

# EDIFICIOS ECOLÓGICOS EN SINGAPUR



## PRINCIPIO RECTOR 5: EFICIENCIA DE RECURSOS Y CIRCULARIDAD

La planificación y el diseño de los sistemas de infraestructura deben incorporar la circularidad y el uso de tecnologías y materiales de construcción sostenibles con el fin de minimizar su huella ecológica y reducir las emisiones, los residuos y otros contaminantes.



## CONTEXTO

Singapur es uno de los países con mayor densidad de población del mundo (Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas [DAES, Naciones Unidas], 2019). Esta ciudad-Estado, que ocupa poco más de 720 km<sup>2</sup>, tiene que afrontar considerables problemas debido a sus escasos recursos naturales (Chew, 2010, p. 196). Pero, al mismo tiempo, la economía de Singapur es una de las más eficientes del mundo en términos de emisiones de carbono, y el país se ha propuesto que al menos un 80 por ciento de sus edificios sean ecológicos para el año 2030 (Singapur, Autoridad de Edificación y Construcción [BCA, por sus siglas en inglés], 2010, p. 3). Desde 2005, con el fin de conformar una ciudad

limpia, eficiente y habitable, así como de reducir la dependencia del país respecto a las importaciones de recursos naturales para la construcción, Singapur ha puesto en marcha una serie de innovaciones para integrar la sostenibilidad medioambiental en la infraestructura construida. Los edificios ecológicos de Singapur (que pueden ser oficinas, edificios universitarios, edificios de transporte público y otras instalaciones) incorporan principios de circularidad, usando materiales reciclados y tecnologías limpias para el diseño de la construcción. En gran medida, estas innovaciones han sido posibles en general gracias al entorno propicio generado, que promueve activamente el uso de materiales y de prácticas de construcción sostenibles.

## INTEGRACIÓN DE LA CIRCULARIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

La primera y fundamental cuestión técnica que distingue a los edificios ecológicos de Singapur es la utilización de materiales ecológicos y reciclados para su construcción. Por ejemplo, destaca el sistema de construcción de madera de ingeniería en masa (MET, por sus siglas en inglés) realizado para todo un bloque de edificios universitarios de doce plantas en el Eunoia Junior College (Singapur, BCA, 2020a). Este tipo de madera se extrae de bosques gestionados de forma sostenible (Programme for the Endorsement of Forest Certification, 2019), por lo que tanto la huella de carbono como las emisiones netas de carbono de los edificios construidos con MET son considerablemente inferiores a las generadas por los edificios de acero u hormigón (Singapur, BCA, 2020b). Otro ejemplo es el Tampines Concourse, un edificio de oficinas de tres plantas construido con el denominado hormigón verde. El hormigón verde utiliza menos arena<sup>5</sup>, ya que la sustituye parcialmente por escoria de cobre, agregados de hormigón reciclado (RCA, por sus siglas en inglés) y escoria granulada de alto horno (GGBS, por sus siglas en inglés) (Chew, 2010).

Los principios de circularidad están presentes en los edificios de Singapur a lo largo de todo su ciclo de vida, incluida la fase de su derribo o demolición. La BCA estableció un protocolo de demolición que se añadió después a los Estándares de Singapur, que conforman un conjunto de procedimientos que, entre otras medidas, potencian al máximo la recuperación de residuos para su reutilización o reciclaje (Singapur, BCA, 2020c). De este modo, se pueden utilizar estos materiales en otros proyectos de edificación, como es el caso del edificio Samwoh Eco-Green, que incluyó hormigón con RCA procedente de residuos de otras construcciones y demoliciones.

## DISEÑO DE EDIFICACIONES Y TECNOLOGÍAS ECOLÓGICAS

Como complemento a esta construcción con materiales ecológicos, el Gobierno de Singapur también fomenta el diseño de edificios sostenibles y el uso de tecnologías ecológicas que minimicen el impacto medioambiental de los edificios, al tiempo que optimicen su rendimiento. Esto se realiza a través del sistema de certificación BCA Green Mark, que constituye un marco para el análisis del rendimiento medioambiental global de un edificio, tanto en términos de energía, eficiencia del agua y calidad medioambiental de su interior, como de su impacto medioambiental a lo largo de todo su ciclo de vida.

