

Estrategia de economía circular para El Salvador

Soluciones habitacionales sostenibles

Lizeth Rodríguez Rodríguez
Arturo Cisneros Mayen



NACIONES UNIDAS

CEPAL



**MINISTÈRE
DE L'EUROPE
ET DES AFFAIRES
ÉTRANGÈRES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Délégation régionale
de coopération pour
l'Amérique du Sud

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Estrategia de economía circular para El Salvador

Soluciones habitacionales sostenibles

Lizeth Rodríguez Rodríguez
Arturo Cisneros Mayen



Délégation régionale
de coopération pour
l'Amérique du Sud

Este documento fue preparado por Lizeth Rodríguez Rodríguez y Arturo Cisneros Mayen, Consultores de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con la supervisión de Diego Aulestia, Jefe de la Unidad de Asentamientos Humanos, y la coordinación de Fiona Littlejohn, Oficial de Asuntos Económicos, y Natalia Yunis, Consultora, ambas de la Unidad de Asentamientos Humanos de la mencionada División. El documento fue preparado en el marco del proyecto “Programa de Cooperación Francia-CEPAL 2021”.

Se agradece a Estefani Rondón Toro, Juan Herrera Jiménez y Daniela Navarro González por las revisiones al documento.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las Naciones Unidas o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2022/185
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2022
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.22-00795

Esta publicación debe citarse como: L. Rodríguez Rodríguez y A. Cisneros Mayen, “Estrategia de economía circular para El Salvador: soluciones habitacionales sostenibles”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/185), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Resumen	7
Introducción	9
I. Estructura metodológica para el desarrollo del estudio	13
II. Mapa de actores y oportunidad de generación de empleos verdes	15
A. Organismos públicos	16
B. Organismos no gubernamentales (ONG)	17
C. Gremiales	18
D. Organismos bilaterales y multilaterales	19
E. Instituciones financieras	20
F. Organizaciones comunales	20
III. Políticas y marco regulador de vivienda social	21
A. Universales	21
B. Gobierno Central El Salvador	21
C. Gobierno Local de El Salvador	22
IV. Buenas prácticas en el uso de materiales y tecnologías alternativas en el sector de la construcción de vivienda social	23
A. Proyecto S: innovación material	24
1. Proyecto 1: envolventes de PET reciclado, El Salvador	24
2. Proyecto 2: permuta de materiales producidos en Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM), El Salvador	25
B. Proyecto M: sistema constructivo no convencional	26
1. Proyecto 3: vivienda de emergencia en proceso de transformación a vivienda crecedera, El Salvador	26
2. Proyecto 4: mejoramiento del hábitat de San Pablo Tacachico, El Salvador	27
3. Proyecto 5: vivienda de plástico reciclado TERNOVA con patente colombiana, El Salvador	28
4. Proyecto 6: vivienda de tarimas de madera de carga África 70, El Salvador	29

C.	Proyecto L: reciclaje urbano	30
1.	Proyecto 7: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador	30
D.	Proyecto L: reciclaje urbano	32
1.	Proyecto 8: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador	32
E.	Proyecto L: desarrollo sostenible rural.....	33
1.	Proyecto 9: Cooperativas de vivienda por ayuda mutua en La Palma, Chalatenango, El Salvador.....	33
F.	Proyecto M: sistema constructivo convencional	34
1.	Proyecto 10: Cooperativa COVIESO, Guatemala	34
G.	Proyecto M: sistema constructivo no convencional.....	35
1.	Proyecto 11: Cooperativa COVIAMJUM, León, Nicaragua	35
H.	Proyecto L: reciclaje urbano	35
1.	Proyecto 12: Condominios Hábitat de la Cordillera San Pedro Sula, Honduras.....	35
2.	Proyecto 13: proyecto vivienda bi-familiar en Alajuela, Costa Rica.....	37
V.	Flujo de materiales en la industria de la construcción y el potencial de descarbonización	39
VI.	Análisis técnico-económico comparativo de la vivienda social en El Salvador.....	43
A.	Factor económico.....	46
B.	Factor técnico	49
C.	Factor ambiental	52
D.	Factor sociocultural	53
E.	Resumen de puntaje de matriz de criterios ponderados.....	55
VII.	Análisis FODA de la implementación de estrategias de economía circular en el sector de vivienda social	57
A.	Fortalezas: propias del contexto nacional de El Salvador	57
1.	¿Qué acciones se realizan en favor de la implementación de EECESSH?	57
2.	¿Qué productos se han obtenido de la implementación de EECESSH?.....	58
3.	¿Cuáles son los principales logros de la implementación de EECESSH?.....	58
B.	Debilidades: propias del contexto nacional de El Salvador	58
1.	¿Cuáles son las causas de la escasa o nula implementación de EECESSH?.....	58
2.	¿Existen regulaciones que impidan la implementación de EECESSH?	59
C.	Oportunidades: propias del contexto internacional	59
1.	¿Qué tendencias son evidentes en el mercado en favor de la implementación de EECESSH?	59
2.	¿Qué incentivos pueden apoyar la implementación de EECESSH?	59
D.	Amenazas: propias del contexto internacional.....	59
1.	¿Existen fenómenos que impidan la implementación de EECESSH?	59
VIII.	Conclusiones	61
	Bibliografía	63
	Anexo	65
Cuadros		
Cuadro 1	Diferentes tipos de simbiosis industrial	11
Cuadro 2	Componentes del estudio	14
Cuadro 3	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 1	25
Cuadro 4	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 2	26
Cuadro 5	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 3	27

Cuadro 6	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 4.....	28
Cuadro 7	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 5.....	29
Cuadro 8	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 6.....	30
Cuadro 9	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 7.....	31
Cuadro 10	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 8.....	32
Cuadro 11	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 9.....	33
Cuadro 12	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 10.....	34
Cuadro 13	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 11.....	35
Cuadro 14	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 12.....	36
Cuadro 15	Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 13.....	37
Cuadro 16	Sistemas constructivos para techos.....	40
Cuadro 17	Sistemas constructivos para paredes.....	41
Cuadro 18	Factores de inventario de carbono de dos fuentes.....	42
Cuadro 19	Sistemas constructivos de vivienda social en el salvador.....	43
Cuadro 20	Criterios de evaluación.....	46
Cuadro 21	Factor económico.....	48
Cuadro 22	Factor técnico.....	50
Cuadro 23	Factor ambiental.....	52
Cuadro 24	Factor social.....	54
Cuadro 25	Matriz de criterios ponderados.....	56
Cuadro A1	Entrevistas a actores clave.....	66
 Gráficos		
Gráfico 1	Factor económico.....	47
Gráfico 2	Factor técnico.....	51
Gráfico 3	Factor ambiental.....	52
Gráfico 4	Factor social.....	54
Gráfico 5	Gráfico de matriz de criterios ponderados.....	56
 Diagramas		
Diagrama 1	Mapa de actores.....	16
Diagrama 2	Resumen FODA.....	60
 Imágenes		
Imagen 1	Proyecto 1: envoltentes de PET reciclado, El Salvador.....	24
Imagen 2	Proyecto 2: permuta de materiales producidos en Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM), El Salvador.....	26
Imagen 3	Proyecto 3: vivienda de emergencia en proceso de transformación a vivienda crecedera, El Salvador.....	27
Imagen 4	Proyecto 4: mejoramiento del hábitat de San Pablo Tacachico, El Salvador.....	28
Imagen 5	Proyecto 5: vivienda de plástico reciclado TERNOVA con patente colombiana, El Salvador.....	29
Imagen 6	Proyecto 6: vivienda de tarimas de madera de carga África 70, El Salvador.....	30
Imagen 7	Proyecto 7: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador.....	31
Imagen 8	Proyecto 8: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador.....	32
Imagen 9	Proyecto 9: Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua en La Palma, Chalatenango, El Salvador.....	33
Imagen 10	Proyecto 10: Cooperativa COVIESO, Guatemala.....	34

Imagen 11	Proyecto 11: Cooperativa COVIAMJUM, León, Nicaragua	35
Imagen 12	Proyecto 12: Condominios Hábitat de la Cordillera San Pedro Sula, Honduras.....	36
Imagen 13	Proyecto 13: proyecto vivienda bi-familiar en Alajuela, Costa Rica.....	37
Imagen 14	Sistema ST-1.....	44
Imagen 15	Sistema ST-2	44
Imagen 16	Sistema ST-3.....	44
Imagen 17	Sistema SP-4	44
Imagen 18	Sistema SP-5	45
Imagen 19	Sistema SR-6	45
Imagen 20	Sistema SR-7.....	45
Imagen 21	Base de separación de desechos en Aeropuerto Internacional de El Salvador.....	60

Resumen

La transición hacia una economía sostenible implica el reconocimiento de principios rectores para la gestión responsable de los recursos en toda la cadena de suministro. En ese sentido, el enfoque de economía circular permite identificar oportunidades para generar valor ambiental y social, aprovechando los ciclos de la naturaleza. Dentro de este contexto, la investigación y la innovación contribuyen a la generación de estrategias oportunas para el manejo de los recursos. Lo anterior resulta especialmente importante en las zonas urbanas y en el sector de vivienda, que están en el centro de la lucha climática y la defensa de los derechos humanos. Por lo tanto, se realiza en este estudio un diagnóstico de la implementación actual de la economía circular en el sector de la vivienda social de El Salvador, con la intención de promover modelos de construcción sostenible con el potencial de generar co-beneficios a lo largo de la cadena productiva. Los resultados obtenidos sugieren que existen carencias y debilidades en la regulación, los sistemas de gestión, los sistemas de financiamiento, el monitoreo y la implementación de política pública para impulsar la economía circular.

Introducción

En 2020, la economía mundial reportó una contracción económica del 4,3%, catalogada por el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de Naciones Unidas como la peor contracción económica en los últimos 90 años, prevista como una consecuencia de las medidas adoptadas por los gobiernos ante la pandemia generada por SARS-CoV-2 (COVID-19). Por otra parte, las economías de América Latina ya mostraban un bajo crecimiento económico con un promedio anual del 0,3% en el último quinquenio previo a la pandemia. Además, y como consecuencia de la implementación de medidas para hacer frente a la crisis sanitaria, la región experimentó una contracción del 7,7% en el PIB en el año 2020, siendo la peor crisis socioeconómica y productiva que ha experimentado Latinoamérica en los últimos cien años (CEPAL, 2021).

Con relación a América Central, la CEPAL estima que, en promedio, su economía se contrajo hasta un 6,1% en el mismo periodo, gracias a la implementación de medidas sanitarias, el cierre temporal de actividades productivas y servicios no esenciales. Aún más, en el marco de la pandemia, el sector construcción sufrió un desplome significativo, ante la paralización de la inversión privada enfocada en condominios habitacionales, centros comerciales y proyectos turísticos, sobre todo en Panamá, Honduras y El Salvador. En el sector comercio, así como en las exportaciones e importaciones, la región centroamericana sufrió una reducción ligeramente menor al promedio mundial. Sin embargo, con relación a las remesas, presentó un leve incremento del 5%, en promedio, a pesar del contexto de crisis global en países desarrollados, como es el caso de Estados Unidos, que es el país de donde mayormente provienen las remesas que recibe la región centroamericana (UN, 2020).

Por otra lado, se estima que, en el año 2021, las economías de la región Centroamericana tendrán un crecimiento del 4,2% y, en la medida en que se restablezca la dinámica de inversión y consumo y sean implementados procesos de automatización en algunos sectores productivos, habrá menor incertidumbre en el ámbito económico, dando paso a la generación de empleo e incremento de la competitividad, siempre y cuando los países de la región centroamericana apuesten de forma conjunta por el desarrollo sostenible, tomando en cuenta sus economías de escala. Este desarrollo debe ir enfocado a sufragar las necesidades básicas de la población y a aprovechar el tráfico comercial de las cadenas de suministros entre los dos océanos.

Sin embargo, la ubicación geográfica también representa un factor de vulnerabilidad, ya que la presencia de riesgos y fenómenos climáticos extremos amenaza el desarrollo económico de la región. Este hecho, aunado a los efectos del cambio climático, hacen del desarrollo sostenible un verdadero reto para la región. No obstante, gracias a las sinergias de la globalización y la masificación de las telecomunicaciones, la región ha recibido transferencia tecnológica, favoreciendo la modernización de los procesos de producción, aunque de forma incipiente, ya que la dependencia de la extracción de recursos de fuentes no renovables procedentes de economías con mayor desarrollo sigue siendo la base de la producción y manufactura de la región en desarrollo.

Por otra parte, el enfoque guiado por los principios rectores de sostenibilidad de la reciente Conferencia de las Partes n°26 (COP26) indica que el compromiso global implica gestionar activamente los impactos potenciales sobre el medio ambiente y la comunidad local e identificar oportunidades para ofrecer valor medioambiental y social, así como promover el uso responsable de los recursos en toda la cadena de suministro (UN Climate Change Conference (COP26), 2021). Atendiendo a este enfoque, se vislumbra una estrategia de producción limpia en todos los sectores, a través de la filosofía de la economía circular, que imita los ciclos de la naturaleza, como los del agua y los nutrientes, aprovechando los desechos de unas especies para tornarlos en recursos para otras, en contraposición a las dinámicas socioeconómicas de la vida moderna tal y como se conoce, en la que la fabricación y el consumo conlleva al desecho, incrementando la carga no biodegradable en el planeta (Stahel, 2016).

Stahel (2016) sostiene que hay tres tipos de economía industrial: lineal, circular y de rendimiento. Define a la economía lineal como un río que fluye, convirtiendo los recursos naturales en materiales básicos y productos para la venta, a través de una serie de pasos de valor agregado. En cambio, la economía circular es definida como un lago que se oxigena con procesos cíclicos tales como el reprocesamiento de bienes y materiales que genera puestos de trabajo y ahorra energía al mismo tiempo que reduce el consumo de recursos y los desperdicios. Ahora bien, una economía del rendimiento va un paso más allá, al vender bienes como servicios, a través de modelos de negocio de arrendamiento y acciones. Además del diseño y la reutilización, la economía del rendimiento se centra en soluciones en lugar de productos, y se beneficia de la suficiencia, como la prevención de residuos. Estos modelos conviven actualmente en los diversos ecosistemas dentro de los centros urbanos, creando sus propias estrategias de producción.

No obstante, para la efectiva implementación de estrategias de economía circular, es necesaria la investigación y la innovación en distintas escalas: social, tecnológica, comercial y reguladora. Estas estrategias deben evaluar los impactos económicos y ambientales de los productos y servicios y, especialmente, deben dar cabida al diseño de productos y servicios orientados a la reutilización.

Son diversos los ámbitos de la implementación de las estrategias de economía circular: políticas y gobiernos, educación y aprendizaje, diseño y negocios. De forma generalizada, estas estrategias persiguen la reducción de las emisiones de la huella de carbono y la reducción de los gases de efecto invernadero, sobre todo en los centros urbanos, donde se concentra la mayor parte de la actividad económica y la generación de desechos. De hecho, se estima que en las ciudades se concentrará dos tercios de la población mundial para 2050 y se consumirá hasta el 75% de los recursos naturales, produciendo la mitad de los desechos globales y el 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero (MacArthur, 2021).

En la diversidad de edificaciones que conforman los centros urbanos, la vivienda se encuentra en el centro como un derecho universal humano. Sin embargo, el déficit cuantitativo y cualitativo es un hecho perenne en Latinoamérica y es más agudo en la región de América Central, puesto que las diversas políticas han favorecido la vivienda como un producto mercantilista y no como un beneficio social y un derecho. Esta situación ha agudizado fenómenos como la segregación y la desigualdad, no solo por la diferencia en la calidad de construcciones, sino por carecer de servicios básicos que privan a las personas de un hábitat saludable y digno (Rodríguez & Cisneros, 2012).

En El Salvador, la Constitución indica que el gobierno debe ser el garante del acceso a la vivienda para los ciudadanos. Sin embargo, la escasez de recursos y las coyunturas por fenómenos naturales han

contribuido al aumento del déficit habitacional, tal es el caso de terremotos y tormentas tropicales. Por otra parte, hay apuestas por la reactivación económica del sector construcción, a través de iniciativas de ley de inclusión habitacional, que impulsan mecanismos y programas de acceso a la vivienda, presentadas como iniciativas privadas a la cartera del estado que, a su vez, ha anunciado la dotación de vivienda a través de proyectos financiados bilateralmente (Casalco, 2021).

De igual forma que la industria de la construcción, el sector industrial en El Salvador persigue la erradicación de la vulnerabilidad y el riesgo en los negocios, a través de la producción limpia y la economía circular, como parte de la solución a la crisis económica derivada de la pandemia. (Asociación Salvadoreña de Industriales, 2021).

Ahora, múltiples autores sobre economía circular han citado lo que William McDonough y Michael Braungart mencionan en su libro "Cradle to Cradle", en concreto, que "La Eco-efectividad y la Re-evolución Industrial son estrategias para que el diseño de nuevos productos esté en mayor consonancia con la biodiversidad y que, desde su concepción, estén diseñados para que tengan prevista su vida futura, con énfasis en la economía circular y la ecología industrial" (McDonough & Michael, 2002). En la misma línea, la ecología industrial es un área multidisciplinar cuyo objetivo es organizar sistemas industriales de una forma similar a los ecosistemas naturales e implica una interacción entre industrias (flujos de materia, energía e información) y una relación sostenible con el medio ambiente y la sociedad. Un objetivo fundamental de esta relación entre industria es el cierre de ciclos de materia. Esto implica la utilización de los residuos de una industria como materias primas para otras, tal y como ocurre en los ecosistemas naturales. Esto permite reducir tanto el consumo de recursos como la producción de residuos (Valero Delgado, Usón, & Aranda Usón, 2011).

Asimismo, el cierre de ciclos se refiere a la reutilización y el reciclaje de un determinado recurso en vez de ser utilizado en forma degradada. Por ejemplo, el sistema de intercambio de botellas de vidrio retornable. La simbiosis industrial es más factible a cortas distancias y, en caso de largas distancias, es válida para subproductos con alto valor. A continuación, se presentan los diferentes tipos de simbiosis industrial según la escala (cuadro 1).

Cuadro 1
Diferentes tipos de simbiosis industrial

Tipos	Definición	Ejemplo
Tipo 1: Intercambio de residuos	Se centra en la etapa final de un producto o proceso	Recuperación de chatarra, papel, ropa. Escala local, regional, global
Tipo 2: Dentro de una instalación, empresa u organización	Intercambio de materiales dentro de una misma empresa	Azucarera que produce alcohol y papel como subproductos. Pellet para calefacción de un aserradero
Tipo 3: Entre empresas localizadas en un determinado ecoparque industrial	Empresas localizadas en la misma localidad pueden intercambiar energía, agua y materiales, información, servicios y transporte	Nuevas áreas de desarrollo o actualización de otras
Tipo 4: Empresas locales pero no adyacentes	Socios estratégicos no necesariamente localizados en la misma localidad, pero sí complementarios en sus necesidades	Empresas localizadas a un radio de 3 km que pueden ser suministradas por un parque generador y un mismo pozo de agua. La empresa de cemento consume el 6% de residuos incluyendo las cenizas volantes de las centrales térmicas
Tipo 5: Entre firmas organizadas virtualmente a lo largo de una región	Comunidad económica regional donde el intercambio de subproductos aumenta debido al gran número de empresas que pueden participar	Pequeñas explotaciones agrícolas, energías renovables, industria que compra chatarra

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Valero Delgado et al., 2011.

No todo es favorable, ya que la confidencialidad empresarial se puede ver afectada y se puede crear una dependencia que afecta la producción de la empresa que depende de los residuos de otra. Otro problema es la compensación económica que debe pagar una empresa por el derecho a explotar los residuos de la empresa que genera. Es claro vislumbrar que la simbiosis industrial se verá afectada por la globalización, desmaterialización, escasez de recursos, miniaturización y desarrollo tecnológico.

