiental - social de (material específico)”. En cada ficha se encontrará la siguiente información:

1. Definiciones.
2. Descripción general.
3. Características técnicas.
4. Normativa.
5. Impacto ambiental.
6. Impacto social
7. Significados culturales
8. Conclusiones de cada material

Este formato de visualización de resultados resulta efectivo y práctico para una amplia gama de usuarios, entre ellos, tomadores de decisiones, constructores, arquitectos, ingenieros, profesionales y el público en general. Estas fichas pueden encontrarse en el Anexo 1.

B. Análisis comparativo de impacto ambiental de los materiales

A continuación, se presentan los resultados preliminares del análisis ambiental que contienen las matrices de inventario de ciclo de vida y los impactos asociados a la producción de los materiales de construcción en estudio.

De acuerdo al proceso de revisión de Ecoinvent, se han llevado a cabo varios intercambios de comentarios y correcciones, y hasta julio de 2023, las matrices de inventario relacionadas a la caña guadua, como la silvicultura, postes de bambú y bambú aplanado, han completado exitosamente el proceso de revisión y validación de Ecoinvent. Sin embargo, estas matrices no se encuentran actualizadas en el presente documento puesto que se está a la espera de recibir la última versión por parte de Ecoinvent. Por otro lado, las matrices de los materiales restantes (adobe, ladrillo panelón, ladrillo tochano, teja y bloque de concreto) han pasado por dos rondas de revisión interna con el editor responsable de Ecoinvent. Tras haber superado la validación interna, estas matrices serán sometidas al proceso de revisión transversal de Ecoinvent, con la expectativa de que todas ellas sean publicadas en la versión correspondiente al año 2023 de dicha entidad.

Los resultados preliminares del análisis comparativo de impacto ambiental se encuentran organizados por el método de evaluación, abarcando tanto materiales tradicionales como contemporáneos. Además, se han comparado con el impacto ambiental registrado en otros países, tanto en la región latinoamericana como las referencias europeas y el resto del mundo. Para obtener una mayor comprensión, el Anexo 2 proporciona con mayor detalle los resultados gráficos por material y por método.

1. Inventario de ciclo de vida de la producción de materiales locales de construcción

El conjunto de datos de cada matriz de ICV representa la producción de 1 kg de material de construcción. Estas contienen sus respectivas entradas y salidas, estructuradas de acuerdo a los siguientes aspectos:

- **Grupo:** indica la procedencia de las entradas y el destino de las salidas, por ejemplo: de la tecnósfera, que hace referencia a la parte física del medio ambiente intervenida por las actividades humanas (Ecoinvent , n.d.).
- **Nombre:** del flujo de entrada y salida, ya sea materia prima, energía, insumos, producto, subproductos, emisiones, etc. Además, después del nombre, se detalla el compartimento. En las salidas se especifica el compartimento ambiental receptor (aire, suelo, agua o consumo humano directo) y las entradas, donde existe el consumo de recursos, se coloca el compartimento “recurso”. En las matrices de ICV presentadas a continuación, los nombres se reportaron como traducción directa en español de los flujos de Ecoinvent que son en inglés.
- **Unidad:** unidad de medida respectiva al flujo de entrada o salida. Estas unidades son definidas por la base de datos de Ecoinvent .
- **Cantidad:** que entra o sale de un flujo por kg de material producido; por ejemplo, como se muestra en la Tabla 18, entran 9.89E-01 kg de arcilla por 1 kg de ladrillo panelón producido.

ICV de la producción de ladrillo panelón

Tabla 18. ICV de la producción de ladrillo panelón

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Ladrillo panelón	kg	1
De la tecnosfera	arcilla	kg	9.89E-01
De la tecnosfera	pedazos de madera, secas, medidas como masa seca	kg	1.77E-01
Del producto	ladrillos dañados	kg	3.18E-02
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	3.58E-04
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	6.50E-03
SALIDAS			
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	3.71E-03
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	3.48E-03
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	2.77E-03
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.56E-04
Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	2.09E-04
Al medio ambiente	Dióxido de azufre (al aire)	kg	3.15E-05
Al medio ambiente	Dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	2.88E-01

ICV de la producción del bloque de adobe

Tabla 19. ICV de la producción del bloque de adobe

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Bloque de adobe	kg	1
De la tecnosfera	arcilla	kg	1.102
De la tecnosfera	paja	kg	0.0108
De la tecnosfera	agua	m3	0.000379
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	0.0069

SALIDAS			
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	0.000325

ICV de la producción de caña guadua como material de construcción

La producción de caña guadua como material de construcción estuvo estructurada en tres datasets: desde el levantamiento del ICV de la silvicultura de la caña, en la cual se obtiene como producto la caña de bambú; el ICV para el poste de bambú, que tiene como proceso la preservación de la caña; y el ICV para el bambú aplanado.

- Culmo de bambú

Tabla 20. ICV de la silvicultura de caña guadua (culmo de bambú)

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Culmo de bambú	kg	1.00E+00
Del medio ambiente	dióxido de carbono, en aire	kg	1.01E+00
Del medio ambiente	energía, valor calorífico bruto, en biomasa	MJ	1.07E+01
Del medio ambiente	madera, sin especificar, constante	m3	8.41E-03
Del medio ambiente	ocupación, forestal, intensivo	m2*año	3.27E-01
Del medio ambiente	transformación, a bosque, intensivo	m2	1.63E-02
Del medio ambiente	transformación, de bosque, intensivo	m2	1.63E-02

- Poste de bambú

Tabla 21. ICV de la producción del poste de bambú.

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Poste de bambú	kg	1.00E+00
De la tecnosfera	ácido bórico, anhidro, polvo	kg	4.17E-03
De la tecnosfera	borax, anhidro, polvo	kg	4.17E-03
Del producto	residuos de bambú	kg	1.05E-02
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	1.35E-02
De la tecnosfera	agua entubada	kg	1.28E+00

De la tecnosfera	caña bambú	kg	1.67E+00
SALIDAS			
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	4.00E-04
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	1.69E-01
Al medio ambiente	agua (al agua)	m3	7.02E-04
Al medio ambiente	agua (al agua)	m3	1.76E-04

- Bambú aplanado (caña picada)

Tabla 22. ICV de la producción del bambú aplanado (caña picada)

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Bambú aplanado	kg	1
De la tecnosfera	poste de bambú	kg	1.1
Del producto	residuos de bambú	kg	0.1

ICV de la producción de ladrillo tochano

Como se mencionó anteriormente, para el análisis de la producción del ladrillo tochano, se consideraron dos tipos de producción, uno donde se consume diesel y otro híbrido, donde se consume diesel y electricidad; adicionalmente se realizó el ICV promedio de estos dos tipos de producción, que se muestran a continuación.

Tabla 23. ICV de la producción del ladrillo tochano (promedio)

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Ladrillo tochano	kg	1
De la tecnosfera	arcilla	kg	9.75E-01
De la tecnosfera	pedazos de madera, secas, medidas como masa seca	kg	1.77E-01
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	1.17E-01
Del producto	ladrillos dañados	kg	1.00E-02
De la tecnosfera	aceite lubricante	kg	1.40E-05
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	3.81E-04
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	2.59E-03

De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	1.70E-02
SALIDAS			
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	2.88E-01
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	3.71E-03
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	3.48E-03
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	2.78E-03
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.61E-04
Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	2.09E-04
Al medio ambiente	dióxido de azufre (al aire)	kg	3.15E-05

Tabla 24. ICV de la producción del ladrillo tochano (diesel)

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Ladrillo tochano	kg	1
De la tecnosfera	arcilla	kg	1.09E+00
De la tecnosfera	pedazos de madera, secas, medidas como masa seca	kg	2.35E-01
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	1.41E-01
De la tecnosfera	aceite lubricante	kg	2.00E-05
Del producto	ladrillos dañados	kg	1.00E-02
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	2.81E-04
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	1.70E-02
SALIDAS			
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	4.93E-03
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	4.62E-03
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	3.68E-03
Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	2.77E-04
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.72E-04
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	3.82E-01

Al medio ambiente	dióxido de azufre (al aire)	kg	4.20E-05
-------------------	-----------------------------	----	----------

Tabla 25. ICV de la producción del ladrillo tochano (híbrido: diésel - electricidad)

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Ladrillo tochano	kg	1.00E+00
De la tecnosfera	arcilla	kg	8.56E-01
De la tecnosfera	pedazos de madera, secas, medidas como masa seca	kg	1.19E-01
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	9.30E-02
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	2.59E-03
De la tecnosfera	aceite lubricante	kg	8.00E-06
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	4.80E-04
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	1.70E-02
SALIDAS			
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	2.50E-03
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	2.34E-03
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	1.87E-03
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.49E-04
Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	1.40E-04
Al medio ambiente	dióxido de azufre (al aire)	kg	2.10E-05
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	1.94E-01

ICV de la producción de bloque de concreto

Tabla 26. ICV de la producción de bloque de concreto

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Bloque de concreto	kg	1.00E+00
De la tecnosfera	grava, triturada	kg	8.00E-01
De la tecnosfera	arena	kg	5.40E-01

De la tecnosfera	cemento, general use	kg	9.20E-02
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	1.47E-02
Del producto	residuos de concreto	kg	1.17E-02
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	6.20E-03
Del producto	residuos de madera, sin tratar	kg	2.73E-04
Del medio ambiente	agua, río (recurso natural)	m3	7.00E-05
De la tecnosfera	euro pallet	unidad	1.24E-05
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	4.11E-01
SALIDAS			
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	3.40E-04
Al medio ambiente	agua (al agua)	m3	2.29E-05

ICV de la producción de teja

Tabla 27. ICV de la producción de la teja sin barnizado.

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Teja	kg	1.00E+00
De la tecnosfera	arcilla	kg	1.01E+00
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	3.77E-01
Del producto	tejas dañadas	kg	8.33E-02
De la tecnosfera	euro pallet	unit	2.20E-02
De la tecnosfera	aceite lubricante	kg	6.36E-05
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	4.00E-05
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	4.00E-04
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	1.40E-02
SALIDAS			
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	1.41E-02
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	1.32E-02
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	1.05E-02

Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	7.92E-04
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	1.09E+00
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.77E-04
Al medio ambiente	dióxido de azufre (al aire)	kg	1.21E-04

Tabla 28. ICV de la producción de la teja vidriada.

ENTRADAS			
Grupo	Nombre	Unidad	Cantidad
<u>Producto referencia</u>	Teja	kg	1.00E+00
Del producto	tejas dañadas	kg	8.33E-02
De la tecnosfera	arcilla	kg	1.01E+00
De la tecnosfera	diesel, quemado en máquina de fabricación	MJ	3.77E-01
De la tecnosfera	euro pallet	unit	5.20E-02
De la tecnosfera	electricidad, medio voltaje	kWh	8.00E-05
De la tecnosfera	aceite lubricante	kg	6.36E-05
De la tecnosfera	óxido de plomo	kg	9.90E-03
De la tecnosfera	sílice	kg	2.48E-03
Del medio ambiente	agua, pozo, en el suelo (recurso natural)	m3	4.00E-04
De la tecnosfera	transporte, carga, camión, sin especificar	tkm	1.40E-02
SALIDAS			
Al medio ambiente	NMVOC, compuestos orgánicos volátiles no metánicos, origen no especificado (al aire)	kg	3.33E-02
Al medio ambiente	monóxido de carbono, fósil (al aire)	kg	3.12E-02
Al medio ambiente	partículas, > 10 um (al aire)	kg	2.49E-02
Al medio ambiente	dióxido de carbono, no fósil (al aire)	kg	2.58E+00
Al medio ambiente	óxidos de nitrógeno (al aire)	kg	1.87E-03
Al medio ambiente	dióxido de azufre (al aire)	kg	2.85E-04
Al medio ambiente	agua (al aire)	m3	2.77E-04

2. Impacto ambiental de la producción de materiales locales de construcción

A continuación, se presentan los resultados¹ preliminares del estudio empleando las matrices de inventario que se encuentran en proceso de revisión por parte de Ecoinvent. Estos resultados están organizados por método de evaluación de impacto ambiental, tanto para materiales tradicionales como contemporáneos y comparados con el impacto ambiental en otros países, tanto de la región latinoamericana, la referencia europea, como del resto del mundo. El Anexo 2 proporciona un mayor detalle de los resultados gráficos por material y por método.

Impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de materiales de construcción tradicionales y contemporáneos

En la Figura 11, se presenta el potencial de calentamiento global (GWP) asociado a la producción de materiales de construcción tradicionales, expresado en kg CO₂-eq/kg de material producido, calculado mediante el método IPCC 2021. Es notable que la producción de estos materiales en Ecuador genera menores cantidades de CO₂-eq en comparación con otros países.

En el caso de la caña guadua, la silvicultura de la caña en Ecuador (culmo bambú, CB), no genera emisiones de CO₂-eq dado que la mayoría de los cultivos son manchas naturales (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 2018). Esto se debe a que el uso de pesticidas y herbicidas es poco común, además de que el mantenimiento del cultivo se realiza mediante técnicas artesanales, evitando el consumo de energía proveniente de maquinaria. Estos factores contrastan con la producción en China, donde se estima una generación de 0.05 kg de CO₂-eq/kg de material producido.

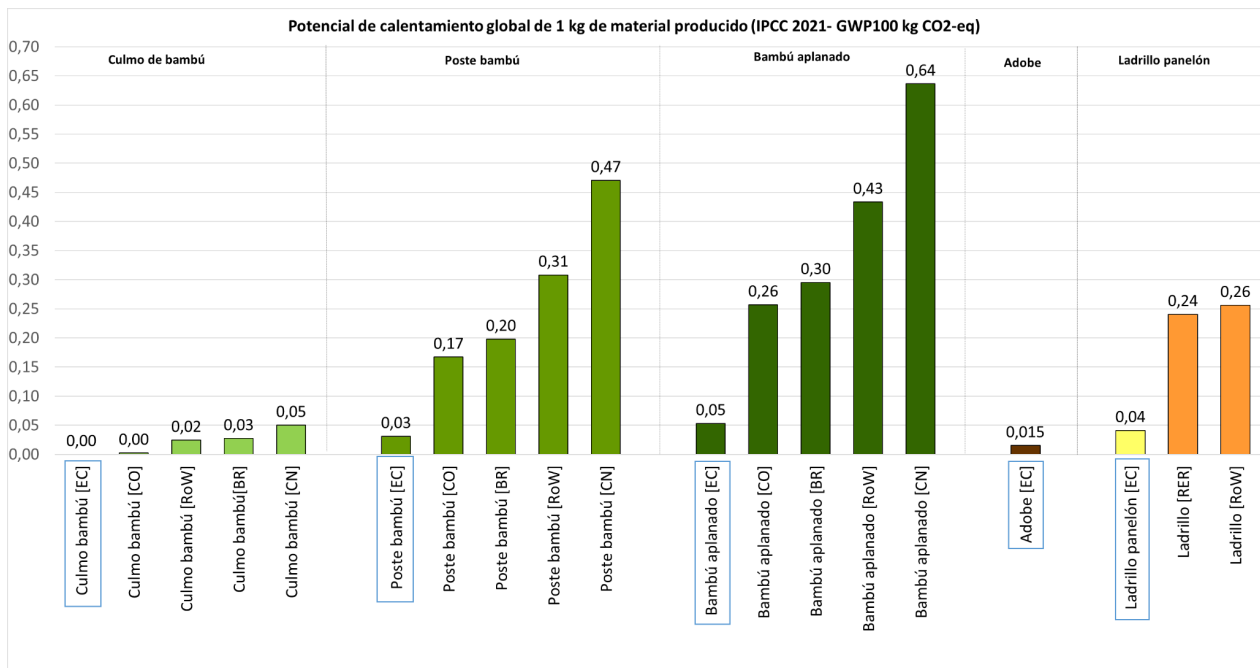
En relación al proceso de preservado de la caña guadua (poste bambú, PB), es importante destacar que las emisiones de CO₂-eq por kg de material producido en Ecuador son notablemente inferiores en comparación con actividades similares en Latinoamérica y otras regiones. Concretamente, estas emisiones son un 84% más bajas en comparación con Colombia y un 94% más bajas en comparación con China. Por otro lado, el potencial de calentamiento global asociado a la producción de bambú aplanado en Ecuador es 5.7 veces menor que en Colombia y 13 veces menor que en China. Estos resultados se atribuyen al enfoque artesanal que prevalece en la producción de estos materiales en Ecuador, caracterizado por el uso mínimo de maquinaria, lo cual contribuye a una reducida huella de carbono. Además, es importante destacar que la demanda actual de estos materiales no requiere una inversión considerable para implementar procesos tecnificados (Ministerio de Agricultura y Ganadería et al., 2018).

En cuanto al potencial de calentamiento global de la producción de adobe y ladrillo panelón, estos fueron comparados con datasets de producción de ladrillo fuera de las regiones latinoamericanas, puesto que no existen datos de ICV sobre este material, publicados en bases de datos internacionales. Esta es la razón por la cual se consideró importante crear un conjunto de datos que pueda ser usado en estas regiones, para generar información que represente la realidad

¹ Los resultados presentados en este informe para el método IPCC 2021, EF 3.0 y ReCiPe 2016 EndPoint pueden ser distintos a los que sean publicados en Ecoinvent. Esto debido a la forma de cálculo aplicada y el tipo de sistema cut-off aplicado y los factores de allocation utilizados. Los resultados pueden variar ya que dependen del principio de asignación considerado en los diferentes métodos.

de su producción y el impacto ambiental causado. Dentro de este contexto, la producción de adobe y ladrillo panelón representa el 6 % y el 16%, respectivamente, de las emisiones de kg CO₂-eq/kg de material producido en comparación con la referencia promedio europea y el resto del mundo. Esto se debe a que en la producción de estos materiales se utiliza leña como combustible en lugar de combustibles fósiles, como ocurre en otros países.

Figura 11. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de los materiales de construcción tradicionales.



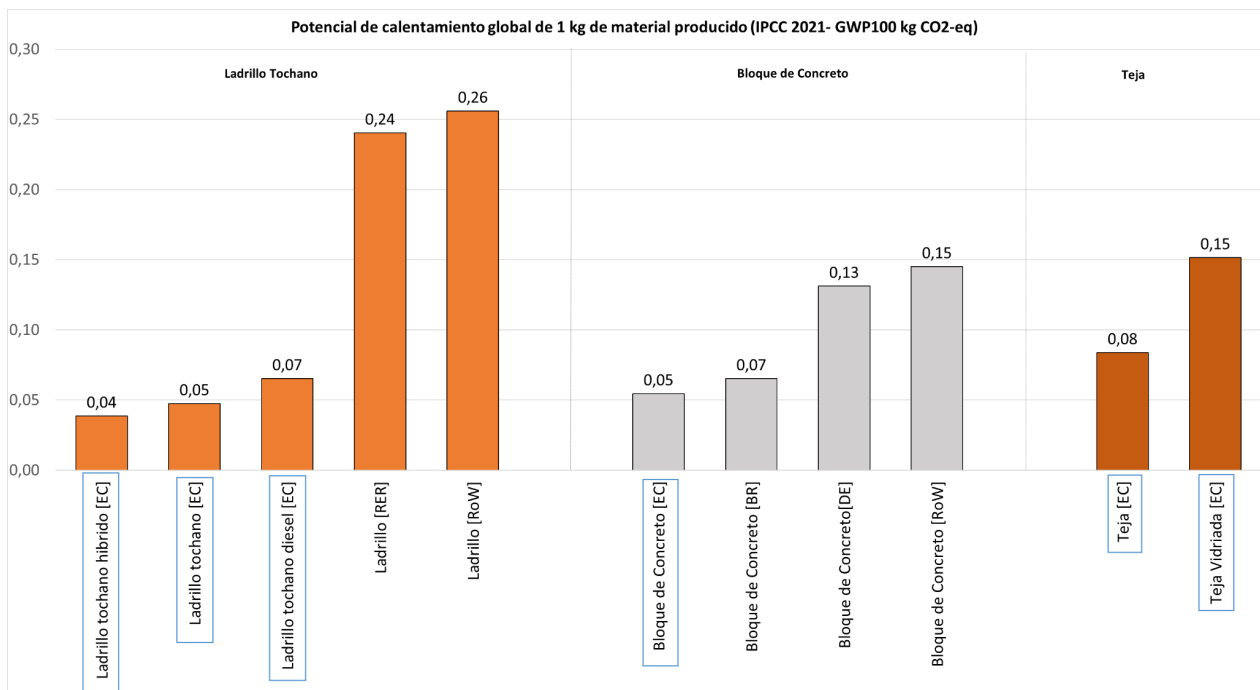
Medido en kg de CO₂-eq/kg de material producido. CB: Culmo bambú, PB: Poste bambú, BA: Bambú aplanado, Ad: Adobe, LP: Ladrillo panelón, La: Ladrillo. [EC]: Ecuador, [CO]: Colombia, [BR]: Brasil, [CN]: China, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

Respecto al potencial de calentamiento global (GWP) relacionado con la producción de materiales contemporáneos, en la Figura 12, es evidente que la producción de teja vidriada presenta una mayor cantidad de emisiones en comparación con los otros materiales; esto se debe a la cocción adicional posterior al barnizado; lo que conduce a un mayor uso de combustible (leña), por tanto corresponde al 53,3% de emisiones de kgCO₂-eq que la producción de teja sin vidriado.

