



TRES UNIVERSIDADES TRABAJAN COORDINADAS PARA HACER FRENTE AL DESAFÍO:

Las primeras casas chilenas impresas en 24 horas podrían ser realidad en 2023

La tecnología ya está disponible en países como China, Rusia o Estados Unidos, pero no es apta para la norma sísmica nacional. Por eso investigadores locales trabajan en el desarrollo de mezclas de hormigón y diseños resistentes. La idea es destinarlas a cubrir la alta demanda de viviendas sociales. RICHARD GARCÍA

La impresión 3D con hormigón se hace con la ayuda de este brazo robótico.



¿Es posible construir una casa en un solo día? Investigadores de las universidades del Bío-Bío (UBB), Federico Santa María (USM) y Católica (UC), patrocinados por el Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción Sustentable (CIPYCS) y empresas del sector, tienen ese objetivo. Y su herramienta para lograrlo es la impresión 3D en hormigón.

En los próximos meses comenzarán las pruebas de estructuras a escala real tanto en el campus San Joaquín de la U. Federico Santa María, como en terrenos de la U. del Bío-Bío en Concepción.

Las primeras casas podrían ser una realidad hacia 2023, estima Verónica Arcos, profesora del departamento de Arquitectura de la U. Federico Santa María, y una de las impulsoras de la iniciativa.

"Esto empezó hace no más de ocho años, en China, donde comenzaron a hacer casas *in situ* con unas máquinas impresoras grandes. De hecho imprimieron diez casas en 24 horas y ese fue como su caballito de batalla", cuenta. Ese récord se mantiene hasta ahora.

En paralelo a los chinos, una empresa rusa también empezó a desarrollar esta tecnología y en 2017 presentó su primera casa construida en 24 horas. En los años siguientes se han sumado Estados Unidos, Bélgica y Holanda. En Chile, los investigadores ya trabajan en conseguirlo como una respuesta a la alta demanda por viviendas sociales.

UN GRAN DESAFÍO

El primer paso fue desarrollar el material más adecuado. En esto ha trabajado la UBB en los últimos cuatro años luego de adquirir un brazo robótico extrusor, es decir, que puede imprimir.

"La mezcla es un tema extremadamente sensible. Aquí hay tecnología de hormigón avanzada, para lo cual hemos trabajado con empresas del área que nos han apoyado, como Cementos Bío Bío y



Algunas estructuras curvas impresas por el equipo de investigadores

Sika", destaca la ingeniera en construcción Claudia Muñoz, investigadora del Centro de Investigación de Tecnologías de la Construcción de la UBB. El trabajo incluyó numerosas pruebas hasta llegar a la combinación adecuada, para la que obtuvieron protección intelectual.

Es con este material que Verónica Arcos ha podido realizar diferentes diseños estructurales impresos por ahora a una escala un poco más pequeña que la de una vivienda real. También está trabajando con el equipo de ingenieros estructurales de la UC, liderado por el profesor Mauricio López, para mejorar la resistencia de estas estructuras.

"Lo más complicado de lograr es la estabilidad estructural en un país sísmico como Chile, donde los estándares son súper exigentes", reconoce Arcos. Eso lo considera un gran desafío y una gran oportunidad ya que reconoce que es el mejor laboratorio del mundo para probar estas estructuras. "Al ser tan exigente la norma, una vez que lo pruebas acá puedes tener resuelta esa parte en todos

los países".

De hecho, reconoce que probablemente ninguno de los diseños ya probados en China, Rusia o Estados Unidos pasaría la prueba de sísmica chilena.

En la búsqueda de estructuras alternativas más resistentes, Arcos ha explorado formas poco convencionales, como dobles curvaturas, domos, cúpulas o bóvedas, "sistemas más curvos a los que no estamos acostumbrados en la cultura o tradición chilena".

"Hemos tenido conversaciones con el Gobierno y las empresas. La idea es que si sale todo bien podamos potenciar el desarrollo de viviendas sociales rápidas", adelanta Tania Romero, gerente de CIPYCS.

"La idea es que posean una protección térmica más aislante y confortable que las viviendas sociales actuales", asegura.

Reconoce que por ahora el proceso es caro por los equipos de impresión. "Pero la tecnología está evolucionando tan rápido, que por eso estamos apostando por las viviendas sociales", indica.



Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un llamado de Naciones Unidas a los gobiernos, las empresas y la sociedad civil para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos al año 2030.



La innovación y el progreso tecnológico son claves para descubrir soluciones duraderas para los desafíos económicos y medioambientales, como el aumento de la eficiencia energética y de recursos.



