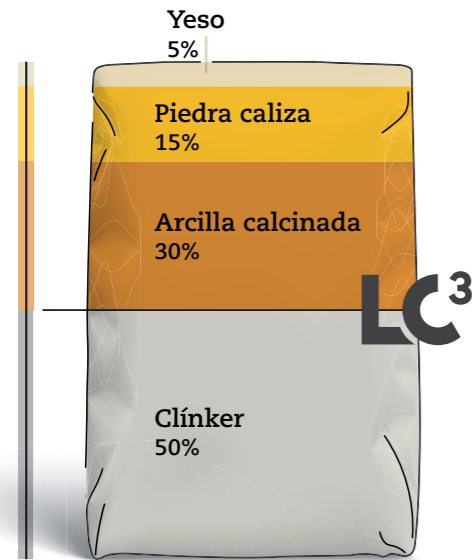




# Una alternativa sostenible para la industria del cemento



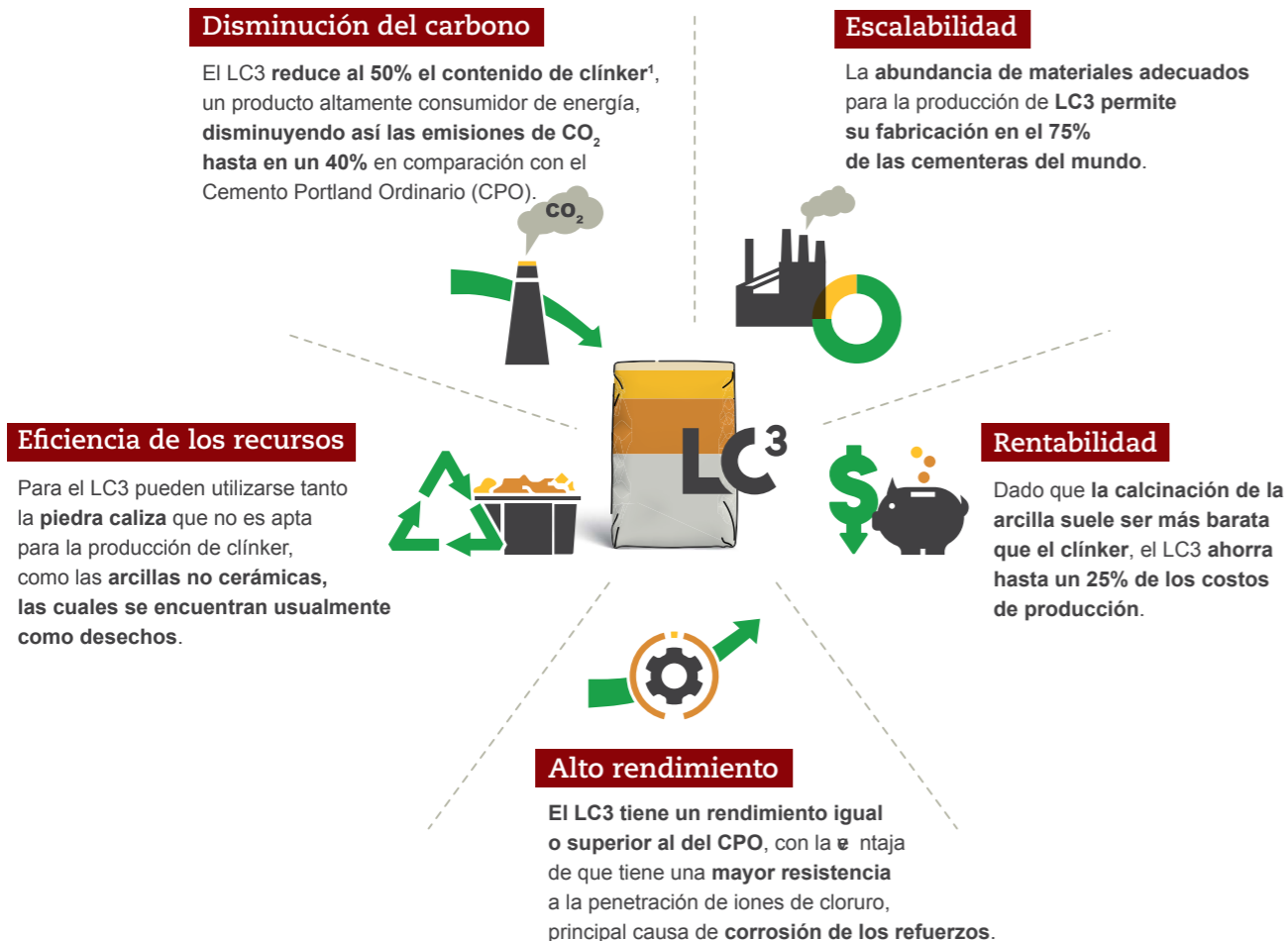


### El LC3, una alternativa baja en carbono

El cemento de arcilla calcinada con piedra caliza (LC3) es un nuevo cemento mezclado que al ser bajo en carbono permite a los fabricantes de cemento reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan en el proceso de producción. La financiación por parte de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) ayudó a llevar la tecnología LC3 desde el laboratorio hasta la producción comercial a gran escala. La COSUDE apoyó el desarrollo de la base científica del LC3, así como las pruebas de producción, y está promoviendo la adopción de estándares para el LC3 y brindando su apoyo para que esta tecnología llegue al mundo entero.

Figura 1

### Cinco buenas razones para adoptar el LC3



<sup>1</sup> Clínter: material nodular de color gris oscuro que se obtiene calentando piedra caliza y arcilla a una temperatura de unos 1400 a 1500 °C.

### Los retos de la industria cementera para llegar a cero emisiones netas

El concreto u hormigón es el material de construcción más utilizado en el mundo cuyo principal componente es el cemento. Los procesos de combustión química y térmica involucrados en la producción de cemento son fuentes importantes de emisiones de CO<sub>2</sub>. De estas el 60 por ciento son emisiones directas procedentes del calentamiento de la piedra caliza para producir clínter, y el 40 por ciento proviene de la quema de los combustibles utilizados en los hornos de cemento (GCCA 2022). La producción de cemento representa aproximadamente el 8 por ciento de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

El mundo se está volviendo cada vez más urbanizado, particularmente en Asia y en el África subsahariana. En 2020, el 56 por ciento de la población mundial residía en ciudades, y se prevé que la población urbana se duplique para 2050 (BM 2020). Se prevé que el concreto desempeñará un papel vital en la expansión del entorno construido, especialmente en las economías emergentes. El incremento de la producción de concreto va a requerir un aumento de la producción de cemento, pasando del nivel actual de más de 4000 millones de toneladas anuales a más de 5000 millones de toneladas en 2050 (Chatham House 2018).

Al mismo tiempo, cumplir el objetivo del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global a muy por debajo de 2 °C, preferiblemente a 1,5 °C, requiere esfuerzos significativos para descarbonizar todos los sectores. La meta de cero emisiones netas de carbono debe alcanzarse en todo el ciclo de vida de