En la fabricación de ladrillos tochano, se destaca que el proceso que involucra el uso de diésel (LT (diésel)) tiene el mayor impacto en comparación con la producción híbrida con energía eléctrica y diésel (LT (hib)) y el ladrillo tochano promedio (LT (prom)). Específicamente, el impacto del proceso con diésel es un 57% mayor que el híbrido y un 71% mayor que el promedio. Esto se debe al uso de combustible fósil y por ende la generación de mayor cantidad de gases de efecto invernadero que involucran un mayor potencial de cambio climático a largo plazo (GWP100). Por otro lado, las emisiones de CO₂-eq del ladrillo tochano es el 80% menor en comparación con la referencia europea promedio (RER) y el resto del mundo (RoW).

En la producción de bloques de concreto, Ecuador tienen una generación de CO₂-eq/kg de material producido menor en comparación con Brasil, Alemania y resto del mundo, con una diferencia del 29%, 62% y 67%, respectivamente. Es fundamental tener en cuenta que el impacto ambiental del bloque de concreto debe considerar el impacto embebido de los procesos precursores, incluyendo la producción de clinker y cemento. El cemento y el transporte son los principales flujos que contribuyen al cambio climático en Ecuador, con un 39% y un 44%, respectivamente. En Brasil, el flujo de mayor contribución proviene del cemento, representando un 75%. Por lo tanto, el transporte en Ecuador genera una mayor cantidad de gases de efecto invernadero y, en consecuencia, una mayor contribución al cambio climático en comparación con Brasil.

Figura 12. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de los materiales de construcción contemporáneos.

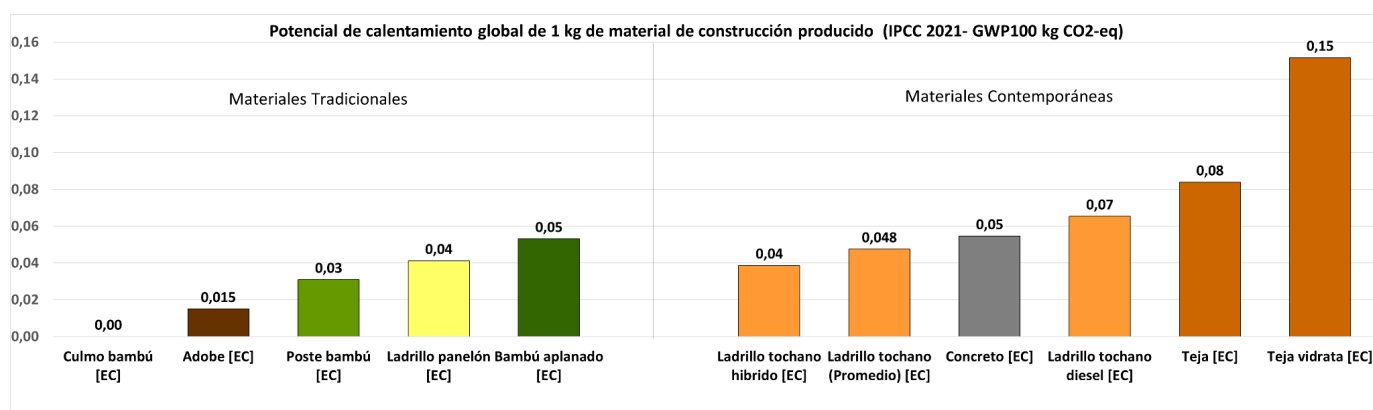


Medido en kg de CO₂-eq/kg de material producido. BC: Bloque de concreto; LT (hib): Ladrillo tochano, proceso híbrido, con diesel y electricidad; LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel; LT(die): Ladrillo tochano, proceso con diesel; La: ladrillo. Te: Teja. TeV: Teja vidriada. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [DE]: Alemania, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

En la Figura 13, se observa que los materiales tradicionales generalmente tienen un impacto menor en comparación con los materiales contemporáneos; siendo la teja vidriada el material cuyo proceso productivo genera la mayor cantidad de emisiones de CO₂ equivalente por kilogramo de material producido, alcanzando una diferencia máxima del 90% respecto al adobe, y del 100% con respecto al culmo bambú, el material con menor impacto. Por otro lado, las emisiones de CO₂-eq de la producción de ladrillo tochano (promedio) es relativamente mayor a la del ladrillo panelón, con una diferencia del 17%. En cuanto al bloque de concreto, este genera una cantidad más elevada de gases de efecto invernadero (0.05 kg CO₂ eq/kg de material producido) en comparación con los materiales tradicionales, como el adobe y el poste de bambú, que registran cifras menores, con 0.015 y 0.03 kg CO₂/kg de material producido, respectivamente. Estos resultados resaltan el potencial de la producción artesanal para reducir la

carga del cambio climático en comparación con los procesos semi mecanizados, cuando se evalúa en función de kilogramos de material producido.

Figura 13. Comparación de los resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de materiales de construcción tradicionales y contemporáneos.



Medido en kg de CO2-eq/kg de material producido. Materiales tradicionales: CB: Culmo bambú, Ad: Adobe, PB: Poste bambú, LP: Ladrillo panelón, BA: Bambú aplanado. Materiales contemporáneos: LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel, BC: Bloque de concreto, Te: Teja. TeV: Teja vidriada. [EC]: Ecuador.

Impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de materiales tradicionales y contemporáneos

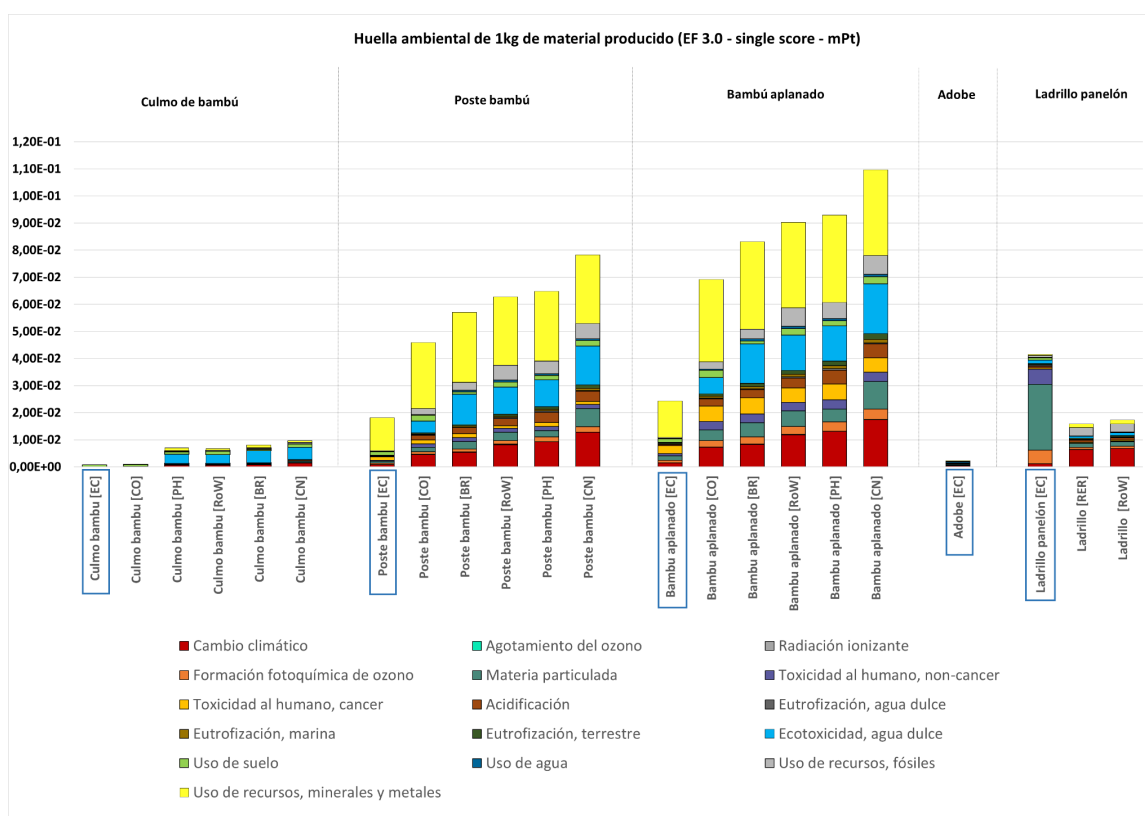
La Figura 14 muestra el impacto ambiental de la producción de materiales tradicionales en Ecuador en comparación con otros países, calculado a través del método de la huella ambiental EF 3.0 y expresado en mPt/kg de material producido. Cada barra de la figura representa la suma ponderada de los resultados para cada categoría de impacto de cada material. Al comparar los materiales tradicionales de Ecuador, se destaca que tanto la producción de adobe como la de poste de bambú presentan una huella ambiental considerablemente menor en comparación con el ladrillo panelón, que es el material con mayor impacto ambiental. La huella ambiental del adobe es un 94.5% inferior a la del ladrillo panelón, mientras que la del poste de bambú es un 87% menor.

En cuanto a la categoría de mayor proporción en la huella ambiental del adobe es el uso del agua, con un valor de $4.47E-04$ mPt/kg de material producido, debido a la cantidad de agua utilizada en el proceso de producción: este valor es mayor en comparación con los otros materiales de construcción tradicionales.

La silvicultura de bambú (culmo de bambú, CB) en Ecuador representa la actividad con menor impacto ambiental, en comparación con el impacto del mismo material en otros países. La única categoría que genera carga ambiental en esta actividad es el uso de suelo, con un valor de 7.43E-04 mPt/kg de material producido. Esta categoría representa el 7% de la huella ambiental del poste de bambú. Este impacto está asociado a la ocupación del suelo debido a la cosecha anual del culmo de bambú. Además, es importante mencionar que las categorías que representan una mayor proporción en la huella ambiental tanto del poste de bambú como el bambú aplanado son el uso de recursos, minerales y metales y la toxicidad al humano (cancerígena), lo cual se debe al uso de arcilla y el uso del bórax y el ácido bórico, en el proceso de preservado de las cañas y a la emisión de cenizas por la combustión de cañas para la preparación de las soluciones. En comparación con otros países como Colombia, Brasil y China, la huella ambiental total de estos materiales es significativamente mayor que la de Ecuador y su categoría de mayor proporción es el uso de recursos minerales y metales. Para el poste de bambú, ésta categoría aporta con el 53% en Colombia, el 45% en Brasil y el 32% en China. Mientras que para el bambú aplanado aporta con el 43% Colombia, 38% en Brasil y el 28% en China.

En el caso del ladrillo panelón, las emisiones de material particulado se producen durante el proceso de cocción, donde la combustión de la leña genera también monóxido de carbono y otros gases como compuestos orgánicos volátiles (COVs) y óxidos de nitrógeno y azufre. Estas emisiones contribuyen a la carga ambiental de la categoría de material particulado, toxicidad humana (no cancerígena) y formación fotoquímica de ozono; las cuales representan el 57%, 13% y 12% de la huella ambiental total, respectivamente. En comparación con la referencia promedio europea y el resto del mundo, la huella ambiental total del ladrillo panelón es significativamente mayor, aproximadamente duplicando su valor. Esto se debe a que la emisión de materia particulada representa una gran proporción de la huella, la cual está asociada al proceso artesanal de producción de este material, donde no existen controles ni mecanismos de reducción de emisiones y la combustión es incompleta.

Figura 14. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de los materiales de construcción tradicionales.



Medido en mPt/kg de material producido. CB: Culmo bambú, PB: Poste bambú, BA: Bambú aplanado, Ad: Adobe, LP: Ladrillo panelón, La: Ladrillo. [EC]: Ecuador, [CO]: Colombia, [BR]: Brasil, [CN]: China, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

Con relación a la huella ambiental de los materiales contemporáneos, de acuerdo a la Figura 15, se observa que la teja vidriada presenta la mayor huella ambiental con $2.97E-01$ mPt/kg de material producido, seguida por la teja con $1.23E-01$ mPt/kg de material producido y el ladrillo tochano (diesel) con $4.78E-02$ mPt/kg de material producido.

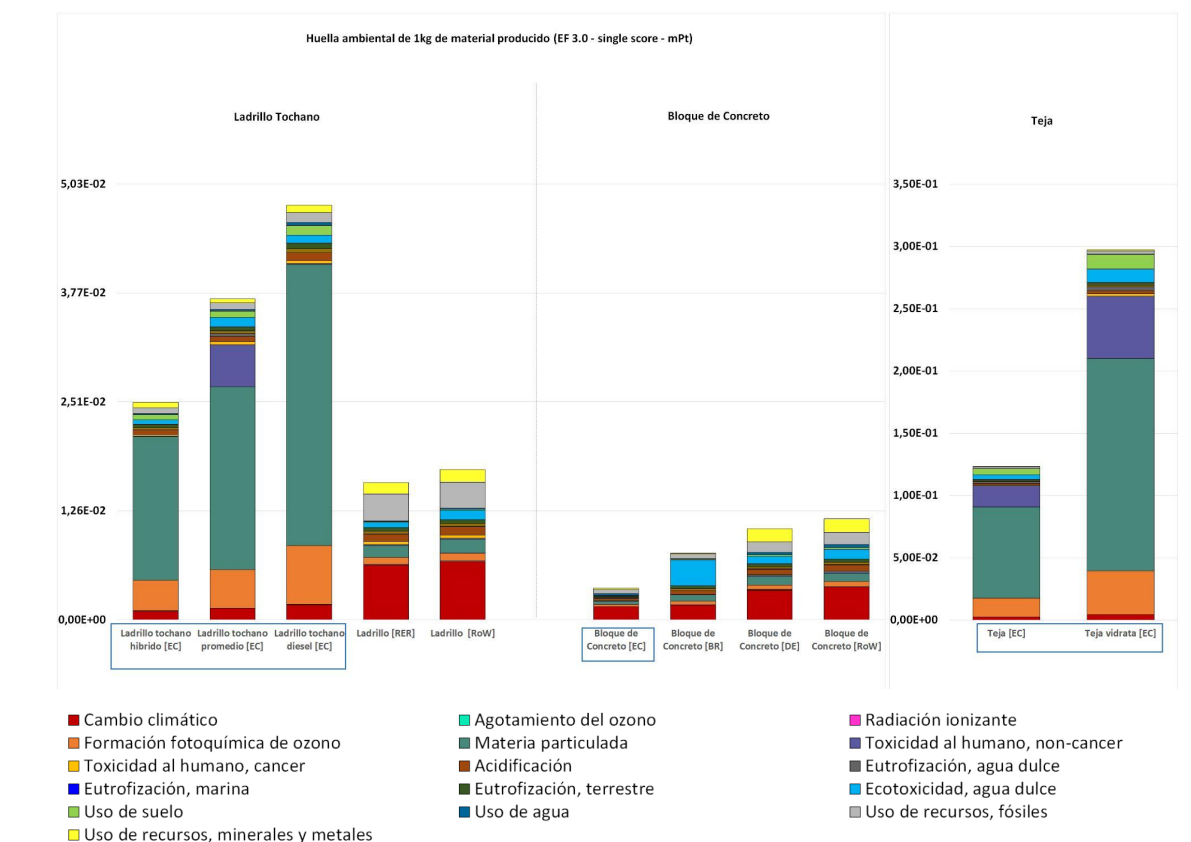
En la producción de la teja vidriada, el material particulado, posee una carga ambiental significativamente grande comparada con los otros materiales de construcción; lo mismo que está asociado al proceso de barnizado, por el uso del óxido de plomo y por el proceso de quemado llegando a alcanzar los $1.71E-01$ mPt/kg de material producido, que en comparación con la teja regular (sin barnizado) es $7.31E-02$ mPt/kg de material producido.

En la producción de bloques de concreto en Ecuador, las categorías de mayor proporción en la huella ambiental son el cambio climático, el uso de recursos minerales y metales y la materia particulada, representando el 42%, 14% y 10% de la huella total, respectivamente. Estos resultados se atribuyen a la contaminación embebida de los procesos precursores del bloque, es decir, la producción de clinker y cemento. Durante estos procesos se emiten metales pesados, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, COVs y material particulado, lo cual contribuye a la huella de carbono y a la presencia de partículas en el aire. Además, las materias primas utilizadas, como la piedra caliza, arcilla, yeso, arena y grava, están directamente relacionadas con la categoría de uso de recursos minerales y metales. En comparación con otros países, la huella ambiental de Ecuador es menor en comparación con Brasil, Alemania y el resto del mundo, que corresponde al 53%, 65% y 69%, respectivamente. En particular, el cambio climático en Ecuador tiene una carga

ambiental aproximadamente el doble que en Brasil, mientras que la ecotoxicidad del agua dulce muestra un impacto mucho mayor en comparación con Ecuador, en donde es menor en un 98%. En cuanto a Alemania y el resto del mundo, el bloque de concreto presenta proporciones similares en las categorías de impacto ambiental, aunque su proceso productivo es un 9% y un 18% menor, respectivamente.

En la producción de ladrillo tochano, las categorías de mayor proporción en la huella ambiental son la materia particulada y la formación fotoquímica de ozono, debido a la emisión de óxidos de azufre y nitrógeno durante la combustión de la leña en el proceso de cocción de los ladrillos. Dichas emisiones potencian la formación de ozono troposférico (smog) y al aumento de la carga de cenizas (material particulado) en el ambiente. En cuanto a la comparación de la huella ambiental entre los dos tipos de producción de ladrillo tochano en Ecuador, el ladrillo donde solo interviene el consumo de diesel es 52% mayor que el proceso híbrido (consumo de diesel y electricidad); además presenta una mayor carga en todas las categorías de impacto evaluadas. En comparación con la referencia promedio europea (RER) y el resto del mundo (RoW), el ladrillo tochano de Ecuador muestra una diferencia significativa, siendo un 53% mayor en términos de huella ambiental total. En particular, la emisión de materia particulada en Ecuador es aproximadamente 14 veces superior a estas referencias internacionales, mientras que la huella de carbono es 5 veces menor.

Figura 15. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental de la producción de los materiales de construcción contemporáneos.



Medido en mPt/kg de material producido. BC: Bloque de concreto; LT (hib): Ladrillo tochano, proceso híbrido, con diesel y electricidad; LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel; LT(die): Ladrillo tochano, proceso con diesel; La: ladrillo. Te: Teja; TeV: Teja vidriada. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [DE]: Alemania, [CN]: China, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

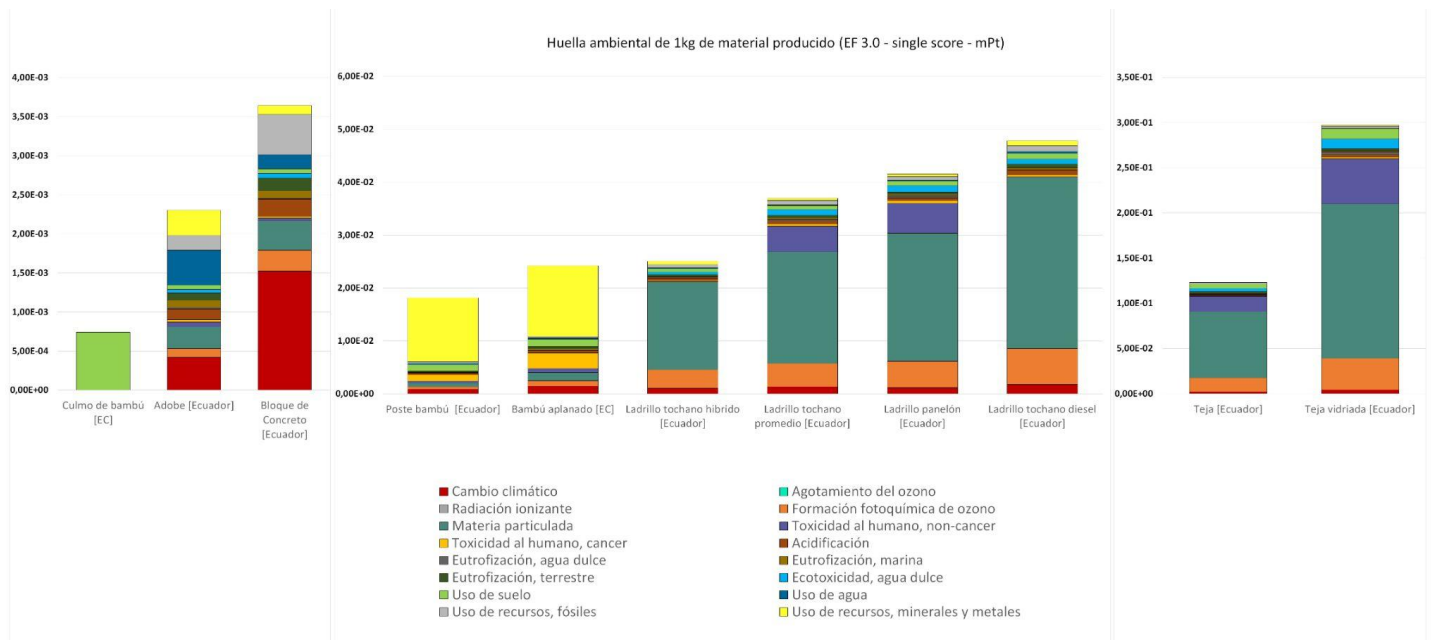
La Figura 16 presenta la comparación de la huella ambiental entre los materiales tradicionales y contemporáneos. Al analizar los materiales, se puede constatar que la teja vidriada y la teja presentan la huella ambiental más alta, en términos globales y por categorías específicas, con valores de $2.97E-01$ y $1.23E-01$ mPt/kg de material producido, respectivamente. Por otro lado, se puede evidenciar que la huella ambiental del bloque de concreto es menor a la de algunos materiales tradicionales, siendo 85% menor que la del bambú aplanado y 90% menor que la del ladrillo panelón. Al enfocarnos en la categoría de materia particulada, la carga del bloque de concreto es 56 veces menor que la carga del ladrillo panelón, debido principalmente a la emisión de cenizas en la combustión de la leña en el proceso de cocción de los ladrillos, por lo que esto representa un punto crítico (hotspot) en el que podrían considerarse mejoras tecnológicas en el proceso.