El clima tropical de Singapur comporta un uso frecuente de estrategias de diseño pasivo en edificios y espacios, con el fin de reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono de los mismos. Así, por ejemplo, existen viviendas individuales con diseños de carácter vernáculo (es decir, adaptados a las particularidades de la zona) en los que se ha dispuesto cuidadosamente su

orientación con el fin de aprovechar al máximo la luz natural o de evitar el exceso de temperatura por los rayos solares. Para lograr integrar la naturaleza en su denso entorno urbano, Singapur cuenta con un creciente número de edificios en los que se incluyen amplias zonas verdes y árboles, que proporcionan sombra y minimizan el denominado efecto de calor urbano. Muchos edificios tienen componentes exteriores para protegerse del sol, como alerones o voladizos (Eco-Business, 2011). Los tejados o azoteas verdes, hechos con cubiertas vegetales, contribuyen aún más a reducir la captación del calor solar. De este modo, este tipo de edificios proporcionan una solución alternativa, basada en la naturaleza, y reducen la necesidad de adoptar soluciones de infraestructura «gris».

En términos de eficiencia energética, destacan los ejemplos del Edificio de Energía Cero (ZEB, por sus siglas en inglés) del Campus Braddell de BCA y el edificio de la Escuela de Diseño y Medio Ambiente 4 de la Universidad Nacional de Singapur (NUS SDE4, por sus siglas en inglés), recientemente inaugurado. El ZEB@BCA fue el primer edificio de energía cero del sudeste asiático y ha conseguido, desde 2009 y durante casi diez años consecutivos, un consumo energético nulo. Constituye una verdadera plataforma de ensayo para la incorporación de tecnologías ecológicas de construcción en edificios existentes (Singapur, BCA, 2020d). Por su parte, el NUS SDE4 se ha adaptado a las condiciones tropicales del país, con especial atención a la fachada, la orientación y la volumetría del edificio, y cuenta con un sistema de refrigeración híbrido con ventiladores que sustituye al sistema tradicional de aire acondicionado, lo que genera un mayor nivel de ajuste y un menor consumo de energía proporcionando el mismo bienestar térmico. Desde su inauguración en 2019, el NUS SDE4 ha obtenido un rendimiento energético neto positivo, gracias a la cuidadosa gestión de su consumo de energía y al conjunto solar fotovoltaico de gran envergadura instalado en la azotea. Y, en la urbanización de Punggol Northshore, la Junta de Vivienda y Desarrollo de Singapur ha incorporado tecnologías inteligentes como los ventiladores inteligentes, que se activan en función de la temperatura, los niveles de humedad y el movimiento humano (Singapur, Junta de Vivienda y Desarrollo, 2015). Gracias a este tipo de soluciones, los edificios han visto reducido su consumo de energía y de recursos naturales y, al mismo tiempo, han ganado en comodidad y utilidad para sus residentes.

Otras construcciones como Tuas Nexus son un ejemplo de aplicación de la circularidad a través de la integración de diferentes sectores. Tuas Nexus será la primera instalación de tratamiento de aguas y residuos del mundo plenamente integrada, ya que albergará la planta de recuperación de aguas de la Junta de Servicios Públicos de Tuas y de la Agencia Nacional del Agua de Singapur, así como una instalación integrada de gestión de residuos de la Agencia Nacional del Medio Ambiente.

<sup>5</sup> La arena es un recurso cada vez más escaso relacionado con los altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero e impactos ambientales negativos, como la erosión de las costas debido a su extracción.

Esta construcción aprovechará las sinergias derivadas de la relación existente entre el agua, la energía y los residuos de cara a optimizar la recuperación de la energía y de los recursos naturales y a reducir el uso del suelo. Así, por ejemplo, la electricidad que genere el proceso de conversión de residuos en energía se utilizará para el funcionamiento de toda la instalación, y el posible excedente resultante se exportará a la red eléctrica. Como resultado de este enfoque integrador, Tuas Nexus será una instalación energéticamente autosuficiente. Se estima que se genere un ahorro de carbono de más de 200 000 toneladas de CO<sup>2</sup> al año, lo que equivale a retirar 42 500 coches de la circulación de Singapur (Agencia Nacional de Medio Ambiente de Singapur, 2020).

### UN ENTORNO PROPICIO

El apoyo del Gobierno de Singapur ha sido un factor determinante en la configuración de estos sistemas de edificación ecológica, ya que, mediante diversas políticas e incentivos estratégicos, ha favorecido un entorno propicio para lograr que el 80 por ciento de los edificios en Singapur (por superficie bruta) sean ecológicos en 2030.