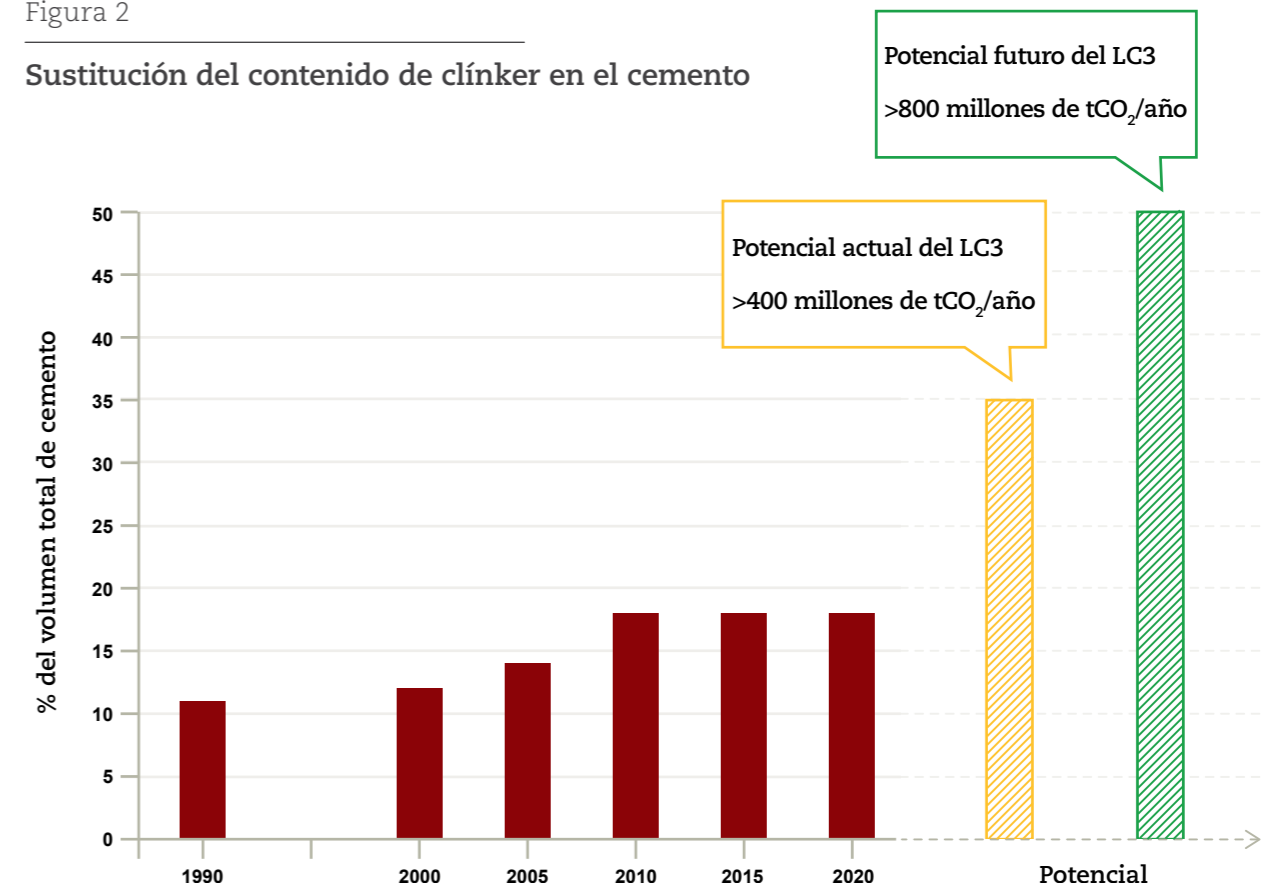
la construcción de edificaciones para 2050 (Global Climate Action Pathway, 2021). La intensidad de CO<sub>2</sub> directo de la producción de cemento aumentó un 1,5 por ciento cada año entre 2015 y 2021, cuando lo que se requiere, por el contrario, es un descenso anual del 3 por ciento hasta 2030 para alcanzar el escenario de Cero Emisiones Netas para 2050 (AIE 2022).

### El LC3 hacia un futuro con cero emisiones netas

Para alcanzar un futuro neto cero, el sector de la construcción necesita adoptar enfoques sostenibles, eficientes en el uso de los recursos, y circulares, incluyendo la reducción del consumo de cemento y acero y el uso de materiales de construcción sostenibles. Las contribuciones del uso del cemento y el concreto al neto cero deben incluir mejoras en la eficiencia del diseño y la construcción, ahorros en cemento y aglutinantes, ahorros en la producción de clínter, eficiencia en la producción de concreto, y el uso de tecnología de captura, utilización y almacenamiento de carbono (GCCA 2021). El LC3 contribuye a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> principalmente mediante la sustitución del contenido de clínter, material con un alto consumo energético, contribuyendo así a la reducción de las emisiones en el ámbito de "ahorros en cemento y aglutinantes". Dependiendo del tipo de cemento que se sustituya por LC3, la reducción de CO<sub>2</sub> puede llegar hasta el 40 por ciento.

Figura 2

### Sustitución del contenido de clínter en el cemento



Aunque la arcilla calcinada y la piedra caliza ya se utilizan comúnmente como materiales cementantes suplementarios, la principal innovación en el LC3 es la de reducir el contenido de clínker al 50 por ciento y añadir una mezcla de 30 por ciento de arcilla de caolinita de bajo grado, 15 por ciento de piedra caliza y 5 por ciento de yeso. Los materiales tienen un efecto sinérgico y se comportan de manera similar al CPO. Al usar menos clínker se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> liberadas (hasta en un 40 por ciento en comparación con el CPO) por el uso de piedra caliza y por una menor utilización de combustible para la quema del clínker. Se logran importantes ahorros de energía porque las arcillas calcinadas son más maleables y se calientan a unos 700-800 °C, mientras que la fabricación de clínker requiere una temperatura de 1400 a 1500 °C. El LC3-50, con un contenido de clínker del 50 por ciento, está siendo ampliamente promocionado y aceptado bajo los estándares de cemento aplicables en Europa, India, Estados Unidos, Cuba y gran parte de América del Sur. Actualmente