Sin embargo, al analizar otras categorías, la producción de 1 kg de bloque de concreto tiene una mayor carga en el cambio climático, agotamiento del ozono, radiación ionizante y uso de recursos fósiles, que la producción de 1kg de los demás materiales de construcción. Centrándonos en el cambio climático, el impacto del bloque de concreto es 1.7 veces mayor que el impacto del poste de bambú, 3.62 veces mayor que el del adobe, 1.12 veces mayor que el impacto del bambú aplanado, el ladrillo panelón y el ladrillo tochano (promedio). Esto también puede evidenciarse en los resultados de impacto utilizando el método IPCC 2021.

Al comparar la caña guadua con el bloque de concreto, la categoría de uso de suelo presenta una carga ambiental considerablemente mayor en la preservación de las cañas (PB) y la producción de bambú aplanado (BA); siendo alrededor de 24.5 veces superior a la del bloque de concreto. Este hecho se debe a que el cultivo de la caña requiere de una superficie de terreno considerable para su producción anual y como consecuencia, estos materiales no sólo tendrán mayor impacto que el bloque de concreto, sino con la mayoría de materiales de construcción, exceptuando la teja vidriada.

En cuanto a las categorías de materia particulada y formación fotoquímica de ozono, los materiales contemporáneos presentan una carga ambiental mayor que los materiales tradicionales, con excepción a la producción del ladrillo panelón, donde la carga de la materia particulada es 31% y 12% mayor a la del ladrillo tochano híbrido y ladrillo tochano promedio, respectivamente.

Figura 16. Comparación de los resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de materiales de construcción tradicionales y contemporáneos en Ecuador.



Medido en mPt/kg de material producido. Materiales tradicionales: CB: Culmo bambú, Ad: Adobe, PB: Poste bambú, BA: Bambú aplanado, LP: Ladrillo panelón. Materiales contemporáneos: BC: Bloque de concreto; LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel, Te: Teja, TeV: Teja vidriada.

Impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de materiales de construcción tradicionales y contemporáneos

En la Figura 17 se presenta el impacto ambiental de la producción de materiales de construcción tradicionales, evaluado mediante el método ReCiPe 2016 Endpoint. Esta figura muestra las contribuciones de cada material en diferentes categorías de impacto de punto final. Se destaca que la categoría de salud humana es la más afectada, y el bambú aplanado es el material que genera el mayor daño en esta categoría, con un valor de 2.71 mPt/kg de material producido. Esto se debe principalmente a la contaminación resultante del tratamiento de los residuos de bambú, que consiste en la combustión al aire libre de los residuos. Además, el uso de sustancias como el borax y el ácido bórico en el proceso de preservado también contribuyen al impacto negativo en la salud humana, aunque en menor proporción. Sin embargo, el daño a la salud humana de la producción de bambú aplanado es 10 veces menor que el de China y 9 veces menor al del resto del mundo.

En cuanto al material tradicional que mayor impacto representa, es el ladrillo panelón con un daño neto ponderado de 1.09E+1 mPt/kg de material producido; valor que es 15 veces mayor al del adobe y 18 veces mayor al del bambú aplanado. Al analizar las tres categorías, el ladrillo panelón tiene un mayor impacto en la categoría de salud humana y ecosistemas, con valores de 1.06E+1 y 2.72E-01 mPt/kg de material producido; debido principalmente al cambio climático y a la presencia de materia particulada en el ambiente (Huijbregts et al., 2017), causada por las emisiones de gases de efecto invernadero, de compuestos orgánicos volátiles no metánicos

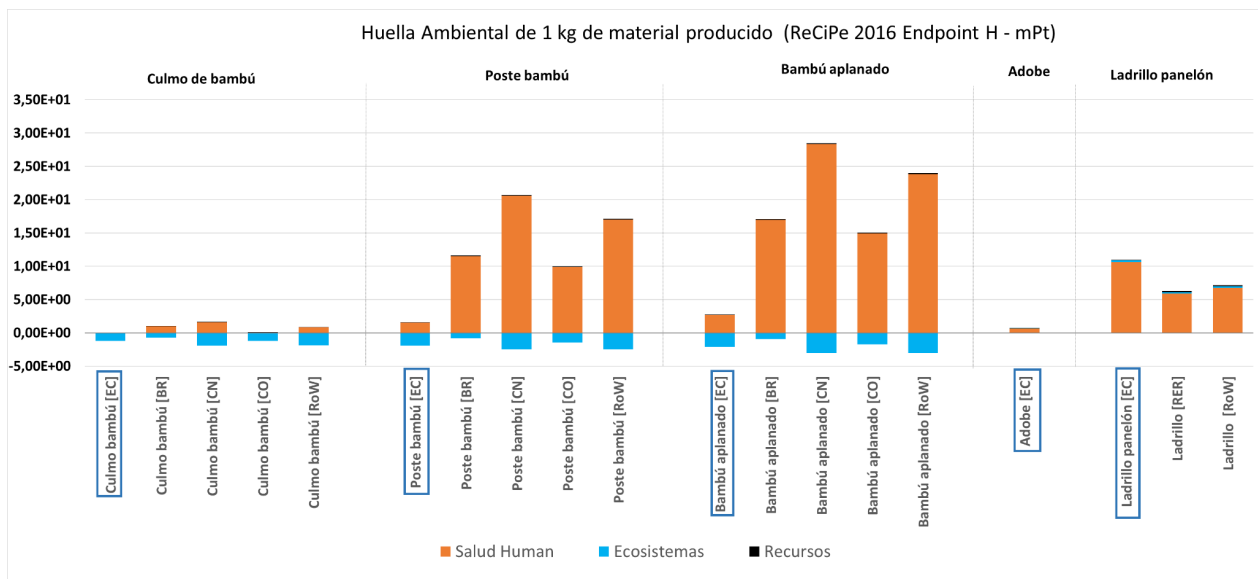
(NVOC) y partículas de tamaño superior a 10 μm durante el proceso de combustión de leña en la cocción del ladrillo.

La producción del material con menor puntaje de impacto son el culmo de bambú (silvicultura del bambú) y el poste de bambú, con valores netos de -1.20 y $-4.23\text{E-}01$ mPt/kg de material producido, respectivamente. La categoría Ecosistemas del culmo de bambú, y al ser un valor negativo, significa que la actividad tiene un impacto beneficioso en el entorno natural, puesto que los guadules son manchas naturales y el uso de pesticidas y herbicidas es nulo; por lo tanto este impacto positivo también es reflejado en la producción de postes de bambú y bambú aplanado. Por otro lado, esta categoría tiene un impacto negativo sólo en la producción de ladrillo panelón y el adobe, con valores correspondientes a $2.72\text{E-}01$ y $4.33\text{E-}02$ mPt/kg de material producido, respectivamente.

Todos los materiales tradicionales presentan un impacto imperceptible a los recursos (comparado con las otras categorías), con valores menores a $4.39\text{E-}02$ mPt/kg de material producido. Con relación a la producción de ladrillo panelón y adobe, esto se debe al uso de materia prima local, como arcilla y arena de la zona cercana al taller de producción; reduciendo de esta forma la necesidad de transportar materiales desde otras ubicaciones y disminuyendo el uso de combustibles fósiles y por ende las emisiones asociadas al transporte. En el caso de la caña guadua, su producción también muestra un impacto limitado en esta categoría, debido a que la caña guadua es una planta de rápido crecimiento y un recurso renovable.

En comparación con el impacto de otros países, la producción de los materiales tradicionales en Ecuador es menor. Por ejemplo, en el caso del poste de bambú, se observa que el daño en las categorías de salud humana y recursos es considerablemente inferior en comparación con China. En Ecuador, el daño en salud humana es 13.4 veces menor y el daño en recursos es 9.6 veces menor en comparación con China, donde se alcanza un daño a la salud humana y recursos de $1.53\text{E+}00$ y $1.15\text{E-}02$ mPt/kg de material producido, respectivamente.

Figura 17. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de los materiales de construcción tradicionales.



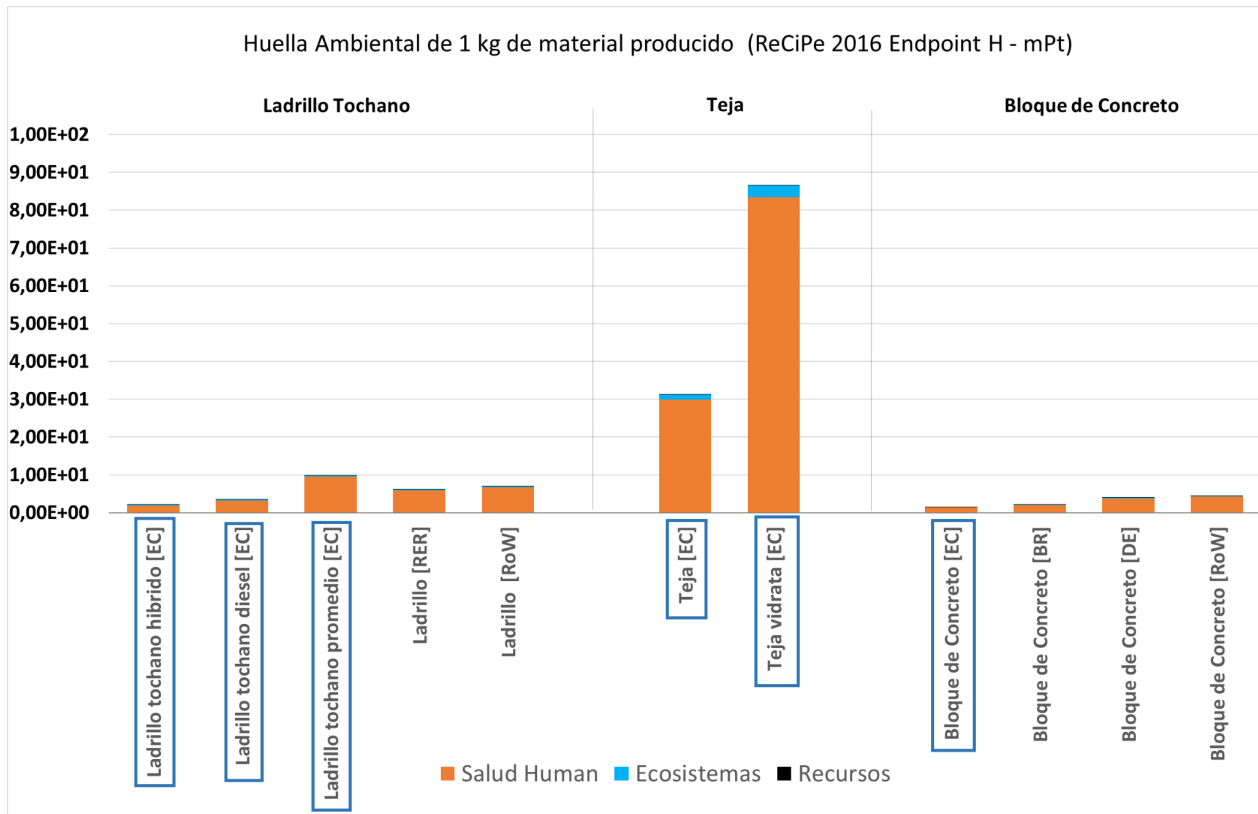
Medido en mPt/kg de material producido. CB: Culmo bambú, PB: Poste bambú, BA: Bambú aplanado, Ad: Adobe, LP: Ladrillo panelón, La: Ladrillo. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [CN]: China, [CO]: Colombia, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

Al igual que los materiales tradicionales, la salud humana es la categoría que presenta el mayor daño en los materiales contemporáneos, según los resultados obtenidos mediante el método ReCiPe Endpoint (Figura 18). Este daño está asociado al cambio climático y la formación de ozono fotoquímico, los cuales son generados por la combustión de leña, en el caso de la fabricación de ladrillo tochano y la teja; y el consumo de energía eléctrica, combustibles fósiles y el transporte de materia prima en la producción de todos los materiales. En el caso de la teja vidriada, esta presenta el doble de daño a la salud humana en comparación con la producción de teja no vidriada, alcanzando los 8.86E+01 mPt/kg de material producido; debido al uso de óxido de plomo para el barnizado y por ende un doble proceso de cocción, dando como resultado una mayor emisión de gases como óxidos de azufre y nitrógeno y NVOC que también influyen en la calidad de los ecosistemas (Huijbregts et al., 2017). Es importante destacar que esta categoría, representa el 95% del daño neto en tejas vidriadas como no vidriadas, y además, representa un valor considerablemente mayor de daño en comparación con otros materiales. En este contexto, la teja con y sin barnizado, es aproximadamente 57.9 y 20.8 veces mayor, respectivamente, que la producción del bloque de concreto; y 8.7 y 3.1 veces mayor, respectivamente, que la del ladrillo tochano.

Con relación a la categoría de recursos, de igual manera, la teja (con y sin barnizado) presenta un impacto promedio mayor de 1.22E-01 mPt/kg de material producido, comparada con los otros materiales que no superan los 1.58E-01 mPt/kg de material producido. El daño a la disponibilidad de los recursos se encuentra condicionado por el uso de recursos minerales, como arcilla, arena grava, piedra caliza, que son la materia prima de estos materiales de construcción y se ve intensificada en la teja por un mayor consumo de diesel en su proceso de producción; sin embargo, esta categoría no representa más del 2.5% del impacto neto de cada material.

En comparación con el impacto de otros países, la producción del ladrillo tochano (promedio) de Ecuador es 60% menor que la de la referencia promedio europea y 65% menor que la del resto del mundo. Por otro lado, la producción de bloques de concreto en Brasil tiene un impacto un 56% menor que en Ecuador. Esta diferencia se atribuye principalmente a la contaminación relacionada al flujo de transporte y de la producción de cemento en la fabricación de bloque en Ecuador.

Figura 18. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de los materiales de construcción contemporáneos.



Medido en mPt/kg de material producido. BC: Bloque de concreto; LT (hib): Ladrillo tochano, proceso híbrido, con diesel y electricidad; LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel; LT (die): Ladrillo tochano, proceso con diesel; La: ladrillo; Te: Teja; TeV: Teja vidriada. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [DE]: Alemania, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

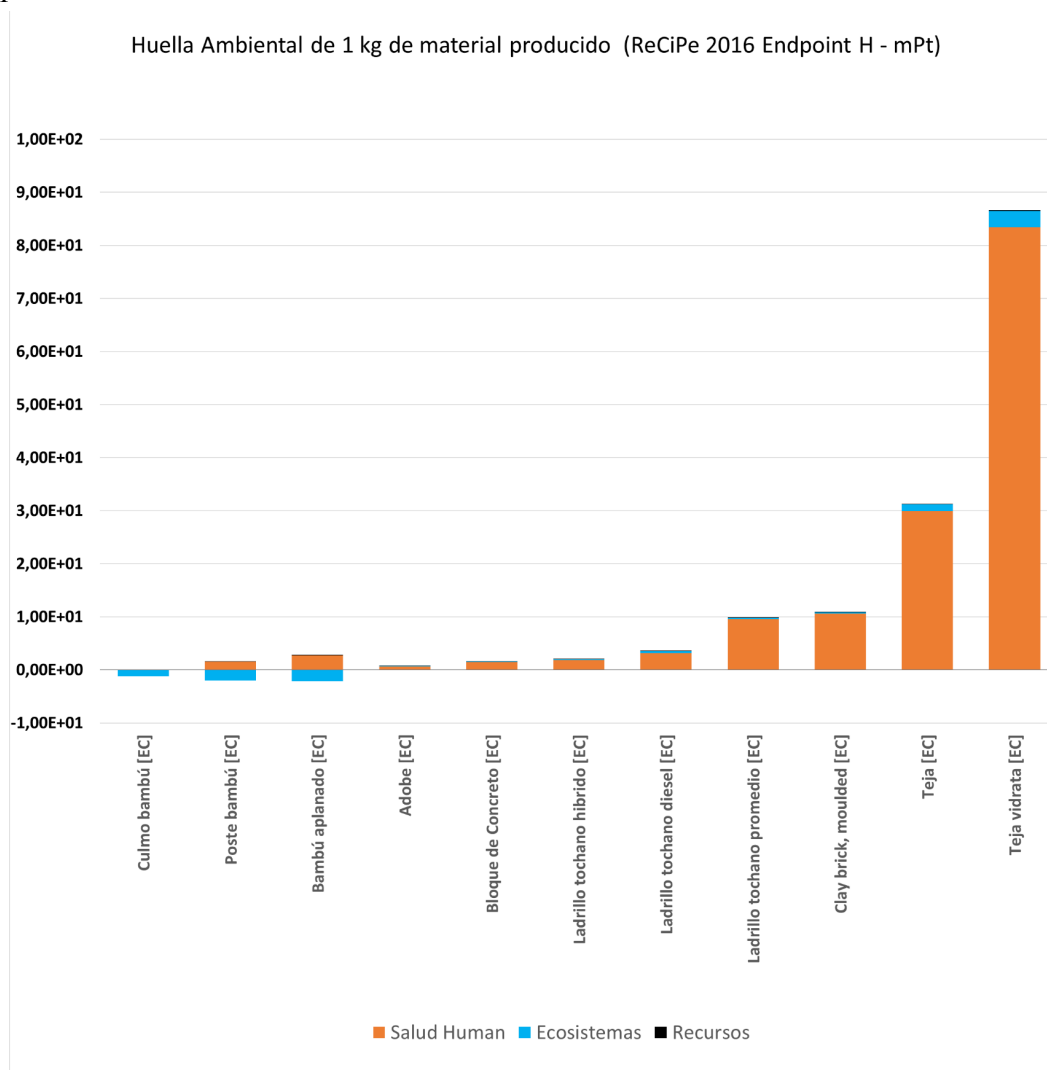
La comparación del impacto entre los materiales tradicionales y contemporáneos de Ecuador, obtenida a través del método ReCiPe, se muestra en la Figura 19; donde se puede observar que solo los materiales de caña guadua tienen un impacto positivo en la calidad de los ecosistemas, mientras que los demás materiales no superan los 1.85E-01 mPt/kg de material producido; con excepción de la teja, cuyo proceso productivo destaca como el de mayor impacto en términos de daño neto y por categorías. En comparación con materiales como el culmo de bambú, el adobe y el poste de bambú, que presentan un menor impacto ambiental, se registran diferencias promedio del 97,4% a nivel de daño neto con relación a la teja vidriada.

En cuanto al bloque de concreto, la categoría de salud humana presenta un impacto 2 veces mayor que el adobe, 0.94 veces menor que el poste de bambú, 7.36 veces mayor que el ladrillo

panelón y 1.8 veces menor que el bambú aplanado. Para el caso del ladrillo, el impacto del ladrillo tochano promedio (proceso semi mecanizado) es muy similar al producido por el ladrillo panelón (producción artesanal), con una diferencia de 1.01 mPt/kg de material producido entre ambos.

Al analizar el impacto por categorías, se identifica que la salud humana es la categoría que resulta más afectada por el proceso productivo de todos los materiales, a excepción del culmo de bambú. Tal como se mencionó anteriormente, esto se atribuye al uso de óxido de plomo en la producción de la teja vidriada, a las emisiones de gases y partículas contaminantes durante la combustión incompleta de leña en los procesos de cocción para la fabricación de ladrillos y tejas, así como la contaminación embebida de la fabricación del cemento y el flujo de transporte, en la elaboración del bloque de concreto.

Figura 19. Comparación de los resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de materiales de construcción tradicionales y contemporáneos en Ecuador.



Medido en mPt/kg de material producido. Materiales tradicionales: CB: Culmo bambú, Ad: Adobe, PB: Poste bambú, LP: Ladrillo panelón, BA: Bambú aplanado. Materiales contemporáneos: LT (prom): Ladrillo tochano, promedio entre proceso híbrido y proceso con diesel, BC: Bloque de concreto, Te: Teja, TeV: Teja vidriada. [EC]: Ecuador.

C. Análisis comparativo de impactos sociales y significados culturales de los materiales

En esta sección se presentan análisis comparativos de los resultados derivados del análisis de impacto social y el estudio de los significados socio-culturales vinculados a la producción de materiales de construcción locales. Primero, contrastamos el desempeño entre los materiales de un mismo tipo de producción, artesanal (adobe, ladrillo panelón, caña guadua) y semimecanizada (ladrillo tochano, teja y bloque de concreto). Posteriormente, extendemos nuestro análisis para diferenciar y comparar entre los desempeños sociales de estos dos tipos de producción.

Antes de pasar a los resultados es importante mencionar algunas características comunes que fueron identificadas en los talleres analizados que pueden facilitar la comprensión de los resultados ya que aporta un mayor contexto. En los talleres de producción artesanal de adobe y ladrillo panelón se identificó que es común que una sola persona realice el proceso de producción casi en su totalidad, teniendo ayuda de los miembros del círculo familiar en ciertos procesos de traslado del material. Y de igual manera esta misma persona es dueña del taller y de las herramientas necesarias para la producción de estos materiales.

En el caso de caña guadua se identificó que muchos de los guaduales de donde se extrae la caña son de origen natural que han sido heredados por los actuales dueños. Es decir, no existe un proceso planificado ni de inversión en la fase de siembra. De igual manera se identificó que para los procesos de extracción de la caña guadua se necesita en promedio tres personas, número que puede variar en función de la extensión del guadual.