TECNOLOGÍA ESTÁ SIENDO TESTEADA EN BRAZO ROBÓTICO DEL LABORATORIO DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN (CITEC) DE LA UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Proyectan construir 10 viviendas en Pozo Almonte utilizando impresión 3D

Alianza entre Gobierno Regional y universidades del país pretende levantar el primer barrio en Chile con esta tecnología que acorta tiempos y costos de construcción.

Germán Pozo-Sanhueza
cronica@estrellaiquique.cl

Tarapacá es una región que presenta un déficit aproximado de 18 mil 600 viviendas, según el último estudio longitudinal UC-Collahuasi. Cifras que vislumbran una problemática que pretenden solucionar en parte investigadores de universidades del país y el Gobierno Regional con la construcción de un barrio en Pozo Almonte, el primero de Chile hecho con impresión 3D.

El sistema funciona a través de brazos robóticos inyectan hormigón armado según el modelo preconfigurado en la impresora gigante que va armando los elementos que componen

la vivienda. Tecnología que permitiría construir una casa en un plazo de 24 a 48 horas aproximadamente.

Iniciativa donde trabajan mancomunadamente el Gobierno Regional de Tarapacá, el laboratorio Citec de la Universidad del Bío-bío, donde se hacen pruebas con un brazo robótico, la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) donde un grupo de investigadores fundaron el estudio de arquitectura y tecnología Impresionante Arq+Tec que contempla la construcción, en primera instancia, de 10 edificaciones en la capital de la provincia del Tamarugal.

Verónica Arcos, académica de arquitectura de la

UTFSM San Joaquín, es co directora de la oficina que lleva el proyecto Impresionante Arq+Tec junto a Anton Zu Knyphausen. Afirma que hay pocos países como China y Estados Unidos, México o Arabia Saudita que tienen casas de este tipo. "Es más sustentable ya que maximiza los recursos, ocupando mucho menos que las tradicionales, evitando la pérdida del material".

Detalla que están barajando una serie de lugares para construir las viviendas en zonas céntricas de Pozo Almonte. "Tendrán fachadas inteligentes, con un diseño que permitan una mejor climatización de las casas en el clima extremo del

desierto. Es una casa sustentable no solo en el proceso, también en sus materiales ya que el cemento que se utilizará en las obras genera menos CO2 a la atmósfera", agregó.

La arquitecta plantea que junto al equipo, "pretenden comenzar la construcción a fines de este año. Estas viviendas queremos

que no sean arrendadas y sean tuteladas para adultos mayores de la comuna y armar un sistema comunitario alrededor, un doble sentido que también se le pretende dar a la iniciativa".

El gobernador José Miguel Carvajal afirma que "sigue siendo un proyecto en carpeta que, obviamente, requiere concretar algunos pasos para materializarse".

Indica que "la tecnología 3D no tiene el visto bueno de la norma chilena de construcción, al menos, todavía; pero si se trabaja en los ensayos de resistencia del material, se mejoran las pruebas y las universidades que llevan adelante el proceso, logran financiar el estudio que debiera durar unos cuantos meses, podríamos ser el primer Gobierno Regional del país y de Latinoamérica en construir bajo una posible nue-

24

a 48 horas se demora impreso 3D de concreto en construir completamente una vivienda.

10

casas se proyectan construir para adultos mayores en barrios céntricos de Pozo Almonte.

va ley de construcción amigable".

Diego Rebolledo, seremi de vivienda afirma que si bien no les han presentado formalmente, valoran la iniciativa. "El déficit que tenemos en Tarapacá es uno de los más altos del país".

“**Es más sustentable ya que maximiza los recursos, ocupando mucho menos que las tradicionales(...)**”

Verónica Arcos, arquitecta UTFSM

En Pozo Almonte, Región de Tarapacá:

Alianza público-privada proyecta desarrollar el primer barrio construido con tecnología 3D sustentable

La iniciativa, impulsada por el gobierno regional, forma parte de un plan mayor que además de contribuir a reducir el déficit habitacional busca dotar a la zona de un parque industrial y tecnológico.

GUILLELMO V. ACEVEDO

Investigadores del área de la construcción y el Gobierno Regional de Tarapacá trabajan hoy, de forma mancomunada, en el prototipo de las casas que serán impresas íntegramente en hormigón sustentable en la ciudad de Pozo Almonte. Con ello buscan demostrar la viabilidad de proyectos con tecnología 3D, pero a la vez contribuir a paliar el déficit habitacional de Tarapacá.

Si bien en su primera etapa serán 10 edificaciones, se espera que tras su implementación y evaluación se impulse la construcción de viviendas industriales en cantidades mucho mayores, como lo demuestran ejemplos en Estados Unidos, China o España.