En este contexto, una herramienta para la evaluación del concepto de circularidad es el análisis de ciclo de vida (ACV), que tiene como objetivo evaluar las cargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, mediante la cuantificación de los usos y liberaciones de energía y emisiones al medio ambiente. Asimismo, destacan como herramientas para mejorar los desempeños y optimizar las edificaciones y los documentos para la realización de un análisis de ciclo de vida las normas internacionales ISO 14040 (principios y marco de referencia para el ACV) e ISO 14044 (requisitos y directrices para el ACV) funcionan como herramientas para mejorar los desempeños y optimizar las edificaciones y los documentos para la realización de un análisis de ciclo de vida (Organización Internacional de Normalización, 2006).

Ahora, el ACV debe enfocarse en evaluar las mejores opciones para disminuir el impacto ambiental en la selección de materiales y sistemas para el edificio, pues algunos materiales son económicos, pero requieren de altos costos de mantenimiento y generación de desechos. Otros tienen un alto costo de producción en materiales y nunca son recuperados (Zabalza Bribián, Aranda Usón, & Scarpellini, 2009). Así pues, se considera como vida útil larga entre 75-100 años y, como un mínimo de período de estudio, unos 30 años. La mayoría de estos edificios entre 75-100 años reportan hasta un 90% más de consumo de energía en la etapa de uso. En los países europeos, el mayor consumo por metro cuadrado de energía primaria en la manufactura de materiales de todo el sector corresponde al acero, con 25,5%, luego al cemento, con 11,47%, y luego a la cerámica, con 21,5%.

Por otra parte, y con respecto a los materiales de aislamiento, utilizar materiales orgánicos, por ejemplo, fibras naturales, reduce hasta un 20% los impactos incorporados, con relación a materiales sintéticos de aislamiento. En el caso de la madera, las oportunidades de mejora para disminuir los impactos incorporados son en relación con colas y barnices o materiales para protección.

De la misma manera, el uso de materiales alternativos, como bloques huecos de hormigón, bloques de suelo estabilizado o cenizas volantes, en lugar de materiales con una alta energía incorporada, como el hormigón armado, podría ahorrar el 20% de la energía acumulada durante un ciclo de vida de 50 años. Además, el reciclaje de materiales de construcción es fundamental para reducir la energía incorporada en el edificio. Por ejemplo, el uso de acero y aluminio reciclados ahorra más del 50% en energía incorporada.

Estos son algunos ejemplos de los beneficios de las estrategias de economía circular en el sector de edificación. Sin embargo, es importante considerar que la capacidad de implementación dependerá de las economías a escala, los modelos de producción y la gobernanza. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es analizar la implementación de las estrategias de economía circular en la región centroamericana, con énfasis en El Salvador.

I. Estructura metodológica para el desarrollo del estudio

El objetivo para el desarrollo de la “Estrategia de economía circular para El Salvador: soluciones habitacionales sostenibles”, es realizar un diagnóstico de la implementación actual de la economía circular en el sector de la vivienda social en el país centroamericano El Salvador, que permita promover modelos de construcción sostenibles, a partir de co-beneficios como la creación de empleos a lo largo de la cadena productiva de los materiales y procesos constructivos, la reducción del impacto ambiental, a partir de la minimización de la generación de gases de efecto invernadero (GEI), e impulsando el mercado de la vivienda sostenible.

Con base en lo anterior, en este estudio, se han considerado los siguientes alcances metodológicos:

- Identificación de los principales actores que inciden en el sector de la construcción de vivienda social.
- Revisión de antecedentes nacionales para El Salvador y la región centroamericana sobre buenas prácticas en el uso de materiales y tecnologías alternativas en el sector de la construcción de vivienda social.
- Levantamiento de la normativa de El Salvador, contemplando el enfoque de construcción sostenible y los requisitos para certificaciones o financiamiento verde.
- En el marco del escenario post-Covid, se analizan los criterios para el acceso a financiamiento de proyectos que incorporen criterios de economía circular, tomando en cuenta los antecedentes y las nuevas medidas de creación de empleos verdes en el sector de la construcción en El Salvador.
- Análisis de los principales beneficios, costos y riesgos que enfrentan los actores en las diferentes etapas del ciclo de la construcción, considerando fuertemente el manejo de residuos asociados y el impulso de políticas para enverdecer el sector, según los casos de estudio.
- Estimar los costos de construcción y de reparación o ampliación de una vivienda con materiales bajos en carbono o reciclados versus materiales tradicionales en viviendas urbanas.
- Organización de sesiones de consulta para la validación del análisis con diversos actores.

Cuadro 2
Componentes del estudio

1	Mapa de actores y marco legal.
2	Compilación de antecedentes regionales de financiamiento para viviendas sostenibles.
3	Compilación de antecedentes nacionales de buenas prácticas en El Salvador en el uso de materiales reciclados del sector de la construcción de vivienda.
4	Análisis FODA del sector de la construcción en El Salvador, y las oportunidades de incorporar criterios de una economía circular. Aspectos económicos, sociales, técnicos, energéticos, ambientales y de gestión.

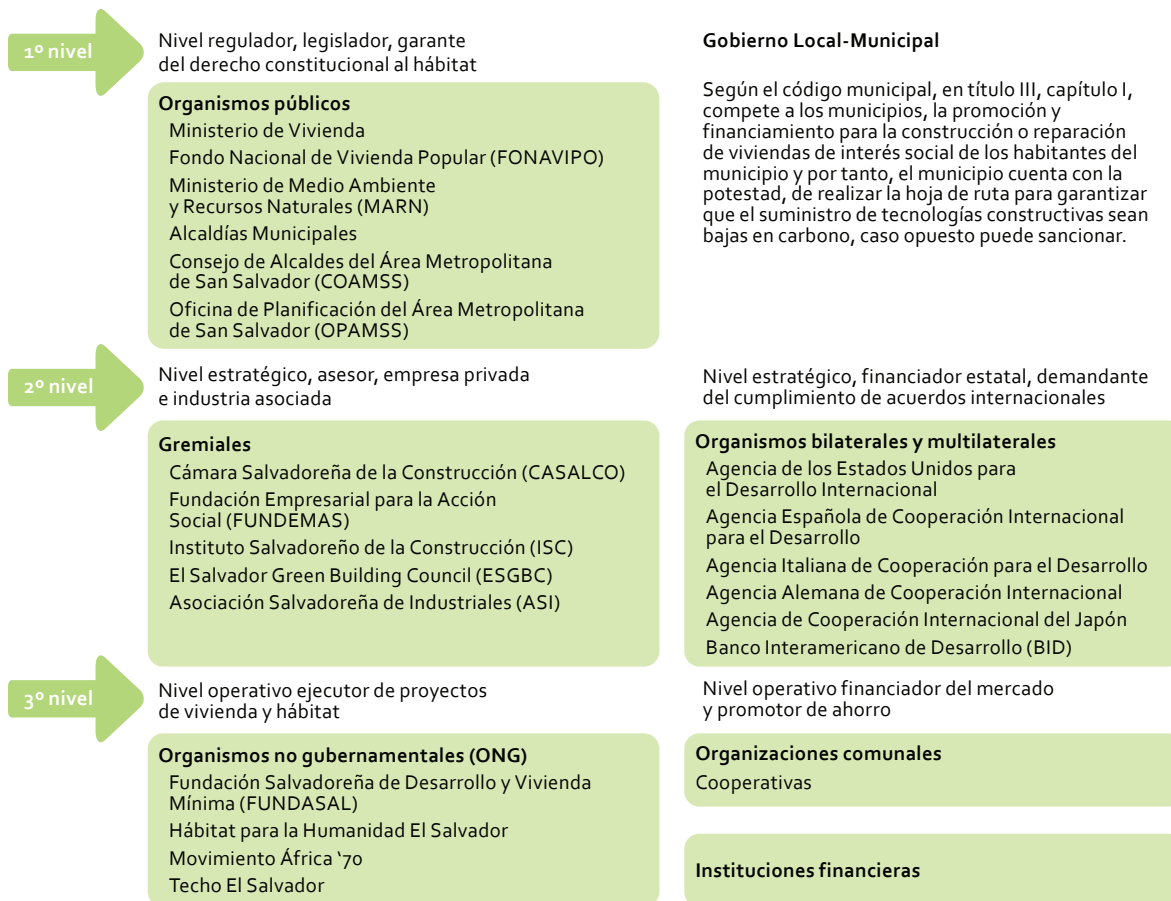
Fuente: Elaboración propia.

En los capítulos siguientes se desarrollan cada uno de los aspectos mencionados.

II. Mapa de actores y oportunidad de generación de empleos verdes

La implementación de estrategias de Economía Circular en El Salvador implica la articulación de múltiples actores de los sectores identificados y organizados en tres niveles: nivel 1, nivel regulador, legislador, garante del derecho constitucional al hábitat, tales como organismos públicos, y organismos autónomos. Nivel 2, nivel estratégico asesor, es la empresa y la industria asociada, tales como asociaciones gremiales. Así mismo, en el nivel dos, se menciona el nivel estratégico financiador estatal, demandante del cumplimiento de acuerdos internacionales, tales como organismos bilaterales y multilaterales. Nivel 3, nivel operativo ejecutor de proyectos de vivienda y hábitat, tales como las organizaciones no gubernamentales. Así mismo, en el nivel tres, se menciona el nivel operativo financiador del mercado y promotores de ahorro, tales como instituciones financieras, organizaciones comunales, como se resume en el diagrama 1.

Diagrama 1
Mapa de actores



Fuente: Elaboración propia.

A. Organismos públicos

Según el artículo 118 de la Constitución de la República de El Salvador, “El Estado adoptará políticas de población con el fin de asegurar el mayor bienestar a los habitantes de la República”. Además, y según el artículo 119, “Se declarará de interés social la construcción de viviendas. El Estado procurará que el mayor número de familias salvadoreñas lleguen a ser propietarias de su vivienda”. En este sentido, cualquier intervención que se realice en cualquier municipio se encuentra sujeta a las leyes de la República de El Salvador. Por lo tanto, el Estado, por medio de las autoridades ministeriales, realiza esfuerzos, en conjunto con gobiernos locales, para suplir el déficit de vivienda.

- **Ministerio de Vivienda:** el Ministerio de Vivienda de El Salvador es una institución estatal creada el 1 de junio de 2019 por el Presidente de la República, resultado de la fusión del Viceministerio de Vivienda (que hasta la fecha estaba adscrito al Ministerio de Obras Públicas y Transporte de El Salvador) y el Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO).
- **Fondo Nacional de Vivienda Popular (FONAVIPO):** es una institución financiera que facilita el acceso a una solución habitacional a las familias salvadoreñas de más bajos ingresos, mediante créditos favorables y subsidios, a través de instituciones autorizadas.
- **Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN):** es la entidad gubernamental encargada de la gestión ambiental de El Salvador. El organismo tiene como misión revertir la degradación ambiental y la reducción de riesgos socio ambientales. Actualmente, se encuentra en vista pública el Reglamento Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje.

- **Alcaldías Municipales:** las alcaldías son el gobierno local autónomo que constituye la unidad política administrativa primaria dentro de la organización establecida en un territorio determinado, encargado de la rectoría y gerencia del bien común. La municipalidad, además de ser la estructura político-administrativa, es la entidad gestora de recursos y, así mismo, la administradora de éstos. Según el código municipal, en el título III, capítulo I, compete a los municipios la promoción y financiamiento para la construcción o reparación de viviendas de interés social de los habitantes del municipio y, por tanto, el municipio cuenta con la potestad de realizar la hoja de ruta para garantizar que el suministro de tecnologías constructivas sea bajo en carbono, caso opuesto puede sancionar.
- **Consejo de Alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador (COAMSS):** es una entidad autónoma, descentralizada e investida de autoridad por delegación directa de los catorce gobiernos municipales que lo conforman: Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla, Apopa, Ayutuxtepeque, Cuscatancingo, Delgado, Ilopango, Mejicanos, Nejapa, San Marcos, San Martín, Tonacatepeque, San Salvador y Soyapango. Es responsable de formular, regular, coordinar y dirigir las políticas y programas que propician el desarrollo integral del territorio y los habitantes del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS).
- **Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS):** fue creada por el COAMSS, por medio de acuerdo municipal en octubre de 1988, como una entidad eminentemente técnica, descentralizada y autónoma. La OPAMSS se convierte, desde esa fecha, en la secretaría técnica del COAMSS y su principal brazo técnico, encargada de la investigación y el análisis de los problemas de desarrollo urbano, la planificación y control del territorio y la promoción del desarrollo económico, con una visión estratégica y unificada de la metrópoli.

A través del control de desarrollo urbano, se brinda el curso legal a los trámites necesarios para que los proyectos de parcelación y construcción que se desarrollan en el AMSS cumplan con los requerimientos establecidos en los instrumentos de ordenamiento territorial. A través de la planificación e investigación, genera los instrumentos para ejercer la función del ordenamiento y control del desarrollo urbano y propone al COAMSS, las normas técnicas específicas que requiere la ejecución de proyectos de construcción y urbanización. A través del desarrollo social y económico, promueve y facilita el desarrollo económico y la cohesión social del AMSS, mediante la formulación y gestión de programas y proyectos de desarrollo.

B. Organismos no gubernamentales (ONG)

Entidad de carácter privado, cuyos objetivos y acciones son dirigidas a la población menos favorecida con carácter solidario, por medio de la implementación de programas de ayuda y desarrollo social. En este sentido, estas organizaciones juegan un rol estratégico dentro de la implementación de estrategias de economía circular, ya que, en general, existe en el país un grupo sólido de estas instituciones, dedicadas al financiamiento y desarrollo de programas de vivienda.

- **Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL):** es una institución privada, sin fines de lucro. El modelo de trabajo de la Fundación parte del hecho de que es posible, por medio de diferentes programas, contribuir significativamente a la erradicación de algunas manifestaciones directas de la pobreza. La misión de FUNDASAL es potenciar la producción social del hábitat sustentable, a través de la generación de procesos de participación protagónica y organizada de la población empobrecida, para el cumplimiento del derecho humano al hábitat.
- **Hábitat para la Humanidad El Salvador:** es una organización sin fines de lucro, parte de Hábitat para la Humanidad Internacional, con presencia en aproximadamente 70 países. Hábitat para la Humanidad convoca a la gente para construir viviendas desde 1992.

- **Movimiento África '70:** surgió en 1971 de las luchas por los derechos civiles, en Italia y en todo el mundo, y del período de la descolonización de África. Su labor comenzó con la solidaridad activa con aquellos pueblos que entonces luchaban por liberarse del colonialismo. Actualmente, es activa como un movimiento civil y cultural para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones más vulnerables en las zonas de mayor riesgo. Su misión es promover procesos de desarrollo humano justo y sostenible, estimulando la participación activa de todos, el intercambio de conocimientos locales y la puesta en valor del patrimonio cultural y ambiental de los territorios.
- **Techo El Salvador:** es la sede en El Salvador de la organización no gubernamental latinoamericana Techo. Está basada en la versión original de Chile Techo (organización). Desde el año 2001, la organización está integrada por jóvenes universitarios voluntarios que están unidos por el ideal de construir un El Salvador más justo, en donde las familias que viven en los asentamientos más excluidos y pobres puedan tener un techo más digno del que tienen actualmente.

C. Gremiales

Las Asociaciones gremiales son organizaciones que reúnen personas naturales, jurídicas, o ambas, con el objeto de promover la racionalización, desarrollo y protección de las actividades que les son comunes, en razón de su profesión, oficio o rama de producción o servicios, y de las conexas a dichas actividades comunes con sus respectivos atributos productivos.

- **Cámara Salvadoreña de la Construcción (CASALCO):** es una organización no gubernamental, sin fines de lucro, fundada el 3 de noviembre de 1964. Su función principal es velar por los intereses del sector construcción en El Salvador. La administración está a cargo de una junta directiva, que es elegida cada dos años, y está integrada por personas naturales o jurídicas —nacionales o extranjeras— divididas en:
 - Desarrolladores de vivienda: dedicadas al desarrollo, construcción y comercialización de proyectos urbanísticos, habitacionales y comerciales.
 - Contratistas generales: dedicadas a desarrollar proyectos de infraestructura pública, participando en las diversas licitaciones de las instituciones gubernamentales.
 - Productores y distribuidores, dedicadas a producir, promover o distribuir materiales y equipos de construcción.
- **Fundación Empresarial para la Acción Social (FUNDEMAS):** organización sin fines de lucro que nace el 25 de mayo del año 2000, gracias a un visionario grupo de empresarios que vieron la necesidad de instaurar una organización dedicada a promover, en el sector empresarial salvadoreño, la adopción de valores, políticas y prácticas de responsabilidad social empresarial para lograr la competitividad de las empresas y el desarrollo económico y social sostenible de El Salvador. Sus principales programas son Alto Impacto y Comunidades Sostenibles en Soyapango y Reciclaje Inclusivo en El Salvador.
- **Instituto Salvadoreño de la Construcción (ISC):** la Fundación Instituto Salvadoreño de la Construcción fue creada el 23 de mayo de 2008 en San Salvador. Nace con el principal fin de promover y apoyar iniciativas de investigación tecnológica y científica para el desarrollo y modernización de la industria de la construcción. Además, busca promover y apoyar la especialización de los recursos humanos del país, en pro de la educación y la capacitación.
- **El Salvador Green Building Council (ESGBC):** Es una organización sin fines de lucro que busca promover líderes en el mercado de la construcción, con el objetivo de crear conciencia ecológica a través de la educación que conduzca al desarrollo sostenible del país.

- **Asociación Salvadoreña de Industriales (ASI):** representa los intereses de sus asociados que se dedican a actividades industriales, así como las conexas o complementarias. Para poner en marcha todos los servicios a la industria. Alianzas estratégicas con instituciones nacionales como INSAFORP, CONACYT, universidades, organizaciones no gubernamentales y gremiales, para asegurar mejores servicios de las mismas.

D. Organismos bilaterales y multilaterales

- **La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID):** el programa de asistencia de USAID para El Salvador reconoce que la seguridad y el crecimiento económico de la región centroamericana tienen un impacto en los Estados Unidos. En relación con la política exterior del gobierno de los Estados Unidos, los programas de USAID están orientados a reducir los factores que impulsan la migración irregular, trabajando junto al gobierno y el pueblo de El Salvador para crear un país más próspero y seguro para los salvadoreños. A través del Programa Regional Centroamericano, USAID apoya objetivos de asistencia exterior que tienen un impacto regional o global que incluyen: prevención de la violencia, protección de los derechos humanos, instituciones gubernamentales efectivas y transparentes, fortalecimiento de la economía, aumento del comercio, creación de empleos, actividades ambientales regionales, programas de seguridad alimentaria, y proyectos de prevención del VIH/SIDA.
- **Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID):** es el principal órgano de gestión de la Cooperación Española, orientada a la lucha contra la pobreza y el desarrollo humano sostenible. Según su estatuto, la agencia nace para fomentar el pleno ejercicio del desarrollo, concebido como derecho humano fundamental, siendo la lucha contra la pobreza parte del proceso de construcción de este derecho.
- **Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo:** a través de la financiación de proyectos en este ámbito, la Cooperación Italiana se empeña en promover la conservación y recalificación del patrimonio cultural y arquitectónico de los centros urbanos en la región. Las actividades incluyen el otorgamiento de becas de estudio, la creación de escuelas de conservación y la asistencia técnica a las principales instituciones nacionales encargadas de la planificación y renovación urbana y a las cooperativas de vivienda. Además de la restauración de las estructuras, se buscará también devolver la función habitacional a los edificios.

La Cooperación Italiana busca contribuir a la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente, así como promover formas de desarrollo sostenible, valorizando los recursos naturales, los ecosistemas y la biodiversidad, reforzando la investigación científica.