Para los talleres de producción semimecanizada se ha identificado que el apoyo del círculo familiar se reduce drásticamente y aumenta el número de personas contratadas. En promedio en los talleres semimecanizados trabajan cinco personas, las cuales se concentran sobre todo en el traslado de los materiales dentro del taller ya no tanto en la transformación manual de la materia prima.

Análisis comparativo entre los materiales de producción artesanal

En el análisis comparativo de los diferentes materiales, se observan ciertos patrones y diferencias notables entre la producción de adobe, ladrillo panelón y caña guadua. Podemos observar en la Tabla 29 que el Adobe y ladrillo tienen un desempeño similar, en cambio la caña guadua tiene un desempeño mucho más positivo.

Tabla 29. Desempeño social de la producción artesanal de Adobe, Ladrillo Panelon y caña guadua

Subcategoría	Indicador	Adobe		Ladrillo		Caña Guadua	
		Taller 1	Taller 2	Taller 1	Taller 2	Guadual	Centro de preservado
Salario Justo	Ingreso mensual de las personas que						

	trabajan en el taller.	-2	-2	-2	-2	0	0
	Los productores consideran que su ingreso es suficiente para cubrir sus necesidades.	-2	-2	-2	-2	2	2
Horas de trabajo	Horas extras trabajadas por semana	-2	-2	0	-1	0	0
	Más de 5 días de trabajo por semana	-2	-2	-1	0	0	0
Libertad de asociación	Restricción a la Libertad de asociación	0	0	0	0	0	0
Trabajo Infantil	Niños trabajando en el taller	0	0	0	0	0	0
Salud y Bienestar	Uso de equipo de protección adecuado.	-2	-2	-2	-2	2	2
	Lesiones relacionadas al procesos de producción.	-2	-2	-2	-2	0	0
	Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo	1	1	0	0	0	0
	Controles regulares de salud para las personas que trabajan en el taller	-2	-2	-2	-2	-2	-2
	Instalaciones sanitarias en los talleres	-2	-2	2	2	2	2
Seguridad Social	Personas que trabajan en el taller con seguro social	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Satisfacción Laboral	Satisfacción con la actividad productiva que realizan	2	2	2	2	2	2

En el caso de la **producción del adobe** podemos observar como la gran mayoría de indicadores se encuentran con el peor desempeño negativo, específicamente en las subcategorías de salario justo, horas de trabajo, salud y bienestar y seguridad social. Por ejemplo, encontramos que el ingreso mensual de los productores de adobe se encuentra alrededor de los 90 dólares mensuales. En cuanto a las horas de trabajo están en un promedio de 10 horas al día y por lo general una semana laboral de 8 días. En el indicador “Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo” de la categoría salud y la seguridad vemos un desempeño positivo, esto es debido a que no se usan sustancias de ningún tipo para la producción del adobe.

Un resultado interesante es el desempeño de la subcategoría “satisfacción laboral” que se encuentra en el nivel positivo más alto. Esto puede ser contradictorio en primera instancia, pero al confrontar esto con los resultados del análisis de los significados socioculturales encontramos que existe una motivación cultural que hace que los productores se mantengan en este tipo de producción a pesar del desempeño negativo en varias subcategorías de impacto. Para los productores este tipo de producción implica un acto de mantener una actividad que pone en uso conocimientos transferidos por sus familiares y por la comunidad.

En el caso de la **producción del ladrillo panelón** podemos observar como el peor desempeño negativo se mantiene en los indicadores de salario justo. En los talleres analizados el salario

mensual se encuentra en un promedio de 220 dólares. Respecto de las horas de trabajo el desempeño empieza a estar más cercano al desempeño neutral, en un rango entre -1 y 0. Esto puede deberse a que la cantidad de trabajo humano para la producción del ladrillo panelón se reduce ya que a diferencia del adobe este material si posee una fase de cocción. Lo cual reduce el tiempo de secado y por tanto el tiempo que esté proceso demanda al productor. El proceso de cocción al mismo tiempo genera emisiones que pueden ser nocivas para la salud por lo cual el indicador de impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo ya no tiene el desempeño positivo como en el caso del adobe.

El resto de indicadores se mantiene iguales al desempeño del procesos de producción del adobe, ya que el mismo no varía de forma significativa aparte del procesos de cocción antes mencionado. De igual forma, en la producción de ladrillo panelón encontramos la misma contradicción en la subcategoría de Satisfacción Laboral. Esto será profundizado en las sección de los significados socio-culturales como se mencionó anteriormente en la sección del adobe.

Para entender los resultados de la tabla de **desempeño de la caña guadua** es clave notar que existe una diferencia significativa entre los procesos necesarios para producir un poste de caña guadua y un bloque de adobe o de ladrillo panelón. Esta diferencia radica principalmente en la cantidad de trabajo humano necesarios para la producción de cada uno de estos materiales. En el caso de la cañada guadua estamos hablando sobre todo de un proceso de extracción de la materia prima y de un procesos de preservado, en los cual no se da una transformación significativa de la misma. En el caso del adobe y el ladrillo panelón sucede lo contrario, ya que la materia prima sufre un fuerte procesos de transformación para ser considerado un material de construcción terminado.

Esta diferencia claramente se expresa en la tabla de desempeño de los procesos necesarios para producir un poste de caña guadua, ya que al ser sobre todo un proceso de extracción la cantidad de trabajo humano necesario es menor. En el caso del guadua analizado se reduce más aún ya que este es de origen natural, es decir no son plantaciones planificadas. Por lo tanto el desempeño en la subcategoría horas de trabajo se encuentra en neutral. En el guadua analizado se trabaja tres días a la semana un máximo de ocho horas que pueden variar en función de la demanda.

En el caso de la subcategoría de salario justo el desempeño se encuentra en neutral, es decir igual al salario mínimo definido por ley en Ecuador (\$425). Esto ya que en el cantón de Portoviejo provincia de Manabí la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR) ha generado varios procesos de capacitación y asesoramiento técnico con los dueños de los guaduales naturales y los centro de preservado para mejorar la calidad de los postes de bambú que se producen en la zona. Lo cual ha permitido que el precio de venta de dicho material aumente, generando así mayores ingresos para los dueños y trabajadores de los guaduales y los centros de preservación.

En complemento con esto INBAR también ha generado procesos de formación a maestros de construcción para generar las capacidades técnicas en la zona para usar la caña guadua como material de construcción para viviendas. Generando así mayor demanda, lo cual también favorece a que se genere un desempeño más cercano a lo neutral.

Análisis comparativo entre los materiales de producción semimecanizada

Tabla 30. Desempeño social de la producción semimecanizada de Ladrillo Tochana, Teja y Bloque de Concreto

Subcategoría	Indicador	Ladrillo Tochano		Teja	Bloque de Hormigón	
		Taller 1 y 2	Taller 3	Taller 1	Taller 1	Taller 2
Salario Justo	Ingreso mensual de las personas que trabajan en el taller.	0	0	0	0	0
	Los productores consideran que su ingreso es suficiente para cubrir sus necesidades.	0	0	0	2	2
Horas de trabajo	Horas extras trabajadas por semana	0	0	0	0	0
	Más de 5 días de trabajo por semana	0	-1	1	0	0
Libertad de asociación	Restricción a la Libertad de asociación	0	0	0	0	0
Trabajo Infantil	Niños trabajando en el taller	0	0	0	0	0
Salud y Bienestar	Uso de equipo de protección adecuado.	2	2	2	2	2
	Lesiones relacionadas al procesos de producción.	1	1	0	0	0
	Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo	0	0	0	0	0
	Controles regulares de salud para las personas que trabajan en el taller	-2	-1	-2	-2	2
	Instalaciones sanitarias en los talleres	2	2	2	2	2
Seguridad Social	Personas que trabajan en el taller con seguro social	2	2	2	-2	-2
Satisfacción Laboral	Satisfacción con la actividad productiva que realizan	2	2	2	2	2

Como vemos en la tabla 30 el desempeño de los talleres de los tres materiales es bastante similar, ya que el uso de maquinaria reduce la cantidad de trabajo humano necesario y aumenta la

capacidad de producción. Una ventaja importante de estos materiales que no se evidencia en la tabla y que permite una mejor rentabilidad y por ende mejor desempeño en cuanto a salario justo y seguridad social es la alta demanda de estos materiales en la región. Lo cual puede también influir en el aumento de los días de trabajo en el caso de que la demanda supere la capacidad de producción que se puede lograr en los cinco días laborales definidos por ley.

Análisis comparativo del desempeño sociales de la producción artesanal y la semimecanizada

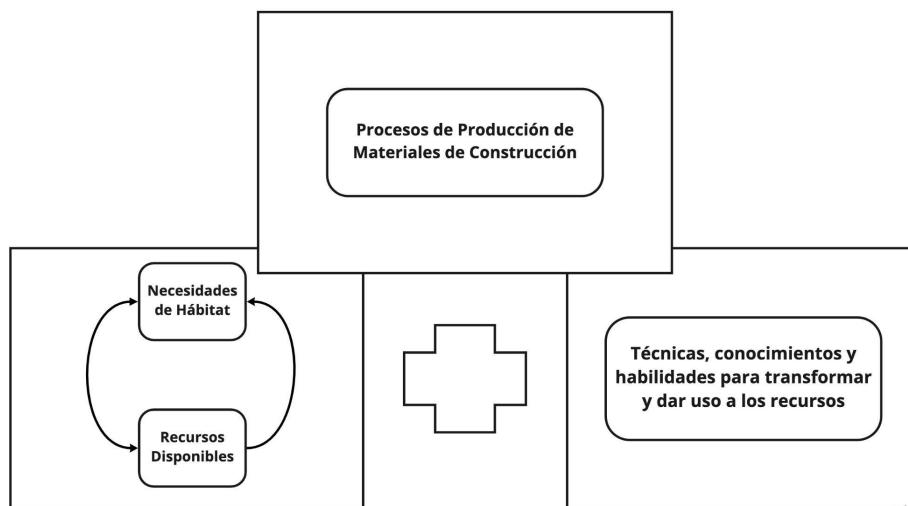
La comparación entre el desempeño de la producción artesanal y semimecanizada nos muestra que la presencia de maquinaria en la producción semimecanizada, en general, tiende a mejorar el desempeño social. Por ejemplo, se identifican mejores desempeños en las subcategorías de salario justo, horas de trabajo, salud y bienestar y seguridad social, lo que resulta en un menor impacto en el bienestar de los productores. Adicionalmente, la demanda del material también genera variaciones importantes en el desempeño social de los materiales. Los materiales con producción semimecanizada presentan una demanda más alta lo cual hace que tengan una mayor rentabilidad económica.

D. Análisis de los significados culturales de la producción de materiales

Los resultados del análisis de los discursos de los productores son agrupados bajo la misma lógica de producción artesanal y producción semimecanizada. El iniciar la presentación de resultados con la producción artesanal permite entender cómo los conocimientos necesarios para la producción de los materiales con tierra es compartida y utilizada en la zona no solo por este tipo de producción sino que también es la base para la producción semimecanizada.

Para comprender cómo se genera el conocimiento que permite transformar, dar uso a los recursos naturales de una zona y generar significados alrededor de los procesos de producción de materiales se propone el esquema conceptual de la Figura 20.

Figura 20. Esquema general de los procesos de producción de materiales de construcción.



Este esquema presenta de manera general las relaciones entre los tres componentes principales que hacen posible la conformación de un proceso de producción de materiales de construcción, ya sea este artesanal o semimecanizado. Estos tres componentes son:

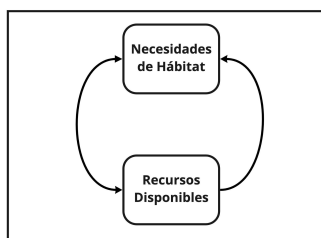
- **Necesidad de hábitat:** Necesidad de generar espacios habitables.
- **Recursos disponibles:** Recursos naturales disponibles en el territorio.
- **Técnicas, conocimientos y habilidades:** Que permiten transformar y dar uso a los recursos y que varía en función de los dos anteriores.

La necesidad de generar espacios habitables impulsa la creación de técnicas, conocimientos y habilidades que le permitan dar uso a los recursos disponibles en un territorio. De esta forma se generan procesos de producción de materiales de construcción de viviendas que responde a la necesidad de generar espacios habitables que no pueden obviar los recursos disponibles.

Partiendo de estas relaciones generales a continuación veremos cómo cada uno de los tipos de producción incorporan conceptos centrales que se han identificado en las entrevistas realizadas a los productores.

Producción artesanal de materiales de construcción: Adobe, ladrillo tochano y caña guadua.

A continuación se analizan los componentes del esquema de significados que se han identificado en los discursos de los productores artesanales de adobe, ladrillo panelón y caña guadua.



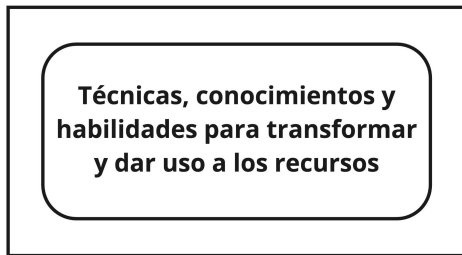
En la relación entre la necesidad de generar espacios habitables y los recursos disponibles presentes en la producción artesanal podemos identificar dos conceptos claves que los productores utilizan en sus discursos para dotar de significado a esta relación. Por un lado, la identidad con el territorio y por otro el concepto de monetización de la naturaleza (materia prima).

La **identidad territorio - productores**, implica que los productores se identifican con la zona en la que trabajan, ya que la misma es un espacio que ha tomado forma en función de la actividad que ellos realizan y de igual forma los materiales que producen toman forma en función de los recursos disponibles en dicho territorio. La **monetización de la naturaleza (materia prima)**, hace referencia a la forma en la que los productores acceden a la materia prima y como esta forma ha variado a lo largo del tiempo. Actualmente, las materias primas son adquiridas a través de un comerciante a un costo fijado por el mismo, los productores desconocen sobre el proceso de extracción de la materia prima.

Los productores mencionan que en la generación de sus padres y abuelos no tenían ninguna mediación con un comerciante para poder acceder a las materias primas. Es decir, el acceso a la materia prima no implicaba una mediación monetaria. Eso se debe a que la materia prima era extraída de los terrenos de los mismos productores. En la producción artesanal los productores se

encuentran en contacto directo con los recursos de su territorio y son ellos mismo lo que le dan uso como materia prima para construir espacios habitables.

Este acceso a la materia prima sin necesidad de una intermediación y sin un costo monetario, fue un elemento clave que facilitó el tipo de producción artesanal. Actualmente, la materia prima en muchos casos se debe traer de otros lugares, lo cual afecta los costos y la continuidad de este tipo de producción, ya que aumenta el costo de inversión necesario par producir adobe o ladrillo panelón.



Como se presentó en el esquema general, la necesidad de generar espacios habitables y los recursos disponibles dan paso a que se desarrollen técnicas, conocimientos y habilidades que permitan transformar y dar uso a dichos recursos. Estas técnicas se formalizan y transmiten a través de los productores. Esta conexión entre los recursos disponibles y los conocimientos que poseen los

productores para usar dichos recursos se expresa claramente en los discursos de los productores y nos permiten identificar los conceptos que se presentan a continuación:

Transmisión de conocimientos a través de la familia: Las técnicas y habilidades para la producción de materiales han sido transmitidas/enseñadas entre miembros de la familia, de una generación a otra a través de la práctica directa en los talleres.

Transmisión de conocimientos por la comunidad: Los conocimientos no solo se limitan a los círculos familiares, sino que también circulan por la comunidad que se desarrolla sobre dicho territorio. En el caso de este estudio los conocimientos para la producción del adobe y el ladrillo panelón son un conocimiento común en San Jose de Balzay y como veremos en la parte de la producción semimecanizada han servido de base para el desarrollo de la misma.

Motivación cultural y satisfacción de necesidades: Lo que motiva la generación y uso de estas técnicas en primera instancia no responde a una lógica de costo-beneficio, ni una lógica de recuperación de la inversión. Sino que responde principalmente a poder satisfacer la necesidad de generar espacios habitables (viviendas) para los habitantes del territorio. Una vez esta necesidad es cubierta las técnicas para transformar los recursos disponibles son utilizados para poder generar ingresos económicos para los productores. Lo cual nos permite hacer la conexión con el último componente, el proceso de producción de materiales artesanales como tal.



Este componente se refiere directamente al proceso de producción con todas las etapas que se mencionan en el apartado de los resultados técnicos. En este nivel podemos hablar de un proceso de producción consolidado que no depende de la necesidad de generar espacios habitables del productor para ponerse en marcha. Esto permite que el proceso de producción sea impulsado por la necesidad de

los productores de generar recursos económicos a través de los conocimientos que han desarrollado en relación a los recursos disponibles en el territorio. A continuación se presentan

los conceptos identificados en los discursos de los productores que caracterizan a la producción artesanal.

Trabajo Familiar: La producción artesanal está sustentada fuertemente en el trabajo familiar. La mayoría de las personas que participan del proceso de producción son familiares del dueño del taller y poseen los conocimientos para realizar este tipo de producción. Esto gracias a la circulación de estos conocimientos en la zona y a que han aprendido en la práctica cotidiana en el mismo taller familiar o han participado en talleres de otras personas de la comunidad.

Rentabilidad económica: Como se evidencio en las tablas de desempeño social del adobe y el ladrillo panelón no se generan los ingresos suficientes para cubrir todas las necesidades de los productores. En las entrevistas realizadas la principal causa que se menciona es la falta demanda y la competencia con la producción de materiales contemporáneos. Por lo cual algunos productores realizan otras actividades productivas (agricultura de autoconsumo) para poder satisfacer sus necesidades. Esto de igual forma complica las posibilidades de contratar personal para el desarrollo de la producción de los materiales artesanales, aumentando la dependencia hacia el trabajo familiar y por ende la continuidad de este tipo de producción.

Intensidad y carga de trabajo: Las horas y días que los productores emplean para la producción de los materiales de construcción está sobre lo legalmente definido. Es decir, la producción artesanal demanda más de 8 horas de trabajo y más de 5 días a la semana.

Efecto de la tecnificación: Este concepto se hace presente en los dos tipos de producción generando impactos diferentes. En el caso de la producción artesanal el efecto es negativo, ya que se genera una competencia desigual en tanto ritmos de producción, carga de trabajo y precios. Ya que existen procesos de producción artesanal como el ladrillo y la teja que han logrado tecnificarse, desplazando a las anteriores formas de producción.

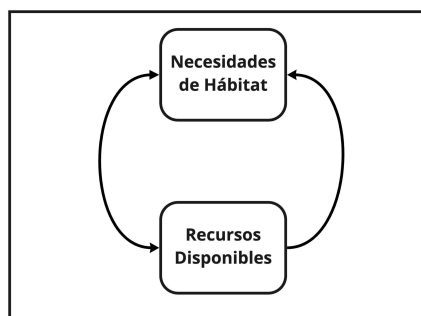
En el caso particular de producción del adobe solo existe la producción no tecnificada artesanal. Por lo tanto el material no compite con otras formas de producción. De esta forma aún posee una valoración cultural importante al ser un trabajo totalmente artesanal.

Figura 21. Esquema unificado de los conceptos que dan significado al proceso de producción artesanal



Producción semi mecanizada de materiales de construcción:

De igual forma, al analizar los discursos de los productores que han incorporado maquinaria en los procesos de producción hemos identificado conceptos en cada uno de los 3 componentes principales. Conceptos que los productores de ladrillo tochano, teja y bloque de hormigón utilizan para dar sentido y explicar su actividad productiva. A continuación se presentan cada uno de los 3 componentes con los respectivos conceptos identificados que nos permiten comprender los significados detrás de la producción mecanizada de los materiales antes mencionados.



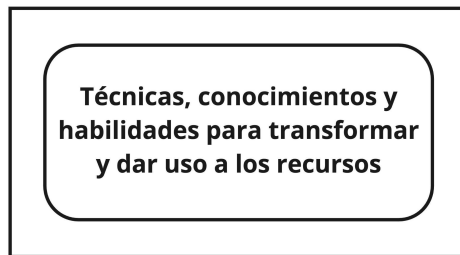
En la relación entre la necesidad de generar espacios habitables y los recursos disponibles presente en la producción mecanizada de los materiales antes mencionados, identificamos dos conceptos claves, los mismos que en la producción artesanal. Los cuales varían en su contenido ya que deben dotar de significado a un proceso totalmente diferente, no necesariamente pensando en los pasos para la producción de los bloques como, tal sino en la forma en la cual los productores explican y argumentan sobre las relaciones que hacen posible este tipo de producción. A continuación se detallan estos dos conceptos:

Identidad territorio - productores: En el caso específico de esta investigación hemos podido identificar este concepto en los productores que han mecanizado sobre todo la producción del ladrillo y la teja. Ya que la identidad que han desarrollado hacia el territorio ya no está relacionada con los recursos naturales disponibles de la zona, como sí pasaba con la producción artesanal. Sino que ahora esta identidad está conectada con los conocimientos de la producción artesanal. Los cuales han sido usados y transmitidos hacia ellos por la generación de sus padres,

conocimientos que son muy valorados por los mismos dueños de los talleres de producción mecanizada.

En el caso de los talleres de producción mecanizada de teja hemos identificado que los productores no solo utilizan los conocimientos de la producción artesanal como la base para conseguir la mezcla correcta de los distintos tipos de tierra. Sino que también mantienen el diseño tradicional de la teja. Es en esta conexión con base en los conocimientos de producción artesanal que los productores que han incorporado máquinas en sus procesos productivos encuentran una identidad con el territorio. Una identidad que sólo es posible gracias a la circulación de un conocimiento que surge de una relación entre los productores y los recursos disponibles.