se estudia la posibilidad de formular LC3 con contenidos de clínker inferiores al 50 por ciento, lo que permitiría reducir aún más las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Al utilizar materiales industriales de desecho tales como los residuos de arcilla, el LC3 aumenta la eficiencia de los recursos y reduce la utilización de las escasas materias primas que se requieren para producir el clínker. Las arcillas calcinadas y la piedra caliza se encuentran ampliamente disponibles, mientras que las cenizas volantes –un componente de los cementos mezclados– escasean en algunas zonas y es probable que haya cada vez menos a medida que se vayan eliminando las centrales térmicas de carbón. Del mismo modo, la escoria como agente mezclador actualmente escasea, lo que se hará más evidente con la descarbonización de la industria siderúrgica. Además, la alta resistencia del LC3 a los cloruros y su densa microestructura con alta resistividad superficial lo hacen adecuado para condiciones climáticas severas en los entornos marinos.

Figura 3

### Producción de LC3

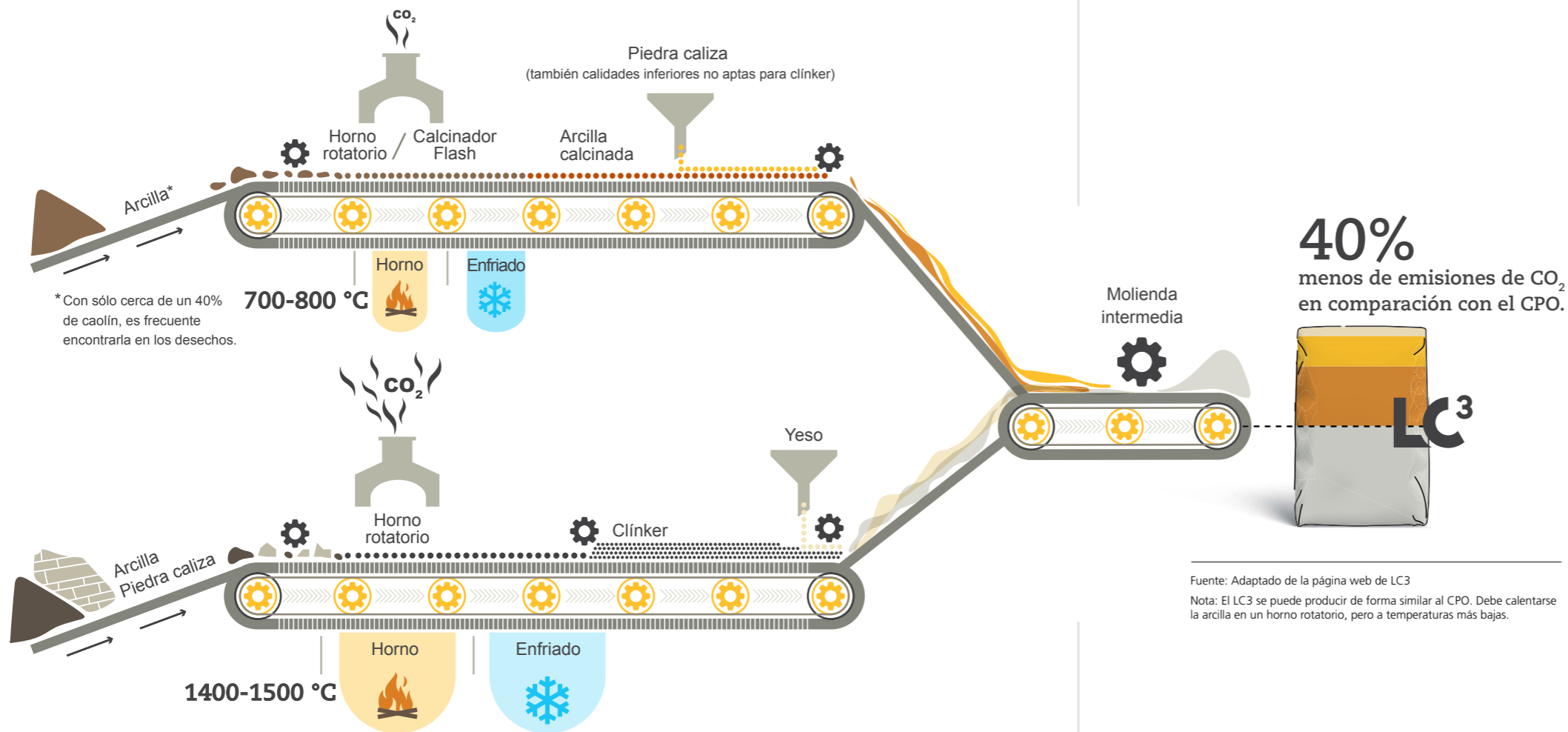
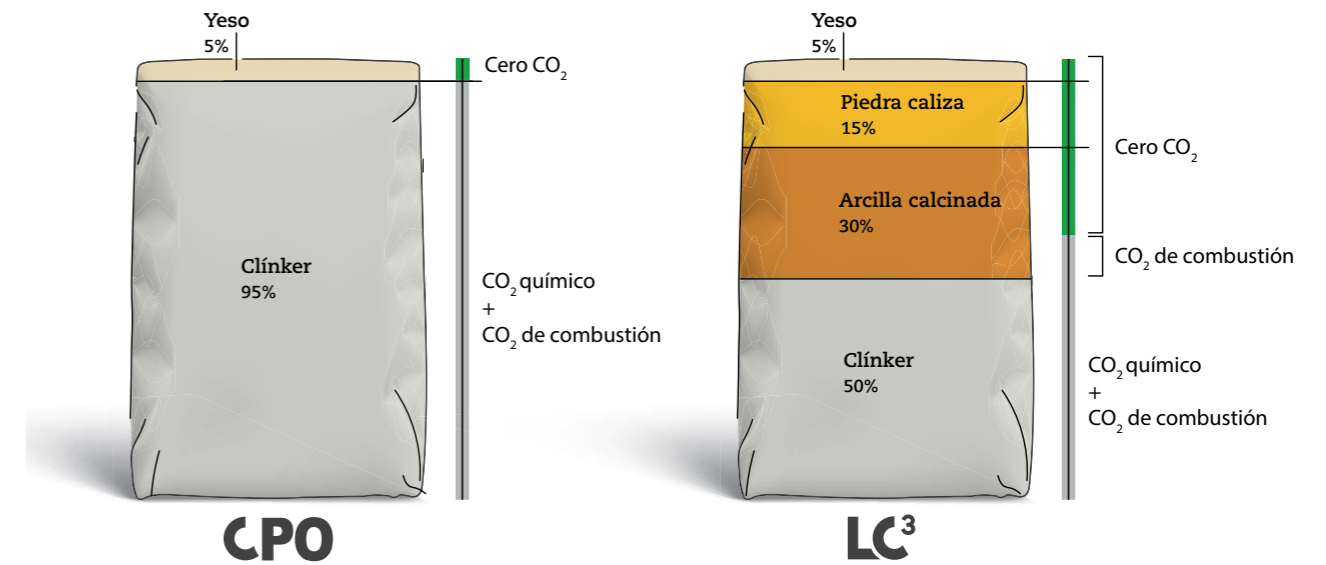