Así, el Plan de Incentivos del Sello Verde pretende acelerar la adopción de tecnologías y prácticas de diseño y construcción de edificios que sean respetuosas con el medio ambiente mediante incentivos en dinero

en efectivo o en superficie de suelo (Singapur, BCA, 2020e). Como complemento de este plan, se ha aprobado una legislación que exige que todos los edificios nuevos y existentes que acometan reformas importantes, cumplan unos estándares mínimos de sostenibilidad medioambiental. El programa Consumo Energético Superbajo es el siguiente hito en el proceso hacia una edificación ecológica en Singapur. Este programa, lanzado en 2018, incluye un conjunto de iniciativas, elaboradas por el Gobierno en colaboración con la industria y el mundo académico, que tienen por finalidad fomentar el diseño y la construcción de edificios asequibles y de consumo superbajo de energía (con una mejora del 60 por ciento en la eficiencia energética respecto de los estándares de construcción de 2005) (Singapur, BCA, 2018, p. 10).

Los edificios diseñados a partir de los estándares del Sello Verde no solo aportan los beneficios derivados de la sostenibilidad medioambiental, sino que además obtienen un ahorro neto positivo durante todo su ciclo de vida<sup>6</sup>. En algunos casos, se ha logrado reducir sus gastos de funcionamiento en un 11,6 por ciento (Universidad de Yale, 2013). Otros incentivos adoptados son el Plan de Financiación de la Eficiencia Energética de los Edificios, el Plan de Incentivos para Rascacielos Ecológicos y el Fondo de Innovación para una Construcción sin Ruidos (Green Future, 2020), que abordan toda una serie de consideraciones económicas, medioambientales y sociales relacionadas con los edificios. Junto a estas



© happycreator / Shutterstock.com

<sup>6</sup> En 2019 se encargó un estudio de consultoría independiente sobre el Plan de Incentivos del Sello Verde de BCA (Singapur, BCA, 2019). El estudio examina el plan con detalle e incluye también un análisis de los costes del ciclo de vida de cuarenta proyectos del Sello Verde.

medidas, las instituciones gubernamentales han querido destacar y promover la investigación y el desarrollo (I+D) como factor crítico para mejorar la eficiencia de los recursos en los edificios de Singapur (Eco-Business, 2011). Así, se ha creado un clúster de carácter integrador sobre innovación en edificios ecológicos que tiene por objeto avanzar en soluciones y prácticas de eficiencia energética.

## REPLICABILIDAD

Se calcula que, para 2050, la población de las ciudades del mundo aumente en 2 500 millones de personas (ONU DAES, 2018, p. 1), por lo que resulta indispensable la innovación para afrontar este reto de modo que la creciente población urbana disponga de viviendas, puestos de trabajo, servicios públicos y un entorno limpio. Singapur representa un modelo para otras ciudades, gracias al éxito logrado con sus edificios ecológicos y su infraestructura urbana en general. De hecho, los analistas suelen hablar de Singapur como una «ciudad en un jardín» (PNUMA, 2018).

Singapur es una clara muestra de cómo una ciudad y un país pueden desarrollar una economía próspera y, al mismo tiempo, preservar un medio ambiente limpio y ecológico. A pesar de las limitaciones de recursos

naturales y de suelo de Singapur, esta ciudad-Estado ha tomado una serie de medidas técnicas y políticas para diseñar y desarrollar sistemas de infraestructura sostenible que permiten no solo satisfacer las necesidades humanas sino también respetar los imperativos medioambientales. Actualmente, Singapur quiere ir más allá y pasar de ser «una ciudad en un jardín» a «una ciudad en la naturaleza». Esto va a exigir una planificación y puesta en marcha holísticas, que velen por una mayor integración de los ecosistemas y la infraestructura sostenible en las zonas urbanas (Singapur, Departamento de Servicios Públicos, 2020).

Dado el alto nivel de renta per cápita de esta ciudad-Estado, podría pensarse que estamos ante un caso excepcional, pero su éxito no radica únicamente en las tecnologías avanzadas de las que dispone. De hecho, ha sido su acertada planificación la que ha logrado que la sensibilidad por las cuestiones del medio ambiente constituya una verdadera prioridad. Así, desde el principio, se decidió que el país no podía permitirse «contaminar primero y limpiar después». Singapur nos demuestra que, con las políticas adecuadas y un fuerte compromiso con los principios, una ciudad densamente poblada puede lograr una alta calidad de vida, favorecer una economía competitiva y preservar un medio ambiente sostenible para las generaciones presentes y futuras.