- **Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ):** por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, la GIZ ejecuta programas regionales junto con el SICA y sus suborganizaciones desde El Salvador. Otros comitentes para proyectos regionales conducidos desde El Salvador son el Ministerio Federal de Medio Ambiente (BMU) de Alemania y la Unión Europea (UE). Las prioridades temáticas abordadas son: energías renovables y eficiencia energética, protección del medio ambiente y de los recursos naturales y buena gobernanza.
- **Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA):** está promoviendo el desarrollo de sus actividades con una orientación hacia el trabajo de campo, haciendo foco en la seguridad humana y adoptando un abordaje de mayor eficacia, eficiencia y celeridad.
- **Banco Interamericano de Desarrollo en sus iniciales (BID):** es una organización financiera internacional con sede en la ciudad de Washington DC. (Estados Unidos), y creada en el año 1959 con el propósito de financiar proyectos viables de desarrollo económico, social e institucional y promover la integración comercial regional en el área de América Latina y el Caribe. Los países miembros se clasifican en dos tipos: miembros no prestatarios y miembros prestatarios. El Salvador es un miembro prestatario del grupo II.

E. Instituciones financieras

Para asegurar el financiamiento de las acciones en pro de la vivienda social, debe tomarse en cuenta la verdadera situación económica de la población, dado que las dos terceras partes de ésta carecen de capacidad de pago y de garantías, además de la posibilidad de acreditar ingresos permanentes. Dentro de este contexto, las asociaciones de ahorro y crédito desarrollan mecanismos económicos para que la población pueda adquirir un bien inmueble. Sin embargo, no toda la población es sujeto de crédito, por lo tanto, las instituciones financieras cierran convenios con instituciones gubernamentales para financiar, a través de préstamos, el subsidio a la vivienda.

F. Organizaciones comunales

Son los grupos de personas ubicadas en determinadas áreas geográficas que integran una entidad permanente para unificar iniciativas, voluntades, esfuerzos y acciones, y participar organizadamente en la solución a los problemas y necesidades, impulsando relaciones y proyectos de beneficio para la comunidad. En El Salvador se concentran comunidades que se encuentran en las que viven familias de bajos ingresos ubicadas en áreas de riesgo que son inadecuadas para el desarrollo de una vida digna y segura, generalmente en condiciones de riesgo natural, legal y socioeconómico, con carencia de servicios básicos.

- **Cooperativas:** en el 2006, se crea un plan de estrategias que consistió en: a) la creación de la Mesa de Coordinación con las cinco cooperativas existentes hasta ese momento, en función de la conformación de la futura Federación de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua (FESCOVAM), b) el crecimiento del movimiento cooperativista, a través de la conformación de más cooperativas, c) el desarrollo de un proceso de capacitación del liderazgo cooperativista para que conduzca al movimiento, y d) el desarrollo de proyectos piloto. Todo este proceso, impulsado por el EAT, contempló la creación de la Mesa Cooperativa, el énfasis en el crecimiento y expansión territorial de nuevos grupos cooperativos, la capacitación y formación del liderazgo que a futuro conduciría la Federación, y la concreción de proyectos piloto.

III. Políticas y marco regulador de vivienda social

El marco político del sector vivienda tiene como fundamentos legales: la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la Constitución de la República, la Política Nacional de Vivienda y el Código Municipal.

A. Universales

- **La Declaración Universal de Derechos Humanos:** las Naciones Unidas, en la Declaración Universal de Derechos Humanos, en el artículo 25, cita: "Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios."

B. Gobierno Central El Salvador

- **La Constitución de la República de El Salvador:** en el título V, orden económico, artículo 118, establece: "El Estado adoptará políticas de población con el fin de asegurar el mayor bienestar a los habitantes de la República". Por otra parte, el artículo 119 establece: "Se declarará de interés social la construcción de viviendas, naciendo una obligación por parte del Estado de procurar que todo salvadoreño tenga acceso a una vivienda que reúna las condiciones mínimas para su desarrollo personal". El Estado procurará que el mayor número de familias salvadoreñas lleguen a ser propietarias de su vivienda.
- **Política Nacional de Vivienda:** es una política impulsada por el Gobierno Central del El Salvador, a través del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Desarrollo Urbano, por medio del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, ahora Ministerio de Vivienda, y tiene como objetivo contribuir al desarrollo humano, promoviendo que la familia salvadoreña habite y llegue a ser propietaria de una vivienda adecuada a sus posibilidades dentro de un entorno sostenible, así como a la vez exhorta a que todas las autoridades sean impulsoras de esta política. La primera Política Nacional de Vivienda fue publicada en junio de 2005.
- **Reglamento a la Ley De Urbanismo y Construcción:** tiene por objeto desarrollar todas las disposiciones necesarias para la tramitación de permisos de parcelación y normas de notificación, equipamiento comunal y público, sistema vial e infraestructura de los servicios públicos que deberán cumplir los propietarios y las urbanizaciones de parcelación.

- **Reglamento para la Seguridad Estructural de las Construcciones:** establece los requisitos mínimos para el diseño estructural, la ejecución, supervisión estructural y el uso de las construcciones.
- **Reglamento a la Ley de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del AMSS y de los municipios aledaños (OPAMSS):** citado en el caso de construcción de viviendas, infraestructura básica, en área urbana y régimen de vivienda nueva en altura para las edificaciones con las cooperativas de vivienda por ayuda mutua en el centro histórico de San Salvador.
- **Reglamento de la Ley Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje:** tiene por objeto desarrollar las disposiciones de la Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje para lograr la aplicación de la misma a través de la coordinación sistémica de las entidades involucradas y los particulares, relacionados con la gestión integral de residuos y el reciclaje.
- **Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 91.02.01:14 Urbanismo y Construcción en lo relativo al uso del sistema constructivo de adobe para viviendas de un nivel:** en el caso de la construcción de vivienda de adobe en el ámbito rural.
- **Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 91.01.01:13 Vivienda Social de un nivel (mampostería de bloque de concreto y mampostería confinada):** en el caso de la construcción de viviendas en altura con las cooperativas de vivienda por ayuda mutua del centro histórico de San Salvador.
- **Normas Técnicas de diseño y construcción:** concreto, acero, mampostería, madera, sismo, viento, taludes y cimentaciones.
- **Manuales técnicos:** validados por el proyecto de investigación de TAISHIN.

C. Gobierno Local de El Salvador

- **Código Municipal:** basado en el Código Municipal, originado bajo el Órgano ejecutivo de la República de El Salvador, en el Decreto Legislativo N° 274 del 31 de enero de 1986 con la reforma D.L. N° 929 del 20 de diciembre de 2005, publicado en el Diario oficial N° 12 tomo 370 del 18 de enero de 2006. El artículo 4 Numeral 26 del Código Municipal, el cual establece como competencia del municipio la promoción y financiamiento de programas de vivienda o renovación urbana. Para la realización de estos programas la municipalidad podrá conceder préstamos a los particulares en forma directa o por medio de entidades descentralizadas, dentro de los programas de vivienda o renovación Urbana”.
- **Guía HAUS (Hábitats Urbanos Sostenibles para el Área Metropolitana de San Salvador):** la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, OPAMSS, en conjunto con El Salvador Green Building Council, desarrolló, en el año 2018, una guía local que contiene estrategias para la implementación de prácticas que promuevan la sostenibilidad en las edificaciones, buscando beneficiar tanto a la ciudad (Área Metropolitana de San Salvador) y sus habitantes como a sus desarrolladores e inversionistas. Cuenta con un marco de referencia basado en normativas e instrumentos nacionales e internacionales, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, enfocándose específicamente en el objetivo 11, buscando lograr asentamientos y ciudades que sean más inclusivos, seguros y sostenibles, a través de la implementación de políticas y planes integrados; la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III, relacionándola con el diseño de edificios en cuanto a la utilización de materiales locales, la aplicación de estrategias de eficiencia energética, y el manejo eficiente del agua; y la reducción del CO₂ a partir de la COP 21, buscando frenar los impactos del cambio climático por medio de diversas estrategias.

IV. Buenas prácticas en el uso de materiales y tecnologías alternativas en el sector de la construcción de vivienda social

La industria de la construcción ha impulsado la sostenibilidad como estrategia para la descarbonización y cerrar ciclos materiales que redunden en ahorros, eficiencia y reingeniería. La aplicación en los procesos industriales de la economía circular son algunas de esas estrategias.

Tomando en cuenta que son múltiples los actores en la cadena de suministro que participan en el ciclo completo de una edificación, así como en la generación de empleo, el sector construcción implementa de forma incipiente procesos que contribuyen a cerrar ciclos materiales y a aprovechar las producciones locales para la disminución de costos, así como para la generación de alianzas estratégicas institucionales y empresariales para la búsqueda de financiamiento de programas de vivienda social.

Por otra parte, el sector construcción genera residuos que disminuyen la capacidad instalada de los sistemas de disposición final, tales como rellenos sanitarios. A partir de esto, los nuevos lineamientos de gobernanza y la cooperación internacional exigen que el componente de sostenibilidad ambiental y la reducción de desechos sea de carácter obligatorio para el otorgamiento de los permisos de construcción y el otorgamiento de financiamiento (Construir, 2020).

De acuerdo con Peralta (2021), en el estudio antecedente de Economía Circular en América Latina, integrar la economía circular al ámbito de las viviendas implica que se debe reevaluar el proceso de diseño, con el objetivo de incorporar nuevos materiales y técnicas que consideren la reutilización o reciclaje de los productos y/o recursos al final de su vida útil (Peralta, 2021). En ese mismo sentido, las iniciativas que han surgido en América Central tienen diferentes objetivos, escalas de impacto, aplicabilidad y escalabilidad en el área de la construcción de vivienda urbana. Categorizar esas iniciativas es útil desde una perspectiva de análisis. De esta manera, se presentan las iniciativas en fichas de estudio clasificadas por magnitud e incidencia.

(S) Innovación Material: Desarrollo e implementación de nuevos materiales en base a productos reciclados, revalorizados o alternativos bajos en carbono, aplicable a uno o más casos.

(M) Sistemas constructivos no convencionales: Sumatoria de materiales o técnicas constructivas no tradicionales, que pueden funcionar como estructura principal de una vivienda. Aplicable a uno o más casos.

(L) Reciclaje Urbano: Reutilización de recursos urbanos (infraestructura y suelo urbano) para el desarrollo de proyectos de vivienda que apunten a la densificación o regeneración urbana.

A continuación, se presentan una serie de ejemplos de buenas prácticas en el uso de materiales reciclados o bajos en carbono, desarrollados en diferentes países de América Central, con énfasis en los casos de El Salvador.

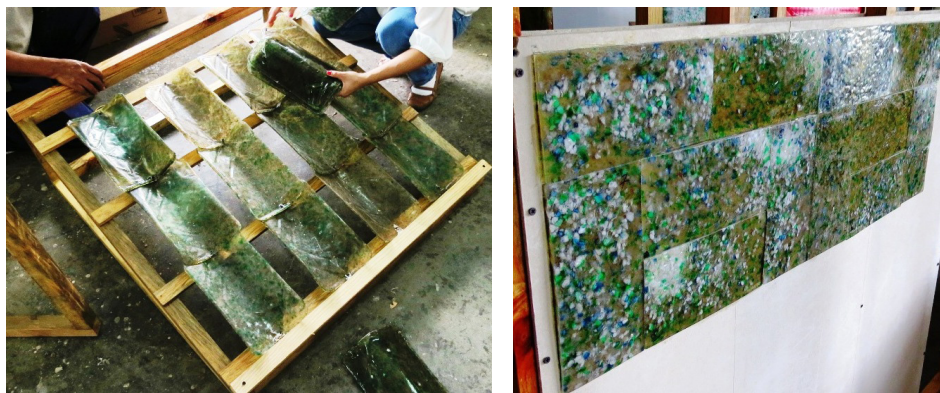
A. Proyecto S: innovación material

1. Proyecto 1: envoltentes de PET reciclado, El Salvador

En términos cognitivos, el proyecto de investigación busca responder a la pregunta de investigación central: “¿Cuáles son los procesos de transformación no industrializado y qué características debe poseer el plástico PET reciclado para que sea reutilizado como materia prima para la producción de nuevos materiales de construcción?”. Para intentar responder la pregunta de investigación, se parte de la hipótesis central; que si es posible controlar los parámetros que inciden en el proceso de transformación no industrializado del plástico PET reciclado, para garantizar que las propiedades físicas cumplan con los parámetros que son requeridos a los materiales de construcción para cubierta de techo y recubrimiento en paredes. La comprobación de esta hipótesis requiere de nuevos enfoques de investigación interdisciplinar en pro del estudio de características físicas y operativas propias del material y verificar, así, la factibilidad de convertirse en material de construcción en el contexto salvadoreño.

La Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA de El Salvador lanza anualmente la convocatoria para concursar por fondos de investigación. En este contexto, se formula el proyecto de investigación: “Sistema constructivo para cubiertas y envoltentes livianos de baja conductividad térmica derivados del reciclaje de plásticos”, que consiste en el estudio de factibilidad para la utilización del plástico PET en el diseño y desarrollo de materiales alternativos para cubiertas de techo y revestimiento en paredes, a partir del estudio experimental en laboratorio sobre las características mecánicas y térmicas del polímero reciclado (Rodríguez Rodríguez et al., 2017), véase imagen 1 y cuadro 3.

Imagen 1
Proyecto 1: envoltentes de PET reciclado, El Salvador



Fuente: Rodríguez Rodríguez et al., 2017.

Cuadro 3
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 1

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Fondo de investigación universitario	Certificados: Cumple con norma ASTM D 638 Reglamento RESESCO	Economía circular: Reciclaje de desechos pos consumo
Escalabilidad: Premiada por CONACYT El Salvador, no comercializado, productos en desarrollo	Habitabilidad: Resistencia térmica comprobada baja conductividad térmica	Sostenibilidad: Material recuperado no degradable en el ambiente
Mercado objetivo: Vivienda	Tecnología: Elementos no estructurales	Ahorro: No hay ahorro en energía, pero sí hay ahorro en materiales

Fuente: Elaboración propia.

2. Proyecto 2: permuta de materiales producidos en Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM), El Salvador

El Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM) de FUNDASAL nace con la idea de concentrar los diferentes esfuerzos en la búsqueda de nuevos materiales y sistemas constructivos para la vivienda social. FUNDASAL creó, en 1994, el Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM), el cual se ha concebido como un centro donde se pueden generar propuestas tecnológicas para soluciones de vivienda de bajo costo, a partir del uso de recursos locales y procesos de construcción sismo resistentes. El CPM concentra su trabajo en tres áreas específicas: Investigación, Capacitación y Producción de materiales.

- Investigación teórica y documentación, experimentación: se realizan ensayos en materiales y construcción de módulos experimentales o viviendas prototipos, como muestra tangible del material investigado para evaluar las características físicas y mecánicas del material en particular y del sistema constructivo en su conjunto, así como una serie de parámetros técnicos y sociales, sus ventajas, limitaciones, etc.
- Promoción, divulgación y transferencia de tecnología: su objetivo es difundir e intercambiar experiencias con instituciones afines relacionadas con el tema del hábitat sobre los avances de resultados de investigaciones en materiales y tecnologías alternativas.
- Para mantener la sostenibilidad en el uso de los materiales alternativos, se fomenta la producción a regular escala en base a las investigaciones técnicas realizadas, promoviendo la creación de plantas productoras locales para beneficio de pobladores o pequeños productores. Se fomenta el proceso de auto ayuda solidaria para la construcción basada en la participación comunitaria.

Los materiales y sistema más promovidos son los de tierra armada, adobe y bahareque (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2022; TAISHIN, 2022; Craterre, 2022) (véase imagen 2 y cuadro 4).

Imagen 2
Proyecto 2: permuta de materiales producidos en Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM), El Salvador



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 4
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 2

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Credihabitat FUNDASAL	Certificados: Normas técnicas Adobe, mampostería	Economía circular: Materia prima local de fuente renovable
Escalabilidad: Producción en cooperativas	Habitabilidad: Buenas propiedades estructurales	Sostenibilidad: Auto
Mercado objetivo: Microempresarios	Tecnología: Proyecto TAISHIN, elementos estructurales	Ahorro: Crédito y ahorro en mano de obra. No hay costo indirecto

Fuente: Elaboración propia.

B. Proyecto M: sistema constructivo no convencional

1. Proyecto 3: vivienda de emergencia en proceso de transformación a vivienda crecedera, El Salvador

TECHO El Salvador busca, por medio de la articulación con gobiernos locales y pobladores de comunidades que viven en situación de alta vulnerabilidad, trabajar en conjunto para la realización de proyectos que impacten a los territorios bajo los ejes de hábitat y habitabilidad.

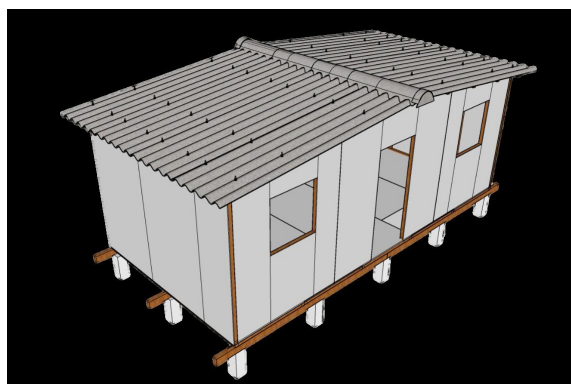
Uno de los proyectos de mayor incidencia son las Viviendas de Emergencia, las cuales utilizan un sistema de paneles prefabricados (estructura de madera y recubrimiento de fibrocemento), los cimientos son pilotes de madera de que sobresalen del suelo y cubierta de lámina ondulada de fibrocemento.

La vivienda tiene una medida de 6,10 por 3,05 metros (18 metros cuadrados de área útil). A pesar de ser un área pequeña, la vivienda se define bajo la transitoriedad y la emergencia (necesidad tangible e inmediata de refugio), principalmente utilizado como dormitorio. Además, se toma en cuenta un espacio mínimo habitable por persona de 3,5 metros. La vivienda de emergencia busca dignificar la situación de vulnerabilidad en la que viven las familias dentro de las comunidades con las que TECHO trabaja, las cuales se encuentran dentro del porcentaje de la población que vive en pobreza multidimensional y la mayoría no posee propiedad de sus terrenos.

Se realiza la prefabricación de las viviendas en una bodega con mano de obra calificada, quienes poseen la experiencia y herramientas necesarias para poder realizar los cortes y el ensamblaje, tanto de la madera como del fibrocemento. Las viviendas se encuentran construidas con estructura de madera y

recubrimiento de fibrocemento, tanto en piso como en paredes, y se encuentra elevada del suelo mediante pilotes de madera enterrados y fijados con piedras. Debido a la problemática de legalización del suelo en las comunidades, las viviendas deben poseer la característica de desmontarse desde sus bases hasta la cubierta y poder ser movilizadas en caso sea necesario, por lo cual se considera a la vivienda de emergencia como un bien mueble (TECHO, 2022), véase imagen 3 y cuadro 5.

Imagen 3
Proyecto 3: vivienda de emergencia en proceso de transformación a vivienda crecedera, El Salvador



Fuente: Imágenes cortesía de TECHO, El Salvador.

Cuadro 5
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 3

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Donaciones	Certificados: Madera importada certificada	Economía circular: Madera certificada, facilidad de mantenimiento
Escalabilidad: En proceso de rediseño para transformar de vivienda emergente a vivienda semi-permanente	Habitabilidad: Sistema con buen aislamiento térmico	Sostenibilidad: Al cumplir la vida útil, el sistema puede ser desmontado y reutilizado
Mercado objetivo: Comunidades organizadas	Tecnología: Paredes estructurales de madera prefabricado	Ahorro: Sistema prefabricado construido en tiempo record, no hay costo indirecto

Fuente: Elaboración propia.

2. Proyecto 4: mejoramiento del hábitat de San Pablo Tacachico, El Salvador

En 2017, FUNDASAL, con el apoyo solidario de la ONG española Manos Unidas, inició un proceso integral de transformación del hábitat rural en cuatro cantones (El Tránsito, Campana, Plan del Amate y San Juan Las Mesas) del municipio de San Pablo Tacachico del departamento de la Libertad.