Figura 4

### Reducción del CO<sub>2</sub> utilizando LC3



### El camino hacia el éxito comercial



## El compromiso de la COSUDE con el desarrollo y la expansión del cemento bajo en carbono

Los costos de producción del LC3 pueden ser hasta un 25 por ciento más bajos que los del CPO gracias al ahorro de energía y material. En el caso de que se tenga que importar clínker el ahorro puede ser aún mayor. Por último, pero no menos importante, la tecnología LC3 está fácilmente disponible y puede comercializarse. Alrededor del 75 por ciento de las fábricas de cemento en todo el mundo pueden producir LC3 haciendo ligeros ajustes en sus líneas de producción, con su infraestructura actual y con materiales disponibles en abundancia. No se requiere ninguna capacitación especial, y la conversión a la producción de LC3 se puede combinar con otras tecnologías de descarbonización, bien sea disponibles o en proceso de desarrollo.

En 2013, los Institutos Indios de Tecnología de Delhi, Bombay y Madrás, junto con la ONG india Technology and Action for Rural Advancement, se unieron a la alianza de investigación entre la Escuela Politécnica Federal de Lausana (EPFL) y la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas – alianza financiada por la COSUDE– y contribuyeron al desarrollo, las pruebas, la producción y la diseminación del LC3. La participación de la Fundación Nacional de Ciencias de Suiza (SNSF por sus siglas en inglés) en la fase inicial ayudó a fortalecer la alianza del proyecto, a aprovechar al máximo la innovadora comunidad investigadora de Suiza y a expandir el compromiso a nivel mundial. El enfoque de código abierto y el continuo intercambio de conocimientos entre Suiza, India y Cuba estimulan la investigación internacional y el avance de soluciones sostenibles.