## IDEAS RELEVANTES

- > La elevada densidad de población de Singapur y sus limitados recursos naturales han acelerado la adopción de medidas innovadoras de eficiencia energética y de gestión de recursos por parte de sus autoridades. Como resultado, se ha generado un entorno de construcción sostenible y favorable para la naturaleza, que minimiza el uso de recursos.
- > Los materiales, diseños y tecnologías de construcción ecológica incorporan los principios de circularidad en el ciclo de vida de la infraestructura. Los Estándares de Singapur sirven de guía a los constructores para optimizar la reutilización o el reciclaje de materiales de desecho, lo que permite cerrar el ciclo de los materiales.
- > El país ha creado un entorno propicio y eficaz mediante una combinación de incentivos, certificaciones, normas, objetivos e iniciativas de I+D.

## REFERENCIAS

Chew, K. C. (2010). Singapore's strategies towards sustainable construction. *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering* 3 (3), 196-202. <https://doi.org/10.1080/19373260.2010.491641>.

Eco-Business (2011). Green buildings in Singapore: adding the green touch with technology, 26 April. <https://www.eco-business.com/news/green-buildings-in-singapore-adding-the-green-touch-with-technology/>. Accessed 28 August 2020.

- Green Future (2020). 2020 Guide to Singapore Government Funding and Incentives for the Environment, 16 February. <http://www.greenfuture.sg/2020/02/16/2020-guide-to-singapore-government-funding-and-incentives-for-the-environment/>. Accessed 28 August 2020.
- Programme for the Endorsement of Forest Certification (2019). Singapore set to expand chain of custody certification and responsible sourcing of forest products, 23 September. <https://pefc.org/news/singapore-set-to-expand-chain-of-custody-certification-and-responsible-sourcing-of-forest-products>. Accessed 10 October 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2010). *Building, planning and massing*. <https://www.bca.gov.sg/GreenMark/others/bldgplanningmassing.pdf>.
- Singapore, Building and Construction Authority (2018). *BCA drives the next generation of green buildings – the super low energy buildings*, 5 September. [www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/pr\\_sgbw2018.pdf?sfvrsn=d818280e\\_2](http://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/pr_sgbw2018.pdf?sfvrsn=d818280e_2).
- Singapore, Building and Construction Authority (2019). Green Mark for Independent Consultancy Study on BCA Green Mark Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-for-independent-consultancy-study-on-bca-green-mark-schemes>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020a). Case Study – Eunoia Junior College. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber/mass-engineered-timber-case-study-eunoia-junior-college>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020b). Mass Engineered Timber. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020c). Demolition Protocol. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/sustainable-construction/demolition-protocol>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020d). Super-low energy building. Advancing net zero. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/super-low-energy-programme/super-low-energy-building-advancing-net-zero>. Accessed 1 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020e). Green Mark Incentive Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-incentive-schemes>. Accessed 3 November 2020.
- Singapore, Housing and Development Board (2014). *Smart HDB Homes of the Future*, 11 September. <https://www20.hdb.gov.sg/fi10/fi10296p.nsf/PressReleases/F93B15F80588397748257D500009CE6C>. Accessed 8 January 2021.
- Singapore, National Environment Agency (2020). *Tuas Nexus – Singapore’s First Integrated Water and Solid Waste Treatment Facility Begins Construction*, 8 September. <https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/tuas-nexus-singapore-s-first-integrated-water-and-solid-waste-treatment-facility-begins-construction>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Public Service Division (2020). Singapore agenda in focus: transforming Singapore into a city in nature, 16 July. <https://www.psd.gov.sg/challenge/ideas/deep-dive/public-sector-transformation-edible-garden-city-in-nature>. Accessed 25 August 2020.
- United Nations Environment Programme (2014). *Sand, rarer than one thinks*. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS\\_Mar2014\\_Sand\\_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS_Mar2014_Sand_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
- United Nations Environment Programme (2018). A city in a garden: Singapore’s journey to becoming a biodiversity model, 30 July. <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/city-garden-singapores-journey-becoming-biodiversity-model>. Accessed 16 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2018). *World urbanization prospects. The 2018 revision*. New York. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Accessed 19 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2019). World urbanization prospects. Maps. Percentage urban and urban agglomerations by size class. <https://population.un.org/wup/>. Accessed 28 August 2020.
- Yale University (2013). Singapore taking the lead in green building in Asia, 16 September. [https://e360.yale.edu/features/singapore\\_takes\\_the\\_lead\\_in\\_green\\_building\\_in\\_asia](https://e360.yale.edu/features/singapore_takes_the_lead_in_green_building_in_asia). Accessed 20 October 2020.