La actividad económica gira principalmente alrededor de la agricultura (66,8%). Existe una gran dificultad para que las familias vivan de manera digna, si se toma en consideración que, en promedio, los ingresos mensuales son de aproximadamente \$ 150,00. Las principales problemáticas respecto a servicios básicos se concentran en cuatro aspectos: recolección y tratamiento de basura, acceso a agua potable, acceso a servicio sanitario y tenencia de la tierra. A partir de esto, es necesario destacar la importancia del adobe respecto a su uso como material para la autoproducción del hábitat de las familias. Sin embargo, es visible que la autoproducción habitacional de las familias carece de una técnica adecuada para la prevención de reproducción de vectores como la chinche picuda, la cual transmite la enfermedad del mal de Chagas.

A partir de 2017, se dio inicio con un proceso que pretende sentar las bases para generar transformación integral del hábitat en el municipio de San Pablo Tacachico, a partir de dos momentos fundamentales: 1) el fortalecimiento de las capacidades de la población en métodos técnicos constructivos (adobe y quincha) que mantienen las tradiciones locales de autoproducción y que son amigables con el medio ambiente y 2) la puesta en práctica por parte de la población bajo la metodología de Ayuda Mutua de FUNDASAL para la reparación de viviendas, construcción de viviendas nuevas, letrinas aboneras y cosecha de agua lluvia (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2019), véase imagen 4 y cuadro 6.

Imagen 4
Proyecto 4: mejoramiento del hábitat de San Pablo Tacachico, El Salvador



Fuente: Imágenes cortesías de FUNDASAL.

Cuadro 6
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 4

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Sostenibilidad
Identificación de fondos: Manos Unidas, Agencia Extremeña de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AEXCID), Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)	Certificados: ACASA-TRAMP asociación administrativa de agua potable de San Pablo Tacachico, Asociaciones de Desarrollo Comunitarias (ADESCO)	Principios de economía circular: Promueva el uso de materiales locales que contribuya a la recuperación de sistemas constructivos tradicionales y al medioambiente
Escalabilidad: Articula organizaciones comunitarias para lograr mayor incidencia a nivel municipal que mejoren la calidad de vida de los pobladores	Beneficios de habitabilidad: Expande el modelo agroecológico como alternativa agrícola contra hegemónica que promueve la soberanía alimentaria y que contribuye a la salud y al cambio climático	Principios de sostenibilidad: Impulsar acciones que contribuyan a mejorar el manejo, uso y cuidado de los recursos medioambientales como el agua, suelos, bosques, flora y fauna nativa, para contribuir en la calidad de vida de la población
Mercado objetivo: Hábitat rural para familias de escasos recursos	Tecnología: Adobe reforzado	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

3. Proyecto 5: vivienda de plástico reciclado TERNOVA con patente colombiana, El Salvador

Grupo Termoencogibles se transforma en TERNOVA, potenciando el uso de la tecnología para co-crear negocios sostenibles de triple impacto y poder generar oportunidades innovadoras, a partir de la adopción de una patente de diseño de vivienda proveniente de Colombia de la empresa Conceptos Plásticos, para la fabricación de componentes de la vivienda con material plástico reciclado.

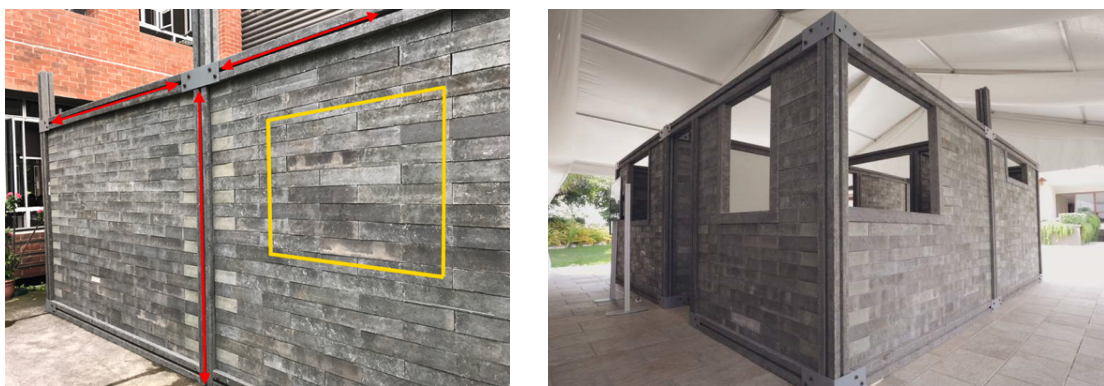
Los componentes fundamentales del sistema constructivo se describen a continuación:

- Bloques: piezas de plástico reciclado con dimensiones modulares que se unen entre sí para conformar las paredes del sistema.

- Jambas: perfiles de plástico reciclado que funcionan como elementos de borde en los huecos de ventanas.
- Piezas universales: perfiles de plástico reciclado que funcionan como elementos de borde de las paredes y como elementos de borde en los huecos de puertas.

El proceso constructivo se realiza mediante el ensamblaje de las distintas piezas a través de un sistema de machihembrado. La geometría de las piezas permite un montaje sencillo que facilita su construcción sin necesidad de morteros o pegamentos. Con base en la investigación y desarrollo realizada por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), el desempeño estructural de las viviendas construidas con este sistema de plástico reciclado es satisfactorio. Sin embargo, es muy importante resaltar que el dictamen está condicionado a las características físicas del material ensayado y a las limitaciones geométricas con las que fueron ensayados los especímenes a escala natural (Investigaciones UCA, 2019-2020, año 1, vol. 1. Memoria bienal, 2021; Empresas & Management, 2022), véase imagen 5 y cuadro 7.

Imagen 5
Proyecto 5: vivienda de plástico reciclado TERNOVA con patente colombiana, El Salvador



Fuente: Investigaciones UCA, 2019-2020, año 1, vol. 1. Memoria bienal, 2021.

Cuadro 7
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 5

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Empresa privada	Certificados: Cumple con norma ASTM D 638 Reglamento RESESCO	Economía circular: Reciclaje de desechos posconsumo de embalajes y desecho industrial
Escalabilidad: Sector vivienda y dotación a Gobierno y ONG	Habitabilidad: Durabilidad y confort térmico	Sostenibilidad: Material recuperado no degradable en el ambiente
Mercado objetivo: Productores de vivienda	Tecnología: Sistema paredes portantes	Ahorro: No hay ahorro en energía, pero sí hay ahorro en materiales

Fuente: Elaboración propia.

4. Proyecto 6: vivienda de tarimas de madera de carga África 70, El Salvador

El Salvador es un país con alta vulnerabilidad a riesgos naturales y fenómenos sociales. Este problema se exhibe principalmente en las comunidades urbanas marginales del municipio de Sonsonate. Considerando la problemática, se propone un prototipo de unidad habitacional con materiales alternativos derivados del reciclaje. El diseño de la unidad habitacional responde a una solución arquitectónica modular adaptable a las necesidades, creciendo de forma modular y controlada.

Establecer un análisis comparativo de las tecnologías constructivas existentes contra los potenciales materiales reciclados a utilizar para la construcción del módulo habitacional, contemplando criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales, fue determinante para conocer la factibilidad de los materiales considerados dentro del proceso. De esa manera, se concluyó que las tarimas de madera, producto de desechos dentro del sector comercial e industrial, perfilan como un material adecuado para la producción de viviendas de bajo presupuesto, principalmente por la accesibilidad económica que éstas presentan, así mismo por sus características físicas y técnicas que contribuyen a generar un sistema constructivo confiable y eficiente (África 70, 2022), véase imagen 6 y cuadro 8.

Imagen 6
Proyecto 6: vivienda de tarimas de madera de carga África 70, El Salvador



Fuente: Primera imagen cortesía Rodríguez L. Segunda imagen Durán, Pacheco, & Ruíz, 2013.

Cuadro 8
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 6

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: ONG, Municipalidad, población beneficiada por medio de créditos	Certificados: Permisos de construcción en ODUAMSO Sonsonate	Economía circular: Reciclaje de desechos posconsumo de embalajes y desecho industrial
Escalabilidad: Modelo de vivienda replicable a las comunidades que viven en riesgo por inundación	Habitabilidad: Buen desempeño termoacústico	Sostenibilidad: Material recuperado no degradable en el ambiente
Mercado objetivo: Programa de vivienda social	Tecnología: Sistema constructivo autoportantes	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

C. Proyecto L: reciclaje urbano

1. Proyecto 7: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador

La vivienda que concibe y pretende brindar el modelo a la población cooperativista es una que rompe con los esquemas tradicionales, tecnicistas de "lo mínimo/básico", pues se trata de hacer de la vivienda un bien en función del desarrollo multidimensional, a nivel personal y colectivo, de sus habitantes. El Modelo se diferencia, sobre todo, porque considera a la vivienda como un bien de uso, y nunca un bien de cambio.

En 2003, se inició la formación del primer grupo, denominado Asociación de Cooperativa de Vivienda del Centro Histórico de San Salvador (ACOVICHSS). Este grupo cooperativo, en coordinación con FUNDASAL, la alcaldía municipal de San Salvador y la Agencia Española de Cooperación Internacional

para el Desarrollo, realizaron el proyecto “Vivienda Cooperativista para las Familias Habitando en mesones del Centro Histórico, barrio San Esteban, San Salvador” que consiste en la construcción de apartamentos en dos complejos habitacionales, en dos predios ubicados en la 6ª calle oriente y en la 2ª calle oriente, ambos propiedad de ACOVICHSS.

El proyecto comprende la construcción de apartamentos unifamiliares de uno, dos y tres dormitorios, servicios básicos domiciliarios de agua, energía eléctrica y sanitarios en edificios de dos niveles y de cuatro niveles. El primer edificio está ubicado en el inmueble denominado San Esteban y el segundo, en el Renacer. El tamaño de cada apartamento varía desde 29,41m² (un dormitorio), 49,53 m² y 50,19 m² (dos dormitorios), hasta 63,11m² (tres dormitorios). La obra fue ejecutada bajo tres modalidades: administración directa, ayuda mutua y subcontrataciones. Tanto el diseño arquitectónico de la distribución interna del edificio como las fachadas se realizaron en un trabajo conjunto entre FUNDASAL y los miembros de ACOVICHSS en talleres participativos. FUNDASAL es consciente que la degradación del CHSS no está simplemente relacionada con el deterioro físico, sino que es mucho más compleja, porque reúne causas sociales, económicas, culturales y medioambientales. Por lo tanto, las soluciones deben necesariamente contemplar cada una de estas dimensiones, a través de estrategias dirigidas a reforzar la economía local, a fortalecer las redes sociales y disminuir los efectos de exclusión (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2009), véase imagen 7 y cuadro 9.

Imagen 7
Proyecto 7: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 9
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 7

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Sostenibilidad
Identificación de fondos: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), Alcaldía Municipal de San Salvador, Asociación Cooperativa de Vivienda del Centro Histórico de San Salvador (ACOVICHSS), Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)	Certificados: Permiso de construcción según normativa de El Salvador: OPAMSS, CONCULTURA	Principios de economía circular: <ul style="list-style-type: none"> • Reactivación de la economía local • Construcción por ayuda mutua • Capacitación y transferencia tecnológica a las comunidades
Escalabilidad: Modelo replicable en El Salvador	Habitabilidad: Mejoramiento de barrios, introducción de servicios básicos, mejoras en la calidad de vida	Otros principios de sostenibilidad: Huertos urbanos Prefabricación de elementos arquitectónicos
Mercado objetivo: Familias vulnerables del sector informal	Tecnología: Sistema de mampostería confinada	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

D. Proyecto L: reciclaje urbano

1. Proyecto 8: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador

El proyecto Renacer está ubicado en la 2ª Calle oriente, contiguo a la Plazuela Zurita.

La ejecución del proyecto se plantea bajo el sistema cooperativista, por medio del cual las familias participantes asumen directamente la ejecución y administración del crédito para la ejecución de sus viviendas, contando con capacitación y asistencia técnica de FUNDASAL. Bajo este sistema, las familias organizadas serán conducidas por los órganos de dirección de la cooperativa, que es la responsable de la ejecución física, administrativa y financiera del proyecto. Según la metodología de trabajo del cooperativismo de vivienda, los diseños del proyecto son elaborados en forma participativa entre las instancias organizativas representantes de los beneficiarios y el equipo de asistencia técnica de FUNDASAL.

Mientras se está tramitando el financiamiento para la ejecución del proyecto, las familias realizan pequeñas actividades para la obtención de fondos, gestionan el lugar para construcción de albergues provisionales, ejecutan la demolición de las actuales viviendas y nivelan el terreno (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2009), véase imagen 8 y cuadro 10.

Imagen 8

Proyecto 8: Asociación Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua San Esteban, El Salvador



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 10

Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 8

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Sostenibilidad
Identificación de fondos: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), Alcaldía Municipal de San Salvador, Asociación Cooperativa de Vivienda del Centro Histórico de San Salvador (ACOVICHSS), Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL)	Certificados: Permiso de construcción según normativa de El Salvador: OPAMSS, CONCULTURA	Principios de economía circular: <ul style="list-style-type: none"> • Reactivación de la economía local • Construcción por ayuda mutua • Capacitación y transferencia tecnológica a las comunidades
Escalabilidad: Modelo replicable en El Salvador	Beneficios-habitabilidad: Mejoramiento de barrios, introducción de servicios básicos, mejoras en la calidad de vida	Otros principios de sostenibilidad: Huertos urbanos Prefabricación de elementos arquitectónicos
Mercado objetivo: Familias vulnerables del sector informal	Tecnología: Sistema de mampostería confinada	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

E. Proyecto L: desarrollo sostenible rural

1. Proyecto 9: cooperativas de vivienda por ayuda mutua en La Palma, Chalatenango, El Salvador

Las cooperativas del Centro Histórico e integrantes del consejo de administración de FESCOVAM brindan su aporte de ayuda solidaria a las cooperativas ACOVICUPA y ACOVIAMET para la creación del proyecto “Cuna de La Paz” en el municipio de La Palma, Chalatenango.

Parte de los beneficios que el proyecto concede a las familias es el entrenamiento en el manejo de tecnología constructiva, tanto en la producción de materiales como el adobe, como en la autoconstrucción, implementando principios de seguridad estructural.

De igual forma, la población ha sido capacitada en la técnica natural para la erradicación del mal de Chagas que puedan afectar la salud de los habitantes (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2022), véase imagen 9 y cuadro 11.

Imagen 9
Proyecto 9: Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua en La Palma, Chalatenango, El Salvador



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 11
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 9

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Identificación de fondos: Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima (FUNDASAL), We Effect	Certificados: ACASA-TRAMP asociación administrativa de agua potable de San Pablo Tacachico, Asociaciones de Desarrollo Comunitarias (ADESCO)	Principios de economía circular: Promueva el uso de materiales locales que contribuya a la recuperación de sistemas constructivos tradicionales y al medioambiente
Escalabilidad: Articula organizaciones comunitarias para lograr mayor incidencia a nivel municipal que mejoren la calidad de vida de los pobladores	Beneficios de habitabilidad: Expande el modelo agroecológico como alternativa agrícola contra hegemónica que promueve la soberanía alimentaria y que contribuye a la salud y al cambio climático	Principios de sostenibilidad: Impulsar acciones que contribuyan a mejorar el manejo, uso y cuidado de los recursos medioambientales como el agua, suelos, bosques, flora y fauna nativa, para contribuir en la calidad de vida de la población
Mercado objetivo: Hábitat rural para familias de escasos recursos	Tecnología: Adobe reforzado	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

F. Proyecto M: sistema constructivo convencional

1. Proyecto 10: cooperativa COVIESO, Guatemala

La Cooperativa COVIESO se constituyó el 17 de diciembre del año 2005. Se ubica en San Miguel Petapa, en el departamento de Guatemala, y está conformada por 22 familias. La construcción del proyecto de vivienda se ha realizado de forma progresiva: en 2008, fue la pre-obra y urbanización, y, desde el año 2010, inició la construcción de 10 viviendas, las cuales fueron habitadas de manera inmediata y está en construcción una segunda etapa de 4 viviendas más. Queda pendiente la construcción de 8 soluciones habitacionales. La progresividad depende del financiamiento que han ido obteniendo en cada momento.

La calidad de los proyectos ha sido fortalecida gracias a la constancia de la Asistencia Técnica, que tiene el enfoque de trasladar capacidades. En algunos casos, asociados con habilidades en este campo, se han incorporado a trabajar posteriormente en proyectos constructivos como mano de obra calificada, lo que les significa un nuevo medio de vida. El aporte de la mano de obra de los asociados reduce el monto del crédito que es asumido por ellos, entre un 4% a un 26%, monto que en un proyecto privado se suma al costo de la vivienda que es pagado por la familia. El porcentaje de “ahorro” generado por aporte de la ayuda mutua es el monto que se disminuye del crédito que la cooperativa asume para la construcción del proyecto de vivienda (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2013), véase imagen 10 y cuadro 12.

Imagen 10
Proyecto 10: Cooperativa COVIESO, Guatemala



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 12
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 10

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Ahorro, ONG, ayuda mutua	Certificados: Normativa de construcción de Guatemala	Economía circular: Materiales locales
Escalabilidad: Modelos replicables y optimización del uso de la tierra	Habitabilidad: Vivienda formal equipada	Sostenibilidad: Desarrollo de nuevas capacidades
Mercado objetivo: Vivienda cooperativa	Tecnología: Mampostería	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

G. Proyecto M: sistema constructivo no convencional

1. Proyecto 11: cooperativa COVIAMJUM, León, Nicaragua

“Juntando Manos” está ubicada en el sector sureste de la ciudad de León, Nicaragua. Está conformada por 36 asociados. Su proyecto constructivo lo realizaron en el año 2008 con la totalidad de viviendas, de las cuales 10 fueron habitadas de forma inmediata, y las otras 26 en un período de 3 meses. Tienen, al momento, 4 años en la etapa de convivencia.

En el proceso constructivo, los asociados adquirieron conocimientos y asesoría del EAT para garantizar la calidad de los materiales y optimizar su uso. En la organización de la construcción, se formó el Comité de Obra, el cual, bajo asesoría técnica del arquitecto o ingeniero encargado y trabajo conjunto del maestro de obra, programaba las jornadas de trabajo semanalmente, contabilizaba la canasta de materiales a utilizar en ese período y solicitaba la contratación de mano de obra especializada para la realización de las obras (Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, 2013)

Imagen 11

Proyecto 11: Cooperativa COVIAMJUM, León, Nicaragua



Fuente: Imágenes cortesía de FUNDASAL.

Cuadro 13

Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 11

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Alcaldía de León	Certificados: Normativa de construcción de Nicaragua	Economía circular: Materiales locales
Escalabilidad: Modelos replicables y optimización del uso de la tierra	Habitabilidad: Vivienda formal equipada	Sostenibilidad: Desarrollo de nuevas capacidades
Mercado objetivo: Vivienda cooperativa	Tecnología: Mampostería	Ahorro: Autoconstrucción ahorro en mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

H. Proyecto L: reciclaje urbano

1. Proyecto 12: condominios Hábitat de la Cordillera San Pedro Sula, Honduras

El primer proyecto vertical de vivienda social de Honduras lo inauguró Hábitat para la Humanidad y está 100% arrendado. La segunda fase del proyecto Condominios Hábitat de la Cordillera comenzará a construirse el próximo año por un monto de inversión que superará los 50 millones de lempiras (\$ 2.053.422,5 USD).

Alberto Benítez, director ejecutivo de Hábitat Honduras, indicó que la segunda etapa estará compuesta por cuatro edificios de tres niveles cada uno, que sumarán 102 unidades habitacionales.

La primera etapa del desarrollo, conformado por 54 apartamentos distribuidos en tres torres de tres niveles cada uno, está en un predio contiguo a la colonia Fesitranh. A las dos etapas anteriores, se sumaría una tercera más con 78 apartamentos. Rompiendo esquemas y optando por un innovador proyecto, que hasta ahora solo estaba dirigido para clase media y alta, Hábitat para la Humanidad desarrolló en más de dos años el primer proyecto vertical de vivienda social de Honduras. En condominios Hábitat de la Cordillera, los apartamentos están en renta con opción a compra y los interesados pueden optar al bono de Convivienda para reducir el monto a pagar.