Monetización de la naturaleza (materia prima): En el caso de este tipo de producción la relación con la naturaleza (materia prima) es directamente a través de una mediación monetaria. No han existido otros mecanismos para poder acceder a las materias primas, esto directamente aleja cada vez más a los productores de los recursos naturales disponibles dificultando la generación de una identidad bajo la misma lógica que si permite la producción artesanal.



Esta conexión con los conocimientos de la producción artesanal también se expresa en este componente. Por lo cual se ha identificado el concepto de transmisión de conocimientos a través de la familia, el cual también se lo identificó en la producción artesanal. Por otro lado, se identificaron conceptos propios de este tipo de producción que se caracterizan por la incorporación de máquinas. A

continuación, se detallan los conceptos identificados en los discursos de los productores entrevistados:

Transmisión de conocimientos a través de la familia: Como se mencionó anteriormente al analizar las entrevistas de los productores artesanales y ahora las entrevistas de los productores que han incorporado maquinaria vemos claramente como se ha generado una circulación de los conocimientos para la producción artesanal en toda la zona de San José de Balzay parte de la parroquia Sinincay del cantón Cuenca.

Esta circulación ha sido posible sobre todo gracias a la transmisión de estos conocimientos a través de la familia. Todos los productores entrevistados dueños de talleres de producción mecanizada en San José de Balzay han tenido una generación anterior que utilizaba los conocimientos artesanales para la producción de materiales de construcción.

Esta conexión es fácilmente identificable si generamos una trayectoria desde la producción del adobe, el ladrillo panelón y finalmente el ladrillo tochano. Difícilmente podrían darse las condiciones adecuadas para el desarrollo de la producción de cada uno de estos materiales sin la presencia de los conocimientos que requiere la producción artesanal en primera instancia.

El concepto de transmisión de los conocimientos de producción artesanal a través de la familia por lo tanto nos permite comprender que la producción mecanizada aun no implica una ruptura total con la producción artesanal. Existe por el momento una conexión muy débil entre los dos tipos de producción y más importante aún, una conexión generacional entre los dos tipos de productores. La debilidad de esta conexión se encuentra justamente en su carácter generacional,

ya que al desaparecer la generación de productores artesanales este conocimiento dejaría de circular. Dando paso únicamente a la circulación del conocimiento necesario para la producción mecanizada.

Los dos conceptos que se detallan a continuación son propios de este tipo de producción y son claves para poder comprender cómo los productores le dan sentido a su actividad productiva y cómo justifican la incorporación de maquinaria en el proceso productivo.

Motivación económica: A diferencia de la producción artesanal el tipo de motivación que se hace presente en este tipo de producción está más relacionada al tema económico. Esto gracias a la eficiencia que permite alcanzar la incorporación de máquinas en el proceso productivo. Es decir los productores se mantienen y han elegido continuar con este tipo de producción porque si existe una rentabilidad económica suficiente como para justificar la inversión que se hace.

Varios de los entrevistados mencionan que gracias a la introducción de maquinaria en el proceso de producción del ladrillo y de teja han podido mantenerse en esta actividad. Ya que de lo contrario se hubieran visto obligados a buscar otra actividad que les genere los recursos económicos necesarios.

Mecanización de la producción: Este segundo concepto propio de la producción mecanizada tiene una fuerte conexión con la motivación económica, ya que permite solucionar varios de los problemas que se presentan en la producción tradicional que no permite que esta sea lo suficientemente rentable. En base a esto vemos que la mecanización de la producción no solo tiene un efecto directo en el proceso productivo y sus ritmos. Sino que también cambia los significados y motivaciones que los productores tienen para realizar y mantenerse en esta actividad productiva.



La relación entre los dos componentes antes mencionados y sus respectivos conceptos forman el proceso de producción mecanizado como tal. Dentro del cual también se han identificado conceptos que nos ayudan a comprender y caracterizar este tipo de producción.

Efecto de la tecnificación: La implementación de una máquina para la producción de ladrillo, teja y bloque de concreto desplazan la mano de obra y las técnicas tradicionales totalmente manuales. Esto genera dos efectos principales. El primero se expresa en una reducción de la cantidad de trabajo humano necesario para poder producir los materiales antes mencionados. El segundo efecto tiene que ver con los ritmos de producción, los cuales se ven acelerados considerablemente, lo cual aumenta a su vez la capacidad de producción del taller. Estos efectos son claves para poder entender el resto de conceptos identificados en los discursos de los productores dueños de talleres de producción mecanizada. Ya que estos se derivan directamente de la presencia de la máquina.

Intensidad y Carga de trabajo: En este tipo de producción la cantidad de trabajo humano necesario para producir los materiales analizados se reduce gracias a la mecanización de la etapa de moldeado. Lo cual permite producir más elementos en menor tiempo y con menos mano de obra.

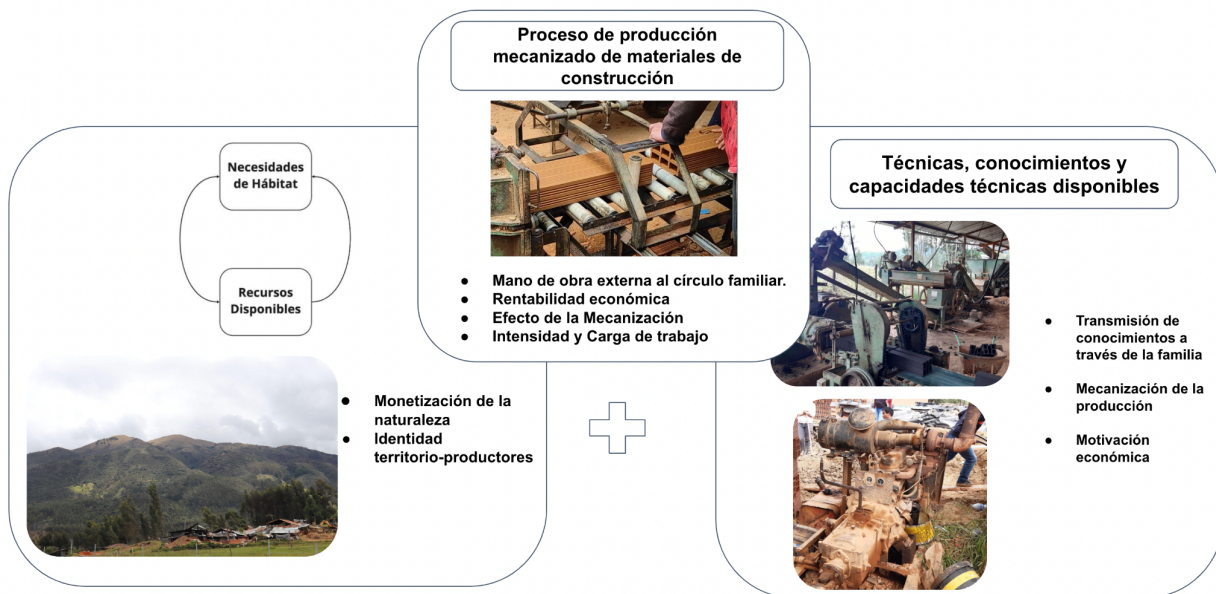
Rentabilidad económica: La reducción de la cantidad de trabajo humano y el aumento de la cantidad de elementos que se puede producir gracias a la máquina permiten que la rentabilidad económica de los talleres sea mucho más alta que la de los talleres de producción artesanal. Por ejemplo, un productor de adobe genera al mes un ingreso de 90 USD. Ingreso que se ve fuertemente limitado por dos factores principales, el tiempo que demanda la producción del adobe, 3 meses como mínimo para tener el material terminado y la baja demanda del mismo. Por otro lado tenemos el caso del bloque de concreto, donde los productores generan un ingreso mensual de 425 USD. El ritmo de producción es mucho más rápido gracias a la mecanización de los procesos de mezclado y moldeado, de tal forma que en 4 días el material está terminado y listo para la venta.

Además este aumento de la productividad conecta correctamente con la demanda que estos materiales de construcción poseen. Así la recuperación de la inversión que los dueños de los talleres hacen es mucho más rápida ya que la ventaja de este tipo de producción no está solo en la reducción de los tiempos de producción sino también en la rapidez de la circulación en el mercado que la alta demanda le da a los materiales contemporáneos.

Mano de obra externa al círculo familiar: Al aumentar la rentabilidad económica se genera la posibilidad de poder contratar mano de obra externa al círculo familiar. A diferencia de la producción artesanal que depende en gran medida de la cooperación y trabajo familiar, en la producción mecanizada la presencia de la familia se reduce drásticamente.

Es importante mencionar que en este tipo de producción la gran parte de la mano de obra tiene la función de mover el material de construcción ya generado por la máquina. Esto marca una gran diferencia con la producción artesanal, donde la generación del material de construcción es manual y por tanto la mano de obra juega un papel clave en ese proceso.

Figura 22. Esquema unificado de los conceptos que dan significado al proceso de producción semimecanizado.



2.2 CAPACITACIÓN

El proyecto CEELA busca generar procesos de capacitación que promuevan el aprendizaje sobre temas relacionados a la sostenibilidad y las metodologías necesarias para evaluarla. Más aún si estos procesos de aprendizaje son el resultado de investigaciones que permiten comprender la sostenibilidad a nivel local. Dentro de este marco se desarrolló el Curso híbrido “Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina”, el cual se detalla a continuación.

2.2.1 Curso híbrido “Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina”

Concepto general del curso

El curso “Materiales para la edificación sostenible: Metodologías, herramientas y datos para América Latina”, estuvo orientado a que los y las participantes discutan y analicen la sostenibilidad de los materiales locales de construcción que utilizan técnicas tradicionales y contemporáneas, desde un enfoque práctico e interdisciplinario, combinando análisis sociales y ambientales; por lo que estuvo dirigido a profesionales relacionados con el sector de la construcción de Ecuador y Latinoamérica. El mismo se desarrolló de manera híbrida y se llevó a cabo los días sábados, desde el 12 de noviembre hasta el 11 de diciembre del 2022, organizado por la Universidad de Cuenca y Proyecto CEELA en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad del Azuay y EMPA; por lo que se contó con la participación de diferentes actores claves desde la academia y el sector público y privado en calidad de capacitadores; como docentes investigadores de las universidades mencionadas, así como de la Universidad Central de las Villas y de la empresa TECNOPOR.

El curso tuvo los siguientes objetivos:

- Capacitar a al menos 60 profesionales y personas relacionadas con el sector de la construcción en Ecuador y Latinoamérica.
- Lograr que los participantes del curso reconozcan el valor y potencial de pertenecer y participar activamente en la comunidad CEELA para el desarrollo de proyectos de edificación sostenible en Latinoamérica.
- Contribuir a la conciencia pública sobre la relevancia que tienen diferentes materiales locales para la sostenibilidad ambiental, económica y socio-cultural de la edificación.

Y a nivel de aprendizaje, tuvo los siguientes objetivos:

- Comprender el potencial impacto ambiental y sociocultural que pueden tener los materiales de construcción tanto tradicionales como modernos usando como base los perfiles de al menos cinco materiales de construcción analizados en Ecuador.
- Reflexionar sobre los atributos que deben tener los materiales de construcción para ser considerados sostenibles ambiental y socialmente a través de datos, métricas y metodologías que permitan evaluarlos.

- Construir estrategias colaborativas para fomentar el uso de materiales locales que permitan transicionar hacia un sector de la construcción sostenible.

Estructura y contenido del curso

Como se mencionó anteriormente el curso se desarrolló de forma híbrida, con un componente virtual comprendido por clases sincrónicas y actividades asincrónicas, así como de un componente presencial (optativo) que constó de una visita técnica a un estudio de caso determinado en la parroquia Susused, ubicada en el cantón Oña, provincia del Azuay. En la Tabla 31 y 32, se presenta la estructura y contenido del curso.

Tabla 31. Estructura y elementos implementados en el curso

	Aprendizaje sincrónico	Aprendizaje asincrónico
Aprendizaje individual	Clases - sesiones en vivo (zoom)	- Videos - Lecturas - Evaluaciones por cada unidad - Trabajo final - Fichas y Perfiles de materiales
Aprendizaje colectivo	Salida técnica	- Foros

Tabla 32 . Contenidos de las diferentes unidades del curso

Tema	Ponente	Institución
Unidad 1/Sábado 1. Conceptos básicos para la construcción sostenible		
Introducción a la sostenibilidad y Análisis de Ciclo de Vida	Ing. Paul Vanegas	UDC
Edificación sostenible: Los 15 principios de eficiencia energética y confort adaptativo (EECA) del proyecto CEELA	Arq. Jachen Schleich.	CEELA
Aplicación de los 15 principios CEELA y conceptos de sostenibilidad en un caso de estudio en el contexto Latinoamericano	Arq. Liliana Angeles	UNAM
Entorno construido en el contexto ecuatoriano: evolución de tipologías formales y constructivas de acuerdo a las características climáticas de cada región y materiales	Arq. Juan Hidalgo	UDC
Unidad/Sábado 2. Construcción y materiales tradicionales		
Construcción tradicional - vernácula en el contexto ecuatoriano: técnicas constructivas y materiales comunes usados en mampostería y cubierta	Arq. Gabriela Garcia	UDC
Sistemas Constructivos Tradicionales en México tomando en cuenta las dimensiones sociales, culturales e históricas, así como los aspectos técnicos y ambientales	Arq. Angeles Vizcarra Arq. Francisco Hernandez	UNAM

Materiales tradicionales (adobe, ladrillo panelón y caña guadúa), caso de estudio Ecuador: formas tradicionales de producción, características técnicas, ambientales y socioculturales	Ing. Paúl Vanegas Lcda. Dolores Sucozhanay, PhD Arq. Jonnathan Aguirre Soc. Juan Sebastián Martines Ing. Estefanía Barros	UDC
Unidad/Sábado 3. Construcción y materiales contemporáneos		
Construcción contemporánea en el contexto ecuatoriano: técnicas constructivas y materiales comunes usados en mampostería y cubierta	Arq. Santiago Vanegas Arq. Diego Proaño	UDA
Materiales contemporáneos (ladrillo tochano, bloque de concreto y teja), caso de Ecuador: formas contemporáneas de producción, características técnicas, ambientales y socioculturales	Ing. Paúl Vanegas Lcda. Dolores Sucozhanay, PhD Arq. Jonnathan Aguirre Soc. Juan Sebastián Martines Ing. Estefanía Barros	UDC
La madera como material contemporáneo	Arq. Pedro Samaniego	UDA
El cemento LC3 como alternativa para la construcción sostenible	Ing. Francisco Martinera	UCLV
Unidad/Sábado 4. Herramientas para ACV		
Herramientas para la selección de materiales con base a su impacto: <ul style="list-style-type: none"> • Metodología para el levantamiento de datos técnicos y ambientales • Bases de datos: Ecoinvent • Softwares de Análisis de Ciclo de Vida 	Ing. Marcel Gauch Blgo. Cecilia Matasci, PhD	EMPA
Metodología para el análisis sociocultural de materiales de construcción	Lcda. Dolores Sucozhanay, PhD Soc. Juan Sebastián Martines	UDC
Aplicación de análisis de ciclo de vida (ACV) en edificaciones en América Latina	Arq. Naoki Solano	UNAM
Materiales tradicionales y modernos desde una perspectiva de mercado: oportunidades y desafíos.	Ing. Franklin Antezana	TECNOPOR
Componente presencial: salida técnica		
<ul style="list-style-type: none"> - Visita a casa de adobe en construcción - Visita a emprendimiento de adobe - Presentación sobre el proyecto de intervención de Ciudad Patrimonio mundial (CPM) de la Universidad de Cuenca - Recorrido por Susudel - Conversaciones con vecinos y productores de adobe / ladrillo - Visita a edificación contemporánea construida con adobe - Conversación y conclusiones de la visita 		

Leyenda de tabla: UDC (Universidad de Cuenca), UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), UDA (Universidad del Azuay), CEELA (Proyecto: “Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina”), EMPA (Laboratorios Federales Suizos de Ciencia y Tecnología de Materiales).

El componente presencial del curso estuvo compuesto por la salida técnica a un caso de estudio en la parroquia Susudel del cantón Oña; donde se evidenciaron y experimentaron procesos y estrategias de construcción vernácula en tierra tales como producción de adobe y ladrillo panelón, construcción y restauración de viviendas tradicionales que el equipo Ciudad Patrimonio Mundial (CPM) de la Universidad de Cuenca llevó a cabo, como parte de su proyecto de investigación e intervención. Además se visibilizaron y compartieron estrategias del trabajo y el vínculo social que éstos procesos de producción y construcción representan para esta comunidad. El evento contó con la participación de 20 profesionales de diferentes áreas relacionadas al sector de la construcción; entre ponentes, docentes invitados y participantes nacionales e internacionales; además de miembros del equipo de la universidad de Cuenca. En el Anexo 3 se encuentran fotografías de las diferentes actividades realizadas en este evento.

Figura 23. Visita a fábrica de producción de bloques de adobe



Niveles de participación en el curso

El curso estuvo estructurado desde tres modalidades de participación:

- a. Modalidad 1: Aprobación del curso virtual mediante trabajo final de evaluación, evaluaciones y asistencia de cada unidad y asistencia a la salida de campo. Se entregó certificado de aprobación (74 horas) equivalente a dos créditos académicos con el aval de la Universidad de Cuenca y el Proyecto CEELA.
- b. Modalidad 2: Aprobación del curso virtual mediante trabajo final de evaluación, asistencia y evaluaciones de cada unidad. Se entregó certificado de aprobación (64 horas) equivalente a dos créditos académicos con el aval de la Universidad de Cuenca y el Proyecto CEELA.
- c. Modalidad 3: Participación en el curso virtual, sin trabajo final de evaluación ni asistencia a la salida de campo. Constó como participación, asistir y realizar la evaluación de cada unidad. Se entregó certificado de participación (40 horas) con el aval de la Universidad de Cuenca y el Proyecto CEELA.

A continuación se presenta la Tabla 33, donde se resume el nivel de capacitación alcanzado a lo largo del curso; detallando el número de personas capacitadas, las que recibieron certificado de

aprobación y participación en las diferentes modalidades del curso y el porcentaje de participación de mujeres en el curso.

Tabla 33. Nivel de capacitación alcanzada con el curso

Niveles de capacitación	Modalidad 1		Modalidad 2		Modalidad 3		Total	
	Total	% mujeres	Total	% mujeres	Total	% mujeres	Total	% mujeres
N° inscritos	23	48	32	34	488	48	543	47
N° Personas capacitadas	15	47	23	30	148	49	186	46
N° Participantes con certificado de aprobación	3	100	6	50	-	-	9	67
N° Participantes con certificado de participación	7	43	13	23	57	54	77	48
					N° de participantes con certificado		86	45

En cuanto al alcance del curso a nivel de Latinoamérica, hubieron inscritos de distintos países, siendo el 28% de Ecuador, 18 % de Colombia, 28% de México, 17% de Perú y 10% de otros países; concluyendo así que el proyecto CEELA y su temática con relación a la sostenibilidad en las edificaciones, tiene gran acogida a nivel regional.

Con referencia a la Tabla 33, a lo largo del curso se logró capacitar a 186 personas, es decir, esta cantidad de participantes asistieron a al menos una unidad del curso impartidas tanto por la plataforma zoom como youtube. Al culminar con el desarrollo del curso, se otorgaron 86 certificados, de los cuales 17 fueron de aprobación tanto de la modalidad 1 como de la 2 y 69 certificados de participación de la modalidad 3; y menos del 50% de certificados lo obtuvieron mujeres.

2.3 DISEMINACIÓN DE RESULTADOS

La diseminación de los resultados obtenidos de la investigación realizada por el equipo de la Universidad de Cuenca se llevó a cabo a través de 4 formas:

1. Eventos organizados por el proyecto CEELA a nivel regional:
 - a. Net Zero Latitud 0, organizado por el Consejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable (CEES) y la Universidad del Azuay en Ecuador.
 - b. Curso de Liderazgo para Edificaciones Sostenibles en América Latina (CLESAL), organizado por la Pontificia Universidad Javeriana en Colombia.
2. Curso híbrido “Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina” organizado por el equipo de investigación de la Universidad de Cuenca y el proyecto CEELA.
3. Segundo Congreso Internacional de Sustentabilidad Urbana organizado por la Red CIRES

(Ciudades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentables) y por la red EcoEico (Economía Circular como Estrategia para una Industria da Construcion mais Sustentável).

4. Generación de contenido audiovisual sobre los procesos de producción de los materiales de construcción.

A continuación se detalla la participación en cada uno de los eventos antes mencionados.

2.3.1 Net Zero Latitud 0

El equipo del proyecto CEELA-Universidad de Cuenca participó en el evento Net Zero Latitud 0, organizado por el Consejo Ecuatoriano de Edificación Sustentable (CEES) y la Universidad del Azuay del 12 al 13 de mayo de 2022.

La participación del equipo del proyecto CEELA-Universidad de Cuenca se concentró en dos momentos principales:

- Ponencia a cargo del Ing. Paul Vanegas en el conversatorio "Agentes de cambio en la educación."
- Facilitación y moderación de mesa de trabajo "Innovaciones en diseño y materiales hacia net zero" a cargo del equipo del proyecto CEELA-Universidad de Cuenca y con la participación de Pedro Pablo Silva y Valentina Quintanilla (Proyecto CEELA) y Naoki Solano (UNAM).