Verónica Arcos, arquitecta y una de las directoras del proyecto, comenta que esta es una industria en pañales, pero actualmente hay investigadores trabajando en el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías aplicadas a la construcción.

Añade que este será el primer conjunto habitacional de este tipo en el país, y proyecta un crecimiento en el campo de la construcción con tecnología 3D. Actualmente, se están llevando a cabo las pruebas de prototipos con impresoras 3D en el Laboratorio Citec de la Universidad del BíoBío, que facilita sus instalaciones y su brazo robótico para los trabajos iniciales, en asociación con la Universidad Federico Santa María (USM).

Arcos, quien también es académica e investigadora de la USM, agrega que "el desierto de Atacama es un espacio interesante donde llevar a cabo el proyecto, por sus condiciones de clima extremo permitirá, probar el diseño bioclimático de las edificaciones".

El proyecto inmobiliario ha si-



Actualmente, se están llevando a cabo las pruebas de prototipos con impresoras 3D en el Laboratorio Citec de la Universidad del BíoBío, que facilita sus instalaciones y su brazo robótico para los trabajos iniciales, en asociación con la Universidad Federico Santa María (USM).

do impulsado por el Gobierno Regional de Tarapacá y responde a un plan mayor, que busca convertir a esta región en pionera de la impresión 3D en Chile y Latinoamérica. El plan contempla 10 casas en su versión inicial, reúne la iniciativa pública, a investigadores de la USM en esta

área, el estudio de arquitectura y tecnología Impresante Ar+Tec, estudios de ingeniería y la empresa española de fabricación Bemore 3D, que proveerá los equipos como la impresora 3D industrial.

Actualmente, según Francisco Martínez, jefe del Departamento de Infraestructura y Equipamiento del Gobierno Regional, existe un déficit de alrededor de 26.000 viviendas en la región, y desde el Serviu se está llevando a cabo el plan de construir alrededor de 9.000 viviendas.

Un proyecto de este tipo, so-



Verónica Arcos, arquitecta y académica de la USM.

Nuevo hub de inversión

La Región de Tarapacá es un punto crítico en el corredor bioclimático entre Chile y Brasil, ruta comercial que termina en el puerto de Iquique. Al mismo tiempo, tres importantes empresas de minería son un foco atrayente para la industria, y trabajan junto al organismo público en la creación de un parque industrial y tecnológico en Pozo Almonte, a 45 km de Iquique.

El gobernador regional José Miguel Carvajal sostuvo que se busca "consolidar a la región como una zona que seduzca a los accionistas y emprendedores de la macrozona norte, convirtiendo a Tarapacá en un lugar más atractivo para instalar servicios o desencadenar exportaciones".

"Trabajaremos para que el 2023 sea considerado como el mejor año en inyección y ejecución de recursos de la historia de la región, con una meta clara que busca superar los 47.000 millones de pesos que en algún momento se ejecutó", dijo el propio Carvajal, quien advirtió que para este año tienen proyectado invertir alrededor de 50.000 millones de pesos.

Francisco Martínez, jefe de Infraestructura del Gobierno Regional, agrega que este proyecto es parte de una cadena de iniciativas que se impulsan en la región para generar las condiciones de habitabilidad y servicios, con el fin de atraer a la industria y avanzar hacia transformarse en una plataforma de inversión a largo plazo, enfocados principalmente en minería, turismo y comercio.

Para ello trabajan con recursos públicos y privados, y existen otros proyectos junto a las industrias minera y portuaria para "crear una región donde el inversionista se sienta seguro", señaló Martínez. Ya existen algunos ejemplos de empresas que se están instalando: la recicladora textil checa Retex y dos constructoras chinas.

tiene, "es necesario, ya que contribuye a mitigar la crisis habitacional, y de manera muy rápida". Se ha escogido la ciudad de Pozo Almonte, porque son necesarios nuevos centros urbanos dotados de servicios que atraigan a la industria.

La construcción de una casa de este tipo con robots de impresión 3D puede tardar entre 24 y 48 horas, por ende permite disminuir los tiempos de construcción y a la vez bajar los precios. Los expertos coinciden en que

el uso de estas nuevas tecnologías no va en desmedro de la mano de obra en la industria de la construcción, sino que abrirá nuevos espacios laborales, de innovación y de capacitación. Ejemplo de ello es la iniciativa de la USM, que ha desarrollado un programa de Magister en Arquitectura y Construcción 3D, que dirige Verónica Arcos y espera iniciar este año, enfocado en capacitar a nuevos profesionales en el uso de tecnologías aplicadas a la industria.