Benítez indicó que: “los condominios están ocupados en su totalidad. Actualmente, las familias están firmando los contratos de arrendamiento. Las familias van pagando su unidad habitacional y tienen la opción a compra. Estamos financiando a largo plazo, es a Hábitat que le pagarán las familias y hasta que terminen de pagar se les entregará las escrituras. Luego de tres meses de arrendamiento, las familias podrán solicitar el bono de Convivienda de unos L180.000 (\$ 7392,32 USD). El costo más alto por apartamento es de L850.000 (\$ 34908,18 USD). Cuentan con mensualidades de entre L6.500 (\$ 266,94 USD) a L7.000 (\$287,48)” (República Inmobiliaria, 2022). Véase imagen 12 y cuadro 14.

Imagen 12
Proyecto 12: Condominios Hábitat de la Cordillera San Pedro Sula, Honduras



Fuente: Hábitat para la Humanidad Honduras (República Inmobiliaria, 2022).

Cuadro 14
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 12

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: ONG Hábitat para la Humanidad	Certificados: Permiso de construcción con normativa de Honduras	Economía circular: Control de calidad en procesos constructivos
Escalabilidad: Modelo comercial replicable	Habitabilidad:	Sostenibilidad: Optimización del suelo con vivienda en altura
Mercado objetivo: Vivienda social cofinanciada	Tecnología: Mampostería reforzada	Ahorro: No se conoce información

Fuente: Elaboración propia.

2. Proyecto 13: proyecto vivienda bi-familiar en Alajuela, Costa Rica

Con el fin de maximizar el uso del suelo, el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI) aumentó sus financiamientos en condominios verticales, torres de apartamentos y viviendas bifamiliares de dos pisos, para ofrecer más opciones de patrimonio a la población de escasos recursos.

Las primeras soluciones verticales se desarrollaron en comunidades de la Gran Área Metropolitana (GAM), pero se extenderán a otras regiones con centros urbanos, como es el caso del Condominio Las Trojas en Sarchí, el cual consta de siete torres de tres niveles cada una (12 apartamentos por torre), para beneficiar a 84 familias en situación de extrema necesidad. Otro de los proyectos es Valle Azul en la Guácima de Alajuela, en el que se empleó la modalidad de vivienda bifamiliar, es decir, una vivienda sobre otra. Además, la reactivación económica nacional también se beneficia con la creación de empleos en cada proyecto de construcción, ya que cada casa genera 3,4 puestos de trabajo, según el BANHVI (Alajuela Digital, 2022). Véase imagen 13 y cuadro 15.

Imagen 13
Proyecto 13: proyecto vivienda bi-familiar en Alajuela, Costa Rica



Fuente: Alajuela Digital, 2022.

Cuadro 15
Viabilidad, calidad y principios del Proyecto 13

Viabilidad comercial	Calidad/habitabilidad	Principios
Financiamiento: Ministerio de Vivienda	Certificados: Permiso de construcción con normativa de Costa Rica	Economía circular: Control de calidad en procesos constructivos
Escalabilidad: Modelo comercial replicable	Habitabilidad:	Sostenibilidad: Optimización del suelo con vivienda en altura
Mercado objetivo: Vivienda social cofinanciada	Tecnología: Mampostería reforzada	Ahorro: No se conoce información

Fuente: Elaboración propia.

V. Flujo de materiales en la industria de la construcción y el potencial de descarbonización

El sector de la construcción en El Salvador ha realizado avances tecnológicos, siguiendo los pasos de otras economías industrializadas, más allá de implementar avances propios. La mayor cantidad de materiales son importados a través de una cadena de suministro que involucra grandes distribuidores. No obstante, existe un volumen significativo de materiales que son manufacturados en el país, con una combinación de recursos y materias primas propias del país e importadas (Construir, 2020). Es el caso de los materiales que contienen cemento, debido a la existencia de la planta fabricante de cemento, ubicada en el occidente de El Salvador.

Este hecho redonda en la existencia de fabricantes de elementos prefabricados de hormigón, que son los materiales con los que se ha construido el parque edificado salvadoreño (hormigón armado y prefabricados de hormigón). Por otra parte, el sector de vivienda no formal tiene una tendencia a construir con materiales y técnicas ancestrales, como es el caso del adobe, el bahareque, los sistemas de tarimas y los elementos de arcilla.

En cualquiera de estos casos, vivienda formal e informal, los parámetros que inciden en la selección de materiales y sistemas constructivos son aquellos relacionados con la eficiencia en los costos:

- Menor cantidad de material por área
- Menor cantidad de apoyos por longitud
- Menor peso por unidad de instalación
- Menos conductividad térmica, menor uso de sistema mecanizado de climatización en edificación
- Menor cantidad de accesorios
- Mayor flexibilidad en el diseño

Cuadro 16
Sistemas constructivos para techos

Material		Características térmicas del material		Características físicas		Características de trabajabilidad y aplicación			Características geométricas		Norma utilizada por fabricante
Nombre comercial	Material	Conductividad térmica (W/m.K)	Peso de unidad (kg)	Peso por m ² (kg)	Durabilidad en años	Pendiente (En porcentaje de inclinación)	Unidades por m ²	Separación entre apoyos mínima (cm)	Peralte de unidad (cm)	Calibre-espesor (cm)	Normas
Teja de barro cocido	Arcilla cocida	0,46	2	25	50 años o más	25	12,5	40	7	9	Norma Española UNE-EN538:1995
Lámina fibrocemento	Fibras materiales, cemento y agregados	0,93	8,64	8,64	10	15	1	700	5	0,6	NTC 180 9002
Lámina metálica	Lámina galvanizada	54	1	1	Salinos=10 Urbanos=30	5	1	85-100	0,4	0,2	ASTM A-792

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de (Durán et al., 2013).

Cuadro 17
Sistemas constructivos para paredes

Mercado		Características térmicas del material		Características físicas			Resistencia mecánica
Sistema constructivo	Nombre del material	Conductividad térmica (W/m ² °C)	Peso de unidad (kg)	Peso por m ²	Durabilidad (En años)	Unidades por m ²	Cargas admisibles (kg/cm ²)
Mampostería confinada	Ladrillo de barro cocido	1,8	5,22	120,06	60	23	70
Bloque de concreto con refuerzo integral	Bloque de concreto	0,56	8,62	107,75	60	12,5	71
Marcos o polines con cubierta de lámina	Lámina metálica	54	1	1	salinos=10/ urbano=30	1	3,4
Adobe sismo resistente	Adobe	0,95	17	459	40	27	20
Mampostería de ladrillo de suelo cemento confinado	Ladrillo de suelo cemento	1,4	5,22	120,06	60	23	70
Sistema a base de tarimas de madera	Tarimas de madera (pallets)	0,21	12	12	Sin ninguna protección o tratamiento 5 años	1	45

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Durán et al., 2013.

El sector de la construcción representa casi el 40% del consumo mundial de energía, el 30% del uso de materias primas, el 25% de los residuos sólidos, el 25% del uso del agua, el 12% del uso del suelo y el 33% de las emisiones mundiales relacionadas con gases de efecto invernadero (Chau, Leung, & Ng, 2015). La acción más importante que las naciones han realizado es generar instrucciones de obligatorio cumplimiento para la evaluación y desarrollo de proyectos de edificación en todas sus etapas; planificación, diseño, construcción, rehabilitación y desmontaje. En este sentido, el deber ser de un proyectista es contabilizar los impactos ambientales potenciales y evaluar escenarios en las etapas del proyecto (AENOR, 2006). Para este fin, se han creado herramientas y bases de datos que ayudan a los profesionales vinculados al sector de la edificación a generar mejores alternativas de desarrollo y a comprobar los impactos que generan sus decisiones de diseño. Así mismo, la industria tiene el deber de incorporar información sobre las emisiones de sus procesos productivos en la certificación de sus productos (AENOR, 2014).

La SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (Sociedad de Toxicología Ambiental y Química) (Hunkeler et al., 2003) indica que el análisis de ciclo de vida ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad y prevé las siguientes funciones:

- Identifica y contabiliza el uso de materia, energía y los vertidos al entorno.
- Determina el impacto que el uso de recursos y los vertidos producen en el medio ambiente.
- Lleva a la práctica estrategias de mejora ambiental.

Por lo tanto, un análisis de ciclo de vida (ACV), incluye el ciclo completo de un producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de:

- Extracción, y procesado de materias primas.
- Producción, transporte y distribución.
- Uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición de residuos.

Por otra parte, en tema de sostenibilidad, las escalas de regulación están presentes en el ámbito internacional, regional y local. En este sentido, y con respecto al ámbito internacional, el Sistema Internacional EPD (Environmental Product Declaration) es un programa global regido por Naciones Unidas para las declaraciones ambientales que operan de acuerdo con la norma ISO 14025. Un EPD es la declaración ambiental de productos que presentan información transparente, verificada y comparable sobre el impacto ambiental de los productos en el ciclo de vida.

Una estrategia de optimización en el diseño para la reducción de impactos incorporados es la construcción con técnicas de prefabricación industrializada que cuenten con EPD. No obstante, la reducción de impactos será determinada por el tipo de edificación, como lo indica un estudio comparativo entre escuelas construidas con sistemas convencionales y sistemas industrializados, que muestra hasta un 60% de ahorro energético, reducción de residuos y reducción en la huella de carbono (Pons & Wadel, 2011).

Para ampliar esta óptica, se retoma como indicador de descarbonización a los impactos ambientales caracterizados en 2 tipos, considerados relevantes en la industria de la construcción, dado el flujo de energía a lo largo de la cadena de suministro basado en el principio de la conservación de la energía (Hammond & Jones, 2008), que para efectos de este análisis será la energía contenida en los materiales de construcción. Estos impactos son: energía contenida y CO₂ equivalente, incorporados en la fabricación y transporte de sistemas de construcción (Rodríguez Rodríguez et al, 2021). Puede mencionarse también que, según investigaciones experimentales realizadas por el Instituto de Preservación y Modernización de Edificios, en la Universidad Técnica de Berlín en Alemania, es posible ahorrar hasta un 45% del CO₂ incorporado al reutilizar materiales y sistemas constructivos de hormigón armado (Asam, 2007).

Cuadro 18
Factores de inventario de carbono de dos fuentes

Inventory of Carbon and Energy (ICE) Bath University				EPD International System https://www.environdec.com/EPD-Search/		
	Material	EE-MJ/kg	EC-kgCO ₂ /kg	Material	EE-MJ/kg	EC-kgCO ₂ /kg
Hormigón reforzado	Reinforced RC 25/30 MPa (with 110 kg per m ³ concrete) (0.78 + 1.04 * 1.1) MJ/kg (0.106 + 0.072 * 1.1) kgCO ₂ /kg	1,92	0,185			
Hormigón reforzado prefabricado	Precast RC 40/50 with reinforcement (with 80kg per m ³) (1.50 + 1.04 * 0.8) MJ/kg (0.171 + 0.072 * 0.8) kgCO ₂ /kg	2,33	0,229	Pieza 0,4*0,4*17,5=2,8m ³ * 2200 = 6160	3,42	0,32
Acero laminado	Section-UK (EU) Average Recycled Content	21,50	1,42	para 1 Ton=1000kg (energía primaria no renovable)	21,01	0,82
Acero doblado en frío	Coil (Sheet), Galvanised-UK (EU) Average Recycled Content	22,60	1,45	para 1 Ton=1000kg (energía primaria no renovable)	41,60	1,51
Madera CLT	Laminated Veneer Lumber (0.31fos+0.32bio)	9,50	0,63	Para 1m ³ de panel estructural CLT densidad 550 kg/m ³ igual 236,42 kg CO ₂ y 3353,38 MJ	6,10	-1,25

Fuente: Elaboración propia con datos de Rodríguez Rodríguez, 2019.

VI. Análisis técnico-económico comparativo de la vivienda social en El Salvador

Se han evaluado 7 combinaciones de sistemas constructivos, en 3 grupos, según datos del último censo en El Salvador en 2007, que se han actualizado según la investigación en curso y las fuentes de consulta con los agentes promotores de la vivienda social en El Salvador. Los 3 grupos de sistemas constructivos son: 1) los 3 sistemas investigados por proyecto de cooperación entre gobierno, cooperación internacional de Japón, academia, denominado proyecto Taishin, 2) los dos sistemas más reportados en el censo en áreas urbanas, y 3) los dos sistemas derivados del reciclaje (Forbes Centroamérica, 2019).

La permuta de sistemas es habitual en la construcción de vivienda social, sobre todo en los procesos de autoconstrucción. A pesar de que la legislación sobre procesos constructivos exige el cumplimiento de reforzamiento mínimo por la amenaza sísmica, cada evento sísmico ha dejado pérdidas en el parque construido mayores a un millón de unidades habitacionales (L. Teresa Sánchez & Ramírez, 2002).

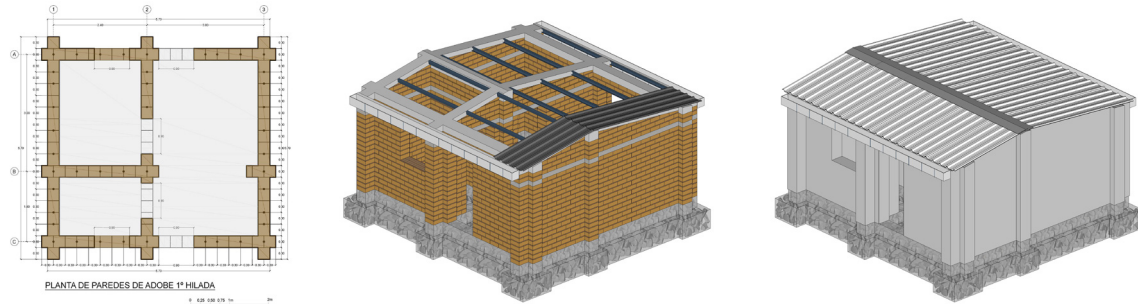
Cuadro 19
Sistemas constructivos de vivienda social en El Salvador

Sistemas constructivos TAISHIN			Materiales populares en El Salvador, según censo		Materiales derivados del reciclaje	
ST-1	ST-2	ST-3	SP-4	SP-5	SR-6	SR-7
Paredes adobe sismorresistente	Paredes de mampostería de suelo cemento confinado con nervadura de hormigón	Paredes prefabricadas de bloque panel	Paredes de bloque de concreto armado	Paredes de mampostería de arcilla confinada con nervadura de hormigón	Contenedores metálicos autoportantes	Paredes de tarimas de madera
Cubierta de teja de arcilla	Cubierta de teja de arcilla	Cubierta de lámina metálica	Cubierta de lámina metálica	Cubierta de lámina metálica	Cubierta de lámina metálica	Cubierta de lámina metálica

Fuente: Elaboración propia.

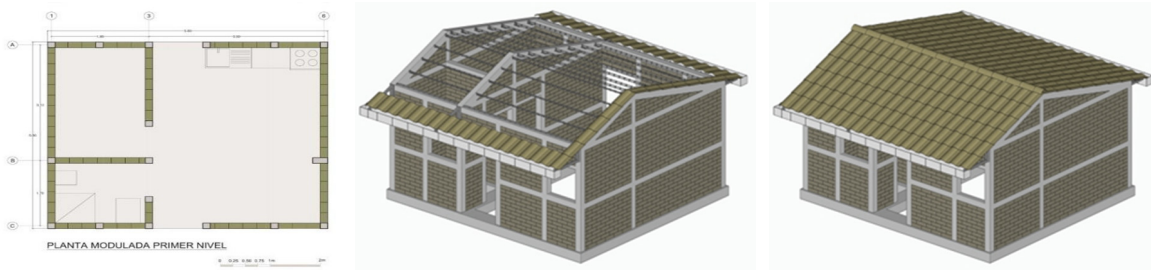
A continuación, se presentan esquemas de las viviendas con las permitas descritas en el cuadro 19.

Imagen 14
Sistema ST-1



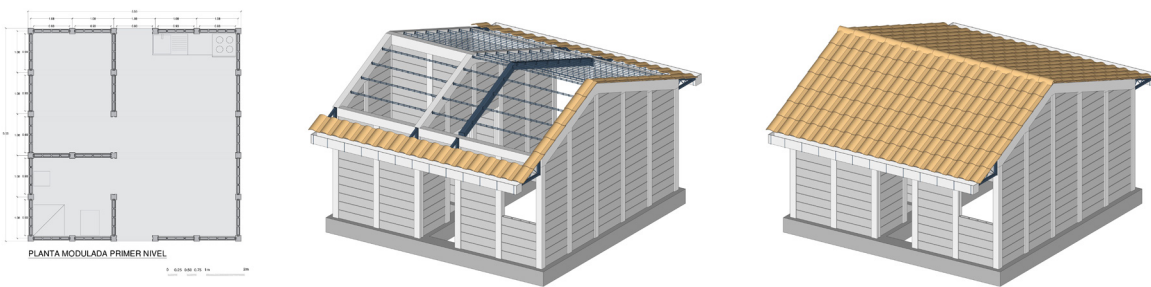
Fuente: L. Rodríguez & Cisneros, (2017).

Imagen 15
Sistema ST-2



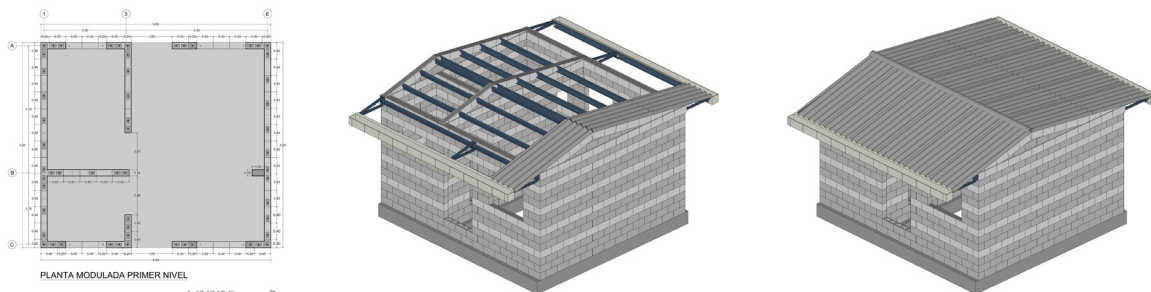
Fuente: L. Rodríguez y Cisneros, 2017.

Imagen 16
Sistema ST-3



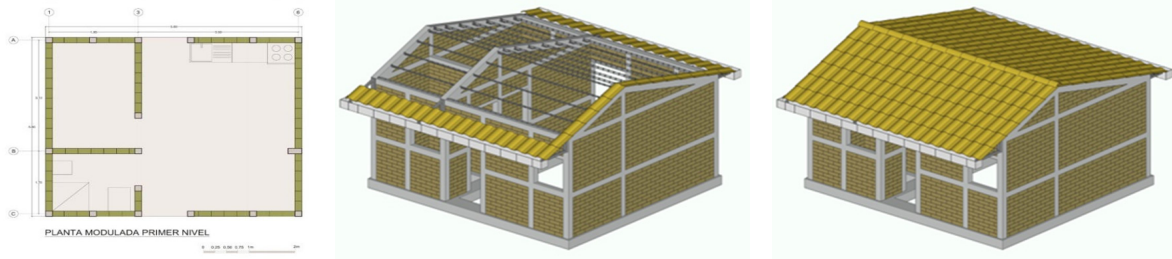
Fuente: L. Rodríguez y Cisneros, 2017.