2.3.2 Curso de liderazgo de edificaciones sostenibles en América Latina (CLESAL)

La participación del grupo de investigación Economía Circular Inclusiva y Desarrollo Sostenible (ECI) en CLESAL (Curso de Liderazgo para Edificaciones Sostenibles en América Latina) 2022 se desarrolló del 29 de agosto al 9 de septiembre en Bogotá, Manizales y Cali (Colombia), en las sedes de la Pontificia Universidad Javeriana. Contó con la participación de 50 ponentes y 32 participantes, representando al sector de la construcción de toda América Latina desde la academia, el sector privado y el sector público

Evento al cual asistieron los técnicos de investigación del proyecto CEELA - Universidad de Cuenca: Jonnathan Aguirre y Juan Sebastián Martines, además del director del Departamento Interdisciplinario de Espacios y Población (DIEP) Daniel Orellana.

El objetivo de la participación del grupo de investigación Economía Circular Inclusiva y Desarrollo Sostenible en CLESAL fue presentar los avances de la investigación sobre el análisis de ciclo de vida ambiental y social de los materiales de construcción locales. Como parte de este objetivo se desarrollo una ponencia y un taller relacionado a los resultados preliminares de la investigación. Participación que se llevó a cabo la semana 2 del evento en la Universidad Javeriana sede Cali el día lunes 5 de septiembre en el módulo de carbono neutralidad. A continuación se detalla el desarrollo de la ponencia y taller: "La Sostenibilidad de los Materiales de Construcción desde un Enfoque Interdisciplinario":

1. Palabras de bienvenida y presentación del Departamento Interdisciplinario de Espacio y Población (DIEP) a cargo de Daniel Orellana director del DIEP.
2. Exposición "La Sostenibilidad de los Materiales de construcción ¿Criterios? ¿Cómo medirla? a cargo de Marcel Gauch de EMPA.

3. Exposición “Sistemas y materiales de construcción locales en Ecuador, procesos de producción y análisis ambiental.” a cargo de Jonnathan Aguirre del grupo de investigación ECI.
4. Presentación de resultados preliminares del análisis ambiental para el adobe, ladrillo panelón y la caña guadua. a cargo de Marcel Gauch de EMPA.
5. Exposición “Significados, análisis e impactos sociales de la producción de materiales tradicionales de construcción en Ecuador” a cargo de Sebastián Martínez del grupo de investigación ECI.
6. Taller “Creación y prototipado” para generar propuestas que puedan garantizar una producción ambiental y socialmente sostenible de determinado material vernáculo a cargo de Sebastián Martínez y Jonnathan Aguirre del grupo de investigación de ECI.
7. Plenaria para exponer las soluciones de cada grupo a cargo de Sebastián Martínez- Jonnathan Aguirre del grupo de investigación ECI.
8. Cierre del taller y palabras finales a cargo de Daniel Orellana director del DIEP.

2.3.3 II Congreso Internacional de Sustentabilidad Urbana

El II Congreso Internacional de Sustentabilidad Urbana fue organizado por la Red CIRES (Ciudades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentables) y por la red EcoEico (Economía Circular como Estrategia para una Indústria da Construção mais Sustentável). El grupo de investigación ECI que desarrolló la investigación para CEELA participó con la ponencia “La sostenibilidad de los materiales locales de construcción en Ecuador desde un enfoque interdisciplinario.” a cargo del técnico de investigación Juan Sebastián Martines, en la cual se presentaron los resultados de la investigación relacionados a la producción de adobe, ladrillo panelón y ladrillo tochano.

2.3.4. Contenido audiovisual sobre los procesos de producción de los materiales de construcción.

Todas las entrevistas realizadas durante el proceso de recolección de información en los distintos talleres de producción fueron grabadas en audio y video. Material que fue utilizado para la producción de dos vídeos (Anexo 4). Uno sobre la producción artesanal del adobe, el ladrillo panelón y la caña guadua y un segundo video sobre la producción semimecanizada de ladrillo tochano, la teja y el bloque concreto. Estos videos fueron presentados en el Curso de liderazgo de edificaciones sostenibles en América Latina (CLESAL) y en el Curso híbrido “Materiales para la edificación sostenible: metodologías, herramientas y datos para América Latina”.

3. CONCLUSIÓN

En esta sección se presentan las conclusiones finales planteando un análisis de la sostenibilidad de los procesos de producción de los materiales desde un enfoque interdisciplinario. Combinando los resultados del análisis de ciclo de vida ambiental, los resultados del análisis de ciclo de vida social y los significados socioculturales identificados. Para así tener una primera aproximación a la forma en la cual se relacionan los impactos ambientales, los impactos sociales, los procesos de mecanización y las técnicas de producción artesanal.

Para ilustrar esto utilizaremos los resultados del ladrillo panelón (producción artesanal) y el ladrillo tochano (producción semi-mecanizada), ya que estos dos materiales nos permitirán generar una comparación entre la producción artesanal y la producción mecanizada. A continuación, se presentan los resultados del análisis de ciclo de vida social expresados en la tabla de desempeño para los materiales antes mencionados y los resultados análisis ambientales que nos permiten evidenciar la cantidad de emisiones generadas por cada proceso de producción.

Figura 24. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de ladrillo panelón y ladrillo tochano(diesel).

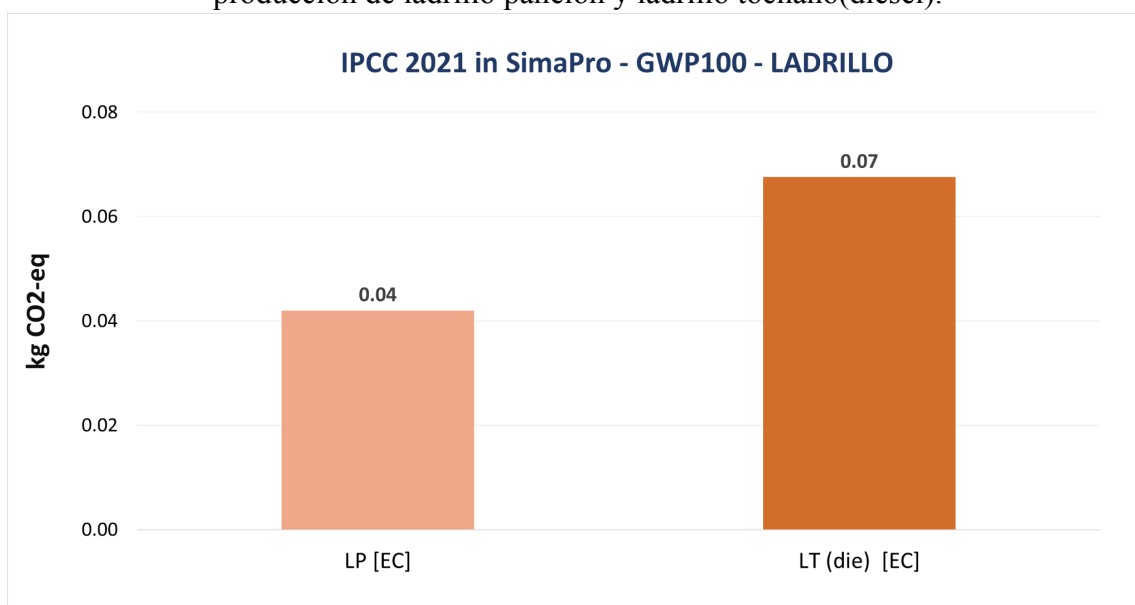


Tabla 34. Desempeño social del taller de ladrillo panelón y ladrillo tochano.

Subcategoría	Indicador	Taller ladrillo panelón. Producción Artesanal	Taller ladrillo tochano. Producción semimecanizada.
Salario Justo	Ingreso mensual de las personas que trabajan en el taller.	-2	0
	Los productores consideran que su ingreso es suficiente para cubrir sus necesidades.	-2	0
Horas de trabajo	Horas extras trabajadas por semana	0	0
	Más de 5 días de trabajo por semana	-1	0

Libertad de asociación	Restricción a la Libertad de asociación	0	0
Trabajo Infantil	Niños trabajando en el taller	0	0
Salud y Bienestar	Uso de equipo de protección adecuado.	-2	2
	Lesiones relacionadas al procesos de producción.	-2	1
	Impactos negativos en la salud y la seguridad debido a sustancias nocivas/entorno de trabajo	0	0
	Controles regulares de salud para las personas que trabajan en el taller	-2	-2
	Instalaciones sanitarias en los talleres	2	2
Seguridad Social	Personas que trabajan en el taller con seguro social	-2	2
Satisfacción Laboral	Satisfacción con la actividad productiva que realizan	2	2

Observando los resultados de los dos tipos de análisis de ciclo de vida agrupados para cada tipo de producción identificamos que en la producción artesanal la cantidad de emisiones es menor pero el impacto de ese proceso de producción sobre el bienestar humano es mayor. Y sucede lo contrario en la producción mecanizada, la cantidad de emisiones aumenta pero el impacto del proceso de producción en el bienestar humano disminuye y se ubica cada vez más en un desempeño neutral. Al mismo tiempo el conocimiento local necesario para el desarrollo de la producción de los materiales se reduce mientras este se mecaniza.

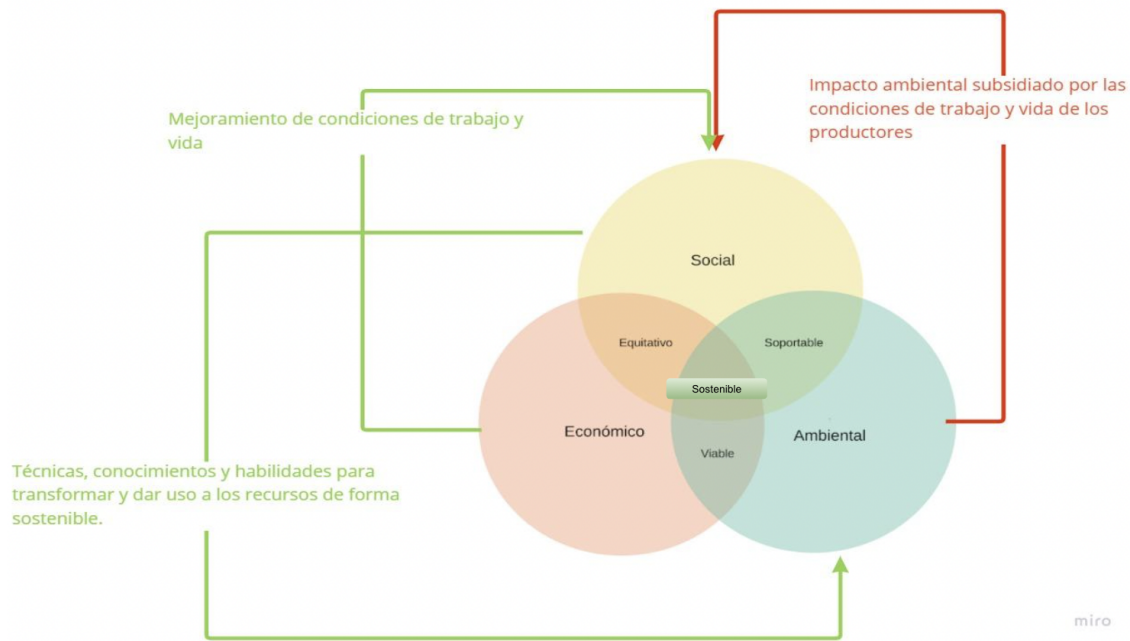
Al tener en cuenta los dos resultados en conjunto podemos plantear que en el caso de la producción artesanal las emisiones son menores a costa del impacto en el bienestar de los productores. Esto debido a que la producción artesanal demanda una gran cantidad de trabajo humano, es decir la principal fuente de energía en este tipo de producción es el mismo productor. Por lo tanto este proceso de producción se organiza en función de la centralidad del trabajo humano y las técnicas (conocimiento local) que este desarrolla para dar uso a los recursos naturales disponibles en el territorio.

Por otro lado en el caso de la producción mecanizada vemos como el aumento de las emisiones tiene como causa directa la presencia de maquina y la fuente de energía que esta necesita para su funcionamiento. La presencia de maquinaria en los talleres desplaza la centralidad del trabajo humano dentro del proceso de producción, lo cual reduce el impacto que esta actividad genera sobre el bienestar humano. Esto claramente a costa del aumento de las emisiones por el tipo de fuente de energía que demandan las máquinas utilizadas.

Con este análisis combinado podemos plantear la siguiente conclusión. Vemos que en el caso de la producción artesanal el bajo impacto ambiental que se genera está siendo subsidiado por el bienestar y calidad de vida de los productores. Es decir se está generando un traslado de los impactos entre las dimensiones de la sostenibilidad, de la dimensión ambiental a la dimensión social. Traslado que toma sentido bajo la lógica que se presenta en la figura 25 ya que el trabajo humano es central para el desarrollo del proceso de producción artesanal. En la producción

mecanizada la presencia de maquinaria permite reducir el impacto al bienestar de los productores pero implica el uso de fuentes de energía que generan más impacto en la esfera ambiental.

Figura 25. Traslado de impactos entre las dimensiones de la sostenibilidad.



Además de identificar este traslado de los impactos entre las dimensiones de la sostenibilidad, el cual varía en función del tipo de producción. También se ha logrado identificar técnicas, conocimientos y habilidades generadas por los productores artesanales que permiten dar uso a los recursos disponibles en el territorio para transformarlos en materiales de construcción que tiene el potencial de ser más sustentables a nivel ambiental.

Con estos resultados como base la proyección que se plantea va hacia la búsqueda de estrategias que permitan generar un tipo de producción de materiales de construcción realmente sostenible. Que mínimamente permitan alcanzar un desempeño neutral en la gran mayoría de las subcategorías de impacto, lo cual reduciría considerablemente el impacto en la dimensión social y de igual forma indagar en procesos de mecanización que no impliquen un alto aumento de los impactos en la dimensión ambiental y que en el caso ideal permitan reducir la cantidad de emisiones al ambiente.

Por lo tanto el reto en esta proyección está en identificar un proceso de producción que pueda combinar las técnicas, conocimientos y habilidades generadas por los productores artesanales con innovación tecnológica. Reduciendo el impacto ambiental y al mismo tiempo asegurando un menor impacto en el bienestar humano.

Lecciones aprendidas

- Integrar el análisis y evaluación de impactos sociales con los impactos ambientales de la producción de los materiales de construcción locales en Ecuador, permitió encontrar puntos críticos para entender la situación actual de este sector productivo, lo que permite

ampliar la investigación hacia la evaluación de otras dimensiones de la sostenibilidad como el cultural, económico y de gobernanza; para encontrar soluciones integrales que favorezcan la construcción sostenible.

- La obtención de datos para desarrollar tanto del inventario social como ambiental, se lleva a cabo de mejor manera cuando las entrevistas de los dos criterios se hacen en conjunto, puesto que se adquiere una mayor visión de los problemas que puedan encontrarse, comparar resultados con otros productores y se creen nuevas oportunidades e ideas para plantear proyectos de investigación y por ende, creación de soluciones innovadoras con un enfoque interdisciplinario.
- La difusión de los resultados es clave: Los resultados obtenidos en el proyecto CEELA tienen un gran potencial para ser difundidos y divulgados en el ámbito científico y a actores clave del sector de la construcción, lo que puede ser valioso para futuras investigaciones y la toma de decisiones que apoyen la construcción sostenible en Ecuador.
- La importancia de desarrollar eventos donde se pueda compartir e intercambiar conocimientos con actores del sector de la construcción a nivel de Latinoamérica, como el curso organizado por la Universidad de Cuenca: “Materiales para la edificación sostenible, metodologías, herramientas y datos para Latinoamérica” y eventos relacionados con el proyecto CEELA, con la colaboración de entidades internacionales como EMPA; recée en la creación de espacios de discusión sobre distintos puntos de vista, acciones, proyectos, investigaciones e ideas sobre la implementación de los criterios de la sostenibilidad en la producción de materiales de construcción y la importancia de fomentar el uso de materiales tradicionales, con el fin de no perder el valor patrimonial y cultural de las edificaciones en Ecuador y países de la región latinoamericana.

4. REFERENCIAS

CEELA. (2022). *Principios para fortalecer las capacidades de expertas y expertos*. Proyecto

CEELA. Retrieved Febrero 02, 2023, from

<https://proyectoceela.com/index.php/conceptos-clave/>

Conceptos clave. (n.d.). Proyecto CEELA. Retrieved January 25, 2023, from

<https://proyectoceela.com/index.php/conceptos-clave/>

Dewagoda, K. G., Ng, S. T., & Chen, J. (2022, December 25). Driving systematic circular economy implementation in the construction industry: A construction value chain perspective. *Journal of Cleaner Production*, 381(Part 2), 135197.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135197>

Dierckx de Casterle, B., Gastmans, C., Bryon, E., & Denier, Y. (2011). QUAGOL: A guide for qualitative data analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 1-12.

10.1016/j.ijnurstu.2011.09.012

EC-JRC. (2023). *European Platform on Life Cycle Assessment - Environmental Footprint*.

Retrieved enero, 2023, from <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/EnvironmentalFootprint.html>

Ecoinvent . (2022). *The Ecoinvent Database. A Life Cycle Inventory for transparency in environmental assessments*. Zurich, Switzerland. <https://Ecoinvent>

[.org/wp-content/uploads/2022/10/Ecoinvent-sectorial-Brochure-2022_online_F.pdf](https://Ecoinvent.org/wp-content/uploads/2022/10/Ecoinvent-sectorial-Brochure-2022_online_F.pdf)

Ecoinvent . (2023). *Glosary*. Retrieved January, 2023, from <https://Ecoinvent.org/glossary-terms/>

García, M. J. (2015). La Cuenta del Triple Resultado o Triple Bottom Line. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 20, 65-77.

Guber, R. (2001). *LA ETNOGRAFÍA: MÉTODO, CAMPO Y REFLEXIVIDAD*. Grupo Editorial Norma.

Hermida, A., Cabrera, N., & Molina, L. (2021). *CASAS Y CONJUNTOS Vivienda social en Cuenca entre 1973 y 2014*. 978-9978-14-464-0

Hischier, R., Weidema, B., Althaus, H. J., Bauer, C., Doka, G., Dones, R., Frischknecht, R.,

- Hischier, R., Hellweg, S., Humbert, S., Jungbluth, N., Köllne, T., Loerincik, Y., Margni, M., & Nemecek, T. (2010, July). Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. In *Swiss Centre for Life Cycle Inventories* (Ecoinvent Report N°3, Vol. v2.2.).
- Hossain, U., Ng, S. T., Antwi-Afari, P., & Amor, B. (2020). Circular economy and the construction industry: Existing trends, challenges and prospective framework for sustainable construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *130*, 109948. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109948>.
- Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshou, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M.D.M., Hollander, A., Zijp, M., & Zelm, R. v. (2017). *ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization* (Vol. 1) [National Institute for Public Health and the Environment].
- INEC. (2021). *Estadísticas de edificaciones (ESED)*. Ecuador En Cifras. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/edificaciones/>
- INPC. (2011). *Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar: Técnicas, creencias, prácticas y saberes*. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. (V. Masson-Delmotte, p. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou, Eds.). In *Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Cambridge University Press]. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- ISO. (2006). *ISO 14044:2006(en) Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines*. ISO. Retrieved January 30, 2023, from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:en>
- Jiménez Chaves, V., & Comet Weiler, C. (2016). *Los estudios de casos como enfoque metodológico* (Vol. 3, Issue 2).

- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017, December). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mesa Sectorial del Bambú, & INBAR. (2018). *Ecuador: Estrategia Nacional del Bambú 2018-2022 Lineamientos para un desarrollo verde e inclusivo*. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI. (2017). Norma Ecuatoriana de la Construcción. In *Que es la NEC?* Retrieved 2022, from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/PREGUNTAS-Y-RESPUESTAS.pdf>
- Misión Proyecto CEELA*. (2023). Proyecto CEELA. Retrieved January, 2023, from <https://proyectoceela.com/index.php/el-proyecto/>
- Misión y Valores Institucionales – Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN*. (n.d.). Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. Retrieved January 6, 2023, from <https://www.normalizacion.gob.ec/mision-y-valores-institucionales/>
- Moreno Ruiz, E., Lérová, T., & Valsasina, L. (2016, February 15). *Guidelines for data providers to the Ecoinvent database*. Ecoinvent .
- Morin, E. (1990). Sur l'interdisciplinarité. In *Boletín No. 2 del Centre National de la Recherche Scientifique Interdisciplinarité*. Centre National de la Recherche Scientifique Interdisciplinarité.
- Muneron, L. M., Hammad, A. W., Najjar, M. K., Haddad, A., & Vazquez, E. G. (2021, December). Comparison of the environmental performance of ceramic brick and concrete blocks in the vertical seals' subsystem in residential buildings using life cycle assessment. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100243. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100243>
- Norouzi, M., Chàfer, M., Cabeza, L. F., Jiménez, L., & Boer, D. (2021, December). Circular

- economy in the building and construction sector: A scientific evolution analysis. *44*, 102704. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102704>
- Onat, N. C., & Kucukvar, M. (2020, mayo). Carbon footprint of construction industry: A global review and supply chain analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *124*(109783). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109783>
- Proyecto CEELA. (2022). *Sobre el proyecto CEELA*. Proyecto CEELA. <https://proyectoceela.com/index.php/el-proyecto/>
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. SPRINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, B.V. DOI 10.1007/978-1-4757-2500-1
- SCP-HAT. (2018). *HOTSPOTS IDENTIFICATION: Data for Ecuador*. Ecuador. <http://scp-hat.lifecycleinitiative.org/module-2-scp-hotspots/>
- Superintendencia de bancos. (2022, mayo). *SISTEMA DE BANCA PRIVADA Y PÚBLICA INFORME DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN*. Ecuador. <https://estadisticas.superbancos.gob.ec/portalestadistico/portalestudios/wp-content/uploads/sites/4/downloads/2022/05/estudio-sectorial-construccion-mar-22.pdf>
- UNEP. (2020). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organizations* (C. B. Norris, M. Traverso, S. Neugebauer, E. Ekener, T. Schaubroeck, S. Russo Garrido, M. Berger, S. Valdivia, A. Lehmann, M. Finkbeiner, & G. Arcese, Eds.). United Nations Environment Programme (UNEP).
- UNEP. (2021). *Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA)* (M. Traverso, S. Valdivia, A. Luthin, L. Roche, G. Arcese, S. Neugebauer, L. Petti, M. D'Eusanio, B. M. Tragnone, R. Mankaa, J. Hanafi, C. B. Norris, & A. Zamagni, Eds.). United Nations Environment Programme (UNEP).
- Weidema, B. P., Bauer, C., Hischer, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., Vadenbo, C. O., & Wernet, G. (2013). *Overview and methodology. Data quality guideline for the Ecoinvent database version 3* (Ecoinvent Report 1 (v3)). St. Gallen: The Ecoinvent Centre.