Figura 5

### Contribución del LC3 al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible



## Normalización, preparación del mercado y primeras aplicaciones

2013

Primera producción industrial de LC3 en Cuba

Casa en Santa Clara, Cuba, construida completamente con LC3

2014

La ASTM aprueba la norma C595 con una nueva formulación para cementos mixtos

Casa en Jhansi, India, utilizando la primera producción de LC3 para paredes, tejas y pisos

2015

Nueva oficina para la COSUDE en la embajada suiza en Nueva Delhi, India, utilizando bloques de LC3

2017

Verificación de las ventajas económicas del material

2018

Cuba aprueba la norma NC 1208 Cemento Ternario, la cual incluye el LC3

2021

La Unión Europea aprueba la norma EN 1975, la cual incluye el LC3

### Avances y perspectivas: resultados concretos

Los esfuerzos pioneros de la COSUDE para apoyar el lanzamiento y la difusión del LC3 han generado investigaciones y publicaciones científicas que establecen la viabilidad medioambiental y económica de esta tecnología, y han contribuido a la integración del LC3 en las políticas y hojas de ruta para la descarbonización del sector de la edificación y la construcción. Los centros de recursos técnicos de Cuba e India sirven de interfaz con la industria y están apoyando a las empresas cementeras en la adopción del LC3. Mientras tanto, las industrias de todo el mundo están realizando sus propias investigaciones y contribuyendo a la revolución del LC3.

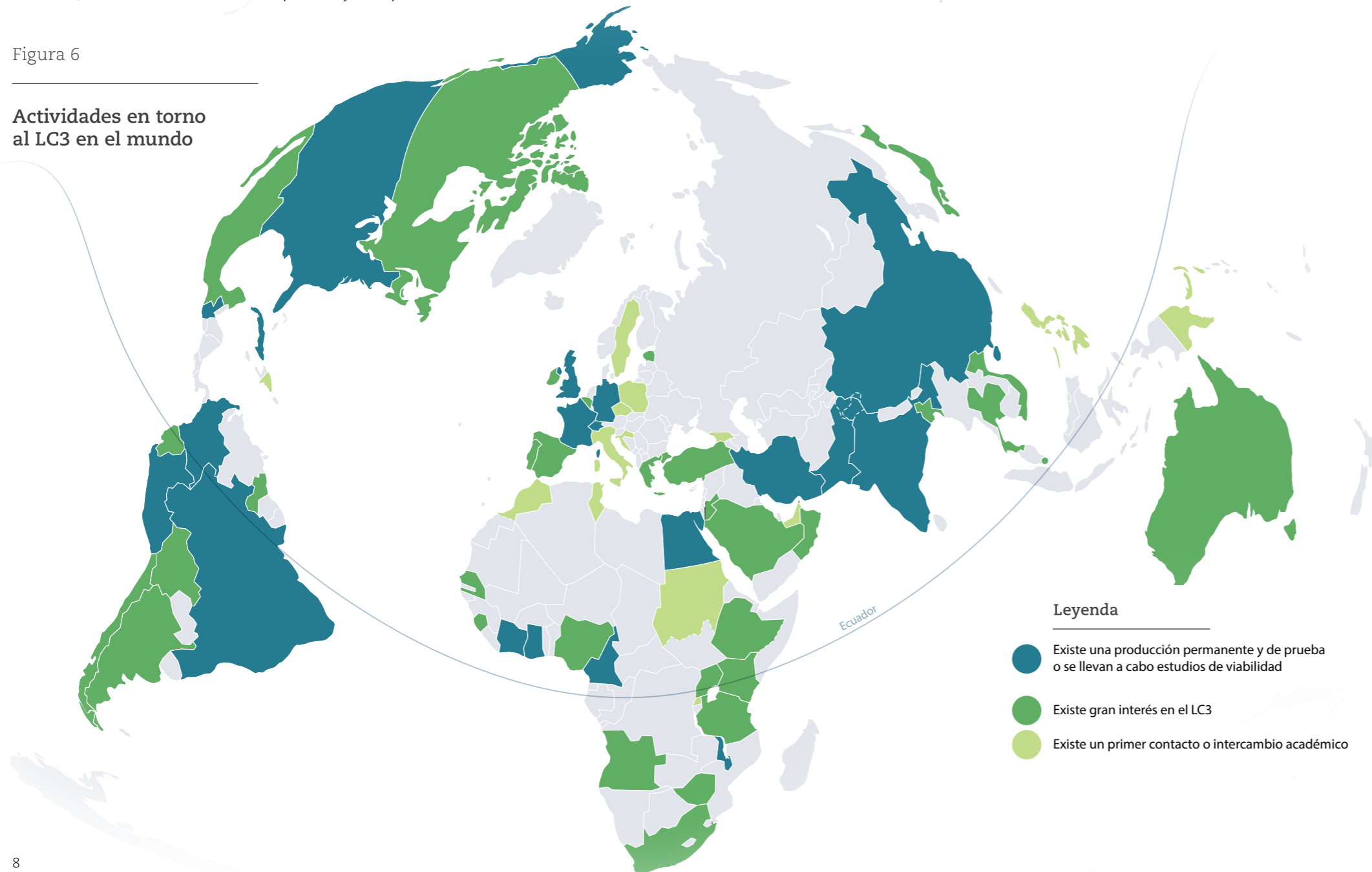
El siguiente mapa muestra la velocidad con que se expande el LC3 en todo el mundo. En África, la creciente demanda, los altos costos del clínker importado y la amplia