Imagen 17
Sistema SP-4



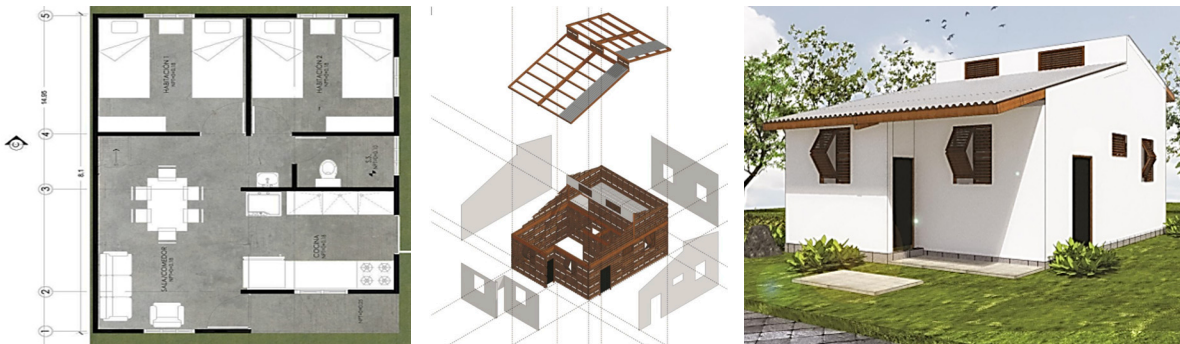
Fuente: L. Rodríguez y Cisneros, 2017.

Imagen 18
Sistema SP-5



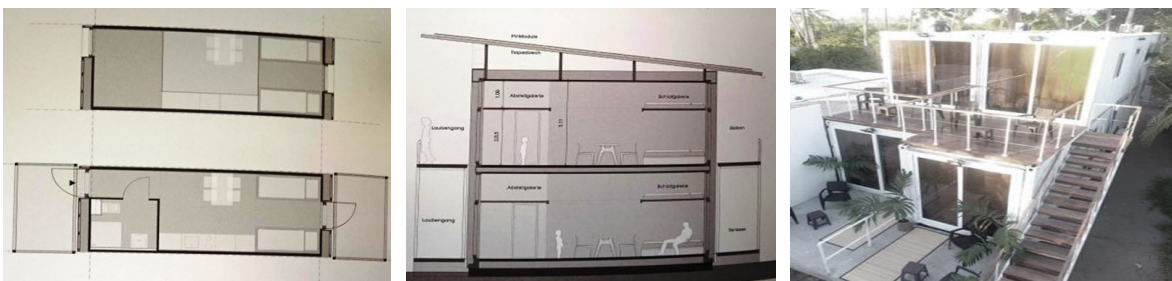
Fuente: L. Rodríguez y Cisneros, 2017.

Imagen 19
Sistema SR-6



Fuente: Durán et al., 2013.

Imagen 20
Sistema SR-7



Fuente: Imágenes cortesía de Cisneros A. y Rodríguez L.

Se presenta un análisis multifactorial por medio del instrumento denominado matriz de criterios ponderados. Esta metodología consiste en evaluar los múltiples parámetros con puntajes del 1 al 3, siendo 3 el máximo valor de puntaje que valora los criterios positivos y 1, el menor puntaje con el que se valora los aspectos negativos.

Cuadro 20
Criterios de evaluación

Factor económico		Factor técnico		Factor ambiental		Factor socio-cultural	
Criterio	Puntaje	Criterio	Puntaje	Criterio	Puntaje	Criterio	Puntaje
Costo Alto	1	Deseable	1	Deficiente	1	Alto	1
Costo Medio	2	Bueno	2	Bueno	2	Medio	2
Costo Bajo	3	Óptimo	3	Óptimo	3	Bajo	3

Fuente: Elaboración propia.

A. Factor económico

Con relación al factor económico, en la matriz de criterios ponderados, se ha puntuado con 1 al sistema que tiene mayor costo y con 3 al que tiene menor costo. Dando como resultado que los sistemas con mayor puntuación debido a su valor económico más bajo son: ST-1 con \$ 200,82/m² (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla), SP-4 con \$ 203,30/m² (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica) y SR-7 con \$ 162,52/m² (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica).

En contraste, los sistemas valorados con el menor puntaje, debido a su alto valor económico, son: ST-2 con \$ 230,80/m² (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla) y ST-6 con \$ 229,20/m² (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica).

Los valores intermedios son para los sistemas ST-3 con \$ 212,68/m² (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica) y SP-5 con \$ 221,68/m² (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica).

Las partidas que se han tenido en cuenta para calcular el costo de la unidad habitacional de 50m² son: Trazo y nivelación (\$/m²), excavación y compactación (\$/m³), fundación (\$/m³), paredes (\$/m²), cubierta de techo (\$/m²), piso (\$/m²), acabados de pared (\$/m²), puertas y ventanas (\$/U), instalaciones eléctricas (\$/SG), instalaciones hidráulicas (\$/SG) (SG: suma global). Tomando en cuenta que el costo de la vivienda de 50 m² de un nivel solo considera el costo de mano de obra y material y no se considera el costo indirecto o administrativo. Es decir, solo se ha considerado el costo directo.

El sistema de paredes portantes es el que más incide en el costo de vivienda social. Esto se debe a que son sistemas reforzados, dada la amenaza sísmica en El Salvador y las exigencias de las normas salvadoreñas. De igual forma, el sistema de paredes incide en excavaciones y fundaciones.

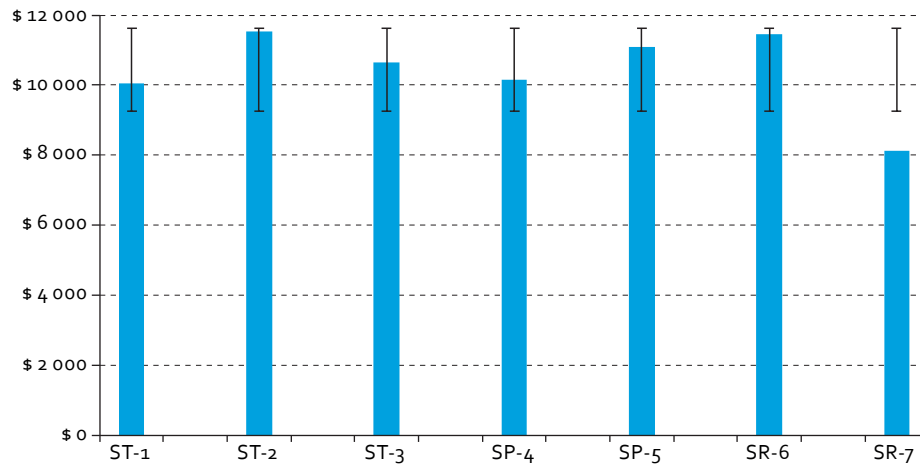
Por otra parte, hay que notar que los sistemas se han nombrado en 3 grupos, los sistemas ST, que son los sistemas TAISHIN, los sistemas SP, que son los sistemas populares, según el último censo nacional de 2007 en El Salvador, y los SR, que son los sistemas que tienen un componente de reciclaje. Paradójicamente, de estos dos sistemas SR, uno de éstos es el más económico, el de paredes de tarimas recicladas, y el otro es el de mayor costo, el de contenedores, con relación a los más utilizados, con una producción masiva en el territorio salvadoreño.

Cabe mencionar que los sistemas SP en los procesos de manufactura consumen materias primas no renovables, como son los áridos, en el caso del hormigón y bloque de hormigón armado, o el consumo de madera no certificada en la producción de horneado de ladrillo artesanal, a diferencia de los sistemas SR.

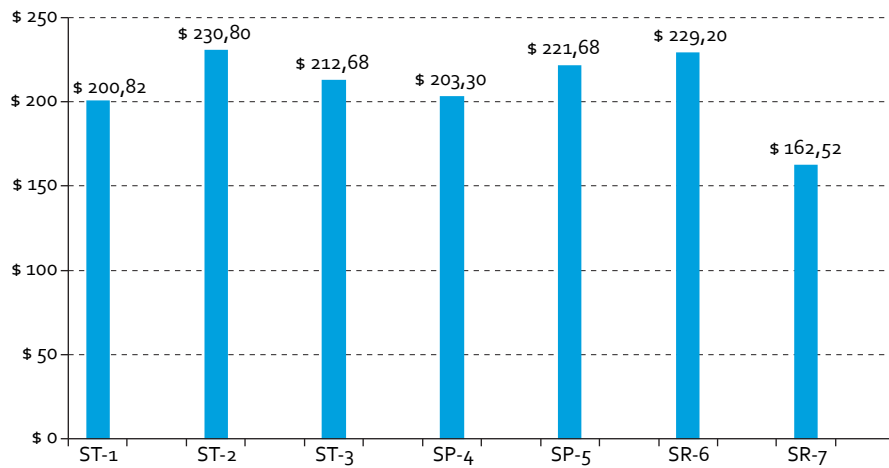
En este sentido, es destacable el bajo costo de la producción social del hábitat del sistema ST-1, ya que el costo disminuye con la estrategia de la organización cooperativa, tanto para la producción de materiales de construcción como para los procesos de autoconstrucción. Por esta razón, y sumado a la contribución de los procesos de investigación, ahora es posible que el diseño y la construcción sean seguros con relación a la demanda de la amenaza sísmica (véase cuadro 21 y gráfico 1).

Gráfico 1
Factor económico

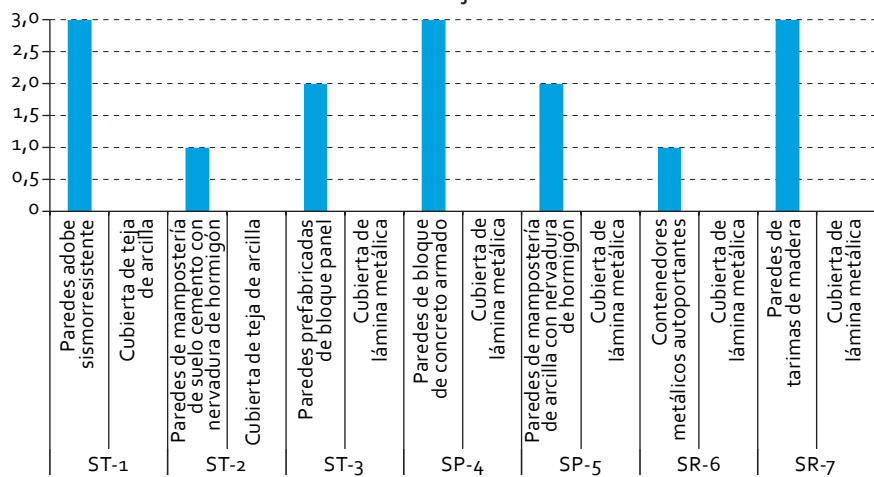
A. Costo total de vivienda



B. Costo por m²



C. Puntaje FE



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21
Factor económico

Factores		Factor económico															
		Costo para vivienda de 50 m ² de un nivel sin costo indirecto (mano de obra y material)															
Tipología	Nº	Sistema constructivo	Trazo y nivelación (\$/m ²)	Excavación y compactación (\$/m ²)	Fundación (\$/m ²)	Paredes (\$/m ²)	Cubierta de techo (\$/m ²)	Piso (\$/m ²)	Acabados de pared (\$/m ²)	Puertas y ventanas (\$/U)	Instalaciones eléctricas (\$/SG)	Instalaciones Hidráulicas (\$/SG)	Costo total de vivienda	Costo por m ²	Puntaje FE		
Matriz de sistemas constructivos de vivienda social	Sistemas constructivos TAISHIN	ST-1	Paredes adobe sismorresistente	\$ 65,00	\$ 190,00	\$ 806,00	\$ 2 340,00	\$ 2 700,00	\$ 990,00	\$ 900,00	\$ 1 000,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 10 041,00	\$ 200,82	3	
			Cubierta de teja de arcilla														
		ST-2	Paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón	\$ 65,00	\$ 180,00	\$ 870,00	\$ 4 000,00	\$ 2 475,00	\$ 900,00	\$ 800,00	\$ 1 200,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 11 540,00	\$ 230,80	1	
		Cubierta de teja de arcilla															
		ST-3	Paredes prefabricadas de bloque panel	\$ 60,00	\$ 180,00	\$ 784,00	\$ 4 000,00	\$ 1 980,00	\$ 900,00	\$ 480,00	\$ 1 200,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 10 634,00	\$ 212,68	2	
			Cubierta de lámina metálica														
Materiales populares en El Salvador, según censo		SP-4	Paredes de bloque de concreto armado	\$ 65,00	\$ 180,00	\$ 840,00	\$ 2 800,00	\$ 1 980,00	\$ 1 250,00	\$ 800,00	\$ 1 200,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 10 165,00	\$ 203,30	3	
			Cubierta de lámina metálica														
		SP-5	Paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón	\$ 65,00	\$ 180,00	\$ 784,00	\$ 4 125,00	\$ 1 980,00	\$ 900,00	\$ 800,00	\$ 1 200,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 11 084,00	\$ 221,68	2	
			Cubierta de lámina metálica														
Materiales derivados del reciclaje		SR-6	Contenedores metálicos autoportantes	\$ 60,00	\$ 200,00	\$ 800,00	\$ 4 000,00	\$ 1 800,00	\$ 750,00	\$ 1 800,00	\$ 1 000,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 11 460,00	\$ 229,20	1	
			Cubierta de lámina metálica														
		SR-7	Paredes de tarimas de madera	\$ 60,00	\$ 160,00	\$ 756,00	\$ 1 800,00	\$ 1 650,00	\$ 900,00	\$ 750,00	\$ 1 000,00	\$ 450,00	\$ 600,00	\$ 8 126,00	\$ 162,52	3	
			Cubierta de lámina metálica														

Fuente: Elaboración propia.

B. Factor técnico

Con relación al factor técnico en la matriz de criterios ponderados, se ha considerado la factibilidad o posibilidad de ejecución de la obra con relación a 3 factores: FTa-factibilidad de adquisición de materiales medido en un rango de distancias (km), FTb-factibilidad de autoconstrucción medido en rendimiento de superficie construida por día por persona (m^2d/h) y FTc-factibilidad de mantenimiento (como sinónimo de durabilidad) medido como un porcentaje del costo de la vivienda según el sistema, al menos una vez en un rango de 1-5 años.

Respecto a los resultados del FTa, se ha puntuado con 3 al sistema cuya adquisición de materiales no exceda más de 10km de distancia entre la obtención de materias primas, la fabricación y la puesta en obra. Este puntaje ha sido para el sistema ST-1 (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla), con base en el estudio de casos presentado en el apartado V del presente estudio. En contraste, se ha puntuado con 1 a los sistemas que para la adquisición de materiales y materias primas requieren el recorrido de distancias de 50 km o más. Estos son los sistemas ST-3 (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica), SP-5 (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica) y SR-6 (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica). Los valores intermedios cuyas distancias son entre 5-20 km son atribuidos a los sistemas ST-2 (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla), SP-4 (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica) y SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica).

Respecto a los resultados del FTb, se ha puntuado con 3 a los sistemas que tienen mayor rendimiento constructivo, debido a que son unidades compactas, que no requieren procesos de fraguado, junta seca, es decir, prefabricados. Estos son los sistemas ST-6 (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica) y SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica), reportando un rendimiento de $25 m^2 d/h$ (superficie edificada en un día por una persona, $m^2 día/hombre$). Los sistemas que se han puntuado con 1 son los sistemas de mampostería que, según la norma, no pueden superar la altura de 1m diaria por procesos de secado y fraguado. Estos son los sistemas ST-1 con $5 m^2 d/h$ (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla), ST-2 con $8m^2 d/h$ (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla) y SP-5 con $8 m^2 d/h$ (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica). Los sistemas ST-3 con $12 m^2 d/h$ (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica) y SP-4 con $10 m^2 d/h$ (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica) obtuvieron puntajes intermedios.

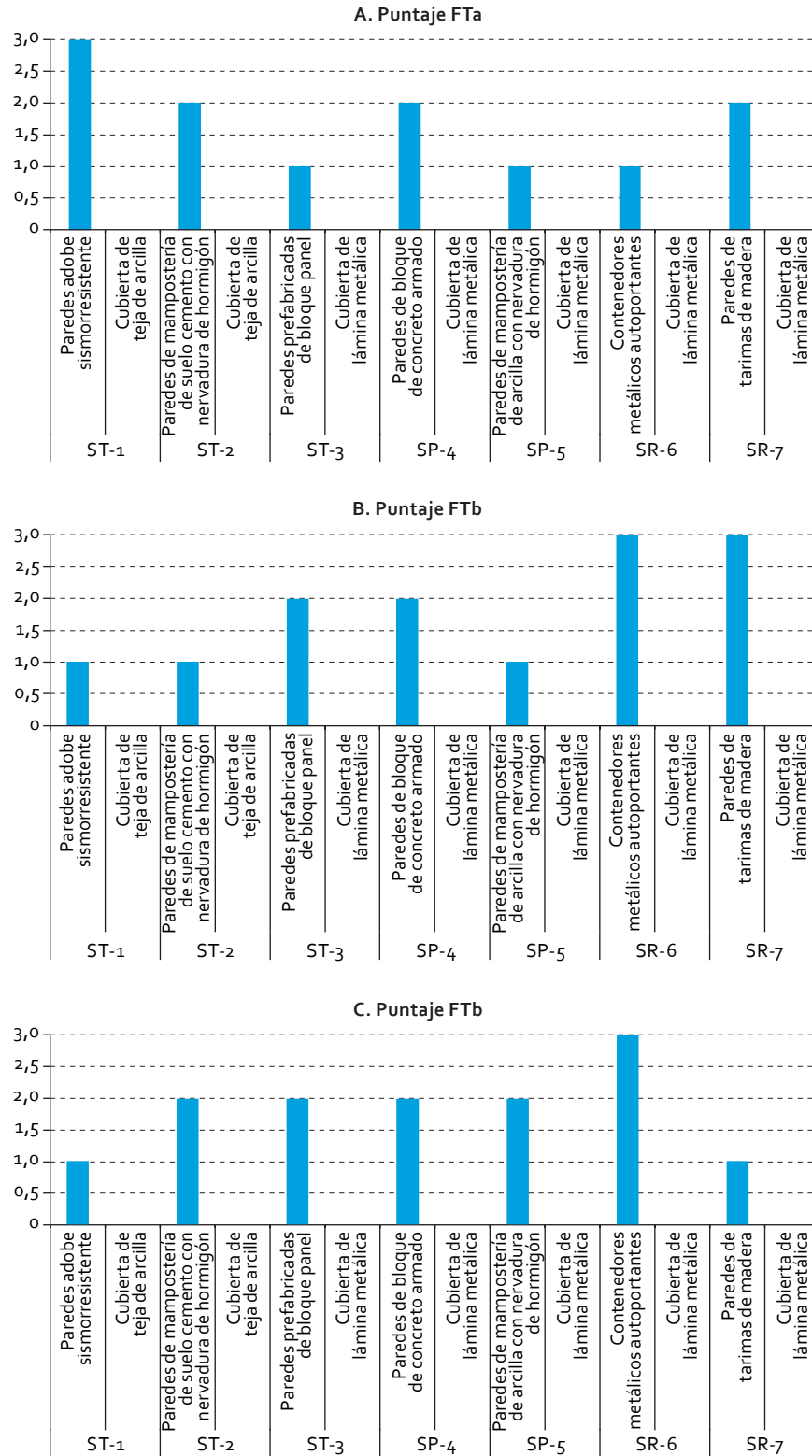
Respecto a los resultados del FTc, se ha considerado el 5% del costo de la vivienda, puntuado con 3 al sistema que requiere mínimo mantenimiento al menos una vez en 5 años, este es el ST-6 (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica). Se ha realizado esta valoración tomando en cuenta el tratamiento inicial que debe darse al contenedor metálico que lo protege del ambiente abrasivo y que, por tanto, consume menos nuevos productos y materiales para mantener su integridad. En contraste, los sistemas que requieren mayor mantenimiento son ST-1 (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla) y SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica), ya que, en un ambiente húmedo como El Salvador, los sistemas orgánicos (tierra y madera) de recurso renovable requieren mantenimiento, al menos una vez por año, para conservar íntegra su capacidad portante. No es el caso de los sistemas que incluyen hormigón como el resto de sistemas; ST-2 (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla) ST-3 (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica), SP-4 (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica), SP-5 (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica). Véase cuadro 22 y gráfico 2.