Zampori, L., & Pant, R. (2019). *Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method* [EUR 29682 EN, Publications Office of the European Union].

10.2760/424613

5. ANEXOS

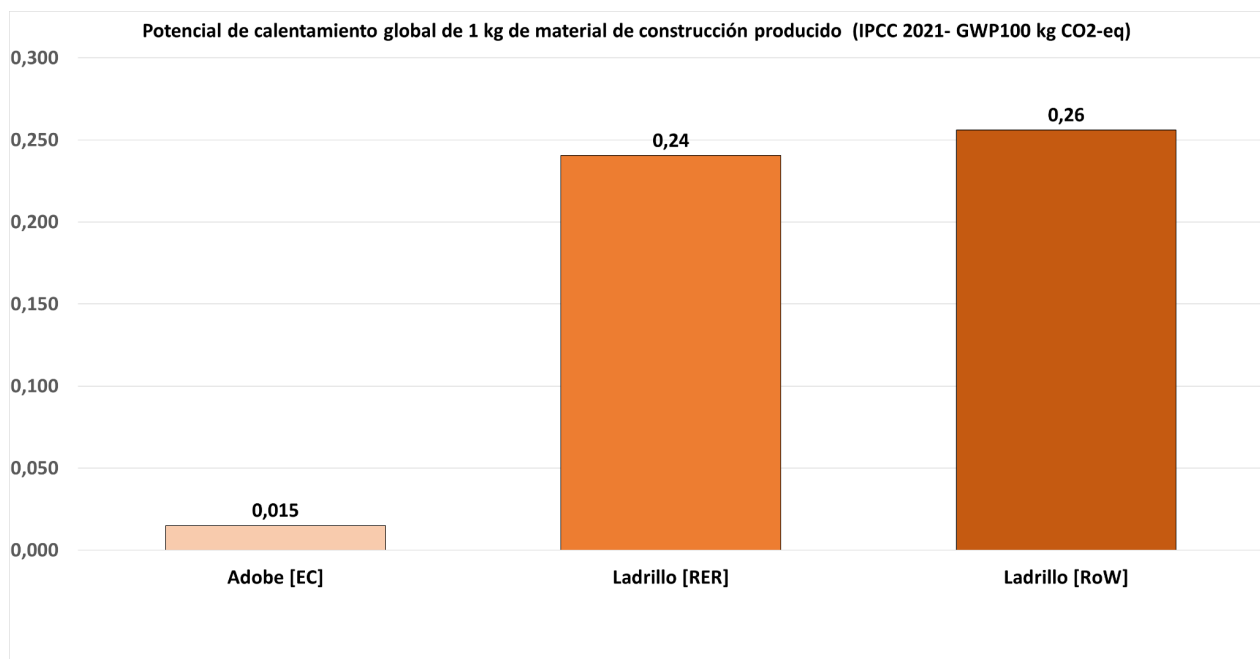
Anexo 1 . Ficha técnica - ambientales- sociales de materiales locales de construcción de Ecuador.

- Formato editable
https://docs.google.com/presentation/d/1Nvz6glDVQ_gE-WqzfBgFzSX1OoT1vx42/edit?usp=sharing&oid=104111473830529620262&rtpof=true&sd=true
- Formato PDF
https://drive.google.com/file/d/1ks7_jm4xAzPVxiRRwUAuq1whaNCix9ya/view?usp=sharing

Anexo 2. Resultados preliminares del impacto ambiental de la producción de materiales de construcción seleccionados por el método del IPCC 2021, Huella ambiental EF 3.0 y ReCiPe 2016.

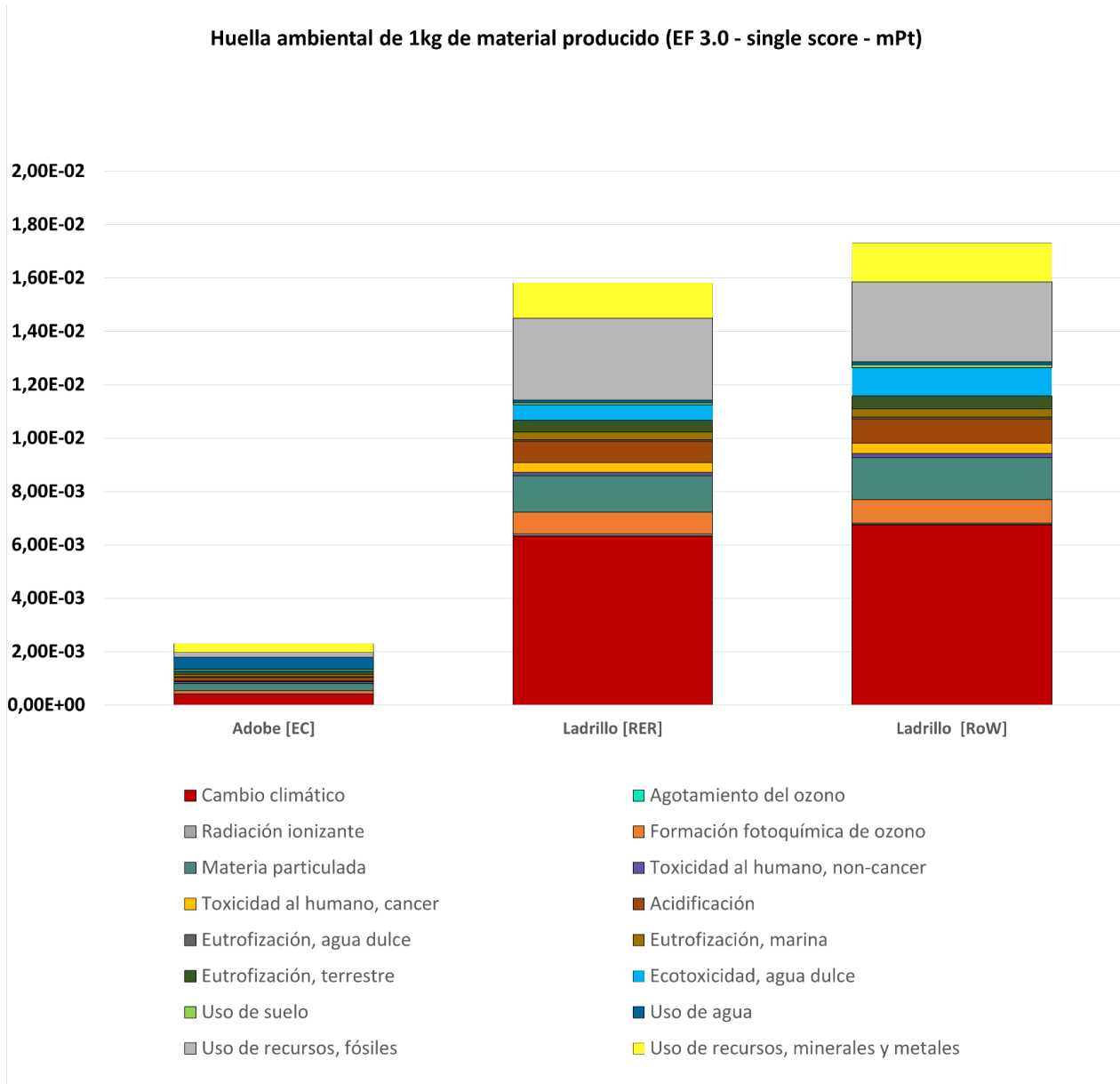
- **Adobe**

Figura 26. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de adobe.



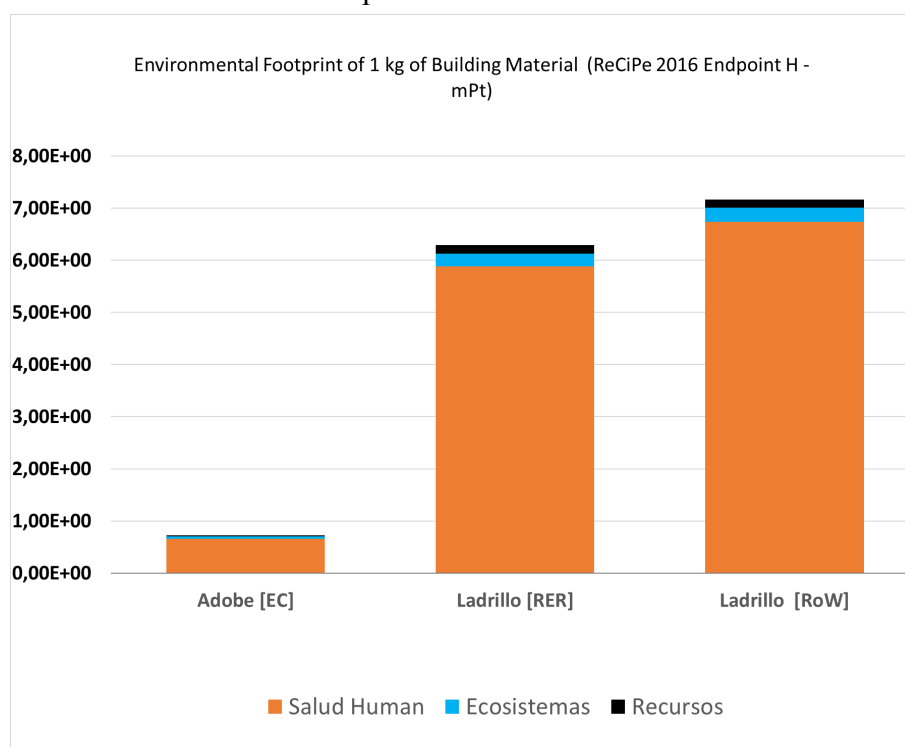
Medido en kg de CO₂-eq/kg de material producido. Ad: Adobe. [EC]: Ecuador, [RER]: Referencia promedio europea, [RoW]: Resto del mundo.

Figura 27. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de adobe.



Medido en mPt/kg de material producido.[EC]: Ecuador, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

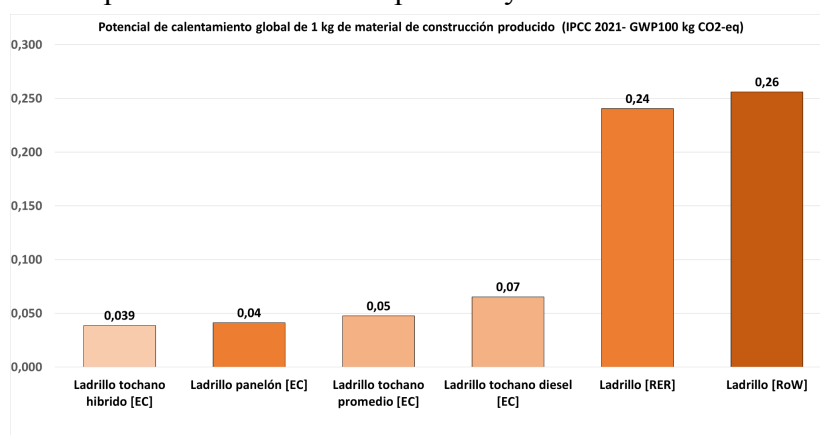
Figura 28. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de adobe.



Medido en mPt/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

- Ladrillo panelón y ladrillo tochano

Figura 29. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de ladrillo panelón y ladrillo tochano.

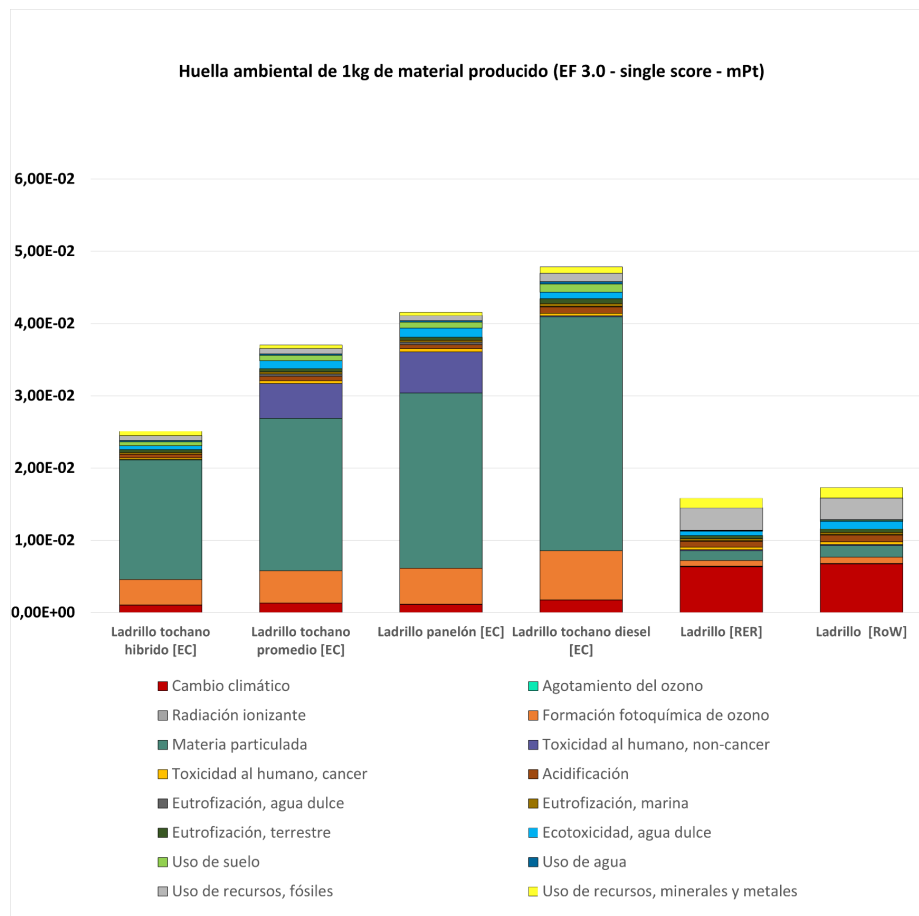


Medido en kg de CO₂-eq/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

(híbrido: electricidad-diesel): para proceso en el que se usa electricidad y diesel.

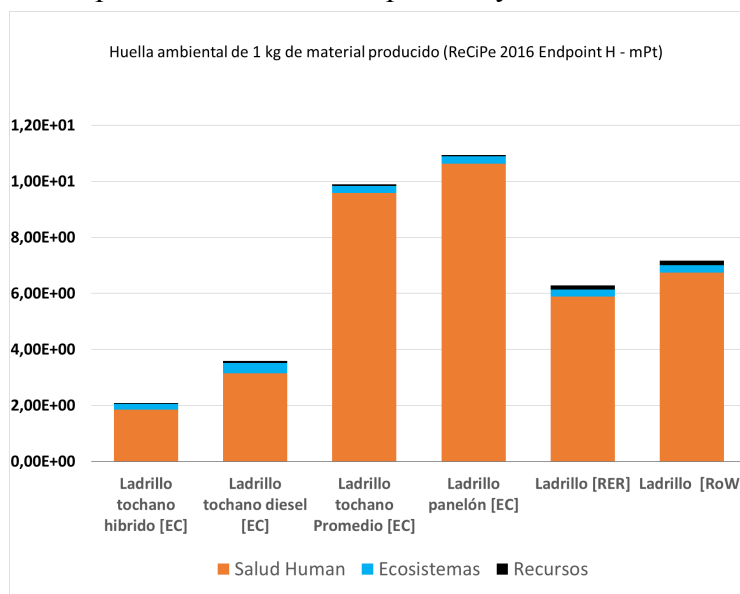
(diesel): para proceso en el que se usa diesel

Figura 30. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de ladrillo panelón y ladrillo tochano.



Medido en mPt/kg de material producido.[EC]: Ecuador, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea

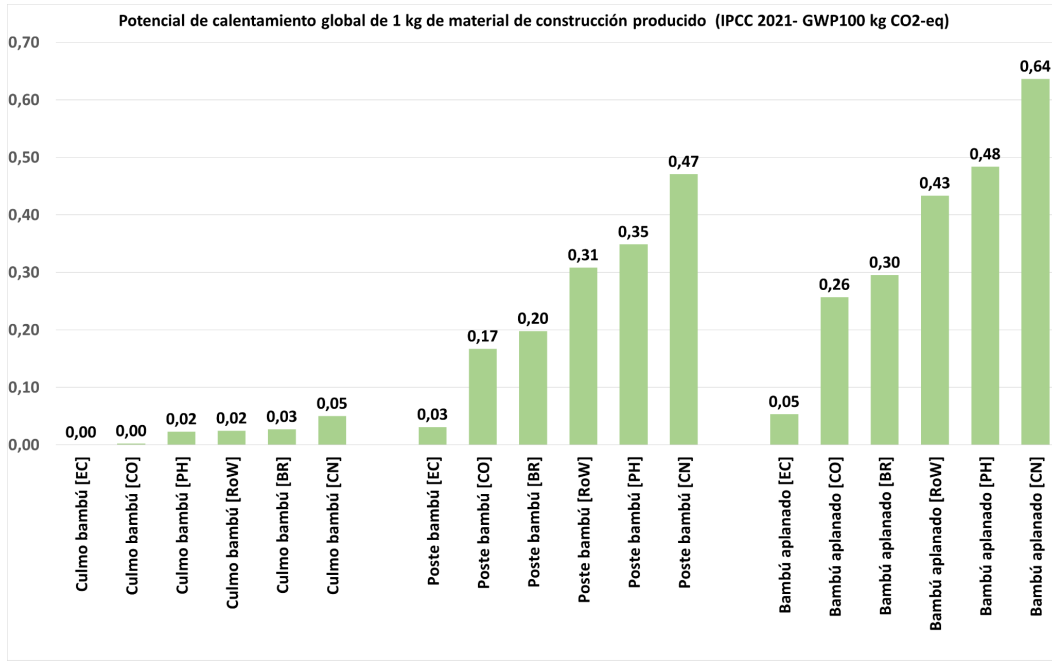
Figura 31. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de ladrillo panelon y ladrillo tochano.



Medido en mPt/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

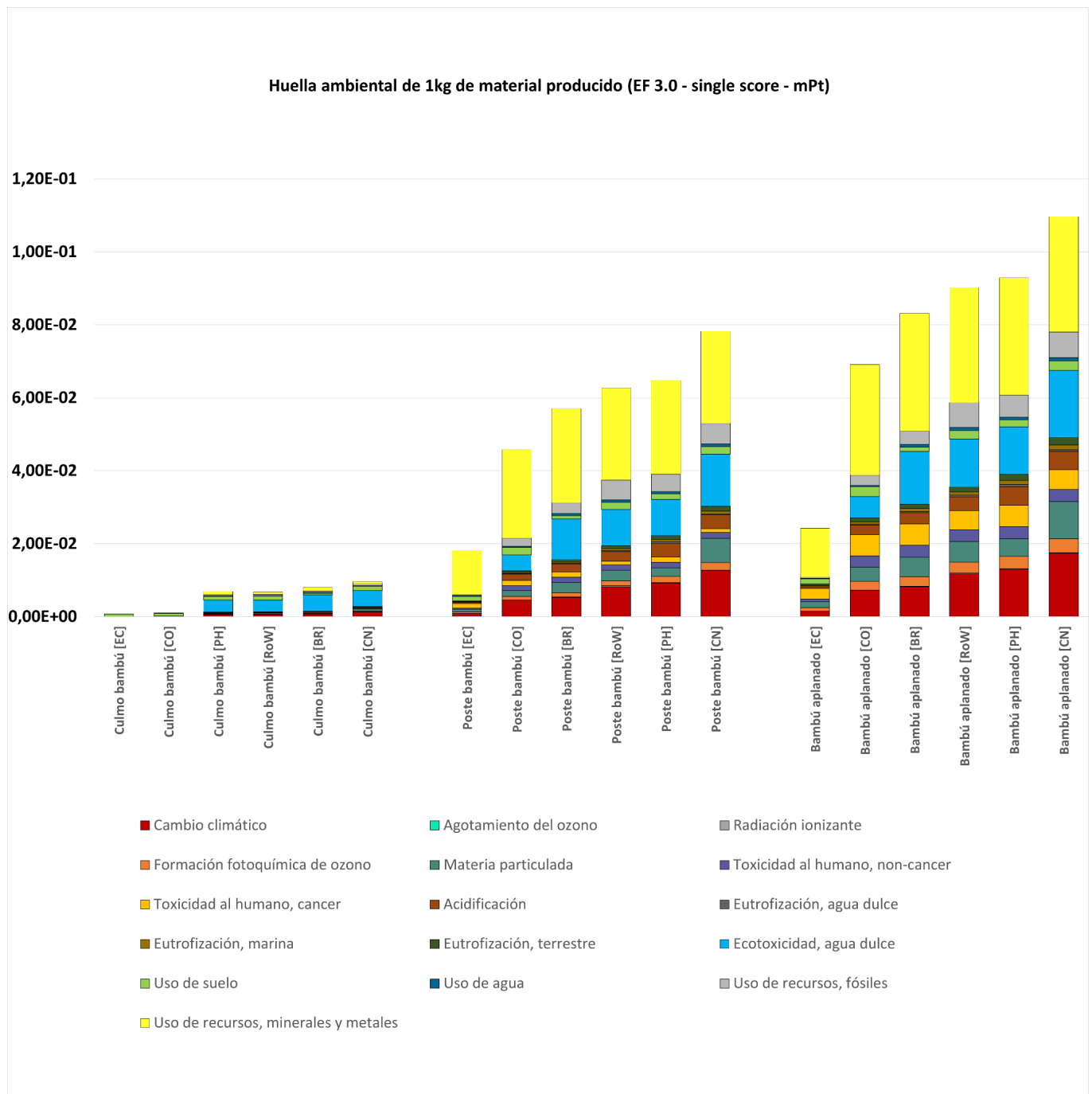
- **Caña guadúa**

Figura 32. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de caña guadúa.