Análisis de economistas Felipe Larraín y Pepe Zhang:

Estudio calcula que la presencia económica de China en América Latina crecerá este año

El reporte concluye que el país asiático mantiene una constancia en la inversión directa y una importante participación en licitaciones de infraestructura, aunque los intercambios comerciales representarán el mayor incremento en la región hacia 2035.

GUILLELMO V. ACEVEDO

Aunque el crecimiento de China se desacelera y sus inversiones en Europa y América del Norte han disminuido, la inversión china y su influencia económica general en América Latina y el Caribe se han mantenido o incluso se expandirán en los próximos años, sostiene un artículo suscrito por los economistas Felipe Larraín y Pepe Zhang.

El análisis publicado por Americas Quarterly (plataforma dedicada a la política, los negocios y la cultura en las Américas) señala que los cuatro pilares principales del compromiso económico chino en América Latina —inversión extranjera directa, préstamos oficiales, comercio e infraestructura— mantendrán su estabilidad en la región pese a un cierto declive observado.

Los autores, el ministro de Hacienda Felipe Larraín, miembro del Consejo de Liderazgo de

las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible, y Pepe Zhang, integrante principal del Centro Adrienne Arsht para América Latina del Atlantic Council, estiman que el intercambio comercial entre Sudamérica y China crecerá alrededor de un 5% en 2023, siendo Brasil el país con mayor participación de la región.

La inversión y el comercio seguirán estables

Según el reporte, los flujos de inversión directa de China a América Latina se han mantenido en niveles superiores a US\$ 4.500 millones anuales en promedio desde 2016. El informe califica como "notable" esta cifra si se tiene en cuenta que la inversión china a nivel mundial se contrajo durante el mismo período, particularmente en EE.UU. y la Unión Europea

(UE), donde se desplomó desde US\$ 50.000 millones a US\$ 15.000 millones por año.

La relativa resiliencia de América Latina le permitió ganar importancia como destino de la inversión del gigante asiático. Visto en perspectiva, el reporte muestra que durante el año pasado China invirtió cerca de US\$ 8.400 millones en los Estados Unidos y alrededor de US\$ 10.000 millones en Latinoamérica.

De acuerdo con las estimaciones, solo Brasil absorbió US\$ 5.900 millones de inversión china en 2021, lo que lo convierte en el principal país receptor en el mundo. Otras naciones como Chile, Perú y Argentina, también han recibido inversiones considerables de manera regular en los últimos años, con transacciones individuales de fusiones y adquisiciones que representan más de US\$ 3.000 millones, con-



Distintos países han recibido inversiones considerables de manera regular en los últimos años. En Chile, la distribuidora eléctrica CGE fue adquirida por capitales chinos.

mo la adquisición de compañías del sector eléctrico como Luz del Sur en Perú y de CGE en Chile.

En lo que respecta al comercio, China ha consolidado en los últimos años su posición como socio comercial dominante para naciones como Chile, Perú y Brasil, gracias a su fuerte complementariedad económica, y actualmente está negociando acuerdos de libre comercio con Uruguay y Ecuador. El comercio entre China y América Latina ha crecido constantemente, alcanzando un récord de US\$ 450.000 millones en 2021.

Préstamos e infraestructura

El reporte señala que entre

2007 y 2016, los préstamos oficiales representaron la mayor parte de las relaciones financieras y la cooperación entre China y América Latina, con un promedio de más de US\$ 10.000 millones anuales.

Pero desde entonces, los flujos de crédito oficial han disminuido drásticamente hasta secarse por completo en 2020 y se mantuvieron en cero en 2021.

Los préstamos fueron proporcionados por acreedores del sector público chino para apoyar proyectos del sector fiscal de América Latina, y atrajeron principalmente a los prestatarios soberanos que tenían problemas para atraer a los mercados financieros internacionales, como Venezuela. Este país re-

presenta menos del 10% del PIB regional, pero recibió más del 40% del total de préstamos chinos a la región.

En cuanto a la infraestructura, el gigante asiático ha tenido éxito en fortalecer las relaciones con Latinoamérica al participar activamente en las licitaciones públicas. Las empresas de construcción chinas han ganado numerosas licitaciones de alto perfil, incluido el Metro de Bogotá, el proyecto de infraestructura más grande de Colombia. En Chile, China Railway Construction Corporation (CRCC) se ha adjudicado concesiones como la renovación de la Ruta 5 Sur entre Talca y Chillán en 2020, y la construcción de un nuevo hospital en Coquimbo en 2022.