Cuadro 22
Factor técnico

Factores			Factor técnico							
			Factibilidad por superficie m ²							
Tipología	Nº	Sistema constructivo	Factibilidad de adquisición de materiales		Factibilidad de autoconstrucción		Factibilidad de mantenimiento			
			Rango (km)	Puntaje FTa	m ² d/h	Puntaje FTb	Costo (\$)	Mantenimiento (1-5 años)	Puntaje FTc	
Matriz de sistemas constructivos de vivienda social	Sistemas constructivos TAISHIN	ST-1	Paredes adobe sismorresistente Cubierta de teja de arcilla	0km-10km	3	5m ² d/h	1	\$ 502,05	\$ 2 510,25	1
		ST-2	Paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón Cubierta de teja de arcilla	5km-20km	2	8m ² d/h	1	\$ 577,00	\$ 1 154,00	2
		ST-3	Paredes prefabricadas de bloque panel Cubierta de lámina metálica	20km a más	1	12m ² d/h	2	\$ 531,70	\$ 1 063,40	2
Materiales populares en El Salvador, según censo		SP-4	Paredes de bloque de concreto armado Cubierta de lámina metálica	5km-20km	2	10m ² d/h	2	\$ 508,25	\$ 1 016,50	2
		SP-5	Paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón Cubierta de lámina metálica	20km a más	1	8m ² d/h	1	\$ 554,20	\$ 1 108,40	2
Materiales derivados del reciclaje		SR-6	Contenedores metálicos autoportantes Cubierta de lámina metálica	50km a más	1	25m ² d/h	3	\$ 573,00	\$ 573,00	3
		SR-7	Paredes de tarimas de madera Cubierta de lámina metálica	5km-20km	2	25m ² d/h	3	\$ 406,30	\$ 1 625,20	1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2
Factor técnico



Fuente: Elaboración propia.

C. Factor ambiental

Con relación al factor ambiental, en la matriz de criterios ponderados se considera como parámetro de análisis comparativo a la transmitancia que, desde un punto de vista físico, es la cantidad de energía que fluye en la unidad de tiempo, a través de una unidad de superficie del elemento, cuando hay un gradiente térmico unidad. Es el inverso a la resistencia térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$). Estos valores expresan el grado de confort y la potencial energía consumida en enfriamiento, debido a que en El Salvador solo se cuenta con dos estaciones, la lluviosa, de mayo a octubre, y la estación seca, de noviembre a abril. En ambas estaciones los índices de radiación son altos, por la ubicación geográfica del país.

En este sentido, se ha puntuado con 3 al sistema que presenta mayor inercia térmica y que no aísla muy bien del calor. Este puntaje se otorga al sistema ST-1 (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla), que se contrapone a los sistemas ST-3 (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica), SP-4 (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica), SP-5 (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica), ST-6 (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica) y SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica). Por otra parte, destaca como valor intermedio el ST-2 (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla)

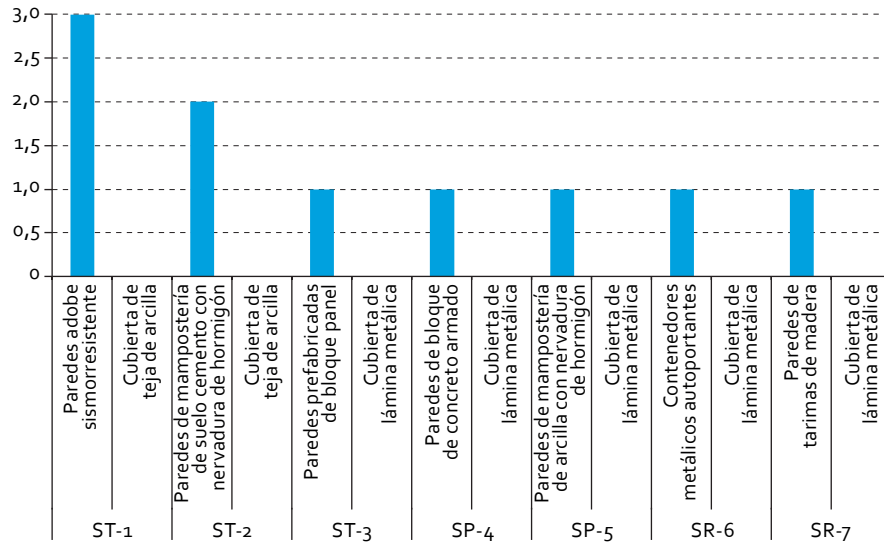
En términos de sostenibilidad ambiental, se juzga a un sistema constructivo por su alta eficiencia, seguridad, pero, ante todo, por su capacidad para contribuir a la habitabilidad. En este sentido, los sistemas a base de hormigón y metales requieren de capas de aislamiento adicionales para garantizar la habitabilidad y, por ende, el consumo de materiales y materias primas adicionales. En el caso de los componentes fabricados con elementos reciclados, se requiere de un proceso de transformación para otorgarles las características requeridas por las normativas. Véase cuadro 23 y gráfico 3.

Cuadro 23
Factor ambiental

	Factores			Factor ambiental			
				Confort térmico ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)			
				Paredes	Techo	Total	Puntaje FA
Matriz de sistemas constructivos de vivienda social	Tipología	Nº	Sistema constructivo				
TAISHIN	ST-1		Paredes adobe sismorresistente Cubierta de teja de arcilla	0,5	0,9	1,4	3
	ST-2		Paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón Cubierta de teja de arcilla	1,4	0,9	2,3	2
	ST-3		Paredes prefabricadas de bloque panel Cubierta de lámina metálica	1,2	4,5	5,7	1
Materiales populares en El Salvador, según censo	SP-4		Paredes de bloque de concreto armado Cubierta de lámina metálica	1,2	4,5	5,7	1
	SP-5		Paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón Cubierta de lámina metálica	1,0	4,5	5,5	1
Materiales derivados del reciclaje	SR-6		Contenedores metálicos autoportantes Cubierta de lámina metálica	4,5	4,5	9,0	1
	SR-7		Paredes de tarimas de madera Cubierta de lámina metálica	0,6	4,5	5,1	1

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3
Factor ambiental



Fuente: Elaboración propia.

D. Factor sociocultural

Con relación al factor sociocultural, se ha tomado como parámetro de medición la cantidad de viviendas construidas con los distintos sistemas, tomando como base los datos del último censo oficial de 2007 y los datos recabados con las fuentes de consulta del presente estudio.

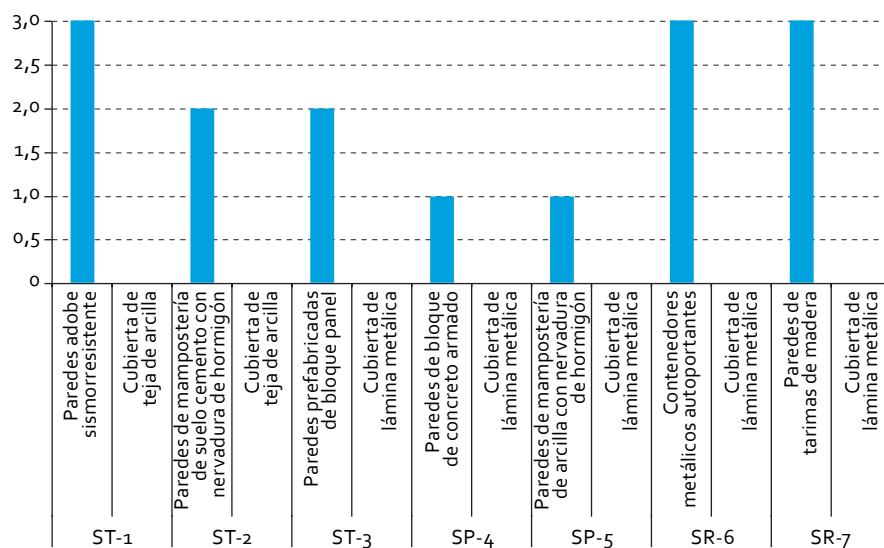
Se ha puntuado con 3 a las tecnologías basadas en componentes reciclados o materias primas de fuentes renovables con el mayor número de uso, siendo éstas; ST-1 (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla), ST-6 (contenedores metálicos autoportantes y cubierta de lámina metálica) y SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica). En contraste, las que se han puntuado con menor valor son los sistemas que hacen uso de materiales de fuente no renovable o no reciclable con mayor número de viviendas edificadas, tales como SP-4 (paredes de bloque de concreto armado y cubierta de lámina metálica) y SP-5 (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica). Los valores intermedios son para los sistemas ST-2 (paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón y cubierta de teja de arcilla) y ST-3 (paredes prefabricadas de bloque panel y cubierta de lámina metálica). Véase cuadro 24 y gráfico 4.

Cuadro 24
Factor social

		Factores		Factor socio-cultural	
				Aceptación del sistema según censo	
	Tipología	Nº	Sistema constructivo	Nº de viviendas en el área urbana según censo	Puntaje FSC
Matriz de sistemas constructivos de vivienda social	Sistemas constructivos TAISHIN	ST-1	Paredes adobe sismorresistente Cubierta de teja de arcilla	4 000	3
		ST-2	Paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón Cubierta de teja de arcilla	1 200	2
		ST-3	Paredes prefabricadas de bloque panel Cubierta de lámina metálica	7 000	2
Materiales populares en El Salvador, según censo		SP-4	Paredes de bloque de concreto armado Cubierta de lámina metálica	75 000	1
		SP-5	Paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón Cubierta de lámina metálica	50 000	1
Materiales derivados del reciclaje		SR-6	Contenedores metálicos autoportantes Cubierta de lámina metálica	200	3
		SR-7	Paredes de tarimas de madera Cubierta de lámina metálica	300	3

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4
Factor social



Fuente: Elaboración propia.

E. Resumen de puntaje de matriz de criterios ponderados

A continuación, se presenta el resumen de puntajes que equivale a la sumatoria de los puntos obtenidos por los sistemas constructivos en los 4 factores: Económico, técnico, ambiental y socio-cultural. Según el método de la matriz de criterios ponderados, el sistema evaluado con mayor puntaje es el sistema que presenta mayores oportunidades de habitabilidad y edificabilidad, cumpliendo rangos de eficiencia y sostenibilidad ambiental. En este sentido, los dos sistemas mejor evaluados son ST-1 (paredes adobe sismorresistente y cubierta de teja de arcilla) y el SR-7 (paredes de tarimas de madera y cubierta de lámina metálica), no solo por hacer uso de elementos reciclados, sino también por el uso de materiales y materias primas de fuentes renovable. A pesar de que son sistemas que requieren mantenimiento para garantizar su durabilidad, son una buena opción económica. Además, podría mejorarse e industrializarse para garantizar una mejor calidad y durabilidad.

En contraste, el sistema que ha sido evaluado con el puntaje más bajo es el SP-5 (paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón y cubierta de lámina metálica), por hacer uso de materiales no reciclados y de fuente no renovable, así como por su alto consumo de energía en la transformación de materias primas.

Es destacable el hecho de que los sistemas más industrializados fabricados con materiales pétreos y cemento siguen dominando el mercado, porque el país aún cuenta con fuentes de extracción y explotación de recursos a un relativo bajo costo, lo que indica que hacen falta incentivos y regulación en la extracción y agotamiento de recursos naturales para la fabricación de materiales de construcción.

La implementación de estrategias de economía circular en la industria es una práctica aún incipiente en el sector de la edificación de vivienda social, pues según las fuentes de consulta del presente estudio, el mercado salvadoreño aún pone en duda las características de edificabilidad de los materiales reciclados, es decir, aún son sinónimo de falta de calidad total.

Por otra parte, la deficiencia y carencia de vivienda es un hecho que implica no solo la tenencia de la tierra, sino el acceso a la capacidad instalada para la producción social del hábitat, sobre todo en el llamado "sector informal" que no tiene capacidad de acceso a créditos, viéndose obligado a edificar en la informalidad sin condiciones de seguridad, donde solo la imaginación y el acarreo de desechos son las materias primas para edificar una vivienda precaria.

Sin embargo, es posible modificar los patrones de consumo y producción, en tanto las promociones públicas de vivienda y los términos de referencia así lo dispongan. Asimismo, los sectores tales de diseño, construcción, fabricación y mercadeo tendrían que adaptarse a las disposiciones. Un ejemplo de esta adaptación ha sido la incorporación de elementos sismorresistentes, cuando los códigos de diseño fueron actualizados de acuerdo al último espectro de envolventes sísmicas.

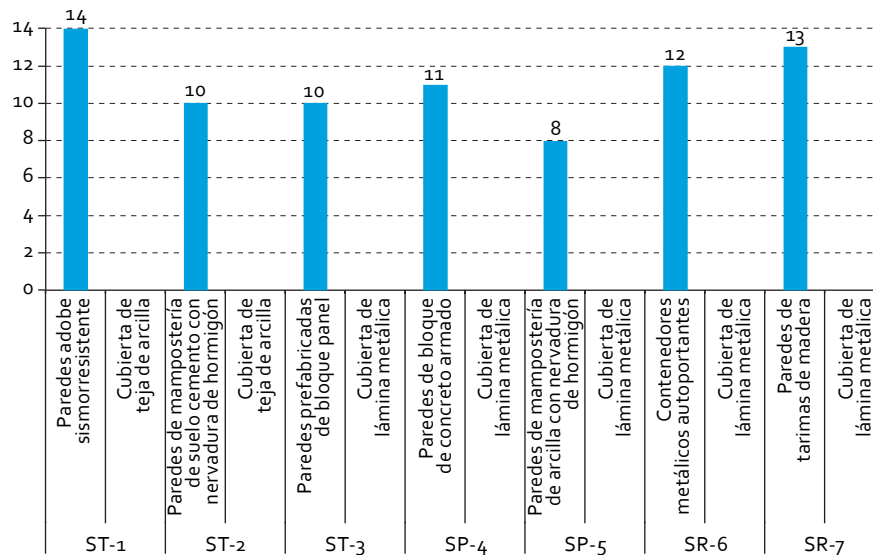
Esto significa que, si los instrumentos de regulación de las prácticas constructivas y diseño son actualizados, el sector y el mercado se adaptan. Sin embargo, los patrones de consumo requieren procesos de formación y capacitación. Ahora, recae la responsabilidad sobre varios sectores, sobre todo los identificados como nivel 1, como se muestra en el mapa de actores. Véase cuadro 25 y gráfico 5.

Cuadro 25
Matriz de criterios ponderados

	Tipología	Nº	Factores	Puntaje total
			Sistema constructivo	
Matriz de sistemas constructivos de vivienda social	Sistemas constructivos TAISHIN	ST-1	Paredes adobe sismorresistente Cubierta de teja de arcilla	14
		ST-2	Paredes de mampostería de suelo cemento con nervadura de hormigón Cubierta de teja de arcilla	10
		ST-3	Paredes prefabricadas de bloque panel Cubierta de lámina metálica	10
	Materiales populares en El Salvador, según censo	SP-4	Paredes de bloque de concreto armado Cubierta de lámina metálica	11
		SP-5	Paredes de mampostería de arcilla con nervadura de hormigón Cubierta de lámina metálica	8
	Materiales derivados del reciclaje	SR-6	Contenedores metálicos autoportantes Cubierta de lámina metálica	12
		SR-7	Paredes de tarimas de madera Cubierta de lámina metálica	13

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5
Gráfico de matriz de criterios ponderados



Fuente: Elaboración propia.

VII. Análisis FODA de la implementación de estrategias de economía circular en el sector de vivienda social

En el análisis FODA se identifican las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades en la implementación de estrategias de economía circular en El Salvador, específicamente en soluciones habitacionales que se consideran sostenibles bajo una perspectiva ambiental, técnica, económica y social

Como lo establece la metodología FODA, las fortalezas se atribuyen o son propias del ente analizado. En este caso, se refiere al contexto nacional de El Salvador, donde se implementan las estrategias de economía circular en soluciones habitables. Así mismo, las debilidades son propias del contexto nacional de El Salvador.

Por otra parte, según la metodología FODA, las oportunidades y amenazas aluden a un contexto que trasciende las fronteras nacionales del país analizado. Sin embargo, por tratarse de un país inmerso en una economía de escala muy homogénea en la región centroamericana, se considerará como contexto internacional a una región más allá de los 3 países del triángulo norte; Guatemala, Honduras y El Salvador, quedando exentos de la región centroamericana Nicaragua y Costa Rica, que contemplan el menor y mayor desarrollo en la región centroamericana.

De esta forma, cuando el análisis se refiere a oportunidades y amenazas, se hace alusión a un contexto internacional que trasciende las fronteras del triángulo norte.

Para facilitar la comprensión del esquema FODA, se han hecho las siguientes preguntas, respondidas a partir de las entrevistas con una representatividad del mapa de actores, donde se resume el término “estrategias de economía circular en El Salvador en soluciones habitacionales”, como EECESSH:

A. Fortalezas: propias del contexto nacional de El Salvador

1. ¿Qué acciones se realizan en favor de la implementación de EECESSH?

- El Salvador recientemente ha publicado el Reglamento a Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje en noviembre 4 de 2021 a través del Ministerio de Medio Ambiente, bajo el decreto N°527, publicado en febrero 2020, donde se emitió la Ley de Gestión Integral

de Residuos y Fomento al Reciclaje. Dicho reglamento brinda lineamientos para los gestores de residuos y las condiciones bajo las que debe realizarse la actividad de procesamiento y maquila de materiales reciclados.

- En El Salvador, la industria recibe apoyo en la implementación de programas y prácticas de responsabilidad social empresarial para lograr la competitividad de las empresas y el desarrollo sostenible. Uno de los programas que ha tenido impacto por sus acciones es Reciclaje Inclusivo en El Salvador, llevado a cabo por FUNDEMÁS, ya que abre una posibilidad para la mejora de los recicladores de base y la tecnificación de este sector.

2. ¿Qué productos se han obtenido de la implementación de EECESSH?

- En El Salvador se han desarrollado prototipos de modelos habitacionales fabricados con materias primas recicladas destinados al sector con menos capacidad adquisitiva. Estos prototipos han sido diseñados bajo principios de economía circular, puesto que no solo contemplan el cierre de ciclos materiales, sino que incorporan un modelo de negocios y alianzas estratégicas entre industrias, ONG y Cooperativas de vivienda.
- En El Salvador se realizan campañas de reciclaje y programas educativos en el sector privado. Se han construido modelos experimentales a escala de habitáculos para verificar el potencial de nuevo uso que puedan tener materiales plásticos, caucho, cartón y metal.
- En El Salvador se han realizado proyectos de investigación y desarrollo para la caracterización física y mecánica de nuevos sistemas alternativos con materiales reciclados, pero aún falta la escalada de dichos productos.

3. ¿Cuáles son los principales logros de la implementación de EECESSH?

- Uno de los principales logros es el nuevo reglamento sobre el manejo integral de desechos, pues éste abrirá paso al orden y transparencia del manejo de potenciales materias primas. Sin embargo, antes del reglamento, la industria lleva la delantera en la sistematización de la cadena de suministro para la incorporación de materiales reciclados en la cadena de valor de su producción. Estos procesos se han realizado con mayor énfasis en la industria del plástico. No obstante, los nuevos materiales o derivados del reciclaje aún no son del todo aceptados por el mercado, a pesar de la concientización y la difusión de información al consumidor por parte de la Defensoría del Consumidor.
- A partir de los principios de economía circular, las cooperativas de vivienda trabajan bajo un modelo donde la estructura productiva reduzca el uso de materiales de fuentes no renovables. Este es el caso de los materiales y sistemas constructivos producidos de forma artesanal y que aún no han dado el paso a la industrialización.

B. Debilidades: propias del contexto nacional de El Salvador

1. ¿Cuáles son las causas de la escasa o nula implementación de EECESSH?

- A pesar de que El Salvador cuenta con pequeñas iniciativas de economía circular, éstas son a escala de ciudad y no de país, es decir, son proyectos aislados que aún no forman sinergias en la cadena productiva, generando un obstáculo para la obtención de materias primas recicladas. Este hecho involucra a la sociedad entera, ya que los desechos aún no son separados en la fuente, haciendo que el mercado negro de los recicladores de base opere en la informalidad a escala de país. La industria aún no se responsabiliza del retorno de los embalajes a sus plantas, ya que es un proceso que responde a los cambios de oferta y demanda producidos por el encarecimiento de la reconversión de desecho en nueva materia prima y, por tanto, el encarecimiento del producto.

- Aún no es obligación que los ciudadanos separen los desechos, por tanto, los programas de concientización y educación ambiental no son suficientes para garantizar que los materiales vayan a parar a rellenos sanitarios. En el sector construcción es más evidente, ya que la declaración de desechos sólidos es voluntaria y sólo en proyectos prestos a la certificación, como es el caso LEED y HAUS, que es la versión salvadoreña.

2. ¿Existen regulaciones que impidan la implementación de EECESSH?

- Uno de los pilares de la economía circular es la disminución en el consumo de recursos no renovables. Por ejemplo, las fuentes energéticas para la transformación de materias primas y la producción y manufactura de nuevos componentes a partir de elementos reciclados. Sin embargo, la legislación actual para el uso de energías limpias implica una competencia desleal con las distribuidoras de energía, desmotivando a los pequeños productores.
- La no existencia de incentivos fiscales para la incorporación de materias primas recicladas desmotiva a pequeños y medianos productores y fabricantes, ya que resulta más económico utilizar nuevas materias primas que transformar desechos.

C. Oportunidades: propias del contexto internacional

1. ¿Qué tendencias son evidentes en el mercado en favor de la implementación de EECESSH?

- Reducciones en sectores que producen y procesan materias primas y algunos bienes duraderos como electrónica, maquinaria y automóviles. En el sector de la construcción, el empleo se vería afectado por las nuevas técnicas de construcción, que serían más productivas (De Miguel, Martínez, Pereira, & Kohout, 2021). Estas implicaciones laborales de la economía circular se dan en un contexto interconectado y, por ende, habrá transferencia tecnológica de países industrializados hacia la región centroamericana.

2. ¿Qué incentivos pueden apoyar la implementación de EECESSH?

- La circularidad contribuirá a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo en países industrializados. Esta reducción se hará mediante la modificación de métodos de diseño, producción y consumo y, a la vez, permitirá eliminar hasta 9300 millones de toneladas de CO₂ en 2050, generando un costo de oportunidad para países en desarrollo.

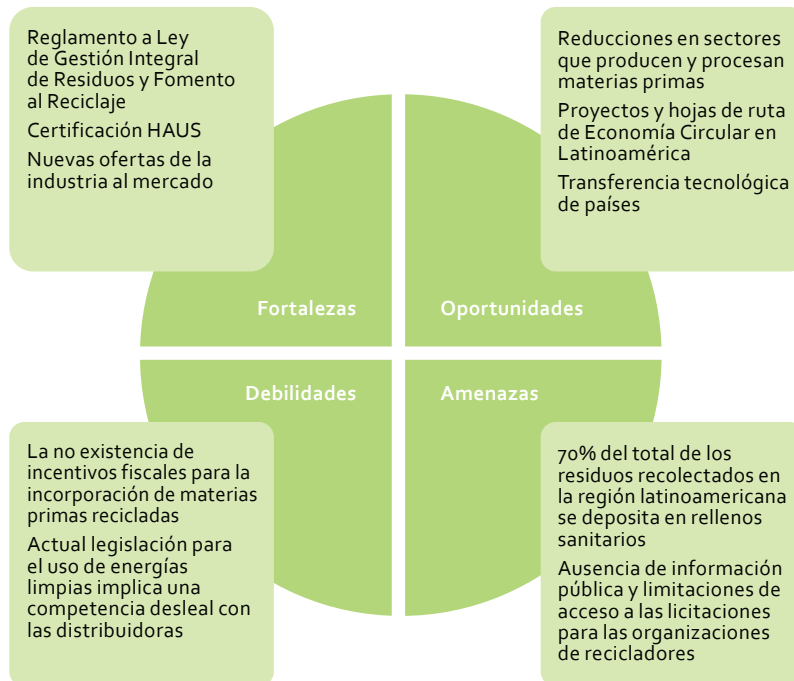
D. Amenazas: propias del contexto internacional

1. ¿Existen fenómenos que impidan la implementación de EECESSH?

- Menos del 70% del total de los residuos recolectados en la región latinoamericana se depositan en rellenos sanitarios y más del 20% tiene como destino vertederos abiertos y la mayor parte de la recolección se realiza puerta a puerta. Además, existe un sector informal muy activo (De Miguel et al., 2021).
- Ausencia de información pública y limitaciones de acceso a las licitaciones para las organizaciones de recicladores. También hay una relación entre los ingresos económicos de los recicladores de base y su incorporación formal a la cadena de valor de la gestión de residuos sólidos y al proceso de comercialización del material reciclable (De Miguel et al., 2021). No es posible implementar un plan de acción circular sin mejorar el nivel socioeconómico de los recicladores de base o crear marcos de política pública que apoyen la integración de esta población.

Para visualizar mejor la contraposición de argumentos, se presenta un esquema resumen del análisis FODA en el diagrama 2.

Diagrama 2
Resumen FODA



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 21
Base de separación de desechos en Aeropuerto Internacional de El Salvador



Fuente: Cortesía de Lizeth Rodríguez.

VIII. Conclusiones

Tomando en cuenta los análisis realizados, la literatura consultada y las entrevistas a una muestra del mapa de actores, las estrategias de economía circular son de incipiente implementación en el país centroamericano El Salvador, dadas las siguientes consideraciones:

- A pesar de que la economía circular ofrece oportunidades de desarrollo productivo a países industrializados, en los países en desarrollo aún existen carencias y necesidades básicas por subsanar, tal es el caso de los mecanismos de automatización y control en el procesamiento de desechos sólidos, acceso a tecnología para la habitabilidad, entre otras. Para la efectiva implementación de estrategias de economía circular, se requieren una serie de cambios en las políticas públicas, la regulación, los sistemas de gestión, los sistemas de financiamiento y las capacidades técnicas instaladas.
- Dada la escasa infraestructura de disposición final de desechos y la existencia de vertederos ilegales, además de rellenos sanitarios utilizados por encima de su capacidad, el reciclaje es solo posible y operativo mercado informal. A pesar de que El Salvador cuenta con una legislación para la disposición integral de desechos, el flujo de materiales para el debido tratamiento y retorno al ciclo industrial no es constante y solo fluctúa según la oferta y demanda, lo cual trae como consecuencia un modelo de negocios poco atractivo por su escasa rentabilidad.
- A pesar de que las estructuras de gobierno, tanto del central como de los locales, promueven iniciativas de sostenibilidad ambiental, no hay un ente que integre la información sobre los indicadores, iniciativas, emprendimientos, programas y proyectos enmarcados en la economía circular. Así mismo, no hay un sistema de monitoreo de flujos de materiales y residuos, ni del agua y la energía.
- A pesar de que existen iniciativas para la sensibilización de la población respecto de la disminución en la generación de desechos, la separación en el origen, la reutilización de materiales y el reciclado, la ley no obliga a garantizar las buenas prácticas, de tal forma que, aunque un ciudadano separe sus desechos, el transporte los recoge y los lleva a relleno sanitario como disposición final.
- La cooperación internacional implementa modelos de economía circular transfronterizos potenciados por estándares y sellos comunes bajo la visión de desarrollar economías de escala y ahorrar costos, para facilitar el intercambio de información y de conocimiento. Sin embargo, son estrategias aisladas y, con el tiempo, caen en desuso por falta de escalabilidad.

- A pesar de que la industria, en alianza con la cooperación internacional, ha implementado programas para fomentar la innovación en el diseño y producción, los beneficios se perciben a largo plazo, puesto que es más económico seguir con la tradicional producción lineal, a menos que hubiese incentivos y la obligatoriedad de declarar las cargas ambientales de la producción. Por el contrario, las iniciativas son sólo para declarar responsabilidad social como buena práctica.
- A pesar que existen instrumentos para la certificación ambiental y declaración ambiental de producto, en El Salvador no es común el análisis de ciclo de vida asociado con estas certificaciones, como práctica que contribuya a evaluar productos y servicios, o, en todo caso, para implementar el eco-diseño.
- La academia ha sido puente para el estudio de las nuevas tecnologías y la nueva implementación, pero no es un aglutinante de iniciativas, ya que este rol es propio de las estructuras gubernamentales. Sin embargo, gracias al acercamiento entre industria y academia, ha habido un fortalecimiento en la capacidad instalada para la investigación y el desarrollo industrial.
- Actualmente, en El Salvador no es común que existan instrumentos financieros para potenciar el cierre de ciclos materiales, tanto para el constructor como para el comprador. En el caso de vivienda social, los sistemas vernáculos (tradicionales) siguen siendo la opción que genera más confianza en la población, no solo por su bajo costo, sino por ser técnicas ancestrales.
- Es destacable el hecho que los sistemas más industrializados fabricados con materiales pétreos y cemento siguen dominando el mercado, porque el país aún cuenta con fuentes de extracción y explotación de recursos a un relativo bajo costo, lo que indica que hacen falta de incentivos y regulación en la extracción y agotamiento de recursos naturales para la fabricación de materiales de construcción.
- Con base en las fuentes consultadas, y en relación con los materiales convencionales, el uso de materiales alternativos en la construcción de edificaciones permite ahorrar entre el 40% y el 60% del CO₂ equivalente en economías industrializadas.

Bibliografía

- AENOR, A. E. de N. y C. (2006), *Norma UNE-EN 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia. (ISO 14040:2006)*.
- AENOR, A. E. de N. y C. (2014), *Norma UNE-EN 15804:2012+A1. Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción. Norma Española versión de Norma Europea UNE-EN 15804:2012*.
- África 70. (2022), Retrieved from <https://www.africa70.org/country/el-salvador>.
- Asam, C. (2007), Recycling prefabricated concrete components—a contribution to sustainable construction. *Institute for Preservation and Modernisation of Buildings, Technical University of Berlin, Berlin, Germany, IEMB Info, 3*, 2007.
- Asociación Salvadoreña de Industriales (2021), Proponen una economía circular para la reactivación. Retrieved December 7, 2021, from <https://industriaelsalvador.com/2021/03/15/proponen-una-economia-circular-para-la-reactivacion/>.
- Casalco (2021), Revista Construcción. Retrieved December 8, 2021, from <https://casalco.org.sv/sitio/revista-construccion/>.
- CEPAL (2021), *Balance preliminar de las economías de Centroamérica y la República Dominicana en 2020 y perspectivas para 2021. Febrero de 2021*.
- Chau, C. K., Leung, T. M., & Ng, W. Y. (2015), A review on life cycle assessment, life cycle energy assessment and life cycle carbon emissions assessment on buildings. *Applied Energy, 143*(1), 395–413. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.023>.
- Construir, R. (2020), ¿Qué es la economía circular y cómo se aplica en la industria de la construcción? Retrieved December 22, 2021, from <https://revistaconstruir.com/la-economia-circular-se-aplica-la-industria-la-construccion/>.
- De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021), Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, (Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/120)), 110.
- Duran, A., Pacheco, M., & Ruíz, L. (2013), *Sistemas constructivos con materiales reciclados para cubiertas y envoltentes y su aplicación en vivienda de interés social*. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.
- Empresas & Management (2022), Retrieved from <https://www.estrategiaynegocios.net/empresasymangement/el-salvador-casas-de-plastico-reciclado-alternativa-de-vivienda-de-interes-social-FQEN1290533>
- forbescentroamerica.com (2019), Retrieved from. <https://forbescentroamerica.com/2019/10/17/en-el-salvador-usan-contenedores-para-crear-casas-y-hoteles/>.
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, F. (2009), *Condominio San Esteban: una respuesta al problema de la vivienda de interés social en el Centro Histórico de San Salvador*.

- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, F. (2013), *Cooperativismo de vivienda autogestionario: un estudio de caso centroamericano*.
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, F. (2019), *San Pablo Tacachico: hacia la construcción de un modelo sustentable de producción social del hábitat*.
- Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima, F. (2022), Centro de Investigación, Capacitación y Producción de Materiales (CPM). Retrieved from <https://fundasal.org.sv/cpm/>.
- Hammond, G. P., & Jones, C. I. (2008), Embodied energy and carbon in construction materials. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Energy*, 161(2), 87-98. <https://doi.org/10.1680/ener.2008.161.2.87>.
- Craterre (2022), Retrieved from Habitat 2001 - 2009 website: <http://craterre.org/action:projets/view/id/641273acbe05cef71503foc98d95c942>
- Alajuela Digital(2022), Retrieved from <http://www.alajueladigital.net/alajuelenses-tendran-mas-opciones-de-vivienda-social-con-condominios-verticales-casas-bifamiliares-y-torres-de-departamentos/>.
- Hunkeler, D., Saur, K., Stranddorf, H., Rebitzer, G., Schmidt, W. P., Jensen, A. A., & Christiansen, K. (2003), Life cycle management. *SETAC, in Review (to Be Published in 2003)*.
- Investigaciones UCA, 2019-2020, año 1, vol. 1. Memoria bienal (2021)*.
- L. Teresa Sánchez, & Ramírez, A. R. (2002), Boletín técnico. In *Boletín Técnico, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales* (Vol. 43). IMME.
- MacArthur, L. F. E. (2021), La Fundación Ellen MacArthur. Retrieved December 8, 2021, from 2021 website: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/es/fundacion-ellen-macarthur/la-fundacion>.
- McDonough, W., & Michael, B. (2002), *Cradle to cradle : remaking the way we make things*. New York : North Point.
- Organización Internacional de Normalización (2006), *Norma ISO 14044:2006 (traducción oficial) Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida Requisitos y directrices*. Switzerland.
- Peralta, B. (2021), *Estrategia de Economía Circular para Chile Soluciones Habitacionales Sostenibles*. Santiago.
- Pons, O., & Wadel, G. (2011), Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia. *Habitat International*, 35(4), 553–563. <https://doi.org/2011.03.005>.
- Rodríguez, L., & Cisneros, A. (2017), <http://repositorio.uca.edu.sv>. Retrieved from Tecnología en Construcción website: <http://repositorio.uca.edu.sv/jspui/handle/11674/554>.
- Rodríguez, Lizeth, & Cisneros, A. (2012), Política Municipal de Vivienda. *ECA: Estudios Centroamericanos*, 67(730), 333–344. <https://doi.org/10.51378/ECA.V67I730.3372>.
- Rodríguez Rodríguez, L. (2019), *Análisis comparativo de sistemas estructurales industrializados para edificación vertical a través de parámetros de sostenibilidad*.
- Rodríguez Rodríguez, L., González Barroso, J. M., París Viviana, O., & Muros Alcojor, A. (2021), Embodied Energy and Embodied Carbon in Different Industrialized Structural Systems Scenarios of a Prototype Building. *ACE: Architecture, City and Environment*, 16(47). <https://doi.org/10.5821/ace.16.47.10454>.
- Rodríguez Rodríguez, L., Wilfredo, M., Molina, C., Lartategui De Roshardt, F., Del, A., & Letona Álvarez, P. (2017), Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envolventes. *Ingeniería*, 27(2), 40–55. <https://doi.org/10.15517/RI.V27I2.27076>.
- Stahel, W. R. (2016), The circular economy. *Nature* 2016 531:7595, 531(7595), 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>.
- TAISHIN (2022), <http://viviendasocial.vivienda.gob.sv>. Retrieved from http://viviendasocial.vivienda.gob.sv/www/prov/wf_prov.aspx?idp=3&idh=1.
- TECHO (2022), elsalvador.techo.org. Retrieved from <https://elsalvador.techo.org/>
- UN (2020), *Informe sobre el impacto económico en América Latina y el Caribe de la enfermedad por coronavirus (COVID-19)*.
- UN Climate Change Conference (COP26) (2021), Sustainability-UN Climate Change Conference (COP26) at the SEC-Glasgow 2021. Retrieved December 8, 2021, from <https://ukcop26.org/the-conference/sustainability/>.
- Valero Delgado, A., Usón, S., & Aranda Usón, J. A. (2011), *Ecología industrial cerrando el ciclo de materiales : eficiencia energética*. Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza.
- República Inmobiliaria (2022), Retrieved from <https://www.republicainmobiliaria.com/editorial/segunda-etapa-condominios-habitat-cordillera-vivienda-vertical-social/>.
- Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009), Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>.

Anexo

Entrevistas

Cuadro A1
Entrevistas a actores clave

Nº	Tipo	Entrevista	Cargo	Institución	Página web
1	ONG	Presencial 9-12-2021	Directora Ejecutiva	FUNDASAL, Fundación Salvadoreña de Desarrollo y Vivienda Mínima	https://fundasal.org.sv/
2	ONG	En línea por zoom 10-12-2021	Gerente de Medio Ambiente	FUNDEMAS, Fundación empresarial para la Acción Social	https://fundemas.org/
3	IND	En línea por zoom 13-12-2021	Gerente de Mercadeo y Membresías	El Salvador Green Building Council	https://www.elsalvadorgreenbc.org/
4	ONG	En línea por zoom 13-12-2021	Ex Gerente de Proyectos para África 70, ahora oficial en Embajada de Italia	Movimiento África 70 Hábitat Urbanos Sostenibles	https://www.africa70.org/
5	GOB	En línea por zoom 14-12-2021	Jefe de la Unidad de Planificación	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador	https://opamss.org.sv/
6	IND	Presencial 14-12-2021	Gerente de Sostenibilidad Corporativa	TERNOVA/Termoencogibles Industria de plástico con certificación de carbono neutro	https://ternova.group/
7	IND	En línea por zoom 16-12-2021	Consultora	CASALCO Cámara Salvadoreña de la Industria de la Construcción	https://casalco.org.sv/sitio/
8	ONG	En línea por zoom 16-12-2021	Directora Ejecutiva	Fundación ISCYC Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto	https://www.iscyc.net/
9	ONG	20-12-2021	Director Ejecutivo	Hábitat para la humanidad El Salvador	https://habitat.sv/
10	IND	20-12-2022	Director de Asuntos Corporativos y Desarrollo Sostenible	Holcim El Salvador	https://www.holcim.com.sv/
11	ONG	En línea 20-12-2023	Directora de Vivienda y Hábitat	TECHO El Salvador	https://www.givingway.com/organization/techo-centroamerica
12	GOB	Solicitada formalmente y no concedida, solo se tuvo acceso a personal técnico	Ministra de Vivienda	Ministerio de Vivienda	http://www.vivienda.gob.sv

Fuente: Elaboración propia.

La transición hacia una economía sostenible implica el reconocimiento de principios rectores para la gestión responsable de los recursos en toda la cadena de suministro. En ese sentido, el enfoque de economía circular permite identificar oportunidades para generar valor ambiental y social, aprovechando los ciclos de la naturaleza. En este contexto, la investigación y la innovación contribuyen a la generación de estrategias oportunas para el manejo de los recursos, lo que resulta especialmente importante en las zonas urbanas y en el sector de la vivienda, que están en el centro de la lucha climática y la defensa de los derechos humanos. Por lo tanto, en este estudio se realiza un diagnóstico de la implementación actual de la economía circular en el sector de la vivienda social de El Salvador, con la intención de promover modelos de construcción sostenible con el potencial de generar beneficios a lo largo de la cadena productiva. Los resultados obtenidos sugieren que existen carencias y debilidades en la regulación, los sistemas de gestión, los sistemas de financiamiento, el monitoreo y la implementación de política pública para impulsar la economía circular.