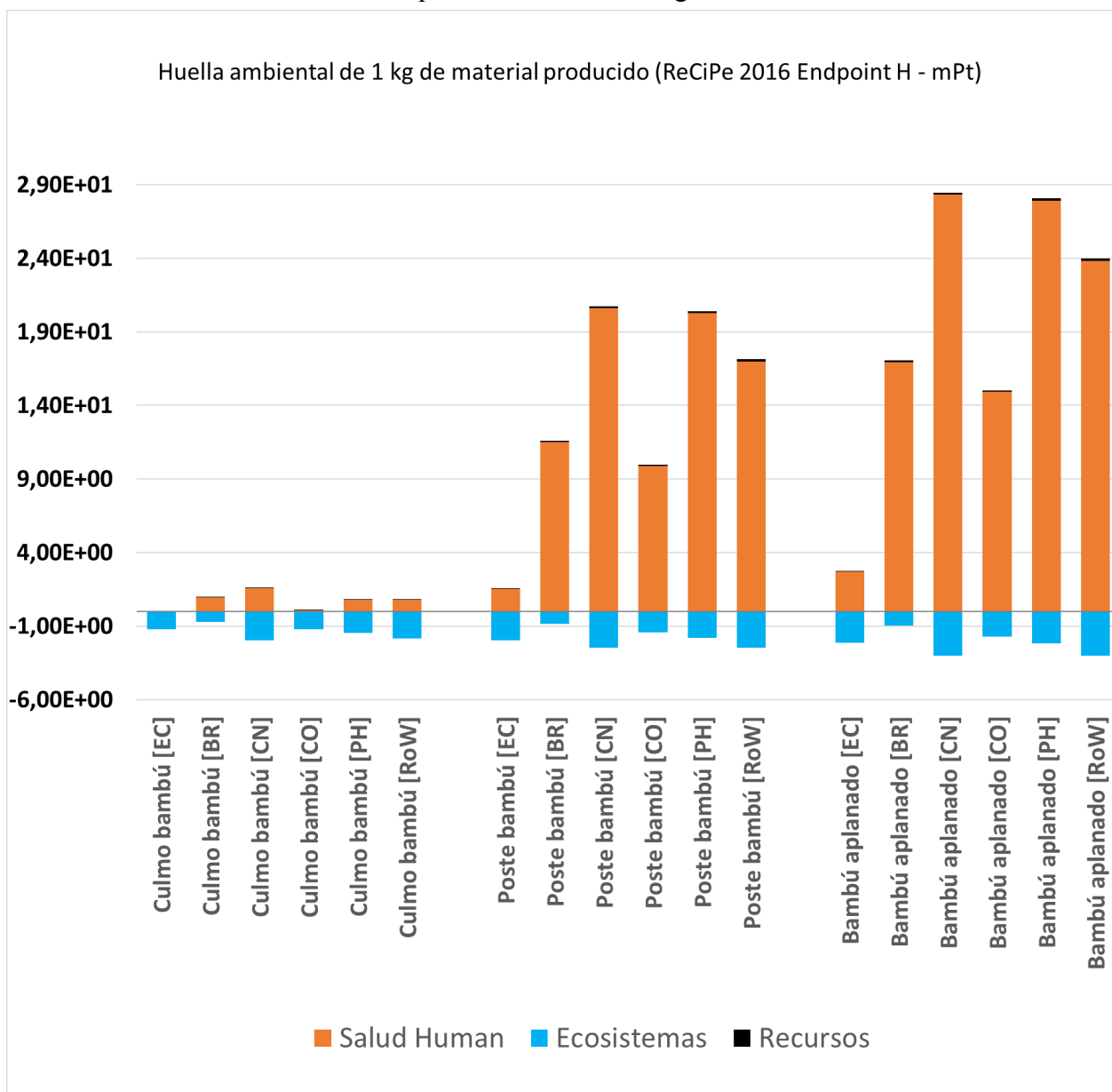
Medido en kg de CO₂-eq/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [CO]: Colombia, [BR]: Brasil, [CN]: China, [PH]: Filipinas, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea.

Figura 33. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de la caña guadúa.



Medido en mPt/kg de material producido.[EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [CO]: Colombia, [RoW]: Resto del mundo, [RER]: Referencia promedio europea

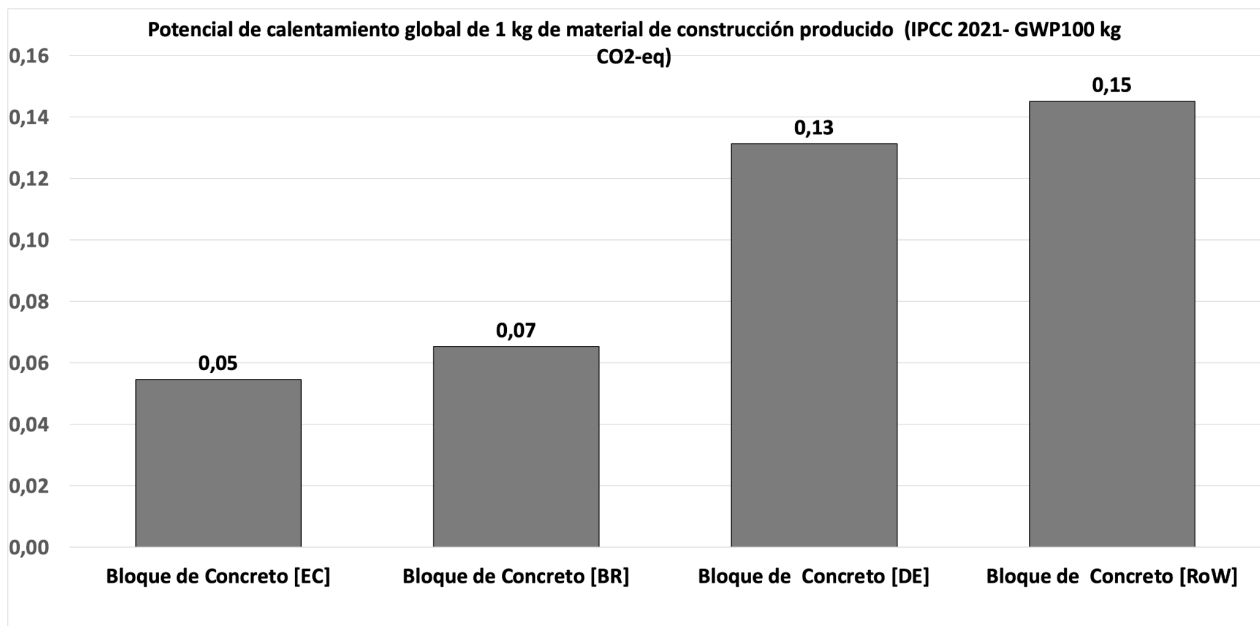
Figura 34. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de la caña guadúa.



Medido en mPt/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [CO]: Colombia, [CH]: China, [RoW]: Resto del mundo.

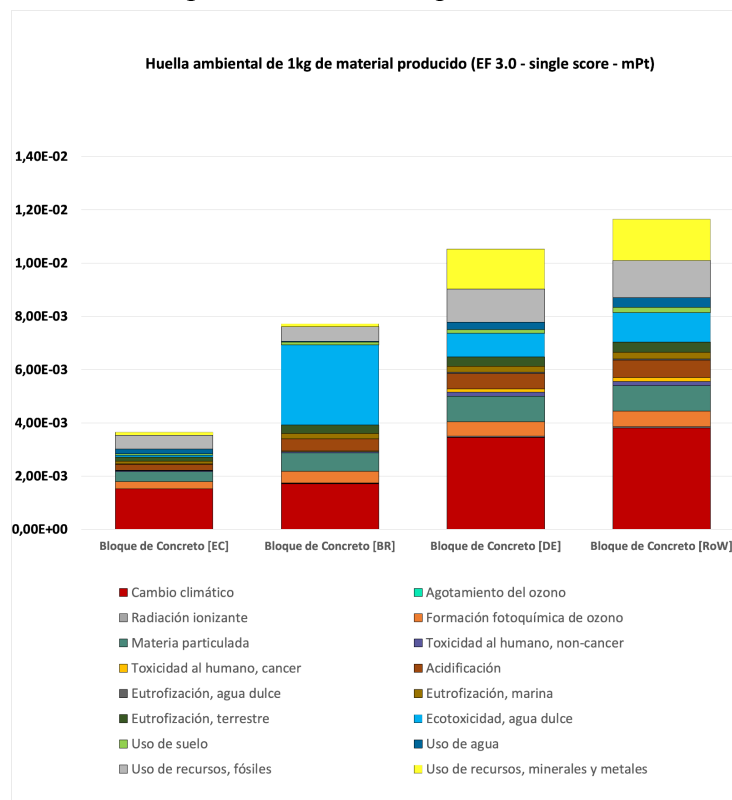
- **Bloque de concreto**

Figura 35. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción del bloque de concreto.



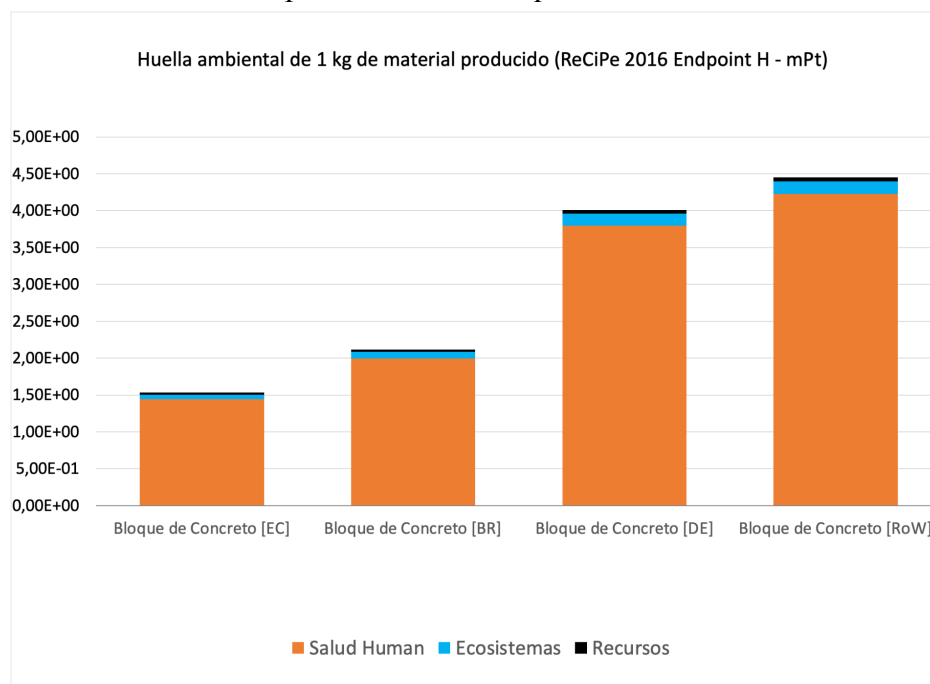
Medido en kg de CO2-eq/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [DE]: Alemania, [RoW]: Resto del mundo.

Figura 36. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción del bloque de concreto.



Medido en mPt/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [DE]: Alemania, [RoW]: Resto del mundo.

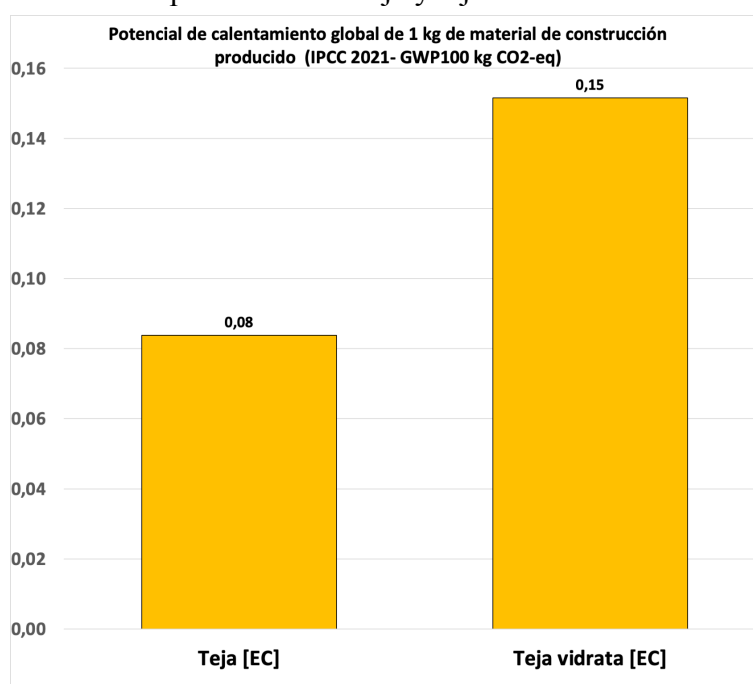
Figura 37. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción del bloque de concreto.



Medido en mPt/kg de material producido. [EC]: Ecuador, [BR]: Brasil, [DE]: Alemania, [RoW]: Resto del mundo.

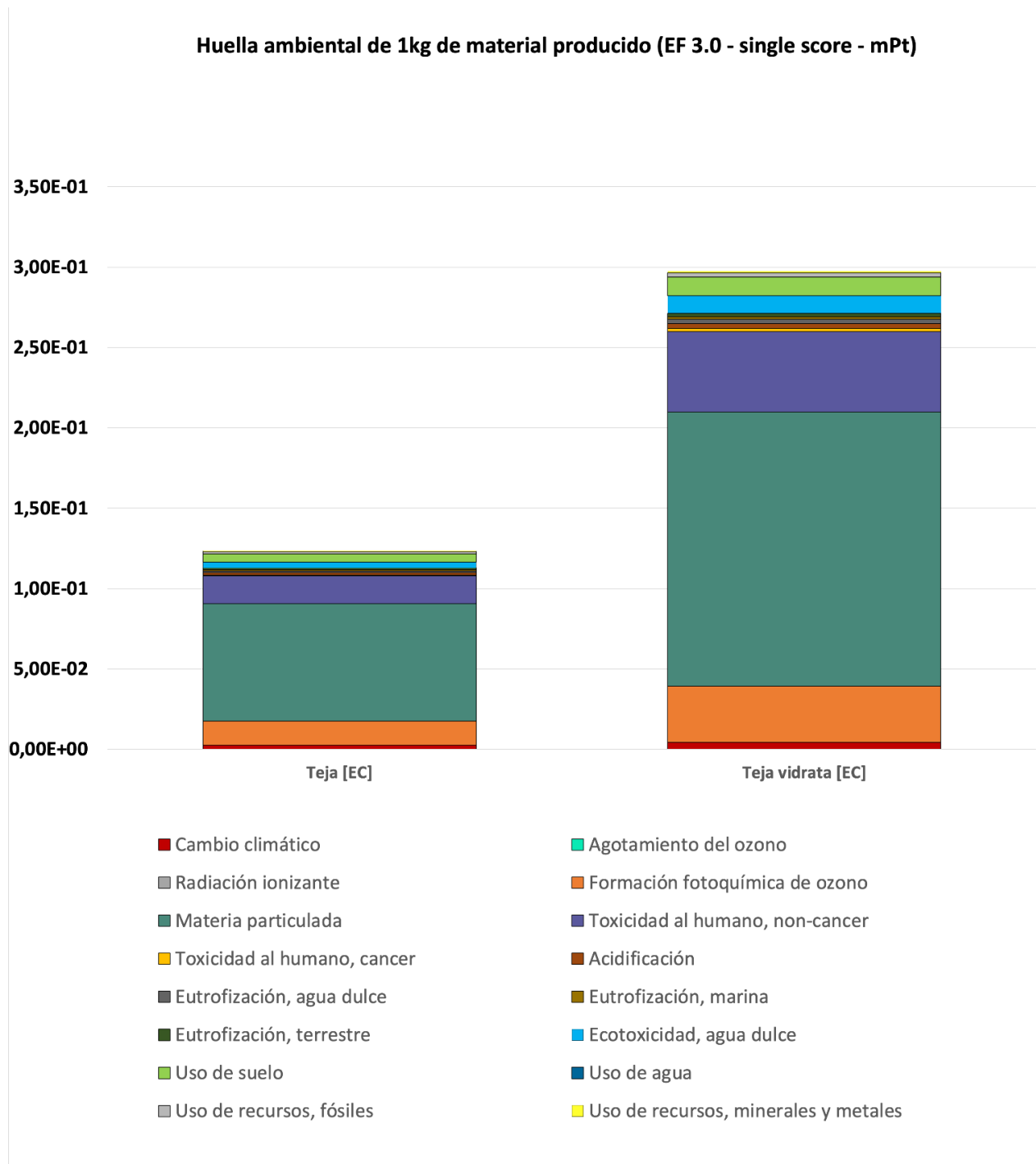
- **Teja**

Figura 38. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método IPCC 2021 de la producción de teja y teja vidriada.



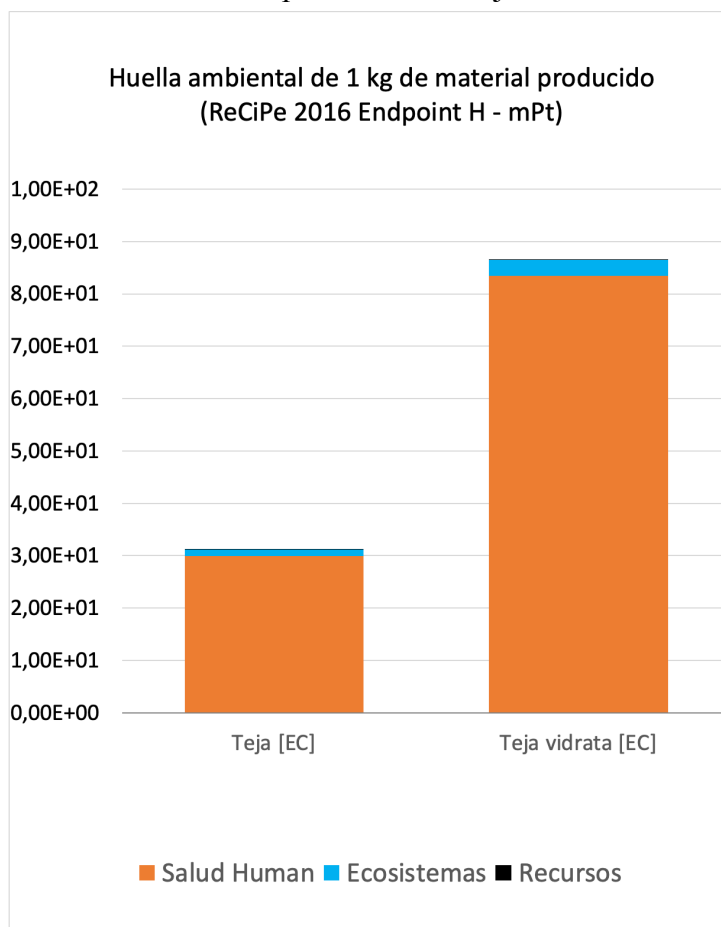
Medido en kg de CO2-eq/kg de material producido. [EC]: Ecuador.

Figura 39. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método Huella ambiental EF 3.0 de la producción de teja



Medido en mPt/kg de material producido.[EC]: Ecuador.

Figura 40. Resultados preliminares del impacto ambiental por el Método ReCiPe 2016 Endpoint de la producción de teja.



Medido en mPt/kg de material producido.[EC]: Ecuador.

Anexo 3. Fotografías de la salida técnica del curso “Materiales para la edificación sostenible: Metodologías, herramientas y datos para América Latina”

Figura 41. Visita a construcción con adobe



Figura 42. Visita a productor de ladrillo panelon.



Figura 43. Visita a productor de adobe y experimentación en la fabricación de un bloque de adobe.



Figura 44. Presentación de las características naturales, arquitectónicas y socioculturales de la parroquia Susudel por parte del Arq. Fausto Cardoso.



Figura 45. Visita a edificación contemporánea construida con adobe



Anexo 4. Videos sobre la producción artesanal y semi mecanizada de materiales de construcción.

- https://drive.google.com/file/d/1s8bznY-uE5spP1CAbBP6LF2LlqdK65tL/view?usp=share_link
- https://drive.google.com/file/d/1jYfoFIlgBrZGRPPmA9UweNFJwU2Qea7r/view?usp=share_link