disponibilidad de materias primas están dando lugar a numerosos proyectos e iniciativas de LC3, y en Europa los analistas esperan ver más instalaciones de arcilla calcinada a medida que aumenten los precios del mercado para los créditos de emisión bajo el Régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (CN Cement 2022).

Aun así, es necesario un mayor compromiso, en los países del Sudeste Asiático que crecen rápidamente y entre las empresas más pequeñas del sector, las cuales abastecen al 70 por ciento del mercado mundial. Los gobiernos pueden generar un sector de la edificación y la construcción más sostenible adoptando políticas ambiciosas de contratación pública, estableciendo estándares para la industria y normas de emisiones, y desarrollando hojas de ruta para la descarbonización.

Figura 6

### Actividades en torno al LC3 en el mundo



### Adopción por parte del sector privado

- 2019: Entra en funcionamiento en Cuba la planta para producción de LC3
- 2020: ARGOS inicia la producción de Cemento Verde en Colombia
- 2020: CIMPOR inicia la producción de DeOHclay en Costa de Marfil

### Escalamiento

- 2020 y más allá: Los Centros de Recursos Técnicos de Delhi y Santa Clara prestan servicios de consultoría a la industria
- 2022 y más allá: Más de 50 países están produciendo LC3 o realizan investigaciones y desarrollos al respecto
- Enfoque en el escalamiento de la tecnología en empresas más pequeñas, especialmente en el Sudeste Asiático
- Enfoque en la adopción de políticas ambiciosas de contratación pública y en el establecimiento de estándares para la industria y de normas de emisiones

### **Participación activa de la COSUDE**

La COSUDE apoya el desarrollo científico del LC3 y actualmente contribuye a la difusión de la tecnología en los países de ingresos bajos y medios, así como a la implementación de la normatividad de la industria. Los resultados se encuentran disponibles como documentos de código abierto.

### **Referencias**

[AIE 2022: Cement – Analysis – AIE](#)

[Asociación Global de Cemento y Concreto 2021: Concrete Future, The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete.](#)

[Chatham House 2018: Making concrete change, innovation in low-carbon cement and concrete.](#)

[CN Cement 2022: Calcined clays: making a global impact](#)

[Global Climate Action Pathways 2021, Human settlements: Vision and Summary  
Banco Mundial 2020, Urban Development](#)

[Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.  
2019: World Urbanization Prospects 2018: Highlights](#)

### **Enlaces**

[www.lc3.ch](http://www.lc3.ch)

[www.lc3trcindia.com](http://www.lc3trcindia.com)

<http://ecosolutions.gl/lc3-trc-latam/>

### **Impressum**

Diseñado y corregido por:  
Zoï Environment Network

Contenido:  
Desarrollado en cooperación con INFRAS

Fotografías:  
© Bannafarsai // Shutterstock



**EPFL**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederazjün svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC